

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA CASCA DE SOJA COM
OU SEM ADIÇÃO DE COMPLEXO ENZIMÁTICO PARA
LEITÕES NA FASE DE CRECHE

Autor: Fábio Lima Mourinho
Orientador: Prof. Dr. Ivan Moreira

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de concentração Produção Animal/Nutrição de Não-Ruminantes

MARINGÁ
Estado do Paraná
Dezembro - 2006

UNIVERSIDADE ESTADUEL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA CASCA DE SOJA COM
OU SEM ADIÇÃO DE COMPLEXO ENZIMÁTICO PARA
LEITÕES NA FASE DE CRECHE

Autor: Fábio Lima Mourinho
Orientador: Prof. Dr. Ivan Moreira

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de concentração Produção Animal/Nutrição de Não-Ruminantes

MARINGÁ
Estado do Paraná
Dezembro - 2006

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

M931a Mourinho, Fábio Lima
Avaliação nutricional da casca de soja com ou sem
adição de complexo enzimático para leitões na fase de
creche / Fábio Lima Mourinho. -- Maringá : [s.n.],
2006.
42 f. : il., figs., tabs.

Orientador : Prof. Dr. Ivan Moreira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia - Área
de Concentração Produção Animal/Nutrição de Não-
Ruminantes, 2006.

1. Nutrição de suínos. 2. Alimento alternativo. 3.
Digestibilidade. 4. Enzimas. 5. Fibra. I. Universidade
Estadual de Maringá. Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia. I. Título.

CDD 21.ed. 636.4085

**"Os problemas significativos com os quais
nos deparamos, não podem ser resolvidos no mesmo nível
de pensamento em que estávamos quando eles foram propostos"**

ALBERT EINSTEIN

Ao

**meu pai Hercílio Pitta Mourinho e a
minha mãe Leni Lima Mourinho,
pela oportunidade, incentivo e carinho dispensados.**

À

**minha namorada Marcela,
pelo apoio, compreensão, amor
e ajuda na execução deste trabalho.**

Ao

**meu irmão Rafael,
pelo companheirismo e amizade.**

Aos

**meus avós José e Jandira,
que sempre me apoiaram e sonharam
juntos comigo com muito amor.**

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida.

Ao amigo, Prof. Dr. Ivan Moreira, pela orientação, dedicação e conhecimentos transmitidos.

À Universidade Estadual de Maringá por ter me possibilitado realizar este sonho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UEM, que passaram de maneira dedicada seus conhecimentos.

Aos amigos do curso (Paulo, Diovani, Marcos, Ângela e Carina) e aos estagiários (Liliane, Lina, Marcela, Perdigão, Ilton e Guilherme), pela colaboração, dedicação dispensada e bons momentos vividos.

Aos funcionários da Fazenda Experimental pelo apoio e responsabilidade.

Aos funcionários do laboratório (Dilma, Cleusa, Sara e Creusa), pelo auxílio na realização das análises.

À COCAMAR pelas cascas de soja fornecidas

À Degussa pelos aminogramas das matérias-primas.

À Uniquímica pelo fornecimento do complexo enzimático para o estudo.

À todos os amigos e colegas do curso, pela amizade e companheirismo.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

BIOGRAFIA DO AUTOR

FÁBIO LIMA MOURINHO, filho de Hercílio Pitta Mourinho e Leni Lima Mourinho, nasceu em Apucarana, Paraná, no dia 30 de novembro de 1980.

Em dezembro de 2004, concluiu o curso de Medicina Veterinária pela Universidade Estadual de Londrina.

Em março de 2005, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, área de concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de nutrição de suínos.

No dia 04 de dezembro de 2006, submeteu-se à banca para defesa de Dissertação.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
I - INTRODUÇÃO	1
1.1. Introdução Geral	1
1.2. Polissacarídeos não-amiláceos (PNA's).....	4
1.2.1. Polissacarídeos não-amiláceos solúveis	6
1.2.2. Polissacarídeos não-amiláceos insolúveis.....	7
1.3. Oligossacarídeos (OG's) da casca de soja.....	7
1.4. Enzimas na nutrição de suínos.....	9
II -OBJETIVO GERAIS	21
III - AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA CASCA DE SOJA COM OU SEM ADICÇÃO DE COMPLEXO ENZIMÁTICO NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES NA FASE INICIAL.....	22
Resumo	23
Abstract	24
Introdução	25

Material e Métodos	26
Resultados e Discussão	30
Conclusões	39
Citação Bibliografica	39

RESUMO

Três experimentos foram conduzidos para determinar o valor nutritivo e verificar o desempenho de leitões alimentados com rações contendo casca de soja (CS) com ou sem adição de complexo enzimático (CE). No *Experimento I* foi avaliada a CS com adição de CE em três níveis (0, 200 e 300 mg/kg). Foram utilizados 12 leitões, machos castrados, com peso vivo inicial de $22,49 \pm 1,73$ kg, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e três repetições. O valor obtido para ED da CS foi 2.070 kcal/kg. Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB), da energia bruta (CDEB), da fibra em detergente neutro (CDFDN), da fibra em detergente ácido (CDFDA) e o coeficiente da fibra bruta (CDFB) para 0, 200 e 300 foram, respectivamente, de 58,75; 53,85; 53,23; 47,69; 63,04 e 53,90%; e de 49,21; 37,61; 44,28; 36,48; 43,44 e 39,08%; e de 58,26; 44,89; 55,85; 38,82; 52,07 e 47,61%. Realizou-se outro ensaio de digestibilidade com nível maior de CE (0 e 600 mg/kg). No *Experimento II* foram utilizados 15 leitões, machos castrados, com peso vivo inicial de $22,36 \pm 2,29$ kg, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e cinco repetições. Os CDMS, CDPB, CDEB, CDFDN, CDFDA e CDFB para 0 e 600 foram, respectivamente, de 52,75; 66,18; 41,52; 61,41; 49,75 e 40,73%; e de 44,34; 58,98; 37,34; 54,87; 41,21 e 34,90%. A adição de 600 mg de CE/kg, não melhorou a digestibilidade da CS. No *Experimento III* foram utilizados 60 leitões, machos castrados e fêmeas, com peso vivo inicial de $15,07 \pm 1,69$ kg, distribuídos em um delineamento de blocos casualizados, com cinco tratamentos, com seis blocos e dois animais por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em uma ração à base de milho e farelo de soja (RT) e outras quatro rações com 15% de CS e adição de níveis crescentes de CE (0, 200, 400 e 600 mg/kg). Foi observado piora no CDR e GDP para os tratamentos que receberam CS comparado à

RT. Houve melhora linear da CA, com inclusão do CE (200, 400 e 600 mg/kg). Os resultados sugerem que o CE embora não melhore a digestibilidade da CS, melhora a CA de dietas leitões (15-30 kg) contendo 15% de CS suplementadas com CE.

ABSTRACT

Two experiments were carried out to determine the nutritive value and performance of starting pigs feed on soybean hulls (SH) with or without enzymatic complex (EC) inclusion. In the *Experiment I*, aimed to evaluate the SH with EC addition (0, 200 and 300 mg/kg). Twelve crossbred piglets with initial body weight of 22.49 ± 1.73 kg, were allotted to completely randomized desing, with four treatments and three replicates. The DE value obtained for SH was 2,070 kcal/kg. The dry matter apparent digestibility coefficient (DMDC), crude protein (CPDC), gross energy (GEDC), neutral detergent fiber (NDFDC), acid detergent fiber (ADFDC) and crude fiber apparent digestibility coefficient (CFDC) of were 0, 200 and 300, respectively, 58.75; 53.85; 53.23; 47.69; 63.04 and 53.90%; and 49.21; 37.61; 44.28; 36.48; 43.44 and 39.08%; and 58.26; 44.89; 55.85; 38.82; 52.07 and 47.61%. Another assay of digestibility with highes level of EC (0 and 600 mg/kg) was carried out. In the *Experiment II*, were utilized fifteen crossbred piglets with initial body weight of 22.36 ± 2.29 kg, in a completely randomized desing, with three treatments and five replicates. The DMDC, CPDC, GEDC, NDFDC, ADFDC and DFDC of were 0 and 600, respectively, 52.75; 66.18; 41.52; 61.41; 49.75 and 40.73%; and 44.34; 58.98; 37.34; 54.87; 41.21 and 34.90%. The adition of 600 mg of EC/kg not improved digestibility of SH. In the *Experiment III* sixty crossbred piglets, with initial body weight of 15.07 ± 1.69 kg were used. The piglets were allotted to five treatments in a completely randomized design, with six experimental units (EU) and two piglets per EU. The treatments consisted of a corn and soybean meal basal diet (BD), and four diets with 15% SH + EC (0, 200, 400 e 600 mg/kg). It was observed decreasing on DFI and DGW for the treatments that received SH compared to BD. There was a linear

improvement of gain:feed ratio, with EC inclusion (200, 400 e 600 mg/kg). The results suggest that despite of EC do not improve soybean hulls digestibility, it improves gain:feed ratio of diets with 15% of SH + EC for piglets (15-30 kg).

I. INTRODUÇÃO

1.1. Introdução geral

A suinocultura nos últimos 10 anos tem aumentado sua produção mundial numa escala de 2,8% ao ano (Roppa, 2006), com isso aumenta também a demanda por alimentos que não concorram com a alimentação humana e que possam suprir às exigências dos animais com menor custo, contudo, sem diminuir o desempenho.

O Brasil é o 4º produtor mundial de suínos (considerando a União Européia como um único produtor), e teve uma participação de 2,85% na produção mundial de carne suína em 2005 (Roppa, 2006).

O estado do Paraná destaca-se no cenário nacional como segundo maior produtor de soja, com uma produção de 9.389 mil toneladas na safra 2005/2006 (CONAB, 2006), e como terceiro produtor de carne suína com uma produção de 441,19 mil toneladas em 2005 (Roppa, 2006).

Na suinocultura moderna, busca-se constantemente diminuir os custos de produção referentes à alimentação dos animais que podem chegar a 75% do valor total de produção. Para isso, tem-se estudado ingredientes de menor custo para o produtor, oriundos do processamento industrial de alimentos.

O Brasil destaca-se como grande produtor e exportador de soja em grão e farelo de soja de elevado teor protéico e de baixa concentração de fibra, o que gera grande quantidade de casca de soja (CS). Existe também o resíduo da limpeza da soja, que pode em determinadas ocasiões ser incorporado à CS.

Na safra 2005/2006 o Brasil produziu 53,41 milhões de toneladas de soja em grão (CONAB, 2006). Considerando que a casca de soja representa cerca de 7-8 % do peso

do grão de soja (Restle et al., 2004), estima-se uma produção de 3.738.973 toneladas de CS em todo o país.

A CS consiste na parte externa do grão (película) e é obtida por separação no processo de extração do óleo, quando os grãos de soja sofrem quebra e são condicionados a um aquecimento (62 °C) para posterior laminação (Butolo, 2002).

A composição química e energética da CS, entretanto, é muito variável, pois não existe padronização na obtenção dessa casca pelas indústrias de moagem de soja. Além disso, a presença de uma maior ou menor quantidade de vagem, de resíduos de caule, de partes da planta e outros podem contribuir para variação da composição química da CS (Kutschenko, 2004).

A concentração de fibra pode limitar o uso da CS na alimentação de leitões, haja visto, a correlação negativa entre a inclusão de fibras e a digestibilidade de alguns nutrientes. Segundo Noblet & Lê Goff (2001), a habilidade do suíno em digerir fibra dietética varia com sua idade ou peso vivo. O tamanho do intestino grosso aumenta proporcionalmente ao peso corporal, reduzindo, conseqüentemente, a taxa de passagem da digesta e aumentando o tempo de fermentação do quimo proveniente do íleo.

Ainda são escassos, na literatura nacional, trabalhos sobre a utilização da CS na alimentação de suínos. Kutschenko (2004) encontrou valores de 3.891 kcal EB/kg e 2.397 kcal ED/kg para CS moída na peneira de 2,5 mm. O mesmo autor determinou teores de matéria seca de 92,29 %, proteína bruta de 17,07%, fibra em detergente neutro de 57,34%, fibra em detergente ácido de 39,74%, hemicelulose de 17,60% e extrato etéreo de 2,94%.

A CS possui em torno de 75% de polissacarídeos não-amiláceos (PNA's) (NSP – Non-starch polysaccharides), 60% dos quais são insolúveis (Lo, 1989; Dilger, 2004).

Estudando a CS, Snyder & Know (1987), relataram que a fração de carboidratos complexos da parede celular da CS consiste em 30% de pectina, 50% de hemicelulose e 20% de celulose. Enquanto que a maior fração de polissacarídeos da CS é composta por galactomananos, além de conter xilanos e celulose (Aspinall et al., 1966).

Utilizando a CS para suínos em terminação, Bowers et al. (2000) evidenciaram que o uso da CS até 9% não prejudica o desempenho, contudo, se for utilizado alto nível de inclusão da CS é necessário utilizar algum suplemento energético (óleo de soja) para não haver diminuição no desempenho.

Avaliando o efeito da inclusão de 10% de CS na dieta de suínos, DeCamp et al. (2001) verificaram redução no impacto ambiental com a diminuição da concentração de

amônia e enxofre no ar, diminuição do limiar de detecção de odores, aumento na concentração de nitrogênio nas fezes e produção de AGV.

Cascas de sementes de leguminosas contêm grande quantidade de xilanos como polímeros hemicelulosídicos (Aspinall et al., 1966). Xilanos são insolúveis na água, devido à propriedade das ligações β -1,4 glucosil, com baixa proporção de cadeias laterais e tem, aproximadamente, 4% de ácido D-glucurônico residual.

Um esquema exemplificando o fracionamento dos constituintes da fração de carboidratos das plantas sugerido por Hall (2003), encontra-se na Figura 1.

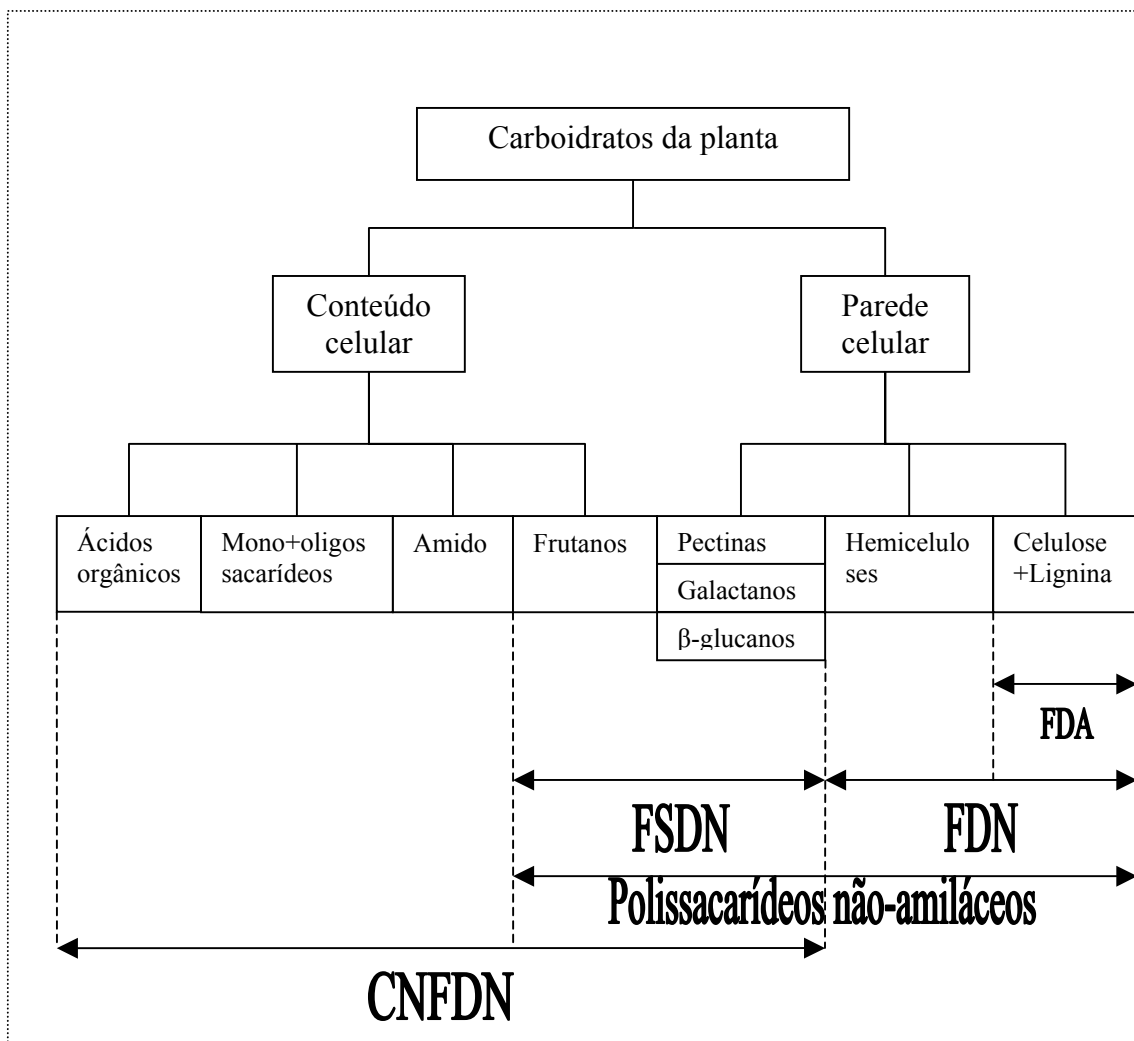


Figura 1. Frações dos carboidratos da planta. FDA = fibra em detergente ácido, β -glucanos = (1-3) (1-4)- β -D-glucanos, FDN = fibra em detergente neutro, FSDN = fibra solúvel em detergente neutro (incluindo todos os polissacarídeos não-amiláceos ausentes na FDN), CNFDN = carboidratos não-FDN (Adaptado de Hall, 2003). *Plant carbohydrate fractions. ADF = acid detergent fiber, β -glucans = (1 \rightarrow 3) (1 \rightarrow 4)- β -D-glucans, NDF = neutral detergent fiber, NDSF = neutral detergent-soluble fiber (includes all nonstarch polysaccharides not present in NDF), NFC = non-NDF carbohydrates (Adapted from Hall, 2003)*

O termo fibra bruta (FB), refere-se ao resíduo do material da planta após a extração ácida e alcalina, inclui porções variáveis de PNA's. Fibra em detergente neutro (FDN), refere-se a porção insolúvel dos PNA's mais lignina, e fibra em detergente ácido (FDA), refere-se a uma porção insolúvel de PNA's, compreendido na maior parte, mas não exclusivamente, por celulose e lignina (Bailey, 1973).

1.2. Polissacarídeos não-amiláceos (PNA's)

De acordo com Choct (1997), o termo polissacarídeos não-amiláceos (PNA's) refere-se a uma variedade de moléculas de polissacarídeos, excluindo os α -glucanos (amido). A classificação dos PNA's foi originalmente feita através de uma metodologia usada para a extração e isolamento de polissacarídeos.

O resíduo remanescente após uma série de extrações alcalinas de materiais da parede celular das plantas foi chamada celulose, e a fração deste resíduo solubilizado pelo álcali foi chamada hemicelulose. A palavra hemicelulose foi adotada, porque pesquisadores equivocadamente consideraram esse polissacarídeo como precursor da celulose. Apesar de sabermos que é um termo incorreto, ainda é comumente usado (Choct, 1997).

Polissacarídeos são polímeros de monossacarídeos unidos por ligações glicosídicas, sendo definidos e classificados segundo considerações estruturais e propriedades físico-químicas. Seus efeitos nutricionais nos monogástricos são diversos, e em alguns casos, extremos. Entretanto, geralmente é admitido que os maiores efeitos detrimenais dos PNA's são associados com a viscosidade desses polissacarídeos, seus efeitos fisiológicos e morfológicos no trato gastrointestinal (TGI) e sua interação com a microbiota intestinal (Choct, 1997).

Os PNA's são componentes de alto peso molecular presentes nos alimentos (Gruppen, 1996) e podem compreender mais de 90% da parede celular das plantas (Selvendran & Robertson, 1990).

Dentre os mais abundantes PNA's da parede celular estão a celulose, hemiceluloses e pectinas. O menor grupo de PNA's compreendem os frutanos, glucomanos e galactomananos, que servem como polissacarídeos internos de reserva. Mucilagens, β -glucanos e gomas são também exemplos de PNA's (Grieshop et al., 2001).

Entre os efeitos causados pelos PNA's incluem a alteração do tempo de trânsito intestinal, modificação na estrutura da mucosa intestinal e mudança na regulação hormonal devido a variação na taxa de absorção de nutrientes (Vahouny, 1982).

Somente o amido pode ser hidrolizado pela amilase pancreática em glicose, PNA's não são hidrolizados pelas enzimas de mamíferos, sendo fermentados pela microflora do TGI. O impacto fisiológico individual dos PNA's é dependente dos resíduos de açúcares presentes e da natureza das ligações entre estes resíduos. Para degradação de muitos nutrientes (proteínas, gorduras e carboidratos), o organismo animal possui uma abundante quantidade de enzimas endógenas e outras secreções digestivas que facilitam o acesso desses nutrientes aos processos digestivos. Entretanto, certos nutrientes não são hidrolisáveis pelas enzimas endógenas, como o caso das fibras dietéticas (Wenk, 1993).

Em contraste, às proteases e lipases, as carboidrases produzidas pelo animal não são direcionadas a todos os carboidratos contidos nos alimentos. Devido a falta de enzimas apropriadas, a hidrólise dos PNA's não é possível, porém, pela atividade microbiana do trato digestivo animal, pode ocorrer uma hidrólise parcial desses substratos. Contudo, a capacidade é limitada, principalmente para aquelas espécies que apresentam baixa atividade microbiana, como as aves e suínos jovens (Simon, 1996).

A redução na digestão promovida pelo aumento da viscosidade, ocorre devido a diminuição na taxa de difusão das enzimas endógenas para os substratos alimentares e dos nutrientes para os sítios de absorção localizados na parede intestinal (Pugh, 1993).

O aumento da atividade microbiana promovido pelos PNA's no intestino delgado, pode causar a desconjugação dos ácidos biliares, prejudicando o retorno dos mesmos ao fígado, e subsequente reciclagem junto à bile. Como resultado, tem-se uma redução na digestão das gorduras devido a menor concentração dos sais biliares e/ou baixa absorção afetada pelo aumento na proliferação dos enterócitos e mudanças na morfologia dos vilos e microvilos (Smits & Anninon, 1996).

Todavia os ácidos biliares são considerados como estabilizadores de proteínas pancreáticas no lúmen intestinal, portanto, a digestão protéica poderia estar comprometida (Bedford, 1995), além disso, os sais biliares têm um efeito protetor sobre as enzimas digestivas (Green e Nasset, 1980 citados por Krogdahl, 1985).

1.2.1. Polissacarídeos não-amiláceos solúveis

PNA's solúveis interagem com o glicocálix da borda em escova intestinal, tornando espessa a camada de água na mucosa, que reduz a eficiência da absorção dos nutrientes através da parede intestinal. Os PNA's solúveis não atuam somente como barreiras físicas a digestão e absorção de nutrientes pelo aumento da viscosidade intestinal, mas também, pela modificação da secreção endógena de água, proteínas, eletrólitos e lipídios (Angkanaporn et al., 1994).

As mudanças nas características do intestino delgado pela ampliação dos órgãos digestivos e aumento das secreções dos sucos digestivos, são acompanhadas por um decréscimo na digestão de nutrientes. Além disso, a viscosidade causada pelos PNA's realça a secreção de ácidos biliares e conseqüentemente resulta em uma significativa perda desses ácidos pelas fezes (Ide et al., 1989; Ikegami et al., 1990), devido a habilidade de determinados PNA's ligarem-se aos sais biliares (Vahouny et al., 1980; Vahouny et al., 1981). Isto, por sua vez, pode resultar num aumento da síntese hepática dos ácidos biliares a partir do colesterol, para o restabelecimento destes metabólitos na circulação enteroepática.

Estudando aves alimentadas com dietas contendo altos níveis de PNA's, Partridge & Wyatt (1995), observaram um aumento no peso do pâncreas, sugerindo que mecanismos de "feedback" no intestino das aves estimularam a hipertrofia desse órgão. Para os autores, o uso de enzimas exógenas poderia implicar em economia de proteína, visto que, há síntese protéica para o crescimento do órgão e secreção de enzima endógena, levando a menor disponibilidade para o crescimento do tecido.

O aumento da viscosidade produzido pelas frações solúveis dos β -glucanos e arabinosilanos, causam uma redução na digestibilidade dos nutrientes. Ainda não se tem uma explicação definitiva para esse efeito, mas alguns efeitos fisiológicos estão envolvidos como uma pior difusão e transporte das lipases e sais biliares pelo lúmen intestinal; maior dificuldade de contato entre os compostos da digesta e as secreções digestivas; dificuldade do transporte dos nutrientes até a superfície epitelial; aumento da secreção de muco pela mucosa com aumento da viscosidade, prejudicando a absorção dos nutrientes; maior secreção pancreático-biliar e menor capacidade de absorção de compostos endógenos, o que aumenta as perdas de substâncias endógenas (Kim et al., 2003).

O fato da viscosidade causada pelos PNA's ser o maior efeito antinutricional nas dietas de animais monogástricos, é suportado pelo uso de enzimas exógenas nas dietas de monogástricos. As enzimas exógenas clivam as grandes moléculas de PNA's até polímeros menores, desse modo, reduzindo o volume do conteúdo intestinal e aumentando o valor nutritivo dos alimentos (Bedford et al., 1991). A viscosidade dos PNA's depende da sua solubilidade e peso molecular. Solubilidade dos PNA's, por sua vez, depende da estrutura química e sua associação com componentes da parede celular. Viscosidade, entretanto, não é específica para a composição ou tipo de ligação presente no polissacarídeo. Geralmente a alta viscosidade no intestino, diminui a taxa de difusão dos substratos e enzimas digestivas, obstruindo sua interação com a superfície intestinal (Edwards et al., 1988; Ikegami et al., 1990).

1.2.2. Polissacarídeos não-amiláceos insolúveis

Elevados níveis de PNA's insolúveis na dieta reduz o tempo de permanência da digesta (Kirwan et al., 1974), isso pode conduzir a uma diminuição da digestibilidade dos nutrientes.

Os PNA's insolúveis do farelo de soja são parcialmente resistentes a fermentação microbiana no intestino grosso e são constituintes insolúveis da parede celular. A importância nutricional dos polissacarídeos insolúveis como fonte de energia para não-ruminantes poderia ser melhorada se esses carboidratos fossem quebrados em seus constituintes monoméricos. Os polissacarídeos resistentes à fermentação pelos microrganismos do intestino delgado, fazem aumentar o volume fecal, provavelmente por sua capacidade em reter água (Edwards & Eastwood, 1995).

Os PNA's insolúveis aumentam o volume de fibra total na dieta, mas eles têm pouco efeito sobre a utilização de nutrientes em animais monogástricos (Carré et al., 1990). Um de muitos atributos importantes dos PNA's, é sua habilidade em absorver grande quantidade de água e manter a motilidade normal do intestino (Stephen & Cummings, 1979).

1.3. Oligossacarídeos (OG's) da casca de soja

A função fisiológica dos oligossacarídeos (OG's) está relacionada com o armazenamento e transporte de energia, ainda que, em alguns casos, os OG's sejam simplesmente o resultado da hidrólise parcial de polissacarídeos. Dado que qualquer combinação de 2 a 10 açúcares é um oligossacarídeo, o número de compostos deste tipo

teoricamente é muito alto. Assim mesmo, na natureza, são encontrados um grande número de moléculas diferentes. A família mais importante é a da rafinose, trissacarídeo resultante da união de uma molécula de galactose e uma de sacarose mediante uma ligação α (1-6). Por adição sucessiva de moléculas de galactose α (1-6), se obtém os outros membros da família: estaquiase, verbascose e ajugose (Grieshop et al., 2001).

A fermentação dos galactoligossacarídeos (GOS) tem sido implicada por efeitos negativos sobre a digestibilidade dos nutrientes e disponibilidade de energia, isso resulta na produção de ácidos graxos de cadeia curta e gases como CO_2 e H_2 (Rackis et al., 1970), podendo causar flatulência, náusea e desconforto em suínos (Calloway et al., 1966; Fleming, 1981; Krause et al., 1994; Karr-Lilienthal, 2005).

Compostos produtores de flatulência (CPF) não digeridos, são de interesse particular para a indústria suinícola, pois afetam negativamente a digestibilidade da fibra, energia e proteína (Veldman et al., 1993; Gdala et al., 1997), devido ao aumento da osmolaridade e taxa de passagem da digesta pelo intestino (Wiggins, 1984), além de interferirem na secreção de insulina e absorção de glicose pelo intestino (Jackson, 2002).

Conteúdos de α -1,6-galactosídeos (rafinose, 1,0%; estaquiase, 4,6%) e β -galactomananos (1,2%) são relativamente altos no farelo de soja (Trugo et al., 1995, Kim et al., 2001), e esses CPF não são digeridos pelos suínos devido a falta das enzimas (α -1,6-galactosidase, β -1,4-manosidase) responsáveis pela hidrólise das ligações α -1,6-galactosil e ligações β -1,4-manosil (Slominski, 1994, Pluske & Lindemann, 1998; Veum & Odle, 2001, Kidd et al., 2001, Kim & Baker, 2003). Entretanto, Smiricky et al. (2003), relataram 77% de digestibilidade ileal dos galactoligossacarídeos (GOS) adicionados à dietas semi-purificadas para suínos em crescimento.

Outra característica digestiva a se destacar sobre os carboidratos que constituem a fibra solúvel, segundo Gardiner et al. (1995), é fácil a sua fermentabilidade, devido à boa acessibilidade da flora microbiana no ID. Assim, uma fração significativa da fibra solúvel é degradada antes de chegar ao IG dando lugar ao ácido láctico e ácidos graxos voláteis (AGV). O resíduo é degradado no IG sendo os principais produtos da fermentação os AGV que têm um papel importante na fisiologia digestiva do animal.

A presença de AGV no cólon estimula a proliferação de células da mucosa, aumentando o fluxo sanguíneo na mesma e a motilidade intestinal. Estes efeitos resultam em melhor manutenção da integridade da mucosa intestinal, que atua como barreira contra as bactérias e endotoxinas (Gardiner et al., 1995).

Além disso, os AGV exercem um efeito acidificante sobre a digesta, pois em estudos *in vitro* observou-se o controle do desenvolvimento de *E. coli*, microrganismo potencialmente patógeno (Wallace et al., 1989).

Segundo Kendall et al. (1999), a adição de casca de soja servirá como fonte de energia aos microrganismos do intestino grosso de suínos em crescimento, para a produção de proteína microbiana e ácidos graxos voláteis (AGV). Isto pode ser benéfico de três formas; primeiro, disponibilizará energia para o suíno na forma de AGV para síntese protéica ou lipídica; segundo, o aumento de AGV irá diminuir o pH dos dejetos e reduzirá a volatilização de componentes causadores de odor desagradável; e terceiro, mais nitrogênio excretado é incorporado em proteína microbiana. Pelo deslocamento do nitrogênio excretado da forma tradicional como uréia pela urina, para proteína microbiana pelas fezes, assim o nitrogênio não volatilizará na forma de amônia.

Apesar de existir o efeito negativo da fermentação dos GOS, eles também podem ser benéficos aos animais, pela ação prebiótica, através do aumento da concentração das bactérias benéficas (*Lactobacillus e Bifidobacterias*) e diminuição das bactérias prejudiciais como a *E. coli e enterobacterias* (Karr-Lilienthal, 2005). Quando leitões recém-desmamados são alimentados com 1% de estaquiase foi observado um aumento de *Lactobacillus* no íleo e de colônias de *Bifidobacterias* ao longo do ceco com um decréscimo de enterobacterias (Liyang et al., 2003).

Alguns oligossacarídeos também são utilizados como substratos por alguns microrganismos e desta forma modificam a flora microbiana intestinal. Tanto fruto e galactoligossacarídeos, como os oligossacarídeos da soja são preferencialmente utilizados por bifidobacterias e lactobacilos, que os utilizam mais rapidamente que outros microrganismos, favorecendo seu desenvolvimento (Steward et al., 1993).

Tanto as bifidobacterias quanto os lactobacilos, tem sido relacionados positivamente com a saúde do animal (Fuller, 1989) e constituem a base de muitos probióticos. Estes microrganismos são muito sensíveis a trocas na dieta ou períodos de jejum, por isto, o efeito positivo dos oligossacarídeos sobre esse tipo de flora é especialmente interessante em animais jovens como o leitão.

1.4. Enzimas na nutrição de suínos

Para aumentar a eficiência da produção na indústria suinícola a um baixo custo, é necessário uma melhoria contínua na utilização das dietas e de uma grande variedade de ingredientes dietéticos. O suinocultor utiliza alimentos que competem com a

alimentação humana em combinação com determinados subprodutos da indústria, e sua utilização depende do custo relativo e do valor nutritivo dos alimentos selecionados. Por estas razões, um esforço contínuo tem sido feito, a fim de compreender a natureza complexa de componentes da alimentação. Isso vem impulsionando o desenvolvimento promissor do uso de determinadas enzimas microbianas, capazes de aumentar a disponibilidade de nutrientes e de carboidratos da parede celular.

Bioquimicamente, as enzimas são proteínas que além de aminoácidos individuais, mas podem também conter outras substâncias ou co-fatores, tais como vitaminas e minerais. As enzimas comercialmente disponíveis para alimentação são produtos naturais, produzidos pela fermentação microbiana. As enzimas, como catalizadores biológicos, estão envolvidas em vias anabólicas e catabólicas da digestão e do metabolismo. Por causa destas características, é crescente o interesse no uso das enzimas para melhorar o desempenho animal (Liu & Baidoo, 1997).

Em um animal desenvolvido, os nutrientes como as proteínas, gorduras, e os carboidratos podem ser absorvidos em quantidades nutritivamente significativas na forma de aminoácidos livres, oligopeptídeos, ácidos graxos, monossacarídeos. Tais processos digestivos não ocorrerão sem as reações enzimáticas relevantes. As enzimas endógenas produzidas pelos animais, podem ser insuficientes em determinadas circunstâncias. O suplemento das dietas com enzimas exógenas, ajudaria, conseqüentemente, o animal a lidar com estas situações (Inbarr e Ogle, 1988).

Muitos ingredientes da alimentação têm características desfavoráveis ao sistema digestivo do suíno. O maior exemplo conhecido são os PNA's nas paredes celulares dos grãos. O suíno é incapaz de liberar a parcela de energia destes componentes, porque estes carboidratos complexos são resistentes às enzimas endógenas. Entretanto, as enzimas microbianas adicionadas à dieta são eficazes sobre determinados componentes que diminuem o crescimento, tais como os β -glucanos e oligossacarídeos (Inbarr e Ogle, 1988). Alguns ingredientes da alimentação, considerados alimentos alternativos, contêm, frequentemente, determinados fatores antinutricionais, neste caso a suplementação enzimática pode ser benéfica.

As principais razões para o uso de suplementos enzimáticos nas dietas animais são para melhorar a digestão de nutrientes e eliminar ou minimizar os efeitos negativos de componentes específicos dos alimentos (Guenter, 1997).

A suplementação enzimática na alimentação animal tem sido utilizada há algum tempo. Em uma antiga publicação, Hastings (1946) investigou o uso de α -amilase na

alimentação de frangos. Desde então, vários suplementos enzimáticos têm sido usados na alimentação animal. O extensivo uso de certos alimentos na produção de rações como a cevada, o trigo, o farelo de soja, estimularam o interesse em eliminar os fatores antinutricionais destes ingredientes.

O farelo de soja tem sido usado em larga escala como fonte de proteína na dieta de suínos pelo alto teor de proteína, alta digestibilidade e grande disponibilidade. Vários fatores antinutricionais contidos no farelo dessa leguminosa, entretanto, tem limitado sua utilização na alimentação de suínos (Backer, 2000).

Muitos dos fatores antinutricionais do farelo de soja podem ser destruídos ou inativados completamente por métodos de processamento pelo calor (Liener, 1994; Liener, 2000). Entretanto, os oligossacarídeos (rafinose, estaquiose e verbascose), β -galactomananos, β -1,4-mananos e α -1,6-galactosídeos, conhecidos como componentes produtores de flatulência (CPF), além das saponinas, goitrogenos e fitatos, ainda são persistentes após o processamento do grão de soja em farelo (Rackis, 1981; Hartwing et al., 1997; Kim & Baker, 2003).

Leitões alimentados com dietas contendo baixa quantidade de compostos produtores de flatulência, tiveram melhoras na taxa de crescimento dos animais (Risley & Lohrmann, 1998).

Nas aves domésticas, o mecanismo mais aceito da ação de enzimas é a redução da viscosidade da digesta, que facilita desse modo, a interação entre os alimentos e enzimas digestivas. Entretanto, a estrutura e as características do trato digestivo do suíno diferem daquelas das aves domésticas em muitos aspectos. Os suínos se distinguem das aves, sendo que essas possuem o papo (ventrículo) que é um ambiente ideal para a degradação enzimática, onde o pH é o mais adequado para a ação das enzimas fúngicas. Pelo contrário, as enzimas exógenas submetidas a baixo pH, como acontece no estômago de suínos, não são ativas e, além disso, são inativadas de forma irreversível com uma prolongada exposição, exceto se houver algum tipo de proteção sobre a enzima, para evitar o ataque das proteases (Bass et al., 1993; citados por Campbell, 1993).

Portanto, parece que qualquer degradação dos componentes da dieta deve ocorrer durante a entrada inicial do alimento no estômago do suíno, quando a acidez natural do estômago é tamponada com o alimento ingerido. A possibilidade de atuação das enzimas exógenas tem de ser anterior à completa acidificação do alimento consumido (Campbell, 1993).

Segundo Taverner & Campbell (1988), a otimização da disponibilidade da energia, pode também ser conseguida deslocando o local da digestão do intestino grosso (IG) para o intestino delgado (ID). A significativa fermentação no ceco, pode degradar a parede celular em uma grande extensão, e no IG onde somente aproximadamente 30% da energia derivada pode ser utilizada pelo animal, e esta energia está no forma de AGV. Entretanto, a degradação e a absorção da fibra dietética no ID podem ser limitados pela falta de enzimas apropriadas.

Teoricamente, as enzimas exógenas podem realçar esta degradação. Taverner & Campbell (1988), mostraram que uma preparação enzimática que contém β -glucanase aumentou a disponibilidade da energia dietética em 13% e aumentou a absorção da proteína em 21% nos suínos alimentados com dietas a base de cevada. Isto foi conseguido alterando o local da digestão do IG para o ID.

As respostas inconsistentes no desempenho indicam uma interação complexa entre enzimas e substrato, que é complicada ainda mais pela idade, dieta e pelo procedimento experimental. A microflora na parte mais posterior do ID pode ter um papel importante em disponibilizar PNA's aos suínos. O gênero bacteriano predominante, *lactobacillus* pode degradar as ligações entre β -glucanos, aproximadamente 75% destes β -glucanos são digeridos no íleo. O relativo benefício econômico das enzimas para leitões, entretanto, é menor, porque somente 4% da alimentação total usada é consumida durante o período 21 dias pós-desmame, visto que, a alimentação consumida pelos suínos na fase de crescimento-terminação, representa 62-68% da alimentação total. No entanto, na produção industrial de suínos, mesmo as pequenas melhorias na conversão alimentar podem resultar em lucros consideráveis (Liu & Baidoo, 1997).

Um dos problemas restantes com o uso de enzimas exógenas em digerir componentes da parede celular, é que não alvejam substratos específicos. Chesson (1987), concluiu que o uso bem sucedido das enzimas, esteve relatado na maior parte dos estudos em que o problema era "relativamente simples e bem definido." Ir além deste, requererá formulações de enzimas projetadas para hidrolisar substratos específicos. O desafio será degradar polissacarídeos a uma extensão substancial.

A maioria dos polissacarídeos da fibra dietética, são componentes da parede celular associados com outros polissacarídeos ou não-carboidratos, tais como a proteína e a lignina. É difícil projetar uma mistura eficaz de enzimas que digiram paredes de células, porque sua composição é pela maior parte incerta e pode ser variável em alimentos diferentes (Annison, 1991).

O uso de coquetéis enzimáticos contendo α -galactosidase permitiria aos nutricionistas reformular as rações considerando o nível energético adicional (Cleóphas, et al., 1995), e segundo Bedford (1996), eliminaria os problemas causados pelos PNA's, oligossacarídeos e fatores antinutricionais.

A composição estrutural e as implicações físico-químicas dos polissacarídeos da parede celular podem ser determinadas por dois fatores: o teste padrão, em que os polissacarídeos e outros componentes são arranjados; e a ligação entre moléculas de componentes da parede celular. A degradação dos compostos complexos e insolúveis, requer provavelmente várias enzimas (Chesson, 1987).

Normalmente, as enzimas comerciais usadas como aditivos não contém uma única enzima, mas ao contrário, são preparados enzimáticos contendo uma variedade de enzimas (Ferket, 1993; Walsh et al., 1993), o que é desejável, uma vez que as rações são compostas por vários ingredientes (Campbell e Bedford, 1992).

Muitas destas preparações enzimáticas, podem eficazmente degradar polissacarídeos da fibra em dietas dos suínos, e conseqüentemente, melhorar significativamente a disponibilidade da energia. Entretanto, estudos adicionais serão necessários para produzir preparações enzimáticas a um baixo custo e de boa performance.

Baucells et al. (2000), sugere que a enzima α -galactosidase pode ter um efeito positivo sobre a digestibilidade da proteína no ID de leitões. Ela atua diretamente sobre os α -galactosídeos da soja (rafinose e estaquiose) que não podem ser metabolizados pelos monogástricos. Estes α -galactosídeos também demonstraram interferir negativamente sobre a digestão da fibra e energia metabolizável, além de aumentar a taxa de passagem da digesta (Kidd et al., 2001).

Os β -glucanos, são polímeros lineares de β -1,4 glicose, podendo ser formados por ligações β -1,3 intercaladas com ligações β -1,4 e estão localizados no endosperma da parede celular. Para utilizar esses compostos presentes nas dietas, é necessária a presença da enzima β -glucanase, que não é produzida pelos mamíferos (Grieshop et al., 2001).

Estudos sobre a utilização de enzimas exógenas na alimentação de suínos são limitadas, e por vezes inconsistentes, pois existe uma variação no processo de produção das enzimas, concentração e atividade enzimática utilizada em cada trabalho, além dos diferentes substratos alvo. Por isso, é necessário prudência para comparar resultados entre pesquisas.

Neste estudo foi utilizado um complexo enzimático (CE) (Endopower[®]), que segundo Kim et al. (2003), as enzimas foram produzidas a partir da fermentação do *Aspergillus niger* (PRL 2351) e *Aspergillus oryzae* (ATCC 66222).

Avaliando esse complexo enzimático Kim et al. (2003), determinaram a atividade das principais carboidrases presentes. Os autores observaram que as principais enzimas ativas no produto foram: α -1,6-galactosidase, β -1,4-mananase e β -1,4-manosidase. Algumas enzimas residuais em menor quantidade presentes foram: β -1,4-glucanase, β -glucosidase, celobiase, xilosidase, arabinosidase, amiloglucosidase e α -glucosidase.

LITERATURA CITADA

- ANGKANAPORN, K.; CHOCT, M.; BRYDEN, W.L. et al. Effects of wheat pentosans on endogenous amino acid losses in chickens. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.66, p.399-404, 1994.
- ANNINSON, G. The chemistry of dietary fibre. In: SAMMON, S.; ANNISON, G. (Eds.) **Chemistry and nutritional effects of dietary fibre**. Workshop Proceedings, Canberra, Australia. p.1-6, 1991.
- ASPINALL, G.O.; HUNT, K.; MORRISON, I.M. Polysaccharides of soybeans: II. Fractionation of hull cell-wall polysaccharides and the structure of a xylan. **Journal of Chemical Society**, v. 21, p. 1945-1949, 1966.
- BAILEY, R.W. In: **Chemistry and Biochemistry of Herbage**, v.1, p. 157, 1973.
- BAKER, D.H. Nutritional constraints to use of soy products by animals In: DRACKLEY, J.K. (Ed.) **Soy in animal nutrition**. Federation of Animal Science Societies, Savoy, Illinois, USA, p. 1-12, 2000.
- BAUCELLS, F.; PEREZ, J.F.; MORALES, J. et al. Effect of α -galactosidase supplementation of cereal-soya-bean-pea diets on the productive performances, digestibility and lower gut fermentation in growing and finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 157-164, 2000.
- BEDFORD, M.R.; CLASSEN, H.L.; CAMPBELL, G.L. The effect of pelleting, salt, and pentosanase on the viscosity of intestinal contents and the performance of broiler fed rye. **Poultry Science**, v.70, p.1571-1577, 1991.
- BEDFORD, M.R. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. **Animal Feed Science and Technology**, v.53, n.2, p.145-155, 1995.
- BEDFORD, M.R. La utilización eficaz del trigo en las dietas avícolas. **Industria Avícola**, v.96, p.22-24, 1996.
- BOWERS, K.A.; HERR, C.T.; WEBER, T.E. et al. Evaluating inclusion levels of soybean hulls in finishing diets. Purdue University, **Swine day**, august 31, p.39-42, 2000. Disponível em: <<http://www.ansc.purdue.edu/swine/porkpage/nutrient/pubs.htm>>. Acesso em: 20/10/2006.
- BRESANI, R.; BRAHAM, J.E. Utilization of coffee pulp as animal feed. In: Neuvième colloque scientifique international sur le café, ASIC, Paris, **Anais...** Paris, 1980, p.303-323.
- BUTOLO, J.E. **Qualidade de Ingredientes na Alimentação Animal**. 1 ed. Campinas, SP, 2002. 430p.
- CALLOWAY, D.H.; COLASITO, D.J.; MATHEWS, R.D. Gases produced by human intestinal flora. **Nature**, v.212, p.1238-1239, 1966.
- CAMPBELL, G.L.; BEDFORD, M.R. Enzymes applications for monogastric feed: A review. **Canadian Journal Animal Science**, v.72, n.3, p.449-466, 1992.
- CAMPBELL, G.L. Utilización de enzimas en granos de cereales: fitasas, glucanasas e pentosanasas. In: **IX Curso de Especialización FEDNA**. Barcelona, 1993.

- Disponível em: < http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/93CAP_8.pdf >. Acesso em: 20/09/2006.
- CARRÉ, B. In: WISEMAN, J.; COLE, D.J.A. (Eds.) **Feedstuff evaluation**. Butterworths, London, 1990, 283 p.
- CHESSON, A. Supplementary enzymes to improve the utilization of pig and poultry diets. In HARESIGN, W.; COLE, D.J.A., (Eds.), **Recent advances in animal nutrition**. Butterworths, London, UK. 1987, p. 71–89.
- CHOCT, M. Feed non-starch polysaccharides : Chemical structures and nutritional significance. **Feed Milling International**, June issue, p.13-26, 1997. disponível em: <<http://www-personal.une.edu.au/~mchoct/FIA%20Paper.pdf#search=%22CHOCT%20FEED%20MILLING%22>> Acesso em: 19/09/2006.
- CLÉOPHAS, G.M.L.; HARTINGSVELDT, W.V.; SOMERS, W.A.C. et al. Enzymes can play an important role in poultry nutrition. **World Poultry**, v.11, n.4, p.12-15, 1995.
- COLE, J.T.; FAHEY, G.C.; MERCHEN, N.R.J. et al. Soybean hulls as a dietary fiber sources for dogs. **Journal of Animal Science**, v.77, p.917-924, 1999.
- CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra 2005/2006**, CONAB, 2006. Disponível em < <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/boletim10.pdf>.> Acesso em: 30/10/2006.
- DECAMP, S.A.; HILL, B.; HANKINS, S.L. et al. Effects of soybean hulls on pig performance, manure composition, and air quality. **Swine day**, Purdue University, 2001, p.84-89. Disponível em: <<http://www.ansc.purdue.edu/swine/porkpage/nutrient/pubs.htm>>. Acesso em: 20/10/2006.
- DILGER, R. N.; SANDS, J. S.; RAGLAND, D. et al. Digestibility of nitrogen and amino acids in soybean meal with added soyhulls. **Journal of Animal Science**, v.82, p.715–724, 2004.
- EDWARDS, C.A; JOHNSON, I.T.; READ, N.W. Do viscous polysaccharides slow absorption by inhibiting diffusion or convection? **European Journal of Clinical Nutrition**, v.42, p.306-312, 1988.
- EDWARDS, C.A.; EASTWOOD, M.A. Caecal and fecal short-chain fatty acids and stool output in rats fed on diets containing non-starch polysaccharides. **British Journal of Nutrition**, v.73, p.773-781, 1995.
- FERKET, P.R. Practical of feed enzymes for turkeys and broilers. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.2, n.1, p.75-81, 1993.
- FLEMING, S.E. A study of relationships between flatus potential and carbohydrate distribution in legume seeds. **Journal Food Science**, v.46, p.794–799, 1981.
- FULLER R. Probiotics in man and animals. **Journal of Applied Bacteriology**, v.66, p.365-378, 1989.
- GARDINER, K.R.; KIRK, S.J.; ROWLANDS, B.J. Novel substrates to maintain gut integrity. **Nutrition Research Reviews**, v.8, p.43-66, 1995.
- GDALA, G.; JANSMAN, A.J.M.; BURACZEWSKA, L. et al.. The influence of α -galactosidase supplementation on the ileal digestibility of lupin seed carbohydrates

- and dietary protein in young pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.67, p.115–125, 1997.
- GRIESHOP, C.M.; REESE, D.E.; FAHEY JR., G.C. Nonstarch Polysaccharides and Oligosaccharides in Swine Nutrition. In: LEWIS, A.J. and SOUTHERM, L.L. (Eds.) **Swine Nutrition**. 2ed. New York, 2001, p.107-130.
- GRUPPEN, H. Triggering the breaking of nutrients. **Feed Mix**, v.4, n.1, p.24-28, 1996.
- GUENTER, W. Practical experience with the use of enzymes. In: MARQUARDT, R.R. & HAN, Z. (Eds.) [Enzymes in poultry and swine nutrition](#). IDRC, Ottawa: Ontario 1997. 154p. Disponível em: <http://www.idrc.ca/books/focus/821/chp6.html>. Acesso em: 05/09/2006.
- HALL, M.B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v.81, p.3226-3232, 2003.
- HARTWING, E.E.; KUO, T.M.; KENTY, M.M. Seed protein and its relationship to soluble sugars in soybean. **Crop Science**, v.37, p.770–773, 1997.
- HASTINGS, W.H. Enzyme supplements to poultry feeds. **Poultry Science**, v.25, p.584-586, 1946.
- IDE, T.; HORII, M.; KAWASHIMA, K. et al. T. Bile acid conjugation and hepatic taurine concentration in rats fed on pectin. **British Journal of Nutrition**, v.62, n.3, p. 539-550, 1989.
- IKEGAMI, S.; TSUCHIHASHI, F.; HARADA, H.; et al. Effect of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic-biliary secretion and digestive organs in rats. **Journal of Nutrition**, v.120, n.4, p.353-360, 1990.
- INBORR, J.; OGLE, R.B. Effect of enzyme treatment of piglet feeds on performance and post-weaning diarrhoea. **Swedish Journal of Agricultural Research**, v.18, p.129–133, 1988.
- JACKSON, M.E. Potential of NSP enzymes in pullet and layer corn-soybean meal based diets. **Multi-State Feeding and Nutrition Publications**, May, 2002. Disponível em <http://ag.ansc.purdue.edu/poultry/multistate/NSPEzymes.pdf>. Acesso em: 25/09/2006.
- KARR-LILIENTHAL, L.K.; KADZERE, C.T.; GRIESHOP, C.M. et al. Chemical and nutritional properties of soybean carbohydrates as related to nonruminants: A review. **Livestock Production Science**, v 97, p. 1-12, 2005.
- KENDALL, D.C.; RICHERT, B.T.; SUTTON, A.L. et al. Effects of Fiber Addition (10% Soybean Hulls) to a Reduced Crude Protein Diet Supplemented With Synthetic Amino Acids Versus a Standard Commercial Diet on Pig Performance, Pit Composition, Odor and Ammonia Levels in Swine Buildings. **Swine day**, Purdue University, 1999. Disponível em: <http://72.14.209.104/search?q=cache:BfaRUdgaSJ4J:www.ansc.purdue.edu/swine/swineday/sday99/8.pdf> Acesso em: 26/08/2006.
- KIDD, M.T.; MORGAN JR., G.W.; ZUMWALT, C.D. α -Galactosidase enzyme supplementation to corn and soybean meal broiler diets. **The Journal of Applied Poultry Research**. v.10, p.186-193, 2001.
- KIM, S.W.; ZHANG, J.H.; MAVROMICHALIS. I. et al. The Use of Alpha-1,6-galactosidase and Beta-1,4-mannanase in Swine Diets. **II Symposium for the**

- Future of Korean Animal Industry**, EasyBio System, Inc., Seoul, Korea, 2001, p.60. Disponível em: <http://www.asft.ttu.edu/home/swkim/Publications/SRR2001d.pdf>. Acesso em: 25/09/2006.
- KIM, S.W.; BAKER, D.H. Use of enzyme supplements in pig diets based on soybean meal. **Pig News and Information**. v.24, n.3, p.91-96, 2003. Disponível em: <<http://www.asft.ttu.edu/home/swkim/Publications/Kim&Baker2003.pdf>>. Acesso em: 20/09/2006.
- KIM, S.W.; KNABE, D.A.; HONG, K.J. et al. Use of carbohydrases in corn–soybean meal-based nursery diets. **Journal of Animal Science**. v.81, p.2496–2504, 2003.
- KIRWAN, W.O.; SMITH, A.N.; MCCONNELL, A.A. et al. Action of different bran preparations on colonic function. **British Medical Journal**, v.26, n.4, p.187–189, 1974
- KRAUSE, D.O.; EASTER, R.A.; MACKIE, R.I. Fermentation of stachyose and raffinose by hindgut bacteria of the weaning pig. **Letters in Applied Microbiology**, v.18, p.349-352, 1994.
- KRODGAHL, A. Digestion and absorption of lipids in poultry. **Journal of Nutrition**, v.115, n.5, p.675-685, 1985.
- KUTSCHENKO, M. **Efeito de diferentes graus de moagem da casca de soja sobre a digestibilidade dos nutrientes, e o desempenho de suínos na fase inicial**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2004. 37p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, 2004.
- LIENER, I.E. Implications of antinutritional components in soybean foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.34, p.31–67, 1994.
- LIENER, I.E. Non-nutritive factors and bioactive compounds in soy. In: DRAKLEY, J.K. (Ed.) **Soy in animal nutrition**. Federation of Animal Science Societies, Savoy, Illinois, USA, p.13-45, 2000.
- LIU, Y.; BAIDOO, S.K. **Enzymes in Poultry and Swine Nutrition**. In: MARQUARDT, R.R. & HAN, Z. (Eds.) IDRC, Ottawa: Ontario 1997. 154p. Disponível em: <<http://www.idrc.ca/books/focus/821/chp6.html>>. Acesso em: 05/09/2006.
- LIYING, Z.; LI, D.; QUIAO, S. et al. Effects of stachyose on performance, diarrhea incidence and intestinal bacteria in weanling pigs. **Archives of Animal Nutrition**, v.57, p.1-10, 2003.
- LO, G.S. Nutricional and physical properties of dietary fiber from soybeans. **Cereal Foods World**, v.34, p.530-534. 1989.
- NOBLET, J. & LE GOFF, G. Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.90, p.35-52, 2001. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/anifeedsci>>. Acesso em 20/05/2005.
- PARTRIDGE, G.; WYATT, C. More flexibility with new generation of enzymes. **World Poultry**, v.11, n.4, p.17-25, 1995.
- PLUSKE, J.R., LINDEMANN, M.D. Maximizing the response in pig and poultry diets containing vegetable proteins by enzyme supplementation. In: LYONS, T.P. and JACQUES, K.A. (Eds.) **Biotechnology in the Feed Industry**. Proceedings of

- Alltech's 14th Annual Symposium, Nottingham Univ. Press, Nottingham, U.K, 1998. 375p.
- PUGH, R. The scope for enzymes in commercial feed formulations. In: **Biotechnology in feed industry**, 1993, Nottingham. Proceedings...Nottingham: Nottingham University Press, 1993. p.369-372.
- RACKIS, J.J., HONIG, D.H.; SEASSA, D.J. et al. Flavor and flatulence factors in soybean protein products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.18, p.977-982, 1970.
- RACKIS, J.J. Flatulence caused by soya and its control through processing. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.58, p.503-511, 1981.
- RESTLE, J.; FATURI, C.; ALVES, D.C.F. et al. Substituição do grão de sorgo por casca de soja na dieta de novilhos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.1009-1015, 2004.
- ROPPA, L. Perspectivas da produção mundial de carnes, 2006 a 2030. **Revista Pork World**, n.34, p.16-27, 2006.
- RISLEY, C.R.; LOHRMAN, T. Growth performance and apparent digestibility of weaning pigs fed diets containing low stachyose soybean meal. **Journal of Animal Science**, v.76 (Suppl. 1), p.179 (Abstract), 1998.
- SIMON, O. Enzymes – nature's catalysts. **Feed Mix**, v.4, n.1, p.20-23, 1996.
- SELVENDRAN, R.R.; ROBERTSON, J.A. The chemistry of dietary fibre: a holistic view of the cell wall matrix. In: SOUTHGATE, D.A.T.; WALDRON, K.; JOHNSON, I.T. and FENWICK, G.R. (Eds.) **Dietary Fiber: Chemical and Biological Aspects**, Royal Society of Chemistry Special Publication, n.83. Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1990.
- SLOMINSKI, B.A. Hydrolysis of galactooligosaccharides by commercial preparations of α -galactosidase and β -fructofuranose: potential for use as dietary additives. **Journal of the Science Food and Agriculture**, v.65, p.323-330, 1994.
- SMIRICKY-TJARDES, M.R.; GRIESHOP, C.M.; FLICKINGER, E.A. et al. Dietary galactooligosaccharides affect ileal and fecal total-tract nutrient digestibility, ileal and fecal bacterial concentrations, and ileal fermentative characteristics of growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.2535-2545, 2003.
- SMITS, C.H.M.; ANNINSON, G. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition – towards a physiologically valid approach to their determination. **World's Poultry Science**, v.52, n.2, p.203-221, 1996.
- SNYDER, H.E; KWON, T.W. **Soybean Utilization**. Van Nostrand Reinhold (Ed.), New York, 1987, 60 p.
- STEPHEN, A.M.; CUMMINGS, J.H. Water-holding by dietary fibre in vitro and its relationship to faecal output in man. **Gut**, v.20, p.722-729, 1979.
- STEWART, C.S.; HILLMAN, K.; MAXWELL, F. et al. In: **Recent Advances in Animal Nutrition**, p.197-220, 1993.
- TAVERNER, M.R.; CAMPBELL, R.G. 1988. The effects of protected dietary enzymes on nutrient absorption in pigs. In: BURACZEWSKA, L.; BURACZEWSKI, S.; PASTUSZEWSKA, B.; ZEBROWSKA, T. (Eds.) **4th International Seminar on**

- Digestive Physiology in the Pig.** Proceedings... Polish Academy of Science, Jablonna, Warsaw, Poland, 337p.
- TRUGO, L.C., FARAH, A.; CABRAL, L. Oligosaccharide distribution in Brazilian soya bean cultivars. **Food Chemistry**, v.52, p.385–387, 1995.
- VAHOUNY, G.V.; TOMBES, R.; CASSIDY, M.M. et al. Dietary fibers. V. Binding of bile salts, phospholipids and cholesterol from mixed micelles by bile sequestrants and dietary fibers. **Lipids**, v.15, p.1012-1018, 1980.
- VAHOUNY, G.V.; TOMBES, R.; CASSIDY, M.M. et al. Dietary fibers. VI. Binding of fatty acids and monolein from mixed micelles containing bile salts and lecithin. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, v.166, p.12-16, 1981.
- VAHOUNY, G.V. Dietary fiber, lipid metabolism, and atherosclerosis. **Federation Proceedings**, v.41, p.2801-2806, 1982.
- VELDMAN, A.V.; VEEN, W.A.G.; BARUG, D. et al. Effect of α -galactosidase in feed on ileal piglet digestive physiology. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.69, p.57–65, 1993.
- VEUM, T. L.; ODLE, J. Feeding neonatal pigs. In: LEWIS, A. J. and. SOUTHERN, L. L. (Eds.), **Swine Nutrition**. 2ed. New York, 2001, p.671-690.
- WALLACE, R.J.; FALCONER, M.L.; BHARGAVA, P.K. **Current Microbiology**, v.19, p.277-281, 1989.
- WALSH, G.A.; POWER, R.F.; HEADON, D.R. Enzymes in the animal feed industry. **Trends in Biotechnology**, v.11, n.10, p.946-957, 1993.
- WENK, C. What are the benefits of carbohydrases in the nutrition of monogastric farm animals. In: **Enzymes in animal nutrition symposium**, 1993, Kartause Ittingen. Proceedings...Zurich: Gruppe Ernährung, p.41-47, 1993.
- WENK, C. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, v.90, n.1, p.21-33, 2001.
- WIGGINS, H.S. Nutritional value of sugars and related compounds undigested in the small gut. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.43, p.69–85, 1984.

II - OBJETIVOS GERAIS

- A) Determinar o valor nutritivo da casca de soja contendo ou não adição de complexo enzimático, por meio de ensaio de digestibilidade, com suínos na fase inicial;
- B) Avaliar o desempenho dos suínos na fase inicial (15-30 kg), alimentados com dietas contendo casca de soja, contendo ou não adição de complexo enzimático;
- C) Avaliar a viabilidade econômica da utilização da casca de soja contendo ou não adição de complexo enzimático para leitões na fase inicial.

III - AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA CASCA DE SOJA COM OU
SEM ADIÇÃO DE COMPLEXO ENZIMÁTICO NA ALIMENTAÇÃO
DE LEITÕES NA FASE INICIAL

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA CASCA DE SOJA COM OU SEM ADIÇÃO DE COMPLEXO ENZIMÁTICO NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES NA FASE INICIAL

RESUMO – Três experimentos foram conduzidos para determinar o valor nutritivo e verificar o desempenho de leitões alimentados com rações contendo casca de soja (CS) com ou sem adição de complexo enzimático (CE). No *Experimento I* foi avaliada a CS com adição de CE em três níveis (0, 200 e 300 mg/kg). Foram utilizados 12 leitões, machos castrados, com peso vivo inicial de $22,49 \pm 1,73$ kg, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e três repetições. O valor obtido para ED da CS foi 2.070 kcal/kg. Realizou-se outro ensaio de digestibilidade com nível maior de CE (0 e 600 mg/kg). No *Experimento II* foram utilizados 15 leitões, machos castrados, com peso vivo inicial de $22,36 \pm 2,29$ kg, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e cinco repetições. A adição de 600 mg de CE/kg, não melhorou a digestibilidade da CS. No *Experimento III* foram utilizados 60 leitões, machos castrados e fêmeas, com peso vivo inicial de $15,07 \pm 1,69$ kg, distribuídos em um delineamento de blocos casualizados, com cinco tratamentos, com seis blocos e dois animais por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em uma ração à base de milho e farelo de soja (RT) e outras quatro rações com 15% de CS e adição de níveis crescentes de CE (0, 200, 400 e 600 mg/kg). Foi observado piora no CDR e GDP para os tratamentos que receberam CS comparado à RT. Houve melhora linear da CA, com inclusão do CE (200, 400 e 600 mg/kg). Os resultados sugerem que o CE embora não melhore a digestibilidade da CS, melhora a CA de dietas leitões (15-30 kg) contendo 15% de CS suplementadas com CE.

Palavras-chave: alimentos alternativos, desempenho, digestibilidade, enzimas, fibra

NUTRITIONAL EVALUATION OF SOYBEAN HULL WITH OR WITHOUT ENZYMATIC COMPLEX ADITION ON STARTING PIG FEEDING

ABSTRACT. Two experiments were carried out to determine the nutritive value and performance of starting pigs feed on soybean hulls (SH) with or without enzymatic complex (EC) inclusion. In the *Experiment I*, aimed to evaluate the SH with EC addition (0, 200 and 300 mg/kg). Twelve crossbred piglets with initial body weight of 22.49 ± 1.73 kg, were allotted to completely randomized desing, with four treatments and three replicates. The DE value obtained for SH was 2,070 kcal/kg. Another assay of digestibility with highes level of EC (0 and 600 mg/kg) was carried out. In the *Experiment II*, were utilized fifteen crossbred piglets with initial body weight of 22.36 ± 2.29 kg, in a completely randomized desing, with three treatments and five replicates. The adition of 600 mg of EC/kg not improved digestibility os SH. In the *Experiment III* sixty crossbred piglets, with initial body weight of 15.07 ± 1.69 kg were used. The piglets were allotted to five treatments in a completely randomized design, with six experimental units (EU) and two piglets per EU. The treatments consisted of a corn and soybean meal basal diet (BD), and four diets with 15% SH + EC (0, 200, 400 e 600 mg/kg). It was observed decreasing on DFI and DGW for the treatments that received SH compared to BD. There was a linear improvement of gain:feed ratio, with EC inclusion (200, 400 e 600 mg/kg). The results suggest that despite of EC do not improve soybean hulls digestibility, it improves gain:feed ratio of diets with 15% of SH + EC for piglets (15-30 kg).

Key Words: alternative feedstuffs, performance, digestibility, enzymes, fiber

Introdução

A suinocultura moderna tem aumentado sua produção mundial numa escala crescente de 2,8% ao ano (Roppa, 2006), com isso aumenta também a demanda por alimentos que não concorram com a alimentação humana e que possam suprir às exigências dos animais com menor custo, contudo, sem diminuir o desempenho.

O Brasil destaca-se como grande produtor e exportador de soja em grão e farelo de soja de elevado teor protéico e de baixa concentração de fibra, o que gera grande quantidade de casca de soja (CS). Existe também o resíduo da limpeza da soja, que pode, em determinadas ocasiões, ser incorporado à CS.

Na safra 2005/2006 o Brasil produziu 53,41 milhões de toneladas de soja em grão (CONAB, 2006). Considerando que a casca de soja representa cerca de 7-8 % do peso do grão de soja (Restle, et al., 2004), estima-se uma produção de 3.738.973 toneladas de CS em todo o país.

A composição química e energética da CS, determinada por Kutschenko (2004), foi muito variável, devido a inexistência da padronização na obtenção dessa casca pelas indústrias de moagem de soja. Além disso, a presença de uma maior ou menor quantidade de vagem, de resíduos de caule, de partes da planta e outros pode causar também, maiores ou menores variações.

Segundo Dilger et al. (2004), existe uma limitação para o uso da CS na alimentação de leitões, haja visto a correlação negativa entre a inclusão de fibras e a digestibilidade de alguns nutrientes, além do aumento de processos de fermentação no TGI.

Estudando o efeito casca de soja sobre os dejetos, Kendall et al. (1999) observou diminuição do impacto ambiental, redução do N total e amônia nos dejetos, favorecendo o controle da poluição ambiental (Decamp et al., 2001), que é um dos maiores problemas a ser solucionado na suinocultura industrial.

Ainda são escassos na literatura nacional, trabalhos sobre a utilização da CS na alimentação de suínos. Kutschenko (2004), encontrou valores de 3.891 kcal EB/kg e 2.397 kcal ED/kg para CS moída na peneira de 2,5 mm. O mesmo autor determinou teores de matéria seca de 92,29 %, proteína bruta de 17,07%, fibra em detergente neutro de 57,34%, fibra em detergente ácido de 39,74%, hemicelulose de 17,60% e extrato etéreo de 2,94%.

Segundo Lo (1989) e Dilger (2004), a CS possui em torno de 75% de polissacarídeos não-amiláceos (PNA's) (NSP – Non-starch Polysaccharides), 60% dos quais são insolúveis.

Os suínos não possuem enzimas específicas para disponibilizar esses PNA's e oligossacarídeos da CS (rafinose e estaquiose), para isso, é necessário utilizar enzimas exógenas para hidrolisar esses carboidratos (Kim & Baker, 2003). Normalmente, as enzimas comerciais usadas como aditivos não contém uma única enzima, mas ao contrário, são preparados enzimáticos contendo uma variedade de enzimas (Ferket, 1993; Walsh et al., 1993), o que é desejável segundo Campbell & Bedford (1992), uma vez que, as rações são compostas por vários ingredientes .

O uso de coquetéis enzimáticos contendo α -galactosidase permitiria aos nutricionistas reformular as rações considerando o nível energético adicional (Cleóphas, et al., 1995), e segundo Bedford (1996), eliminaria os problemas causados pelos PNA's, oligossacarídeos e fatores antinutricionais.

Material e Métodos

Foram conduzidos três experimentos na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá (CCA/UEM).

A casca de soja (CS) foi fornecida pela Cooperativa Agroindustrial de Maringá – COCAMAR em 24 de outubro de 2005, na forma de casca de soja integral (a granel). Esta CS é denominada “CS suja”, pois contém além da CS, grãos de soja quebrados, pedaços de vagens, de caule (planta) e sementes de invasoras.

Foi utilizado o complexo enzimático (CE) (Endopower[®]) contendo α -galactosidase (35,000 U/g), β -glucanase (1.100,000 U/g), galactomananase (110,000 U/g) e xilanase (1.500,000 U/g). Segundo Kim et al. (2003), as enzimas deste complexo enzimático são produzidas a partir da fermentação do *Aspergillus niger* (PRL 2351) e *Aspergillus oryzae* (ATCC 66222).

Experimento I e II - Ensaio de digestibilidade

No *Experimento I* foram utilizados 12 suínos, híbridos comerciais, machos castrados, com peso vivo inicial de $22,49 \pm 1,73$ kg, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e três repetições. Os animais foram alojados em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968). O ensaio durou um período de 8 dias de adaptação às gaiolas, às dietas e ao manejo, seguido por 5 dias de coleta de fezes.

A CS substituiu 25% da ração referência (RR) à base de milho e farelo de soja. O CE foi adicionado em dois níveis, sendo 200 mg/kg e 300 mg/kg. Os alimentos avaliados foram a CS sem adição de CE (0), CS com 200 mg de CE/kg (200) e CS com 300 mg de CE/kg (300).

Para obtenção da CS moída, utilizou-se moinho martelo (28 martelos), movido por um motor de 20CV e 3.550 rpm e peneira com furos de 2,5 mm.

A RR foi formulada segundo os níveis nutricionais sugeridos pelo NRC (1998) para atender as exigências nutricionais de suínos na fase inicial (15-30 kg). Para composição química e valores energéticos, utilizou-se as tabelas de Rostagno et al. (2005).

As rações foram fornecidas duas vezes ao dia, sendo 55% às 8:00 e 45% às 16:30 horas. A quantidade diária foi pré-estabelecida de acordo com o consumo dos animais na fase de adaptação, baseada no peso metabólico ($PV \cdot kg^{0,75}$) de cada unidade experimental.

As rações foram umedecidas com aproximadamente 100 mL de água, para evitar desperdícios e reduzir a pulverulência, assim como facilitar o consumo. O fornecimento de água foi fixado em 2,7 mL por grama de ração, sendo fornecida após o consumo das alimentações diárias nos próprios comedouros.

Foi utilizado o método de coleta total de fezes, com adição de 2% de óxido férrico (Fe_2O_3) às rações como marcador do início e fim do período de coleta. Os procedimentos gerais foram semelhantes aos descritos por Fialho et al. (1979) e Moreira et al. (1994).

Como no *Experimento I* não foi obtido melhora na digestibilidade da CS com adição de CE, foi conduzido um segundo experimento, utilizando um nível maior (600 mg/kg) de inclusão do CE. O nível do CE foi aumentado proporcionalmente ao aumento da fibra dietética contida nos tratamentos com CS comparados com a ração referência.

No *Experimento II* foram utilizados 15 suínos, híbridos comerciais, machos castrados, com peso vivo inicial de $22,36 \pm 2,29$ kg, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e cinco repetições. Os alimentos avaliados foram a CS sem adição de CE (0), CS com 600 mg de CE/kg (600)

Os teores de energia bruta das rações, cascas, fezes, foram determinados em bomba calorimétrica adiabática (Parr Instrument Co., 1984). A composição química dos alimentos, rações e fezes foi determinada conforme metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002). A granulometria das cascas foi determinada segundo a metodologia descrita por Zanotto & Bellaver (1996).

Os coeficientes de digestibilidade e os valores dos nutrientes digestíveis foram calculados utilizando a fórmula de Matterson et al. (1965).

Os coeficientes de digestibilidade dos alimentos avaliados nos dois ensaios de digestibilidade foram submetidos à análise de variância com auxílio do pacote estatístico SAEG 7.1, de acordo com o modelo estatístico: $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$, em que: Y_{ij} = coeficientes de digestibilidade do tratamento i , da repetição j ; μ = constante associada a todas as observações; T_i = efeito do tratamento i , onde i = nível do complexo enzimático; e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação.

Experimento III - Experimento de desempenho

Foram utilizados 60 leitões, machos castrados e fêmeas, híbridos comerciais, com peso inicial de $15,07 \pm 1,69$ kg e peso final de $29,85 \pm 3,46$ kg, no período de abril e maio de 2006.

As rações experimentais (Tabela 1) foram calculadas de forma a serem isoenergéticas, isolisínicas, isoprotéicas, isocalcíticas e isofosfóricas. Os níveis nutricionais atenderam às exigências nutricionais sugeridas pelo NRC (1998). O valor de ED da CS (2.071 kcal/kg) utilizado, foi obtido anteriormente em experimento de digestibilidade (Experimento I).

Os tratamentos consistiram de 5 rações experimentais (Tabela 1): RT (ração testemunha, à base de milho e farelo de soja) e 4 rações com 15% de CS com adição de complexo enzimático (0, 200, 400 e 600 mg de CE/kg de ração).

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com cinco tratamentos, seis blocos e dois animais por baía (constituindo uma unidade experimental). Os animais foram pesados no início e no final do experimento, o consumo total de ração foi

computado para o cálculo do consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA).

TABELA 1. Composição centesimal, energética e química das rações experimentais

TABLE 1. Centesimal, energetic and chemical composition of experimental diets

Ingredientes (<i>Ingredients</i>), %	RT	Níveis de inclusão do complexo enzimático (CE), mg/kg <i>Enzymatic complex(CE) inclusion levels, mg/kg</i>			
		0	200	400	600
Milho (<i>Corn</i>)	69,910	52,722	52,702	52,682	52,662
Farelo de soja (<i>Soybean meal</i>)	26,889	25,464	25,464	25,464	25,464
Casca de soja (<i>Soybean hull</i>)	-	15,00	15,00	15,00	15,00
Óleo de soja (<i>Soybean oil</i>)	-	3,850	3,850	3,850	3,850
Fosfato bicálcico (<i>Dicalcium phosphate</i>)	1,352	1,322	1,322	1,322	1,322
Supl. vit. + min. ³ (<i>Premix. vit. + min.³</i>)	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Calcário (<i>Limestone</i>)	0,634	0,452	0,452	0,452	0,452
Sal comum (<i>Salt</i>)	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
L-Lisina,HCl (<i>L-Lysine,HCl</i>)	0,214	0,162	0,162	0,162	0,162
DL-metionina (<i>DL-methionine</i>)	0,050	0,067	0,067	0,067	0,067
Complexo enzimático (<i>Enzymatic complex</i>)	-	-	0,020	0,040	0,060
Promotor de crescimento ⁴ (<i>Growth promoter⁴</i>)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Total (<i>Total</i>)	100	100	100	100	100
ED ¹ (<i>D.E.¹</i>), kcal/kg	3,350	3,350	3,350	3,350	3,350
PB ² (<i>CP²</i>), %	17,37	17,83	17,83	17,83	17,83
Lisina total ¹ (<i>Total lysine¹</i>), %	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09
FB ² (<i>CF²</i>), %	2,98	6,78	6,78	6,78	6,78
FDN ² (<i>NDF²</i>), %	12,08	17,49	17,49	17,49	17,49
FDA ² (<i>ADF²</i>), %	4,63	9,71	9,71	9,71	9,71
Extrato etéreo ² (<i>Crude fat</i>), %	3,24	6,67	6,67	6,67	6,67

¹- Valores calculados baseados Rostagno et al. (2005); ²- Valores determinados no LANA – UEM; ³- Suplemento vitamínico e mineral para suínos na fase inicial; ⁴-Lincomicina.

¹- Value of the Rostagno's Brazilians Tables (2005); ²- Analysed values by LANA – UEM, ³- Vitaminc and mineral premix for starting pigs. ⁴-Lincomicin.

Os preços dos ingredientes utilizados na elaboração das dietas experimentais foram: milho grão, R\$ 0,28/kg; farelo de soja, R\$ 0,50/kg; casca de soja, R\$ 0,18 (36% do valor do farelo de soja); óleo de soja, R\$ 1,38/kg; fosfato bicálcico, R\$ 1,54/kg; calcário, R\$ 0,16/kg; sal comum, R\$ 0,40/kg; Lincomix, R\$ 17,00/kg; suplemento mineral e vitamínico inicial R\$ 4,91/kg; L-lisina, R\$ 7,12/kg; DL-Metionina, R\$ 12,41/kg; Complexo enzimático, R\$ 9,13/kg.

Para verificar a viabilidade econômica da adição de complexo enzimático nas rações, foi determinado, inicialmente, o custo de ração por quilograma de peso vivo ganho (*Yi*), segundo Bellaver et al. (1985). Em seguida, foram calculados o Índice de Eficiência Econômica (IEE) e o Índice de Custo (IC), proposto por Gomes et al. (1991).

Os resultados obtidos para os níveis de inclusão do CE, excluindo o nível 0%, foram submetidos à análise de regressão polinomial de acordo com o seguinte modelo estatístico: $Y_{ij} = \mu + b_1 (N_i - N) + b_2 (N_i - N)^2 + e_{ijk}$, em que: Y_{ij} = valor observado das variáveis estudadas, relativo a cada unidade experimental j recebendo o nível i de CE; μ = constante geral; b_1 = coeficiente de regressão linear do nível de CE sobre a variável Y ; b_2 = coeficiente de regressão quadrática do nível de CE sobre a variável Y ; N_i = níveis de CE, sendo $i = 200, 400$ e 600 mg de CE/kg de ração; N = nível médio de CE na ração; e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

Para a comparação entre a ração testemunha (RT) com cada um dos níveis de inclusão de CE (0, 200, 400 e 600mg de CE/kg), foi utilizado o teste de Dunnett (Sampaio, 1998).

Resultados e Discussão

Os valores determinados para a composição de aminoácidos da CS encontram-se na Tabela 2.

TABELA 2. Composição de aminoácidos da casca de soja, farelo de soja e milho (matéria natural)

TABLE 2. Amino acid composition of soybean hull, soybean meal and corn (as fed basis)

Amino ácidos, % (Amino acids, %)	Casca de soja Soybean hull	Farelo de soja Soybean meal	Milho Corn
Metionina (Methionine)	0,180	0,616	0,143
Cistina (Cystine)	0,210	0,702	0,170
Metionina + Cistina (Methionine+Cystine)	0,390	1,315	0,312
Lisina (Lysine)	0,840	2,882	0,214
Treonina (Threonine)	0,480	1,809	0,251
Triptofano (Tryptophan)	0,140*	0,629	0,056
Arginina (Arginine)	0,770	3,468	0,340
Isoleucina (Isoleucine)	0,530	2,132	0,221
Leucina (Leucine)	0,850	3,567	0,816
Valina (Valine)	0,650	2,223	0,334
Histidina (Histidine)	0,350	1,254	0,218
Fenilalanina (Phenylalanine)	0,540	2,400	0,331
Glicina (Glycine)	0,880	ND	ND
Serina (Serine)	0,670	ND	ND
Prolina (Proline)	0,660	ND	ND
Alanina (Alanine)	0,640	ND	ND
Ácido aspártico (Aspartic acid)	1,310	ND	ND
Ácido glutâmico (Glutamic acid)	1,660	ND	ND

* - Valor de Rostagno et al. (2005); ND- Valor não determinado.

* - Value from Rostagno (2005); ND- No determined value.

Os teores de aminoácidos, foram superiores aos encontrados por Dilger et al. (2004), exceto para metionina, treonina, cistina, glicina e serina, cujos valores foram

semelhantes. Isto pode ser devido a maior quantidade de grãos de soja misturados a casca durante o processamento na indústria, que pode ter ocorrido com a CS usada neste estudo (Tabela 2).

Os resultados referentes à composição química, energética e diâmetro geométrico médio (DGM) da CS moída na peneira de 2,5 mm são apresentados na Tabela 3.

Valores inferiores aos deste estudo (Tabela 3), foram encontrados por Gentilini & Lima (1996), para a MS (87,94%), energia bruta (3.632 kcal/kg), cinzas (3,76%), Ca (0,44%) e P (0,14%). Estes autores, entretanto, encontraram maior valor para a PB (13,17%), extrato etéreo (2,49%), FB (34,50%) e para atividade ureática (0,35). Por outro lado, Quadros (2006) estudando a composição química da CS moída (2,5 mm) de mesma origem que a utilizada neste estudo, verificou valores superiores de MS (90,37%), PB (15,69%) e cinzas (5,75%). Neste mesmo estudo, observou valores semelhantes para Ca (0,52%), P (0,28%), FDN (56,47%), FDA (42,09%) e atividade ureática (0,22), entretanto, obteve valores inferiores para energia bruta (3.804 kcal/kg) e FB (30,44%).

TABELA 3. Composição química, energética e diâmetro geométrico médio (DGM) da casca de soja (CS) moída na peneira de 2,5 mm (matéria natural)

TABLE 3. Chemical, energetic composition and geometric mean particle size, of soybean hull (SH) ground in screens of 2.5 mm (as-fed basis)

Itens (Items)	
Matéria seca (Dry matter), %	88,85
Matéria orgânica (Organic matter), %	83,87
Energia bruta (Gross energy), Kcal/kg	3.890
Proteína bruta (Crude protein), %	13,11
Solubilidade da proteína em KOH (KOH Protein solubility), %	66,44
Atividade ureática (Urease activity)	0,20
Cálcio total, % (Ca total, %)	0,52
Fósforo total, % (Total P, %)	0,29
Matéria mineral, % (Ash, %)	4,98
Fibra bruta, % (Crude fiber, %)	33,09
Fibra em detergente ácido, % (Acid detergent fiber, %)	41,86
Fibra em detergente neutro, % (Neutral detergent fiber, %)	55,94
Extrato etéreo, % (Crude fat, %)	2,19
Diâmetro geométrico médio (Geometric mean particle size, μ m)	522

Também Kutschenko (2004), estudando a CS da mesma procedência deste estudo, obteve valores semelhantes de EB (3891 kcal/kg), FDN (57,34%), FDA (39,74%), para CS moída (2,5 mm).

A solubilidade da PB em KOH (0,2%) (Tabela 2), da CS ficou um pouco abaixo da faixa ideal (70 a 85%), indicada por Araba & Dale (1990) e Parsons (2000). O valor

de 66,44%, entretanto, está muito próximo da faixa de valores recomendados para uso comercial (70 a 85%). Parsons et al. (1991), no entanto, consideram 60% de solubilidade como um valor crítico.

Com relação à atividade ureática, que é uma medida indireta da presença de fatores antinutricionais da soja, foi observado o valor de 0,2 para CS (peneira 2,5 mm), estando dentro da faixa considerada ideal (0,05 a 0,2), de acordo com Parsons (2000). No Brasil, recomendam-se valores de atividade ureática de 0,05 a 0,3 para o farelo de soja (MAPA, 1990). Gentilini & Lima (1996), afirmam que a atividade ureática da casca de soja pode ser reduzida desde que seja evitada a presença de pedaços de grãos de soja, sendo que a CS não tem relação importante com este problema.

Na literatura, existem poucos trabalhos avaliando nutricionalmente a CS, seja em ensaios de desempenho ou de digestibilidade. Além disso, deve-se considerar o fato de ser um subproduto com grande variação em sua composição físico-química. Sendo assim, a comparação de resultados, muitas vezes, torna-se pouco consistente. Nos Estados Unidos, Cole et al. (1999) encontraram uma variação de 9,2 a 18,7% nos teores de PB da CS proveniente de nove diferentes localidades.

Segundo Albino & Silva (1996), as condições de processamento dos subprodutos também podem conduzir a grandes variações na composição dos alimentos. Sendo assim, a CS pode conter desde grãos de soja quebrados até sementes de invasoras, em diferentes proporções. Pode existir variação da composição da CS em função de processos utilizados na sua obtenção, variedade de soja cultivada, região e época de colheita, regulagem das colheitadeiras, tipo de colheita, da quantidade de resíduos de limpeza da soja incorporada.

Experimento I e II – Experimentos de digestibilidade

A composição química, os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da PB (CDPB), da EB (CDEB), da FB (CDFB), da FDN (CDFDN), da FDA (CDFDA) e nutrientes digestíveis da casca de soja, com inclusão de diferentes níveis de complexo enzimático (CE) dos experimentos I e II estão na Tabelas 4 e Tabela 5 respectivamente.

TABELA 4. Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB), energia bruta (CDEB), fibra em detergente neutro (CDFDN), fibra em detergente ácido (CDFDA), fibra bruta (CDFB) e nutrientes digestíveis da casca de soja⁽¹⁾ (CS), com ou sem inclusão de complexo enzimático (CE) para leitões na fase de inicial |(na matéria natural) Experimento I

TABLE 4. Digestibility coefficient of dry matter (DMDC), crude protein (CPDC), gross energy (GEDC), neutral detergent fiber (NDFDC), acid detergent fiber (ADFDC), crude fiber (CFDC) and digestible nutrients of the soybean hull⁽¹⁾ (SH), with or without inclusion of enzymatic complex (EC) for piglets (as-fed basis) Experiment I

	Complexo enzimático, mg/kg (Enzymatic complex, mg/kg)			CV ²	P<
	0	200	300		
	Coeficiente de digestibilidade, % (Digestibility coefficient), %				
CDMS (DMDC)	58,75	49,21	58,26	21,96	NS
CDPB (CPDC)	53,85	37,61	44,89	44,41	NS
CDEB (GEDC)	53,23	44,28	55,85	24,21	NS
CDFDN (NDFDC)	47,69	36,48	38,82	33,25	NS
CDFDA (ADFDC)	63,04	43,44	52,07	25,91	NS
CDFB (CFDC)	53,90	39,08	47,61	31,29	NS
	Nutrientes digestíveis (Digestible nutrients)				
MSD (DDM), %	52,20	43,73	51,76	-	-
PD (DP), %	7,06	2,92	5,88	-	-
ED (DE), kcal/kg	2.071	1.723	2.173	-	-
FDND (DNDF), %	26,68	20,41	21,72	-	-
FDAD (DADF), %	26,39	18,18	21,80	-	-
FBD (DCF), %	17,84	12,93	15,76	-	-

⁽¹⁾-Composição da casca de soja: 88,85% de MS; 13,11% de PB; 33,09% de FB; 55,94% de FDN, 41,86% de FDA e 3.890 kcal de EB/kg; ² – Coeficiente de variação, NS = não significativo (P≤0,05).

⁽¹⁾-Soybean hull composition: 88.85% of DM; 13.11% of CP; 33.09% of CF; 55.94% of NDF, 41.86% of ADF and 3,890 kcal GE/kg; ² –Coefficient of variation, NS = Not significant (P≤0.05).

Como o resultado observado não foi o esperado, foi conduzido outro ensaio de digestibilidade, aumentando a quantidade de CE, proporcionalmente ao aumento da quantidade de fibra dietética nos tratamentos com CS em relação à ração referência.

No Experimento I, ao suplementar as dietas com o CE, foi observado menor valor dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes da CS, exceto para o CDEB com adição de 300 mg de CE/kg, que foi numericamente (P>0,05) superior.

No Experimento II, também não houve melhora (P>0,05) dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes da CS com o uso do CE, apesar de ter sido utilizado o triplo da concentração (600 mg/kg) de CE recomendada (200 mg/kg).

TABELA 5. Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB), energia bruta (CDEB), fibra em detergente neutro (CDFDN),

fibra em detergente ácido (CDFDA), fibra bruta (CDFB) e nutrientes digestíveis da casca de soja⁽¹⁾ (CS), com ou sem inclusão de complexo enzimático (CE) para leitões na fase de inicial |(na matéria natural)
Experimento II

TABLE 5. Digestibility coefficient of dry matter (DMDC), crude protein (CPDC), gross energy (GEDC), neutral detergent fiber (NDFDC), acid detergent fiber (ADFDC), crude fiber (CFDC) and digestible nutrients of the soybean hull⁽¹⁾ (SH), with or without inclusion of enzymatic complex (EC) for piglets (as-fed basis) Experiment II

	Complexo enzimático, mg/kg (Enzymatic complex, mg/kg)		CV ²	P<
	0	600		
	Coeficiente de digestibilidade, % (Digestibility coefficient), %			
CDMS (CDDM)	52,75	44,34	15,94	NS
CDPB (CDCP)	66,18	58,98	17,49	NS
CDEB (CDGE)	41,52	37,34	18,75	NS
CDFDN (CDNDF)	61,41	54,87	19,25	NS
CDFDA (CDADF)	49,75	41,21	25,49	NS
CDFB (CDFC)	40,73	34,90	35,32	NS
Nutrientes digestíveis (Digestible nutrients)				
MSD (DMD), %	46,87	39,40	-	-
PD (DP), %	8,67	7,73	-	-
ED (DE), kcal/kg	1.615	1.453	-	-
FDND (DNDF), %	34,35	30,69	-	-
FDAD (DADF), %	20,82	17,25	-	-
FBD (DCF), %	13,48	11,55	-	-

⁽¹⁾-Composição da casca de soja: 88,85% de MS; 13,11% de PB; 33,09% de FB; 55,94% de FDN, 41,86% de FDA e 3.890 kcal de EB/kg; ² – Coeficiente de variação, NS = não significativo (P≤0,05).

⁽¹⁾-Soybean hull composition: 88.85% of DM; 13.11% of CP; 33.09% of CF; 55.94% of NDF, 41.86% of ADF and 3,890 kcal GE/kg; ² –Coefficient of variation, NS = Not significant (P≤0.05).

É importante ressaltar que o CE atua diretamente sobre os OG's (rafinose e estaquiose) presentes na CS e no farelo de soja. Contudo, esses carboidratos não fazem parte do fracionamento da parede celular que são determinados em laboratório (FDN, FDA, FB).

Além disso, há de se considerar que esses OG's são hidrolisados pelas enzimas exógenas no intestino delgado, principalmente no duodeno e jejuno (Kim et al., 2003). Deve-se ressaltar que, os OG's que não sofrerem ação das enzimas exógenas e persistirem na digesta, serão fermentadas pelos microrganismos residentes no intestino grosso produzindo AGV's. Por outro lado, é difícil quantificar o efeito dessas carboidrases sobre esses carboidratos, por meio de ensaio de digestibilidade.

Os resultados sugerem que não houve efeito (P>0,05) do CE sobre os OG's da CS, pelo fato de não ter melhorado o valor da energia digestível da CS com a adição do CE, mesmo em nível tão elevado (600 mg/kg).

Talvez, o período de adaptação às rações em experimentos de digestibilidade, utilizando alimentos fibrosos suplementados com enzimas exógenas para leitões, tenha que ser um pouco maior, devido a necessidade de adaptação da microbiota intestinal aos elevados níveis de fibra.

Uma outra possível explicação, seria que essa metodologia utilizando 25% de CS em substituição à ração referência, não seja adequada para avaliar o valor dos nutrientes da CS, segundo Villamide (1996), apesar de altos níveis de substituição fornecerem estimativas do valor nutritivo mais acuradas e com menor erro, por outro lado, também aumenta a probabilidade de interação entre ingredientes testados e a ração basal. Portanto, é possível que a metodologia que utiliza níveis crescentes de substituição da ração referência pelo alimento teste (CS), seja mais adequada (Villamide, 1996) por ser um alimento com elevado nível de fibra.

Associado a isso, também existe o efeito do aumento da viscosidade, causado pela CS. Essa grande quantidade de fibra na dieta, aumenta a taxa de passagem da digesta, diminuindo o tempo de trânsito e permanência da digesta no ID para atividade enzimática sobre o substrato alvo.

Estudos recentes, sugerem que a utilização de enzimas exógenas em pequenas quantidades poderia interferir temporariamente sobre as secreções endógenas do animal. Cowieson et al. (2006), trabalhando com aves discute, a possibilidade de existir interferência das enzimas exógenas, causando aumento das perdas endógenas (enzimas, sais biliares, microbiota intestinal), sobretudo, em experimentos de curta duração, avaliando o valor nutricional de alimentos. Neste mesmo estudo, Cowieson et al. (2006), observou existir num primeiro momento, maior secreção de componentes endógenos, pelo estímulo da presença das enzimas exógenas. Ao longo do tempo, o organismo reestabelecerá o equilíbrio, e o nível de perdas endógenas será reduzido a taxas normais. Assim, pode-se especular que, se houvesse uma adaptação prévia dos animais às enzimas, talvez os resultados fossem diferentes. Além das perdas endógenas, existe uma mudança na microbiota do TGI pela mudança no pH, competição por substratos e sítios de ligação, que interferem sobre o metabolismo da digestão (Cowieson et al., 2006).

Trabalhando com adição de CE (α -1,6-galactosidase, β -1,4-mananase, β -1,4-manosidase) em dietas a base de milho e farelo de soja, para leitões com peso inicial médio de 11,05 kg, Kim et al. (2003) relataram grande diminuição da concentração da rafinose e estaquiose durante a passagem pelo intestino delgado, pela ação das enzimas

exógenas. Estes autores observaram ainda que os animais que receberam enzimas exógenas em suas dietas, apresentaram maior altura das vilosidades intestinais, ou seja, houve um melhor desenvolvimento intestinal e preservação da integridade das vilosidades com a utilização das carboidrases.

Estudando o efeito do CE (α -1,6-galactosidase, β -1,4-mananase, β -1,4-manosidase) em 3 níveis (0; 0,05% e 0,10%), sobre a digestibilidade de dietas à base de milho e farelo de soja para suínos, Kim et al. (2006), verificaram melhora na digestibilidade ileal da MS e EB com o nível de 0,05% de suplementação enzimática. Também houve melhora de 3% sobre a digestibilidade ileal aparente da PB, com o nível de 0,05% de suplementação enzimática. Ambos os níveis (0,05% e 0,10%), melhoraram ($P<0,05$) a digestibilidade ileal dos aminoácidos essenciais, contudo, não houve melhora na digestibilidade ileal da metionina, o que resultou em menor emissão de amônia.

Experimento III – Experimento de desempenho

Os resultados referentes ao desempenho, avaliando dietas contendo CS com adição de níveis crescentes de CE, estão apresentados na Tabela 6.

TABELA 6. Efeito da inclusão de casca de soja, com ou sem adição de complexo enzimático sobre o consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de leitões na fase inicial (15 – 30 kg)

TABLE 6. Effect of soybean hull, with or without addition of enzymatic complex on daily feed intake (DFI), daily weight gain (DWG) and feed:gain ratio of starting pigs (15-30 kg)

Variáveis (Variables)	Tratamentos (Treatments)							
	Níveis de inclusão do complexo enzimático (CE), mg/kg Enzymatic complex(CE) inclusion levels, mg/kg					P<		
	RT ¹	0	200	400	600	CV ²	Dun ³	Reg ⁴
PI, kg (IW), kg	14,95	15,11	15,19	15,04	15,21	-	-	-
PF, kg (FW), kg	32,52	27,68	30,01	29,35	29,67	-	-	-
CDR, kg (DFI), kg	1,288	0,983*	1,122*	1,081*	1,075*	7,50	0,05	NS
GDP, kg (DGW), kg	0,627	0,449*	0,529*	0,511*	0,521*	10,29	0,05	NS
CA (F : G)	2,05	2,19	2,12	2,11	2,06	4,45	0,05	L:0,03

PI – Peso inicial (Initial weight); Peso final (Final weight); ¹ - Ração testemunha (Ration testifies); ² - Coeficiente de variação (Coefficient of variation); ³ - Teste de Dunnett: * - Valor diferente ($P<0,05$) em relação à testemunha (Dunnett test: * - Different value($P<0,05$) relation to the testifies); ⁴ - Análise de regressão: L= Efeito linear: CA= 2,194005 - 0,00020915CE. (Regression analysis: L= Linear effect); NS = Não significativo ($P>0,05$) (Not significant).

A adição de 15% de CS às dietas, independente do nível de CE, prejudicou o CDR e GDP ($P>0,05$), comparado com a dieta sem CS (RT). Contudo, não houve diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos para a variável CA.

Houve melhora linear ($P=0,03$) da CA, com inclusão do CE, sugerindo melhor utilização dos nutrientes da CS com a adição do CE. Este efeito pode ser devido à ação do CE sobre os OG's e PNA's da CS e do farelo de soja que são depressores do desempenho. Este resultado é semelhante aos obtidos por Kim et al. (2003), que trabalharam com adição de CE (α -1,6-galactosidase, β -1,4-mananase, β -1,4-manosidase) em dietas a base de milho e farelo de soja, para leitões com peso inicial médio de 11,05 kg, durante um período experimental de cinco semanas, onde foi verificada uma melhora (6,85%) na CA para os tratamentos utilizando 0,10% de enzimas exógenas, no entanto, sem haver diferença ($P>0,05$) para o GDP e CDR entre os tratamentos que receberam CE.

Em outro estudo realizado por Kim et al. (2006), utilizando um CE (composto por α -1,6-galactosidase, β -1,4-mananase, β -1,4-manosidase), com 0,05% de suplementação para suínos com peso médio de 24,1 kg, durante 4 semanas, não foi observado nenhuma melhora sobre o CDR, GDP e CA. Contudo, em um estudo subsequente Kim et al. (2006), utilizando animais com peso médio inicial de 64,1 kg, foi observada melhora ($P<0,05$) apenas para o GDP.

Estudando o efeito da enzima α -galactosidase em dietas contendo milho, cevada ervilha e farelo de soja para suínos, Baucells et al. (2000) observaram aumento na digestibilidade ileal da MS durante a fase de crescimento. Entretanto, não houve diferença para o CDMS, CDPB e CDFDN, nem melhora para o CDR e GDP, com o uso da enzima α -galactosidase. Contudo, houve melhora para a CA, resultado semelhante ao presente estudo.

Da mesma forma, a melhora apenas na CA (Tabela 6), foi semelhante ao observado por Kidd et al. (2001), que estudaram a suplementação com enzima α -galactosidase, de dietas à base de milho e farelo de soja para aves, e encontraram melhora apenas para a CA.

Conforme foi aumentada a quantidade de CS às dietas e, conseqüentemente de fibras, foi necessário adicionar óleo de soja para mantê-las isoenergéticas, em função da CS ser um ingrediente pobre em energia, comparado ao milho. A única diferença, entre os ingredientes presentes nas rações dos ensaios de digestibilidade e desempenho, é a presença do óleo de soja nas dietas que continham CS, para promover o balanço

energético. A presença de gordura na dieta torna o esvaziamento gástrico mais lento, devido a um reflexo no duodeno pela presença de lipídios na luz intestinal. Isso pode sugerir que o atraso no esvaziamento gástrico, resultaria numa taxa de passagem mais lenta pelo intestino delgado. Além disso, as gorduras podem aumentar a digestibilidade ileal de aminoácidos (Li & Sauer, 1994), baseado na suposição de que o tempo requerido para digestão de proteína e (ou) absorção de aminoácidos é um fator limitante. Esse maior tempo de trânsito pelo intestino delgado, pode ter beneficiado também para a ação das enzimas exógenas sobre o substrato, e com isso melhorado a CA.

Os dados relativos à análise econômica do uso da CS com ou sem adição de CE, em dietas de suínos na fase de creche são mostrados na Tabela 7.

TABELA 7. Custo do quilograma de ração, custo em ração por quilograma de suíno produzido (CR), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo (IC) das rações experimentais (RT, 0, 200, 400, 600)¹ para leitões em fase de creche

TABLE 7. Diet cost per kilogram, cost in diet per kilogram of pig produced (DC), economic efficiency index (EEI) and mean cost index (CR) of experimental diets (RT, 0, 200, 400, 600)¹ of nursery piglets

Variáveis (Variables)	Tratamentos (Treatments)					CV ²	P<	
	Níveis de inclusão do complexo enzimático (CE), mg/kg						Dun ₃	Reg ₄
	RT ¹	0 ¹	200 ¹	400 ¹	600 ¹			
Custo da ração, R\$/kg (Diet cost, R\$/kg)	0,409	0,432	0,433	0,435	0,437	-	-	-
CR ⁵ , R\$/kg PV ganho (DC ⁵ , R\$/kg BW gain)	0,842	0,950*	0,922*	0,922*	0,900	4,15	0,05	NS
IEE (EEI)	100,00	88,63	91,32	91,32	93,55	-	-	-
IC (CR)	100,00	112,82	109,50	109,50	106,88	-	-	-

NS – não significativo (*not significant*); ¹RT = ração a base de milho e farelo de soja, 0, 200, 400 e 600 mg de CE/kg, (*ration the corn base and soyabean meal, 0, 200, 400 and 600 mg of EC/kg*); ²Coeficiente de Variação (*Coefficient of variation*); ³ - Teste de Dunnett: * - Valor diferente (P<0,05) em relação à testemunha (*Dunnett test: * - Different value (P<0,05) relation to the testifies*); ⁴ - Análise de regressão (*Regression analysis*); NS = Não significativo (P>0,05) (*Not significant*). ⁵Custo em ração por kg de PV ganho no período (*Diet cost per kg of BW gain in the period*).

O teste de Dunnett indicou que o custo de ração por quilograma de suíno produzido foi maior (P< 0,05) para os tratamentos com 0, 200 e 400 mg de CE/kg em relação à RT, entretanto, para o tratamento que recebeu 600 mg de CE/kg, foi semelhante (P>0,05) ao da RT. Isso indica que o uso do CE no nível de 600 mg/kg,

pode resultar em mesmo custo de ração por quilograma de suíno produzido que a ração à base de milho e farelo de soja, sem inclusão de CS. Esta melhor resposta é reflexo da melhora na CA, da dieta contendo 15% de CS e suplementada com 600 mg de CE/kg.

Os resultados sugerem que talvez, adaptações na metodologia de avaliação de digestibilidade de alimentos fibrosos com o uso de enzimas exógenas, tenham que ser pensadas para que se possa avaliar com exatidão o efeito desses aditivos sobre o aproveitamento dos nutrientes em animais jovens.

Conclusões

A utilização de complexo enzimático composto por α -galactosidase, β -glucanase, galactomananase e xilanase, não melhora a digestibilidade dos nutrientes da casca de soja, para suínos na fase inicial (15-30 kg).

Os resultados do desempenho sugerem que a inclusão de complexo enzimático (α -galactosidase, β -glucanase, galactomananase e xilanase), melhora a conversão alimentar de dietas contendo 15% de casca de soja para leitões (15-30 kg).

Agradecimentos

Agradecimentos são dirigidos à COCAMAR pela casca de soja fornecida, à Uniquímica pelo fornecimento do complexo enzimático, ao laboratório da Degussa pelos aminogramas.

Citação Bibliográfica

ALBINO, L.F.T.; SILVA, M.A. Valores nutritivos de alimentos para aves e suínos determinados no Brasil. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGENCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUINOS, 1996, Viçosa, MG. **Anais ...Viçosa, MG:UFV, 1996, p.303-318.**

ARABA.M.; DALE, N.M. Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing soybean meal. **Poultry Science**, v.69, n.1, p.76-83, 1990.

BAUCELLS, F.; PEREZ, J.F.; MORALES, J. et al. Effect of α -galactosidase supplementation of cereal-soya-bean-pea diets on the productive performances, digestibility and lower gut fermentation in growing and finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.71, p.157-164, 2000.

BEDFORD, M.R. La utilización eficaz del trigo en las dietas avícolas. **Industria Avícola**, p.22, outubro, 1996.

- BELLAVER, C.; FIALHO, ET.; PROTAS, J.F.S. et al. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, n.8, p.969-974, 1985.
- CAMPBELL, G.L.; BEDFORD, M.R. enzymes applications for monogastric feed: A review. **Canadian Journal Animal Science**, v.72, n.3, p.449-466, 1992.
- CLÉOPHAS, G.M.L.; HARTINGSVELDT, W.V.; SOMERS, W.A.C. et al. Enzymes can play an important role in poultry nutrition. **World Poultry**, v.11, n.4, p.12-15, 1995.
- COLE, J.T.; FAHEY, G.C.; MERCHEN, N.R.J. et al. Soybean hulls as a dietary fiber sources for dogs. **Journal of Animal Science**, v.77, p.917-924, 1999.
- CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra 2005/2006**, CONAB, 2006. Disponível em < <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/boletim10.pdf>> Acesso em: 30/10/2006.
- COWIESON, A.J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M.R. Using the precision-feeding bioassay to determine the efficacy of exogenous enzymes – A new perspective. **Animal Feed Science and Technology**, v.129, p.149-158, 2006.
- DECAMP, S.A.; HILL, B.; HANKINS, S.L. et al. Effects of soybean hulls on pig performance, manure composition, and air quality. **Swine day**, Purdue University, 2001, p.84-89. Disponível em: <<http://www.ansc.purdue.edu/swine/porkpage/nutrient/pubs.htm>>. Acesso em: 20/10/2006.
- DILGER, R.N.; SANDS, J.S.; RAGLAND, D. et al. Digestibility of nitrogen and amino acids in soybean meal with added soyhulls. **Journal of Animal Science**, v.82, p.715–724, 2004.
- FERKET, P.R. Pratical of feed enzymes for turkeys and broilers. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.2, n.1, p.75-81, 1993.
- FIALHO, E.T.; ROSTAGNO, H.S.; FONSECA, J.B. Efeito do peso vivo sobre o balanço energético e protéico de rações a base de milho e sorgo com diferentes conteúdos de tanino para suínos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.8, n.3, p.386-397, 1979.
- GENTILINI, F.P.; LIMA, G.M.M. Análise microscópica e determinação da atividade ureática dos componentes do subproduto casca de soja. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996. Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza:SBZ, 1996, p.260-262.
- GOMES, M.F.M.; BARBOSA, H.P.; FIALHO, E.T. et al. **Análise econômica da utilização do trigoilho para suínos**. EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves, 1991, p.1-2 (comunicado técnico, 179).

- KENDALL, D.C.; RICHERT, B.T.; SUTTON, A.L. et al. Effects of Fiber Addition (10% Soybean Hulls) to a Reduced Crude Protein Diet Supplemented With Synthetic Amino Acids Versus a Standard Commercial Diet on Pig Performance, Pit Composition, Odor and Ammonia Levels in Swine Buildings. Purdue University, **Swine Day**, 1999. Disponível em: <<http://72.14.209.104/search?q=cache:BfaRUdgaSJ4J:www.ansc.purdue.edu/swine/swineday/sday99/8.pdf>>. Acesso em: 18/09/2006.
- KIDD, M.T.; MORGAN, G.W.J.; ZUMWALT, C.D. α -Galactosidase enzyme supplementation to corn and soybean meal broiler diets. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.10, p.186-193, 2001.
- KIM, S.W.; BAKER, D.H. Use of enzyme supplements in pig diets based on soybean meal. **Pig News and Information**. v.24, n.3, p.91-96, 2003. Disponível em: <<http://www.asft.ttu.edu/home/swkim/Publications/Kim&Baker2003.pdf>>. Acesso em: 20/09/2006.
- KIM, S.W.; KNABE, D.A.; HONG, K.J. et al. Use of carbohydrases in corn–soybean meal-based nursery diets. **Journal of Animal Science**, v.81, p.2496–2504, 2003.
- KIM, S.W.; ZHANG, J.H; SOLTWEDEL, K.T. et al.(sungwoo.kim@ttu.edu) Use of carbohydrases in corn-soybean meal-based grower-finisher pig diets. **Animal Research**, (*In press*), 2006.
- KUTSCHENKO, M. **Efeito de diferentes graus de moagem da casca de soja sobre a digestibilidade dos nutrientes, e o desempenho de suínos na fase inicial**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2004. 37p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, 2004.
- LI, S.; SAUER, W.C. The effect of dietary fat content on amino acid digestibility in young pigs. **Journal of Animal Science**. v.72, p.1737-1743, 1994.
- LO, G.S. Nutricional and physical properties of dietary fiber from soybeans. **Cereal Foods World**, v.34, p. 530-534. 1989.
- MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W. et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Storrs, Connecticut, University of Connecticut, **Agricultural Experiment Station**, Research Report, v.7, n.1, p.11-14, 1965.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA) – Secretaria de Fiscalização Agropecuária, Portaria nº007 de 09 de novembro de 1988, **Anexo que estabelece os padrões mínimos das diversas matérias primas empregadas na alimentação animal**, Decreto nº99427 01/08/1990.
- MOREIRA, I.; ROSTAGNO, H.S.; COELHO, D.T. et al. Determinação dos coeficientes de digestibilidade, valores energéticos e índices de controle de qualidade do milho e soja integral processados pelo calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, p.916-929, 1994.

- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE- NRC. **Nutrient Requirements of Swine**. 10 ed. Washington. D.C, 1998.
- PARR INSTRUMENTS CO., MOLINE, I.E. **Instructions for the 1241 and 1242 adiabatic calorimeters**. Moline, 1984, 29 p. (Parr Manual, 153).
- PARSONS, C.M.; HASHIMOTO, K.; WEDEKIND, K.J. et al. Soybean protein solubility in potassium hydroxide: An in vitro test of in vivo protein quality. **Journal of Animal Science**, v.71, p.133-140, 1991.
- PARSONS, C.M. Assessment of nutritional quality of soy products for animals. In: DRACKLEY, J.K. (Ed.) **Soy in animal nutrition**. Illinois: Federation of Animal Science Societies, p.90-105, 2000.
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, v.27, n.5, p.1303-1309, 1968.
- QUADROS, A.R.B. **Avaliação nutricional da casca de soja, nas formas integral opo moída, ensilada ou não, para suínos nas fases de crescimento e terminação**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2005, 64p. Tese de Doutorado (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, 2006.
- RESTLE, J.; FATURI, C.; ALVES, D.C.F. et al. Substituição do grão de sorgo por casca de soja na dieta de novilhos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.1009-1015, 2004.
- ROPPA, L. Perspectivas da produção mundial de carnes, 2006 a 2030. **Revista Pork World**, n.34, p.16-27, 2006.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos – Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2005, 186p.
- SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada a experimentação animal**. Belo Horizonte – MG, Universidade Federal de Minas Gerais, p.221, 1998.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos – métodos químicos e biológicos**. 2.ed. Viçosa:Imprensa Universitária, 2002, 235p.
- SIMON, O. Enzymes – nature’s catalysts. **Feed Mix**, v.4, n.1, p.20-23, 1996.
- VILLAMIDE, M.J. Methods of energy evaluation of feed ingredients for rabbits and their accuracy, **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.211-223, 1996.
- WALSH, G.A.; POWER, R.F.; HEADON, D.R. Enzymes in the animal feed industry. **Trends in Biotechnology**, v. 11, n. 10, p.946-957, 1993.
- ZANOTTO, D.L.; BELLAVER, C.N. **Métodos de determinação da granulometria de ingredientes para o uso em rações de suínos e aves**. Concórdia:CNPSA-EMBRAPA, 1996. p.15 (Comunicado técnico 215).