

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

UTILIZAÇÃO DE FARELO DE CANOLA NA
ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS

Autor: Lina María Peñuela Sierra
Orientador: Prof. Dr. Ivan Moreira

MARINGÁ
Paraná
Novembro – 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

UTILIZAÇÃO DE FARELO DE CANOLA NA
ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS

Autor: Lina María Peñuela Sierra
Orientador: Prof. Dr. Ivan Moreira

“Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de Concentração Produção Animal”

MARINGÁ
Paraná
Novembro - 2011

“A nossa maior glória não reside no fato de nunca cairmos, mas sim em levantarmos sempre depois de cada queda.”

Confúcio

"A educação é aquilo que permanece depois que tudo o que aprendemos foi esquecido."

Burrhus Frederic Skinner

"O segredo do sucesso é a constância do propósito."

Benjamin Disraeli

“A humildade é a única base sólida de todas as virtudes.”

Confúcio

A

Deus e á Virgem, por me guiarem neste caminho.

Aos

Meus pais, Helena Sierra e Valerio Peñuela por me incentivar sempre e com um amor único e incondicional me apoiarem nos bons e difíceis momentos.

Ao

Meu irmão que com seu exemplo me espelho para continuar lutando.

Ao

Meu companheiro e grande amor da minha vida Román Castañeda, por ser sempre um grande amigo e pelo amor sincero que me brinda

A

Minha filha Valeria Castañeda Peñuela, o tesouro da minha vida, o presente que Deus me trouxe para ser cada dia melhor e entregar o melhor de mim sempre

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

Chegando ao final de um objetivo, conseguindo alcançar uma meta, olhamos ao redor e vemos como nós sozinhos nunca conseguiríamos chegar até aqui. Por isso quero agradecer a todos que de uma ou outra maneira contribuíram na realização deste trabalho e culminação deste grande caminho. Em especial agradeço á:

A Deus, pela vida e pela enorme força e amor que me dá dia a dia, para me sentir segura e com animo de continuar a culminar cada etapa;

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, pela oportunidade de realizar os meus estudos;

Ao Programa de Estudante-Convênio de Pós-Graduação (PEC-PG) e á Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos;

Ao meu Orientador Prof. Ivan Moreira, pelo apoio constante, pelo animo e o trabalho conjunto, porque é um profissional impecável, no qual eu me espelho para o futuro por ser exemplo de honestidade e integridade;

Ao Prof. Antonio Claudio Furlan pela co-orientação, pelos ensinamentos e o apoio que tem me brindado neste país;

Aos colegas do grupo de trabalho: Laura Marcela Diaz, Adriana Gomez, Paulo Levi de Oliveira Carvalho, Juliana Toledo, Liliane Piano, Tiago Pasquetti, Clodoaldo

Filho, Dani Perondi, aos bolsistas, Gabriel Moresco, Jocasta Carraro, Silvia Leticia Ferreira, Gabriela Camargo e estagiários pela ajuda e colaboração constante em cada etapa de este trabalho;

Aos funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi, Senhores João Salvalagio, Carlos José (Huk) e Toninho (Fabrica de ração);

A todos os funcionários do Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal (LANA): Cleuza Volpato e Creuza de Azevedo, pelos momentos de amizade, paciência e auxílio na execução das análises;

Aos meus grandes amigos em especial Adriana Lucia Castillo, Olga Teresa Barreto, Maribel Velandia, Sabrina Marcantonio Coneglian, pela valiosa e sincera amizade;

A Paulinho e Silvana, porque foram um apoio único e incondicional, principalmente na última etapa da realização deste trabalho, onde os conselhos ajuda e motivação me ajudaram a continuar lutando por esta causa, obrigada pela amizade;

Ao meu grande amor, amigo e companheiro Román Castañeda, pela ajuda infinita que me brindou a cada dia durante a realização deste trabalho, pela paciência e o amor que me faz uma pessoa melhor a cada dia;

A minha filha Valeria Castañeda Peñuela, que pelo fato de existir deu um sentido diferente a minha vida me enchendo de felicidade e motivação para alcançar todos os meus sonhos e os meus objetivos;

E a todos que me ajudaram a alcançar esta etapa com êxito!!!

BIOGRAFIA

LINA MARIA PEÑUELA SIERRA, filha de Valerio Peñuela Caicedo e Maria Helena Sierra Navarro, nasceu na cidade Ibagué, Departamento de Tolima, Colômbia, no dia 04 de dezembro de 1983.

Em Dezembro de 2000, concluiu estudos secundários, no colégio Santa Teresa de Jesus, na cidade de Ibagué departamento de Tolima.

Em Dezembro de 2006 concluiu o curso de graduação em Medicina Veterinária e Zootecnia pela Universidad del Tolima, Ibagué - Colômbia.

No dia 17 de abril de 2009, defendeu sua Dissertação, obtendo o título de Mestre em Zootecnia, pela Universidade Estadual de Maringá.

Em 2009, iniciou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, em nível de doutorado, área de concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de Nutrição de Não Ruminantes.

Submeteu-se, o dia 25 de Novembro de 2011, à banca de defesa da Tese.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
I – INTRODUÇÃO	01
1.1. Processamento da Canola.....	02
1.2. Farelo de Canola.....	03
1.3. Composição Química.....	04
1.4. Uso do farelo de canola na alimentação de suínos	06
1.5. Aminoácidos digestíveis	07
1.6. Digestibilidade ileal dos aminoácidos	08
2. Referências.....	10
II – OBJETIVOS GERAIS	15
III – Farelo de Canola na alimentação de leitões na fase inicial.....	16
Resumo	16
Abstract.....	17
Introdução	18
Material e Métodos.....	19
Resultados e Discussão.....	25
Conclusões	34
Referências Bibliográficas	34
IV – Desempenho e características quantitativas e qualitativas da carcaça de suínos (30-90 kg) alimentados com farelo de canola.....	39
Resumo	39

Abstract.....	40
Introdução	41
Material e Métodos.....	42
Resultados e Discussão.....	47
Conclusões	54
Referências Bibliográficas	54
V – CONSIDERAÇÕES FINAIS	57

LISTA DE TABELAS

	Página
III – Farelo de Canola na alimentação de leitões na fase inicial	
TABELA 1 – Composição química e energética do Farelo de Canola (matéria natural)	20
TABELA 2 – Composição centesimal das dietas experimentais da digestibilidade ileal em suínos	22
TABELA 3 – Composição química e energética das rações contendo diferentes níveis de inclusão de farelo de canola (FC) para leitões na fase inicial (15 a 30 kg).....	24
TABELA 4 – Coeficientes de digestibilidade (CD) e valores digestíveis do farelo de canola (FC) para leitões na fase inicial (15 a 30 kg)	27
TABELA 5 – Coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDIA) e verdadeira (CDIV) da proteína bruta e dos aminoácidos do farelo de canola (FC) e valores médios de aminoácidos endógenos ileais, determinados com a dieta isenta de proteína (DIP) para suínos.	28
TABELA 6 – Valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros do farelo de canola (FC) (matéria natural)..	32
TABELA 7 – Desempenho e NUP de leitões na fase inicial (15 a 30 kg) alimentados com rações contendo diferentes níveis de farelo de canola (FC).....	32
TABELA 8 – Custo de ração (R\$/kg), custo em ração por quilograma de peso vivo ganho (CR), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de	

custo (IC) de suínos na fase inicial (15-30 kg), alimentados com níveis crescentes de inclusão de farelo de canola (FC) nas rações.....	34
IV – Desempenho e características quantitativas e qualitativas da carcaça de suínos (30-90 kg) alimentados com farelo de canola	
TABELA 1 – Composição química e energética das rações contendo diferentes níveis de inclusão de farelo de canola (FC) para suínos na fase de crescimento (30 a 60 kg).....	44
TABELA 2 – Composição química e energética das rações contendo diferentes níveis de inclusão de farelo de canola (FC) para suínos na fase de terminação (60 a 90 kg)	45
TABELA 3 – Coeficientes de digestibilidade (CD) e valores digestíveis do farelo de canola (FC) para suínos na fase de terminação (60 a 90 kg).....	47
TABELA 4 – Desempenho, ET-P2, PL e NUP de suínos na fase de crescimento e terminação (30 a 90 kg), alimentados com rações contendo diferentes níveis de farelo de canola (FC)	49
TABELA 5 – Efeito das dietas com diferentes níveis de inclusão de farelo de canola (FC), sobre as características quantitativas de carcaça de suínos (60 a 90 kg).....	51
TABELA 6 – Efeito das dietas com diferentes níveis de inclusão de farelo de canola (FC), sobre as características qualitativas do <i>longissimus dorsi</i> em suínos (60 a 90 kg).....	52
TABELA 7 – Custo de ração (R\$/kg), custo em ração por quilograma de peso vivo ganho (CR), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo (IC) de suínos na fase de crescimento (30-60) e terminação (60-90 kg), alimentados com níveis crescentes de inclusão de farelo de canola (FC) nas rações... ..	53

RESUMO

Com o objetivo de determinar o valor nutricional do farelo de canola (FC), e de avaliar a viabilidade econômica de seu uso, foram conduzidos 5 experimentos. No primeiro artigo foram realizados três experimentos. No Experimento I foi conduzido um ensaio de digestibilidade total com 14 suínos mestiços de linhagem comercial, machos castrados, com $20,62 \pm 3,30$ kg de PV inicial. As rações estudadas foram: 1 - Ração Referência (RR); e 2 - RR (75%) + FC (25%). Cada suíno constituiu uma unidade experimental, totalizando sete unidades experimentais por ração. Os valores de ED e EM na matéria natural para o FC foram 2995 kcal/kg e 2796 kcal/kg respectivamente, os quais foram utilizados para formular as rações do Experimento III. No Experimento II foi conduzido um ensaio para determinar os coeficientes de digestibilidade ileal aparente e verdadeira e aminoácidos digestíveis, utilizando três suínos canulados com $38,6 \pm 1,98$ kg de PV. Os tratamentos consistiram de uma dieta isenta de proteína e uma dieta contendo FC como única fonte de proteína. Os valores de aminoácidos digestíveis do FC (lis: 1,18%; met+cist: 0,91%; tre: 0,79%; tript: 0,24; leu: 1,57; isoleu: 0,87) foram utilizados na formulação das rações do Experimento III e Experimento II do segundo artigo. No Experimento III foram utilizados 60 suínos mestiços, com PV inicial de $15,08 \pm 0,72$ kg e final de $30,26 \pm 2,78$ kg, distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados com quatro níveis de inclusão de FC (5, 10, 15 e 20%), seis repetições e dois suínos por unidade experimental. Adicionalmente, foi formulada uma ração testemunha (RT), contendo 0% de FC. A análise de regressão indicou que não houve efeito ($P \geq 0,05$) do nível de inclusão do FC sobre o desempenho dos suínos e NUP. Os resultados de desempenho sugerem que é viável a utilização em até 20% de FC na ração sem prejuízos no desempenho de leitões na fase inicial e NUP, além de não alterar o custo com a

alimentação. No segundo artigo foram realizados dois experimentos. No Experimento I foi conduzido um ensaio de digestibilidade com 14 suínos mestiços de linhagem comercial, machos castrados, com $60,69 \pm 4,26$ kg de PV inicial. As rações estudadas foram as mesmas do Experimento I do primeiro artigo. Cada suíno constituiu uma unidade experimental, totalizando sete unidades experimentais por ração. Os valores de ED e EM na matéria natural para o FC foram 2999 kcal/kg e 2730 kcal/kg respectivamente, valores que foram utilizados para a formulação das rações do experimento V. No Experimento II foram utilizados 50 suínos mestiços de linhagem comercial, com PV inicial de $29,90 \pm 1,16$ kg e final de $60,33 \pm 3,38$ kg na fase de crescimento e com PV inicial de $60,37 \pm 1,46$ e final de $90,37 \pm 3,19$ kg, na fase de terminação, distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados com quatro níveis de inclusão de FC (6, 12, 18 e 24%), dez repetições e um suíno por unidade experimental. Adicionalmente, foi formulada uma RT. Ao final da fase de terminação, todos os suínos foram abatidos, para determinação das características quantitativas e qualitativas da carcaça. A análise de regressão indicou que não houve efeito ($P \geq 0,05$) do nível de inclusão do FC sobre o desempenho dos suínos e NUP. Os resultados de desempenho sugerem que é viável a utilização em até 24% de FC nas rações, sem prejuízos no desempenho e NUP de suínos na fase de crescimento e terminação, mas com um nível de 18% de FC na ração, o custo da alimentação aumentou na fase de terminação. Em geral a análise de regressão indicou que não houve efeito ($P \geq 0,05$) do nível de inclusão do FC sobre as características quantitativas e qualitativas da carcaça. O FC apresenta-se como uma boa fonte protéica alternativa do farelo de soja na alimentação de suínos (15-90 kg) e sua utilização dependerá da variabilidade dos preços das fontes protéicas no mercado, principalmente farelo de soja e aminoácidos sintéticos.

Palavras-chave: alimento protéico, aminoácidos digestíveis, cânula ileal, desempenho, co-produto, valor nutritivo.

ABSTRACT

In order to determine the nutritional value of canola meal and to evaluate the economic feasibility of its use, five experiments were conducted. In the first article were performed three experiments. Experiment I, digestibility assays was carried out with fourteen barrow pigs, whit initial weight of $20,62 \pm 3,30$ kg. The evaluated feed was the canola meal, with 25% level in the basal diet (corn + soybean based). The experimental unit consisted of one pig, with a total of seven experimental units per diet. The values, as fed basis, of digestible (DE) and metabolizable (ME) energy were 2995 kcal/kg and 2796 kcal/kg, respectively. The Experiment II an ileal digestibility assays was carried out to determine the coefficient apparent and true ileal digestibility and digestible amino acids were out using three pigs with initial weight of $38,6 \pm 1,98$ kg, previously submitted to the surgery for simple T canula implantation. The treatments consisted of one diet without protein and one diet of canola meal, being the only protein source. The values of digestible amino acids of canola meal (lysine: 1,18%; methonine+cistine: 0,91%; threonine: 0,79%; tryptophan: 0,24; leucine: 1,57; isoleucine:0,87) were used in the diet of experiment III and the experiment II in the second article. The Experiment III was carried out using 60 piglets (barrow and gilts), with initial weight of $15,08 \pm 0,72$ kg and final of $30,26 \pm 2,78$ kg were allotted in a blocks randomized design, the treatments consisted of five diets with increasing levels (5%,10%,15% and 20%) of canola meal. Additionally, a control diet was formulated (CD) containing 0% FC. Regression analysis indicates that there was no effect ($P \geq 0,05$) the level of inclusion of canola meal on performance and PUN. The performance results suggest that it is feasible to use up to 20% of canola meal in the diet of starting pigs, without loss in performance and PUN, and does not change the cost of food. In the second article were performed

two experiments. In the Experiment I, a digestibility assays were carried out with fourteen barrow pigs, with initial weight of $60,69 \pm 4,26$ kg. The evaluated feed was the canola meal, with 25% level in the basal diet (corn + soybean based). The experimental unit consisted of one pig, with a total of seven experimental units per diet. The values, as fed basis, of digestible (DE) and metabolizable (ME) energy were 2999 kcal/kg and 2730 kcal/kg kcal/kg, respectively. In the Experiment II was carried out using 50 pigs (barrow and gilts), with initial weight of $29,90 \pm 1,16$ kg and final of $60,33 \pm 3,38$ kg in growing phase and $60,37 \pm 1,46$ to $90,37 \pm 3,19$ in finishing phase, were allotted in a blocks randomized design, with five treatments, ten replicates and one pig per experimental unit. At the end of the finishing phase, pigs were slaughtered to determine the quantitative and qualitative traits of the carcass. The treatments consisted of five diets with increasing levels (5%,10%,15% and 20%) of canola meal. Additionally, a control diet was formulated (CD) containing 0% FC. Regression analysis indicates that there was no effect ($P \geq 0,05$) the level of inclusion of canola meal on performance and PUN. The performance results suggest that it is feasible to use up to 24% of canola meal in the diet of growing-finishing pigs, without loss in performance and PUN. In general regression analysis indicated that there was no effect ($P \geq 0,05$) the level of inclusion of canola meal on the quantitative and qualitative characteristics carcass traits. It is concluded that canola meal be used up to 24% in growing-finishing phase without affecting performance. The canola meal presents itself as a good alternative protein source of soybean meal in feed for pigs (15-90 kg) and its use will depend on the variability of prices of protein sources in the market mainly soybean meal and synthetic amino acids.

Keywords: digestible amino acids, food protein, ileal cannula, performance, byproduct, nutritional value.

I - INTRODUÇÃO

O Brasil é o quarto produtor e exportador mundial de carne suína e vem se consolidando no mercado mundial de carne, e com grande potencial para ampliar ainda mais sua participação relativa nesse mercado. No ano de 2010 o consumo per capita de carne suína atingiu o volume inédito de 14,8 quilos e só não foi maior porque a produção não acompanhou o crescimento da demanda (ABIPECS, 2011). Com isso devem-se procurar estratégias para conseguir uma produção sustentável e rentável. Sendo assim, é indispensável ter em conta que economicamente a nutrição representa aproximadamente 70% do custo total da produção suinícola, aspecto que demanda muita atenção dos profissionais e produtores, que buscam alternativas de alimentação que diminuam o custo de produção total do sistema.

Considerando que suínos consomem rações baseadas em milho e farelo de soja (75 a 80% da ração), e estes são insumos de elevado valor porque também são utilizados na alimentação humana (Johnston et al., 2003), desta forma muitas pesquisas são realizadas buscando fontes alimentares alternativas com menores custos para estes animais.

O farelo de soja é a fonte protéica mais amplamente utilizada na formulação de dietas para suínos, e é o padrão na avaliação de outras fontes protéicas (Cromwell, 1998), mas devido ao seu alto custo torna-se interessante o uso de outros alimentos protéicos, nos quais podem se incluir fontes de origem vegetal como a canola, algodão, girassol, ervilha, e amendoim, assim como proteínas de origem animal como farinha de carne e osso e farinha de subproductos das aves.

A canola é uma oleaginosa geneticamente melhorada para baixos níveis de glucosinolato e ácido erúico. Antes se conhecia como colza, mas no Canadá foram

desenvolvidas pesquisas para diminuir fatores antinutricionais, e assim passou a ser chamada de CANOLA (Canadian oil low acid).

Segundo levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2011), a produção de canola, deve atingir cerca de 70 mil toneladas na safra 2010/2011, o que representa aumento de 65% em relação à safra anterior, isso pode ser devido também ao auge do biodiesel no mundo. Este crescimento vai estar acompanhado do crescimento da produção dos subproductos da canola, os quais podem ser utilizados para alimentação animal.

A canola é a terceira maior *commoditie* mundial, sendo responsável por 16% da produção de óleos vegetais, logo atrás da soja (33%) e da Palma (34%), além do óleo de canola ser também o terceiro mais consumido (Vieira et al., 2010). O plantio da canola constitui uma alternativa para a diversificação de cultivos de inverno, pois reduz a ocorrência de doenças, contribuindo para que o trigo semeado no inverno seguinte produza mais, tenha maior qualidade e menor custo de produção (Tomm, 2000).

A semente de canola não é habitualmente utilizada como alimento destinado aos animais, entretanto, algumas pesquisas mostram alto teor de proteína na semente, permitindo sua utilização nas rações, em substituição ao farelo de soja. Murakami et al. (1997), avaliando a composição química da semente de canola, encontraram 23,61% de PB, 6,01% de FB, 31,2% de EE e 1,51% de Lisina. Valores próximos foram encontrados por D'Oliveira (1995), sendo de 24,9%, 8,6%, 37,6% e 1,94% para PB, FB, EE e Lisina, respectivamente.

O farelo de canola é um co-produto da extração do óleo de canola e assim um suplemento protéico na formulação de rações para animais, o qual pode ser utilizado para ajudar a diminuir o custo total de produção de suínos.

1.1 Processamento da Canola

Na extração de óleo de canola, a semente passa por varias fases de processamento, para ficar limpa e com alto grau de pureza, e é um processo importante para a extração do biodiesel. Mostrou-se aumento significativo na safra da canola no ano 2011 sendo explicado pela alta demanda de biodiesel que pode ser extraído desta oleaginosa.

Na produção do biodiesel utilizam-se oleaginosas e com o lançamento do Plano Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), o governo brasileiro vem

aplicando políticas de estímulo ao desenvolvimento da cadeia do biodiesel. Uma das medidas que se tornaram obrigatórias, foi a mistura de 3% de biodiesel ao diesel de petróleo, o que demandou 840 milhões de litros. Em janeiro de 2013 essa obrigatoriedade passará a 5% e será necessário que 2,5 bilhões de litros de biodiesel sejam produzidos (BRASIL, 2005).

Oleaginosas como a semente de canola precisam passar por procedimentos de preparação da matéria prima, os quais visam criar as melhores condições para a extração do óleo e a posterior efetivação da reação de esterificação e sua conversão em biodiesel, gerando como co-produto o farelo de canola.

1.2 Farelo de Canola (FC)

A canola é uma oleaginosa melhorada da colza, que possui baixos níveis de glucosinolatos na semente ($< 3\mu\text{g/g}$) e de ácido erúxico no óleo ($< 2\%$) (Bell, 1993). A canola é a terceira oleaginosa mais importante no agronegócio mundial. No Brasil, chegou ainda em 1974 e lentamente vem conquistando espaço na rotação de culturas de inverno. Seu cultivo vem aumentando a cada ano na região Sul do Brasil como opção de cultura de inverno, objetivando a produção de óleo rico em ácidos graxos insaturados (Santos & Basso, 1990).

O FC é o co-produto obtido da extração do óleo da semente da canola (Muztar & Slinger, 1982), que vem sendo pesquisado como alimento protéico alternativo em rações para animais monogástricos. Moreira et al. (1995) estudou o seu uso com suínos, Furuya et al. (1997) com peixes, Do Nascimento et al. (1998) com aves, entre outros.

O farelo de canola é o co-produto resultante da moagem das sementes de canola após a extração do óleo para consumo humano e apresenta potencial para ser utilizado na alimentação animal. O resíduo ou torta que sobra depois da extração do óleo no método convencional, sofre um tratamento para remover o restante do solvente, aplicando vapor no farelo. O processo final e a secagem é feita em caldeiras e o farelo emerge livre do solvente, contendo ainda 1,5% de óleo e uma umidade na faixa de 8 a 10% (Vasconcelos, 1998). Depois de ser resfriado, o farelo é granulado com uma consistência uniforme, sendo então peletizado ou enviado para estocagem, estando pronto para comercialização. Esse farelo é uma ótima fonte de proteína (37-38%), constituindo um alimento alternativo, de alta qualidade que pode ser empregado em rações de aves, suínos, peixes, ovinos e bovinos.

Em estudos já realizados com aves, Franzoi et al. (1998) verificou que o FC pode ser incluído em níveis de até 40% do farelo de soja para frangos de corte, sem comprometer o desempenho, no período de 22 a 42 dias de idade. Segundo Brum et al. (1998) a inclusão deve ser no máximo de 12; 10 e 8%, nos períodos de 1 a 21, 22 a 42 e 43 a 49 dias de idade dos frangos, respectivamente, Moreira et al. (1996) concluíram que o FC pode ser incluído até ao nível de 18% nas rações sem prejuízo ao desempenho dos suínos em crescimento.

1.3 Composição química

Todos os farelos de oleaginosas têm a característica de terem sofrido processos de manufatura para serem originados (Dalle, 1996). Cada um dos passos apresentam a oportunidade de variações que podem influenciar o valor nutricional final do produto.

Temperaturas mínimas de processamento são necessárias para desativar a enzima mirosinase, todavia temperaturas muito elevadas, por um longo período de tempo podem influenciar grandemente a qualidade e a disponibilidade da proteína do farelo (CCC, 2009). Já Dalle (1996) reporta que o aquecimento excessivo durante o processamento pode resultar em reduzida disponibilidade de alguns aminoácidos, especialmente da lisina, que é particularmente sensível á reação de Maillard. Newkirk & Klassen (2000) examinaram a qualidade do farelo nos vários estágios de processamento, em diversas plantas extratoras no Canadá e concluíram que o FC é um produto uniforme e de alta qualidade até adentrar a fase do dessolventizador – tostador. Durante essa fase, a digestibilidade da proteína bruta e da lisina foi reduzida significativamente, sugerindo que as temperaturas comumente utilizadas para a completa remoção do solvente e a secagem do farelo (aprox. 105°) causam danos á proteína.

Segundo a CCC (2009), o FC deve possuir no mínimo 34% de PB, e o conteúdo desse nutriente, na MS esta relacionado ao teor de óleo residual no farelo. O ajuste do óleo restante também influencia o valor energético dos co-produtos da canola, porém, os baixos valores de energia digestível e energia metabolizável encontrados no farelo devem-se principalmente aos altos níveis de fibra, os quais são três vezes maiores do que os encontrados no farelo de soja (12,1% e 3,4% respectivamente), pois ao contrário do farelo de soja, as cascas da canola permanecem no farelo, totalizando aproximadamente 30% de sua composição.

Estudo realizado por Bell (1993) relatou que o FC apresenta aproximadamente 38% de proteína bruta, 5,2% de amido, 21,2% de FDN e 17,2% de FDA. Quanto aos teores de extrato etéreo na literatura internacional verificam-se teores médios de 3,5 a 4,0% (Bell et al., 2000), enquanto que na literatura nacional o farelo de canola não ultrapassa 1,5% na MS (Galdioli et al., 2002).

Os valores fornecidos por Rostagno et al. (2011), referentes a composição química do FC, reportam que possui 37,97% de PB, 1,21% de extrato etéreo, 11,20% de FB, 24,48% de FDN e 2,05% de FDA, 0,56% de cálcio e 0,81% de fósforo total, mostrando também um valor de energia metabolizável para suínos de 2787 kcal/kg.

O FC possui perfil de aminoácidos comparável ao do farelo de soja (Moreira et al., 1996), porém com níveis mais baixos de lisina e mais elevados de metionina + cistina (Soares et al., 2000). Na tabela 1 pode-se observar o conteúdo de aminoácidos total do FC, reportado por diversos autores.

O FC apresenta maior teor de matéria seca, aminoácidos sulfurados, extrato etéreo, fibra bruta, cálcio, fósforo total (Keith & Bell, 1991) e vitaminas do complexo B (colina, niacina, tiamina, riboflavina, ácido fólico e biotina), em relação ao farelo de soja (Bell, 1993).

Tabela 1 - Conteúdo de aminoácidos total do farelo de canola, reportado por vários autores.

Nutriente, %	Rostagno et al. (2011)	Zanotto et al. (2009)	Seneviratne et al. (2010)
Proteína Bruta	37,97	36,43	38,5
Lisina	2,01	2,33	2,42
Metionina	0,78	-	0,62
Met + Cis	1,64	1,94	-
Triptofano	0,49	0,46	0,47
Treonina	1,57	1,47	1,54
Arginina	2,32	-	2,31
Gli + Ser	3,43	-	-
Valina	1,84	1,89	1,90
Isoleucina	1,56	1,53	-
Leucina	2,65	2,73	-
Histidina	1,01	-	-
Fenilalanina	1,45	-	1,51
Fen + Tir	2,36	-	-

Entretanto, possui fatores limitantes ou antinutricionais como os metabólitos oriundos da hidrólise dos glucosinolatos, inibidores de tripsina, fitatos, compostos fenólicos e taninos (Teskeredzic et al., 1995). Mas as constantes pesquisas têm colocado o FC como um alimento protéico alternativo na alimentação animal.

1.4 Uso do farelo de canola na alimentação de suínos

As pesquisas estudando a utilização do FC na alimentação animal vêm se desenvolvendo no Brasil desde a década de 90 (Moreira et al., 1995), devido ao país ainda não possuir uma planta ou fábrica processadora para obter o FC, fato contrário ocorreu na Austrália, Europa e no Canadá, que vem se pesquisando este alimento desde antes desta época, já que as condições climáticas exigem que estes países tenham outras alternativas de fonte protéica na alimentação animal, além do farelo de soja.

A maioria das pesquisas estudando o FC foram realizadas com suínos na fase de crescimento e terminação, mas tem pesquisas conduzidas com animais em fase inicial, sendo que Baidoo et al. (1986) estudando a inclusão do FC no lugar do farelo de soja (0, 5, 10 e 15%) observaram que houve correlação negativa entre o nível de FC na dieta e o consumo de ração e ganho diário de peso, eles explicam este comportamento devido a influencia de produtos de decomposição de glucosinolatos e baixa palatabilidade das dietas com FC.

Com resultados positivos, Moreira et al. (1995) conduziram um experimento incluindo 3 níveis de FC (4, 8 e 12%) na dieta isoenergética e isocalórica de leitões, concluindo que o nível máximo de inclusão do FC nas rações de leitões na fase inicial foi de 8,44%. Já a CCC (2009) reporta que é necessário limitar os níveis de FC na ração, devido a que o rendimento no peso dos leitões vivos mostra uma tendência a diminuir na medida em que aumentam os níveis de FC na ração, isto acontece provavelmente pelos níveis de fibra e presença de taninos e glucosinolatos no farelo (Bourdon & Aumaitres, 1990).

Trabalhando com suínos em crescimento e terminação, Moreira et al. (1996) incluíram níveis de 7, 14, 21 e 28% de FC na ração, concluindo que houve redução do desempenho dos suínos na fase total, com a inclusão de níveis crescentes de FC na ração. Da mesma forma, Shelton et al. (2001) trabalhando com suínos em crescimento observaram que os animais consumindo as dietas contendo FC não acompanhavam um ritmo de crescimento e desenvolvimento normal, pois comparado com o farelo de soja, as variáveis de desempenho foram comprometidas. Entretanto, Thacker & Newirk, (2005) não observaram diferenças significativas entre o uso do FC ou não, trabalhando também com suínos em crescimento, o qual difere dos resultados obtidos por Shelton et al. (2001), os quais observaram uma diferença entre

as variáveis de desempenho, comparando-a com o farelo de soja, sendo que o FC afetou negativamente as variáveis de desempenho.

O aumento da inclusão de FC reduziu linearmente o peso corporal dos suínos em crescimento e terminação, segundo Seneviratne et al. (2010), sendo que os suínos alimentados com maiores níveis de inclusão do FC foram 3,7 kg mais leves no período de 90 dias, este estudo conduzido também em suínos em crescimento e terminação. Entretanto Zanotto et al. (2009) concluíram que o FC pode ser adicionado na dieta de suínos em crescimento e terminação ao nível de substituição de 40% do farelo de soja.

Já Gomes et al. (1998) concluíram que a inclusão do FC foi viável até 15% em rações a base de milho e farelo de soja para suínos em terminação.

1.5 Aminoácidos digestíveis

A formulação de rações já não é mais realizada com base na proteína bruta, pois a maioria dos estudos reportam que deve ter um equilíbrio ideal de aminoácidos na dieta, evitando excessos ou deficiências que podem acarrear em alto valor no custo total da ração ou prejuízos nos índices zootécnicos.

O valor nutritivo da proteína para monogástricos não só é determinado pela composição de aminoácidos e sim pela digestibilidade destes, principalmente dos aminoácidos limitantes (Mosenthin et al., 2000). Desta forma é importante conhecer o conteúdo de aminoácidos digestíveis dos alimentos a serem utilizados nas dietas, e mais ainda dos alimentos que entram no lugar dos ingredientes mais utilizados, o milho e o farelo de soja. Portanto para a formulação de dietas os valores de aminoácidos digestíveis devem ser considerados em detrimento do valor de aminoácidos totais para otimizar o uso de matérias-primas de alto custo e facilitar a substituição do milho e do farelo de soja por ingredientes alternativos (Sakomura & Rostagno, 2007).

Na tabela 2 pode-se observar os coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos do FC.

A digestibilidade de um aminoácido é determinada pela diferença entre a quantidade do aminoácido consumido e excretado. A digestibilidade é determinada com base no local em que é realizada a coleta do material, podendo ser obtida pelo método de coleta fecal ou ileal. A digestibilidade aparente é definida como sendo a

diferença entre a quantidade de aminoácido na dieta e a quantidade nas fezes ou na digesta ileal (Sakomura & Rostagno, 2007).

Tabela 2 - Coeficiente de digestibilidade ileal verdadeira de aminoácidos do farelo de canola, reportado por vários autores.

Nutriente	CCC (2009)	Nyachoti et al., (1997)	Woyengo et al. (2010)
Aas essenciais, %			
Arginina	87	98,4	91,7
Histidina	84	93,4	84,7
Isoleucina	78	99,7	85,4
Leucina	82	85,4	87,2
Lisina	75	84,6	70,7
Metionina	87	-	87,4
Fenilalanina	83	97,6	94,3
Treonina	75	97,8	79,5
Triptofano	80	-	-
Valina	77	97,4	83,8
Aas não essenciais, %			
Alanina	80	91,0	85,1
Ac. Aspartico	-	95,4	82,2
Ac. Glutamico	-	94,6	91,6
Cistina	81	-	80,1
Glicina	78	88,1	86,2
Prolina	78	82,1	109,3
Serina	78	98,0	85,2
Tirosina	80	90,7	98,2

A digestibilidade verdadeira é determinada pela diferença entre a quantidade de aminoácidos na dieta e nas fezes ou digesta ileal, sendo consideradas as perdas endógenas dos aminoácidos, que são subtraídas da quantidade total de aminoácidos presentes nas fezes ou na digesta ileal (Sakomura & Rostagno, 2007).

São diversos os fatores pelos quais tem se perdas de aminoácidos endógenos, recuperados ao final do intestino delgado, entre estes o conteúdo de fibra no alimento, níveis de proteína bruta e gordura, presença de compostos antinutricionais (Schulze et al., 1994; Le Guen et al., 1995).

1.6 Digestibilidade ileal dos aminoácidos

A formulação de dietas com base nos aminoácidos digestíveis melhora a precisão comparativamente quando formuladas em aminoácidos totais (AFZ, 2000). Os aminoácidos são digeridos no intestino delgado, assim nenhuma absorção ocorre no intestino grosso, mas a microflora metaboliza alguns dos aminoácidos não digeridos para o seu próprio crescimento e desenvolvimento. Como consequência, a absorção dos aminoácidos pode ser determinada somente pela mensuração do quanto

dos aminoácidos ingeridos permanece no final do intestino delgado. Esta parte do intestino delgado é denominada de íleo e daí vem o termo digestibilidade ileal de aminoácidos.

O termo digestibilidade refere-se ao desaparecimento de um nutriente pelo trato digestivo, enquanto o termo disponibilidade é definido como uma porção dos nutrientes consumidos que é absorvida no trato digestivo e está disponível para o metabolismo animal (Sauer & Ozimek, 1986). De acordo com Low (1982) é definido como a proporção de aminoácidos em uma dieta que não está combinada com compostos que possam interferir com a digestão, a absorção e o metabolismo animal.

A digestibilidade é um método direto e simples de se estimar a qualidade dos alimentos, sendo a forma mais simples denominada digestibilidade fecal, indicada porque mede a diferença entre a quantidade ingerida e a excretada nas fezes. Entretanto, tal método tem sido criticado em virtude das mudanças que podem ocorrer no metabolismo dos aminoácidos, na síntese ou na degradação, devido à ação da microflora do intestino grosso (Sauer et al., 1977; Tanksley Júnior et al., 1981), e ainda por haver pouca ou nenhuma absorção de aminoácidos após a passagem pelo intestino delgado (Low, 1980).

Apesar de a digestibilidade total ter sido aceita como proposta metodológica por quase duas décadas, vários estudos mostraram que a digestibilidade ileal dos aminoácidos proporcionam uma melhor estimativa do valor nutricional das proteínas, comparado com a digestibilidade total, visto que esta não considera a ação da microflora do intestino grosso sobre os compostos nitrogenados (Williams, 1995).

A digestibilidade de aminoácidos tem sido estudada por meio de amostras coletadas no íleo terminal. Várias técnicas têm sido descritas, incluindo o uso de animais intactos (denominado método do abate ou método do sacrifício) e de animais modificados cirurgicamente (canulados ou anastomosados). Os métodos de canulação podem ser classificados em três categorias: cânulas T simples, cânulas pósvalvular em T (PVCT) e cânulas reentrantes. Análise ileal é o método mais comum para a determinação da digestibilidade dos alimentos com suínos, mas requer o uso de animais fistulados (Leterme et al., 1991). De acordo com Moughan & Smith (1987), as cânulas T são artifícios eficientes para a coleta de digesta ileal e não há interferência na digestibilidade dos nutrientes. Os problemas relacionados ao uso de cânulas simples são conhecidos, principalmente a dificuldade em se obterem

amostras representativas de digesta e o entupimento das cânulas (Leterme et al., 1991).

Segundo Apolônio et al. (2003) a coleta de digesta no íleo terminal de suínos, por meio da implantação da cânula T simples tem apresentado vantagens, tais como: a simplicidade da cirurgia, menor período de recuperação pós-cirúrgico e menor alteração da fisiologia digestiva, quando comparada com outras técnicas de avaliação nutricional. A cânula T e os outros procedimentos usados para a coleta da digesta ileal, não permite a coleta total do conteúdo ileal do animal, sendo necessário incluir um marcador indigestível para calcular as mudanças nas concentrações dos aminoácidos, e Nyachoti et al., (1997) reportam que o óxido de cromo é geralmente usado para este fim.

A fração endógena originária dos sucos gástricos, da morte de células da borda em escova ou das secreções enzimáticas representa de 10 a 80% do nitrogênio presente nos sucos ileais coletados (Grala et al., 1998). A expressão de digestibilidade ileal depende do modo como essa fração endógena é considerada nos cálculos. Assim é necessário descontar a porção ou quantidade de perdas de aminoácidos endógenos á quantidade de aminoácidos coletados na digesta ileal, e isso pode se fazer oferecendo ao animal uma dieta isenta de proteína, com o fim de coletar só as perdas endógenas e, deste modo, serem descontadas para finalmente chegar ao valor de digestibilidade ileal verdadeira, porque caso não seja feito o resultado final seria a digestibilidade ileal aparente.

Diversos autores têm realizado estudos de digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos do FC por meio da cânula T simples, onde Myrie et al., (2008) observaram valores de 97,5% para a lisina, Stein et al. (2005) observaram 82,8 para o mesmo aminoácido e Seneviratne et al. (2010) encontraram o valor de 73,2% também para a lisina. Estes variações podem ser devido ao processamento do FC utilizado nos experimentos.

2. Referências Bibliográficas

- ABIPECS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. Estatística de produção. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/news/263/135/Produtores-de-suinos-apostam-no-mercado-interno-em-2011.html>> Acesso em: 20/Jul/2011.
- AFZ, Ajinomoto Eurolysine, Aventis Animal Nutrition, INRA, ITCF. AmiPig, Digestibilidade ileal estandarizada de aminoácidos em ingredientes para rações de suínos., 2000.

- APOLÔNIO, L.R.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. Digestibilidade ileal de aminoácidos de alguns alimentos, determinada pela técnica da cânula t simples com suínos. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.32, p.605-614, 2003.
- BELL, J.M. Factors affecting the nutritional value of canola meal: a review. **Canadian Journal Animal Science**, Ottawa, v.73, p.326-333, 1993.
- BELL, J.M.; RAKOW, G.; DOWENEY, R.K. Comparison of amino acid protein levels in oil-extrated seeds of Brassica and Sinapsis species, with observations on environmental effects. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.80, p.169-174, 2000.
- BAIDOO, F.X.; MCINTOSH, M.K.; AHERNE S.K., et al. Canola meal as a protein supplement for 6 to 20 kilogram pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.66, p.1051-1056, 1986.
- BOURDON, D.; AUMAITRE, A. Lowglucosinolate rapeseeds and rapeseed meals: effect of technological treatments on chemical composition, digestible energy content and feeding value for growing pigs. **Animal Feed Science Technology**, v.30, p.175-191, 1990.
- BRASIL, Decreto-Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. Diário Oficial [Da República Federativa do Brasil], Brasília, Seção 1, pg 8, 14 abr 2005.
- BRUM, P.A.; ROSA, P.S.; RUTZ, S. Utilização do farelo de canola em rações para frangos de corte. Instrução técnica Para o avicultor, Área de comunicação empresarial. EMBRAPA suínos e aves. Fev/1998.
- CCC. CANOLA COUNCIL OF CANADA. Canadian canola meal: Maximum inclusion rates. **Canola Council of Canada**. Winnipeg. Canada. 2009.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- Produção de canola cresce 65% na safra 2010/2011. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/cereaisdeinverno/noticia/producao-de-canola-cresce-65--na-safra-2010-2011_125563.html> Acesso em: 12/Jun/2011.
- CROMWELL, G. L. Feeding swine. In: R. O. Kellems and D. C. Church ed. **Livestock Feeds and Feeding**. 4th ed. p 354. Prentice- Hall, Upper Saddle River, NJ. 1998.
- DALLE, N. Variatioin in feed ingredient quality: oilseed meals. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.59, p.129-135, 1996.
- DO NASCIMENTO, A.H.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S., et al. Uso de farelo de canola em rações para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.27, p.1168-1176, 1998.
- D'OLIVEIRA, P. S. Efeito da substituição do farelo de soja pelo farelo de canola em dietas para novilhas nelore em confinamento. Maringá, 1995. 61p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá.
- FRANZOI, E.E.; SIEWERDT, F.; RUTZ, F., et al. Desempenho de Frangos de corte alimentados com diferentes níveis de farelo de canola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, 1998.
- FURUYA, V.R.B.; HAYASHI, C.E.; FURUYA, W.M. Farelo de canola na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante o período de revesão de sexo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, p.1067-1073, 1997.
- GALDIOLI, E.M.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M., et al. Substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de canola em rações para alevinos de Curimatã. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, p.552-559, 2002.

- GOMES, P.C.; ZANOTTO, D.L.; GUIDONI, A.L., et al. Uso do farelo de canola para suínos na fase de terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p. 749-753, 1998.
- GRALA, W.; VERSTEGEN, M.W.A.; JANSMAN, A.J.M., et al. Ileal apparent protein and amino acids digestibilities and endogenous nitrogen losses in pigs fed soybean and rapeseed products. **Journal of Animal Science**, v.76, p. 557-568, 1998.
- JOHNSTON, L.J.; NOLL, S.; RENTERIA, A., et al. Feeding by-products high in concentration of fiber to non-ruminants. In: Third National Symposium on Alternative Feeds for Livestock and Poultry Held in Kansas City. **Proceedings...** Kansas City: p. 1-26, 2003.
- KEITH, M.O.; BELL, J.M. Composition and digestibility of canola press cake as a feedstuff for use in swine diets. **Canadian Journal of Animal Science**, v.71, p.879-885, 1991.
- LE GUEN, M.P.; HUISMANN, J.; GUEGUEN, J., et al. Effects of a concentrate of pea antinutritional factor on pea protein digestibility in piglets. **Livestock Production Science**, v.53, p.253-256, 1995.
- LETERME, P.; PIRARD, L.; THÉWIS, A.; et al., A note on the rate of passage of digesta in pigs ileo-rectostomized or fitted with ileal T-cannula. **British Society of Animal Production**, v.53, p.253-256, 1991.
- LOW, A. G. Nutrient absorption in pigs. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.31, p.1087-1130, 1980.
- LOW, A.G. Digestibility and availability of amino acids from feedstuffs for pigs: a review. **Livestock Production Science**, v.9, p.511-520, 1982.
- MOSENTHIN, R., SAUER, W.C., BLANK, R., HUISMAN, J., FAN, M.Z. The concept of digestible amino acids in diet formulation for pigs. **Livestock Production Science**, v.64, p.265-280, 2000.
- MOUGHAN, P.J., SMITH, W.C. A note on the effect of cannulation of the terminal ileum of the growing pig on the apparent ileal digestibility of amino acids in ground barley. **Animal Production**, v.44, p.319-321, 1987.
- MOREIRA, I.; FURLAN, A.C.; SCAPINELLO, C., et al. Utilização do farelo de canola na alimentação de suínos na fase inicial (42 a 63 dias). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.24, p. 417-427, 1995.
- MOREIRA, I.; MARANGONI, I.; FURLAN, A.C., et al. Utilização do farelo de canola na alimentação de suínos na fase total de crescimento e terminação (61 a 141 dias). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, p. 697-712, 1996.
- MURAKAMI, A.E.; FURLAN, A.C.; SCAPINELLO, C., et al. Composição química e valor energético da semente e do farelo de canola para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, p.959-961, 1997.
- MUZTAR, J.A.; SLINGER, S.J. The true metabolizable energy and amino acids of Candle, Altex and Regent canola meals. **Canadian Journal of Animal Science**, v.62, p.521-525, 1982.
- MYRIE, S. B.; BERTOLO, R. F.; SAUER W. C., et al. Effect of common antinutritive factors and fibrous feedstuffs in pig diets on amino acid digestibilities with special emphasis on threonine. **Journal of Animal Science**, v.86, p.609-619, 2008.
- NEWKIRK, R.W.; KLASSEN, H.L. The effects of standard oil extraction and processing on the nutritional value of canola meal for broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v.79, p.10, 2000.

- NYACHOTI, C.M.; DE LANGE, C.F.; SCHULZE, H. Estimating Endogenous Amino Acid Flows at the Terminal Ileum and True Ileal Amino Acid Digestibilities in Feedstuffs for Growing Pigs Using the Homoarginine Method. **Journal of Animal Science**, v.75, p.3206–3213, 1997.
- ROSTAGNO, H.S.; TEIXEIRA, L.F.; DONZELE, J.L., et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 252 p. 2011.
- SANTOS, A.C.; BASSO, L.C. Composição química e qualidade nutricional do concentrado protéico de colza. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.33, p.879-893, 1990.
- SAKOMURA, N.K; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de Pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal : Funep, 283 p. 2007.
- SAUER, W.C.; OZIMEK, L. Digestibility of amino acids in swine: Results and their practical applications. A review. **Livestock Production Science**, v.15, p.367-388, 1986.
- SAUER, W.C.; STOTHERS, S.C.; PHILLIPS, G.D. Apparent availabilities of amino acids in corn, wheat and barley for growing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.57, p.585-597, 1977.
- SCHULZE, H.; Van LEEUWEN, P.; VERSTEGEN, M.W.A., et al. Effect of level of dietary neutral detergent fiber on ileal apparent digestibility and ileal nitrogen losses in pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2362, 1994.
- SENEVIRATNE, R.W.; YOUNG, M.G.; BELTRANENA, L.A., et al. The nutritional value of expeller-pressed canola meal for grower-finisher pigs. **Journal of Animal Science**, v.88, p.2073-2083, 2010.
- SHELTON, J.L.; HEMANN, M. D.; STRODE, R. M., et al. Effect of different protein sources on growth and carcass traits in growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2428-2435, 2001.
- SOARES, C.M.; HAYASHI, C.; ROSSETTO V., et al. Substituição parcial e total da proteína do farelo de soja pela do farelo de canola na alimentação de alevinos de piauçu (*Leporinus macrocephalus*, L.) **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, p.15- 22, 2000.
- STEIN, H.H.; PEDERSEN, C.; WIRT, A.R. et al. Additivity of values for apparent and standardized ileal digestibility of amino acids in mixed diets fed to growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.83, p.2387-2395, 2005.
- TANKSLEY JÚNIOR, T.D.; KNABE, D.A.; PURSER, K., et al. Apparent digestibility of amino acids and nitrogen in three cottonseed meals and one soybean meal. **Journal of Animal Science**, v.52, p.769-777, 1981.
- TESKEREDZIC, Z.; HIGGS, D.A.; DOSANJH, B.S., et al. Assessment of undephytinized and dephytinized rapeseed protein concentrate as sources of dietary protein for juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.131, p.261-277, 1995.
- THACKER, P.A. AND R.W. NEWKIRK. Performance of growing-finishing pigs fed barley-based diets containing toasted or non-toasted canola meal. **Canadian Journal of Animal Science**, v.85, p.53-59, 2005.
- TOMM, G. O. Situação atual e perspectivas da canola no Brasil. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 2 p.html. 4 ilustr. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 58). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co58.htm>. Acesso em: 15/Jul/11.
- VASCONCELOS, L.H. Determinação das propriedades físicas da canola (*Brassica napus*), variedade Iciola 41, relacionadas à armazenagem. Campinas: Faculdade

- de Engenharia Agrícola, Universidade estadual de Campinas, 1998, 92 p. Dissertação (Mestrado).
- VIEIRA, H.B.; BUSCHINELLI, C.; RAMOS, N.P., et al. Gestão ambiental em propriedade rural dedicado a Produção de canola para geração de biodiesel na região de passo fundo (RS). **Anais...** 5º Congresso Internacional de Bioenergia. Curitiba-PR, 2010.
- WILLIAMS, P.R.V. Digestible amino acids for non-ruminant animals: theory and recent challenges. **Animal Feed Science and Technology**, v.53, p.173-187, 1995.
- WOYENGO, T.A.; KIARIE, E.; NYACHOTI, C.M. Energy and amino acid utilization in expeller-extracted canola meal fed to growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.88, p.1433-1441, 2010.
- ZANOTTO, D.; LUDKE.; GUIDONI, A.L., et al. Utilização do farelo de canola na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Archivos de zootecnia**, v.58, p.717-728, 2009.

II - OBJETIVOS GERAIS

Avaliar a composição química, energética e a digestibilidade do farelo de canola.

Avaliar a composição aminoacídica do farelo de canola, por meio de ensaio de digestibilidade ileal, para obter os aminoácidos digestíveis verdadeiros.

Verificar os níveis máximos de inclusão de farelo de canola nas rações dos suínos nas fases inicial, crescimento e terminação (15-90 kg), que propicie o melhor desempenho, rendimento de carcaça e retorno econômico.

III - Farelo de Canola na alimentação de leitões na fase Inicial

RESUMO – Foram conduzidos três experimentos com o objetivo de determinar o valor nutricional e avaliar o desempenho e viabilidade econômica em leitões na fase inicial alimentados com rações contendo farelo de canola (FC). No Experimento I foi conduzido um ensaio de digestibilidade total com 14 suínos mestiços de linhagem comercial, machos castrados, com $20,62 \pm 3,30$ kg de PV inicial. As rações estudadas foram: 1 - Ração Referência (RR); e 2 - RR (75%) + FC (25%). Cada suíno constituiu uma unidade experimental, totalizando sete unidades experimentais por ração. Os valores de energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) na matéria natural para o FC foram 2995 kcal/kg e 2796 kcal/kg respectivamente, os quais foram utilizados para formular as rações do Experimento III. No Experimento II foi conduzido um ensaio para determinar os coeficientes de digestibilidade ileal aparente e verdadeira e aminoácidos digestíveis, utilizando 3 suínos canulados com $38,6 \pm 1,98$ kg de PV. Os tratamentos consistiram de uma dieta isenta de proteína e uma dieta contendo FC como única fonte de proteína. Os valores de aminoácidos digestíveis do FC (lisina: 1,18%; metionina+cistina: 0,91%; treonina: 0,79%; triptofano: 0,24; leucina: 1,57; isoleucina: 0,87) foram utilizados na formulação das rações do Experimento III. No Experimento III foram utilizados 60 suínos mestiços de linhagem comercial, metade machos castrados e metade fêmeas, com peso vivo inicial de $15,08 \pm 0,72$ kg e final de $30,26 \pm 2,78$ kg, distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados com quatro níveis de inclusão de FC (5, 10, 15 e 20%), com seis repetições e dois suínos por unidade experimental. Adicionalmente, foi formulada uma ração testemunha (RT), contendo 0% de FC. A análise de regressão indicou que não houve efeito ($P \geq 0,05$) do nível de inclusão do FC sobre o desempenho e NUP. Os resultados de desempenho sugerem que é viável a utilização em até 20% de FC nas rações, sem prejuízos no desempenho de leitões na fase inicial e NUP, além de não alterar o custo com a alimentação.

Palavras-chave: aminoácidos digestíveis, cânula ileal, desempenho, digestibilidade, fonte protéica

III – Canola Meal on Starting Pigs Feeding

ABSTRACT – Three experiments were carried out to determine the nutritional values, the effects of canola meal inclusion in starting, pigs on the performance and economic viability. Experiment I, digestibility assays was carried out with fourteen barrow pigs, with initial weight of $20,62 \pm 3,30$ kg. The evaluated feed was the canola meal, with 25% level in the basal diet (corn + soybean based). The experimental unit consisted of one pig, with a total of seven experimental units per diet. The values, as fed basis, of digestible (DE) and metabolizable (ME) energy were 2995 kcal/kg and 2796 kcal/kg, respectively. The Experiment II an ileal digestibility assays was carried out to determine the coefficient apparent and true ileal digestibility and digestible amino acids were out using three pigs with initial weight of $38,6 \pm 1,98$ kg, previously submitted to the surgery for simple T canula implantation. The treatments consisted of one diet without protein and one diet of canola meal, being the only protein source. The values of digestible amino acids of canola meal (lysine: 1,18%; methonine+cistine: 0,91%; threonine: 0,79%; tryptophan: 0,24; leucine: 1,57; isoleucine:0,87) were used in the diet of experiment III. The Experiment III was carried out using 60 piglets (barrow and gilts), with initial weight of $15,08 \pm 0,72$ kg and final of $30,26 \pm 2,78$ kg were allotted in a blocks randomized design, the treatments consisted of five diets with increasing levels (5%,10%,15% and 20%) of canola meal. Additionally, a control diet was formulated (CD) containing 0% FC. Regression analysis indicates that there was no effect ($P \geq 0,05$) the level of inclusion of canola meal on performance and PUN. The performance results suggest that it is feasible to use up to 20% of canola meal in the diet of starting pigs, without loss in performance and PUN, and does not change the cost of food.

Keywords: digestible amino acids, digestibility, food protein, ileal cannula, performance

Introdução

Economicamente a nutrição representa cerca de 70% do custo total da produção de suínos, aspecto que demanda muita atenção dos nutricionistas e produtores, necessitando de alternativas de alimentação que diminuam o custo de produção total do sistema. Considerando que os suínos consomem rações baseadas em milho e farelo de soja (75 a 80% da ração), insumos de elevado custo porque também são utilizados na alimentação humana (Johnston et al., 2003), as pesquisas devem ser realizadas procurando alimentos alternativos mais econômicos.

A canola é uma variedade de colza geneticamente melhorada para baixos teores de glucosinolatos e ácido erúico (Sorrel & Shurson, 1990), é utilizada principalmente para extração de óleo, obtendo-se como co-produto da extração o farelo de canola (FC). O FC possui uma alta percentagem de proteína bruta que varia de 35 a 40% (Näsi & Siljander, 1991), é caracterizado por ter menor quantidade de lisina e um elevado teor de aminoácidos sulfurados (metionina e cistina) em comparação com o farelo de soja (Castell & Cliplef, 1993). Segundo Thacker & Newkirk (2005) o FC tem sido uma fonte protéica aceitável para inclusão de rações de suínos, sendo usada comumente no Canadá e Europa.

De acordo com Gomes et al. (1998) no Sul do Brasil vem se produzindo óleo de canola desde 1992, com alta produção principalmente no Paraná. Assim, o FC como co-produto deste processo é fonte de estudo de pesquisas como uma alternativa de alimento para reduzir o custo de alimentação animal.

A composição química do FC sugere que pode ser usado em rações para suínos. Segundo, Bell & Keith (1991) o FC contem: 3100 kcal de ED/kg; 2900 kcal de EM/kg; 37,70% de PB; 2,16% de Lis; 11,8% de FB; 0,63% de Ca; e 1,01% de P. Porém, o conteúdo de FDN do FC é mais alto comparado com o farelo de soja, devido a que a casca da semente esta presente no farelo, ocasionando que o teor de energia do FC seja menor em relação ao farelo de soja 2600 vs 3400 kcal de EM/kg respectivamente (Bell, 1993). O perfil de aminoácidos do FC é semelhante ao farelo de soja (Moreira et al., 1996), porém com níveis mais baixos de lisina e mais elevados de metionina + cistina (Soares et al., 2000).

Para um ótimo desenvolvimento da cadeia produtiva suína é essencial um estudo preciso das exigências de aminoácidos para manutenção, crescimento dos animais e produção, como também um adequado suprimento desses aminoácidos através do alimento (Williams, 1995). Para isso é importante conhecer o valor

nutritivo dos alimentos e a quantidade de aminoácidos digestíveis verdadeiros, para assim formular rações atendendo as exigências nutricionais com maior precisão, procurando o máximo desempenho e minimizando as perdas.

O objetivo deste trabalho foi determinar o valor nutricional do FC, por meio de estudo de digestibilidade total e ileal, e verificar os efeitos de inclusão em rações para leitões na fase inicial (15 a 30 kg) sobre o desempenho dos animais e viabilidade econômica.

Materiais e Métodos

Os experimentos foram realizados no Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá (CCA/UEM), localizada no Estado do Paraná (23°21'S, 52°04'W), a uma altitude de 564 metros.

Foram conduzidos três experimentos, de digestibilidade total (Experimento I), digestibilidade ileal (Experimento II) e desempenho (Experimento III) na fase inicial.

Para determinação da composição química e energética (Tabela 1) do Farelo de Canola (FC), foram realizadas as análises dos nutrientes no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal da Universidade Estadual de Maringá (LANA), segundo os procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002). A determinação dos aminoácidos essenciais e não essenciais totais foram realizadas no laboratório CBO Análises Laboratoriais (Campinas – SP).

Experimento I – Ensaio de Digestibilidade Total

Foi conduzido um ensaio de digestibilidade total, durante o período de abril a maio de 2010, no qual foram utilizados 14 suínos mestiços de linhagem comercial, machos castrados, com $20,62 \pm 3,30$ kg de PV inicial. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968) em sala com ambiente parcialmente controlado. A temperatura ambiente média apresentou mínima de $21,3 \pm 0,75^\circ\text{C}$ e máxima de $23,8 \pm 0,90^\circ\text{C}$. As umidades relativas médias do ar ambiente apresentaram mínima de $38,9 \pm 12,32\%$ e máxima de $60,8 \pm 12,45\%$. O ensaio de digestibilidade teve duração de 16 dias, sendo onze dias de adaptação e cinco dias de coleta total de fezes e urina.

Tabela 1- Composição química e energética do farelo de canola (matéria natural)

Itens	Farelo de Canola
Materia seca, %	89,17
Proteína bruta, %	34,59
Fibra bruta, %	7,20
FDN, %	29,7
FDA, %	20,4
EE, %	3,90
Cálcio, %	0,59
Fósforo total, %	1,00
Fósforo disponível, %	0,21
Materia orgânica, %	82,8
Carboidratos totais, %	55,0
Carboidratos não fibrosos, %	25,0
Energia bruta, kcal/kg	4283
Aminoácido essencial total	
Arginina, %	2,52
Fenilalanina, %	1,42
Histidina, %	0,90
Isoleucina, %	1,34
Leucina, %	2,33
Lisina, %	1,68
Metionina+cistina, %	1,11
Treonina, %	1,40
Triptofano, %	0,41
Valina, %	1,66
Aminoácido não essencial total	
Alanina, %	1,64
Ácido aspártico, %	2,57
Ácido glutâmico, %	6,36
Glicina, %	1,79
Serina, %	1,50
Tirosina, %	1,07

A ração referência foi composta por milho (70,42%), farelo de soja (26,40%), sal comum (0,50%), calcário (0,60%), fosfato bicálcico (1,58%) e suplemento vitamínico mineral (0,50%) e foi formulada para atender às exigências indicadas por Rostagno et al. (2005). As rações estudadas foram: 1 - Ração Referência (RR); e 2 - RR (75%) + FC (25%).

Os procedimentos de fornecimento das dietas, coleta de fezes e urina foram seguidas de acordo aos descritos por Sakomura & Rostagno (2007). No período de coleta o fornecimento de ração foi calculado com base no peso metabólico ($\text{kg}^{0,75}$) de cada suíno e no consumo médio registrado no período de adaptação. Os arraçoamentos foram realizados às 08h e às 15h. As duas refeições foram divididas em 55% do total na manhã e 45% à tarde (proporção obtida tendo como base os

consumos entre manhã e tarde do período de adaptação). As rações foram umedecidas com, aproximadamente, 20% de água e fornecidas para evitar desperdícios, reduzir a pulverulência e melhorar a aceitabilidade da ração pelo animal. Após cada refeição, a água foi fornecida no próprio comedouro na proporção de 3 mL de água/g de ração.

Com o objetivo de marcar o início e final do período de coleta total de fezes foi utilizado 3% de óxido de ferro (Fe_3O_2) como marcador fecal. As fezes foram coletadas uma vez ao dia, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer (-18°C). Posteriormente, o material foi homogeneizado e seco (aproximadamente 350 g) em estufa de ventilação forçada (55°C) e moída em moinho tipo faca (peneira de 1 mm). A urina foi coletada em baldes de plástico, contendo 20 mL de HCl 1:1 para evitar a proliferação bacteriana e possíveis perdas por volatilização.

As análises dos alimentos e das fezes foram realizadas segundo os procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002). Os valores de energia bruta foram determinados por meio de calorímetro adiabático (Parr Instrument Co.). Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), energia bruta (CDEB), proteína bruta (CDPB) e matéria orgânica (CDMO) foram calculados conforme Moreira et al. (1994). Aplicou-se a fórmula de Matterson et al. (1965) para a obtenção dos nutrientes digestíveis do FC.

Experimento II – Ensaio de Digestibilidade ileal

O ensaio de digestibilidade ileal foi conduzido utilizando três suínos, com $38,6 \pm 1,98$ kg de PV, os quais foram submetidos à cirurgia para a implantação da cânula T-simples, conforme procedimentos descritos por Bellaver (1989) e Souza (2003). Após a cirurgia os animais foram transferidos individualmente para as baias de alvenaria, onde, durante vinte dias foram realizados os cuidados pós-operatórios.

Os procedimentos cirúrgicos e pós-operatórios foram aprovados pelo comitê de conduta ética no uso de animais em experimentação da Universidade Estadual de Maringá.

O tratamento consistiu de uma dieta (Tabela 2), tendo como única fonte de proteína o FC. Adicionalmente foi elaborada uma dieta (Tabela 2) isenta de proteína (DIP) para determinação da excreção endógena de proteína e aminoácidos e foi utilizada casca de arroz moída na formulação da dieta DIP como fonte de fibra, a

qual tinha também 0,2% de PB, que não foi tido em conta porque foi considerado indisponível pelo animal.

Foi adicionado nas rações 0,50% de óxido crômico (Cr_2O_3) como indicador da indigestibilidade.

O FC foi avaliado em três suínos em quatro períodos experimentais. O ensaio teve duração de seis dias, sendo cinco dias de adaptação (determinação do consumo de ração e regulação do fluxo intestinal) e um dia de coleta de digesta. Nos períodos seguintes foram três dias de adaptação e um dia de coleta da digesta. Em outro período de seis dias (cinco dias de adaptação e um dia de coleta da digesta) foi realizado o mesmo procedimento para determinação da excreção endógena dos aminoácidos e da proteína, por meio do fornecimento da ração DIP.

Tabela 2 - Composição centesimal das dietas experimentais da digestibilidade ileal em suínos

Ingredientes	Dietas	
	DIP	Farelo de Canola
Farelo de canola	0,00	35,00
Amido	50,14	36,06
Açúcar	42,82	25,50
Casca de arroz moída	2,00	0,00
Calcário	0,70	0,28
Fosfato bicálcico	1,24	1,01
Óleo de soja	2,00	1,00
Sal comum	0,30	0,35
Suplemento vit+min ¹	0,30	0,30
Oxido de cromo	0,50	0,50

¹ Suplemento vitamínico-mineral para suínos em crescimento

A digesta ileal coletada foi armazenada sob refrigeração (-18°C) após o término da coleta. Posteriormente, as amostras foram descongeladas, homogeneizadas e liofilizadas, para evitar degradação dos aminoácidos. As amostras liofilizadas foram então acondicionadas em potes de plástico com tampa e mantidas em freezer para posteriores análises. As amostras analisadas foram compostas da digesta dos três animais com o mesmo tratamento.

As análises de MS e cromo na digesta, na dieta experimental e na DIP, foram determinados, de acordo com as metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002), e os aminoácidos das rações e as fezes, foram determinados por meio de HPLC conforme o indicado pela AOAC (1990). A digestibilidade ileal dos aminoácidos foi calculada com base nos níveis de cromo nas rações e nas digestas, por meio do

cálculo do fator de indigestibilidade (FI), sendo utilizadas as fórmulas descritas por Sakomura & Rostagno (2007). Os resultados deste experimento (valores de aminoácidos digestíveis) foram utilizados nas formulações das rações dos experimentos de desempenho de suínos na fase inicial, crescimento e terminação.

Experimento III – Experimento de Desempenho da Fase Inicial (15-30 kg)

O experimento foi realizado no período de outubro a dezembro de 2010. As temperaturas mínima e máxima médias, registradas no período experimental, foram de $18,5 \pm 1,97^{\circ}\text{C}$ e $28,8 \pm 3,43^{\circ}\text{C}$, respectivamente. As umidades relativas do ar médias do período experimental, pela manhã e pela tarde, foram de $81,8 \pm 10,75\%$ e $60,4 \pm 15,21\%$, respectivamente.

Foram utilizados 60 suínos mestiços de linhagem comercial, sendo 30 machos castrados e 30 fêmeas, com PV inicial de $15,08 \pm 0,72$ kg e final de $30,26 \pm 2,78$ kg. Os suínos foram alojados em galpão de creche, de alvenaria, coberto com telhas de fibrocimento, dispostas em três salas, cada uma possuindo dez baias, divididas por um corredor central.

As baias eram do tipo “suspensas”, com área de $1,32 \text{ m}^2$, com piso de plástico parcialmente ripado, com comedouros semi-automáticos frontais e bebedouro tipo “chupetas” na parte posterior.

Na formulação das rações, utilizou-se a composição química (Tabela 1), energética (Tabela 4) e aminoácídica (Tabela 6) do FC. Para o milho e farelo de soja, foram determinados os valores de proteína bruta, fósforo e cálcio, no LANA. Os valores de energia metabolizável utilizados para esses dois ingredientes foram os citados por Rostagno et al. (2005). A determinação dos aminoácidos digestíveis do milho e farelo de soja foi calculada com os coeficientes de digestibilidade de aminoácidos verdadeiros reportados por Rostagno et al. (2005).

As rações e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental. As rações à base de milho e farelo de soja (Tabela 3) foram formuladas para atenderem as recomendações de Rostagno et al. (2005), para suínos na fase inicial.

Os animais foram distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro níveis de inclusão de FC (5, 10, 15 e 20%), seis repetições e dois suínos por unidade experimental. Adicionalmente, foi formulada uma ração testemunha (RT), contendo 0% de FC. Os animais foram pesados no início e no final do experimento, bem como o consumo total de ração computado, com o que foi

calculado o consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e a conversão alimentar (CA) de cada unidade experimental.

No início e no final do período experimental, foram colhidas amostras de sangue, via veia cava cranial e transferida para tubos contendo heparina (Cai et al., 1994) para análise do nitrogênio da uréia plasmática (NUP). As amostras foram centrifugadas (3.000 rpm por 15 minutos) para obtenção do plasma, e 3 mL de plasma foram transferidos para microtubos de 1,5 mL, os quais foram devidamente identificados e armazenados em freezer (-18°C) para análises posteriores. Os valores de NUP foram determinados utilizando o kit de Uréia da Gold Analisa Diagnóstica Ltda. Os valores de NUP da coleta de sangue no início do experimento (baseline) foram utilizados como covariável para as análises estatísticas.

Tabela 3 - Composição química e energética das rações contendo diferentes níveis de inclusão de farelo de canola (FC) para leitões na fase inicial (15 a 30 kg)

Itens	Níveis de inclusão da FC (%)				
	0	5	10	15	20
Milho	70,954	67,553	64,151	61,421	59,824
Farelo de soja	24,587	22,648	20,710	18,080	14,286
Farelo de canola	0,000	5,000	10,000	15,000	20,000
Fosfato bicálcico	1,790	1,758	1,727	1,701	1,685
Calcário	0,517	0,476	0,436	0,397	0,359
Sal comum	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Óleo de soja	0,738	1,173	1,608	2,015	2,376
Suplemento vitamínico e mineral ¹	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Leucomag	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
L - Lisina HCL, 79%	0,338	0,331	0,324	0,338	0,386
DL - Metionina, 99%	0,081	0,067	0,054	0,046	0,049
L- Treonina, 95%	0,091	0,088	0,086	0,093	0,116
L - Triptofano, HCL 98%	0,000	0,000	0,000	0,004	0,013
Valores calculados ²					
Energia metabolizável, kcal/kg	3230	3230	3230	3230	3230
FDN, %	10,87	11,77	12,66	13,56	14,50
FDA, %	4,516	5,251	5,987	6,682	7,310
Lisina digestível, %	0,991	0,991	0,991	0,991	0,991
Metionina+cistina digestível, %	0,555	0,555	0,555	0,555	0,555
Treonina digestível, %	0,624	0,624	0,624	0,624	0,624
Triptofano digestível, %	0,168	0,168	0,168	0,168	0,168
Cálcio, %	0,720	0,720	0,720	0,720	0,720
Fósforo disponível, %	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400

¹Suplemento vitamínico e mineral para suínos na fase inicial, composição por kg do produto: Vit A, 50.000 UI; Vit D3, 10.000 UI; Vit E, 160mg; Vit K3, 12mg; Vit B1, 12mg; Vit B2, 20mg, Vit B6, 12mg; Vit B12, 100mcg; Ac. Fólico, 2,4mg; Ac. Nicotínico, 140mg; Ac. Pantotênico, 88mg; Biotina, 0,4mg; Colina, 1,248g; Ferro, 800mg; Cobre, 800mg; Cobalto, 3,2mg; Manganês, 220mg; Zinco, 11.150mg; Selênio, 1,2mg; Iodo, 7,2mg; ²Calculados com base na composição de alimentos indicados por Rostagno et al. (2005) e/ou determinados;

Para avaliar a viabilidade econômica da utilização do FC, foram levantados preços das matérias-primas no mercado e calculado o custo da ração por quilograma de peso vivo ganho, segundo Bellaver et al. (1985) conforme descrito abaixo:

Y_i (R\$/kg) = $Q_i \times P_i / G_i$, em que: Y_i = custo da ração por kg de peso vivo ganho no i -enésimo tratamento; Q_i = quantidade de ração consumida no i -enésimo tratamento; P_i = preço por kg da ração utilizada no i -enésimo tratamento; G_i = ganho de peso do i enésimo tratamento. Foi calculado também o Índice de Eficiência Econômica (IEE) e o Índice de Custo (IC), segundo metodologia proposta por Gomes et al. (1991).

IEE (%) = $MCE/CTe_i \times 100$ e IC (%) = $CTe_i/MCE \times 100$ em que: MCE = menor custo da ração por kg ganho observado entre os tratamentos; CTe_i = custo do tratamento i considerado.

Foram utilizados os preços dos insumos da região de Maringá-PR para calcular os custos das rações experimentais. O milho grão R\$ 0,485/kg, farelo de soja R\$ 0,598/kg, óleo de soja R\$ 2,63/kg e FC R\$ 0,466/kg.

Com o objetivo de avaliar os parâmetros do desempenho, os resultados foram submetidos à análise de variância, adotando-se o seguinte modelo estatístico: $Y_{ij} = \mu + b_1 (N_i - N) + b_2 (N_i - N)^2 + FA + e_{ij}$, onde Y_{ij} = valor observado das variáveis estudadas, relativo a cada indivíduo j , recebendo o nível i de FC; μ = constante geral; b_1 = coeficiente de regressão linear do nível de FC sobre a variável Y ; b_2 = coeficiente de regressão quadrático do nível de FC sobre a variável Y ; N_i = níveis de FC nas rações, sendo $i = 5, 10, 15$ e 20% ; N = nível médio de FC nas rações; FA = falta de ajustamento; e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação.

Para a comparação dos resultados da ração testemunha (sem nível de inclusão de FC) com cada um dos níveis de inclusão de FC, foi aplicado o teste de Dunnett (Sampaio, 1998). As análises estatísticas foram efetuadas utilizando o pacote estatístico SAEG (UFV, 1997). No experimento de desempenho, o peso inicial dos leitões foi utilizado como covariável nas análises estatísticas.

Resultados e Discussão

Os valores obtidos referentes à composição física, química e aminoacídica do FC (Tabela1), são menores que os citados por Rostagno et al. (2011) para os teores de PB (37,97%), FB (7,2%), lisina (2,01%), met+cist (1,64%) e treonina (1,57%). Os

valores de MS (89,29%) e EB (4283 kcal/kg) reportados pelos mesmos autores foram semelhantes aos observados neste estudo.

O FC apresentou teor de MS, PB, aminoácidos totais e EB (Tabela 1) menores aos observados por Woyengo et al. (2010) e Seneviratne et al. (2010), os quais reportaram valores de 89,52% e 95,6% de MS, 41,77% e 38,5% de PB, 2,18% e 2,42% de lisina, 1,5% e 1,59% de met+cist, 5030 kcal/kg e 4812 kcal/kg de EB, respectivamente.

Os valores de aminoácidos totais do FC foram similares aos reportados por Rojo et al. (2001), os quais encontraram valores de lisina (1,96%), treonina (1,551%), triptofano (0,46%), met+cist (1,64%), isoleucina (1,38%), e leucina (2,52%), em dados estudados com uma compilação de 171 aminogramas do FC.

As diferenças na composição do FC utilizado neste experimento podem ser devido às diferenças do solo, clima e condições de cultivo da canola, e decorrente da variação entre os cultivares.

O processamento do FC, também pode influenciar a sua composição, uma vez que o óleo pode ser extraído de duas formas. A extração por expeller ou a extração com solvente, onde a canola passa por diferentes temperaturas que podem desativar ou não os fatores antinutricionais do FC, os glucosinolatos (Woyengo et al., 2010), ou podem indisponibilizar os aminoácidos (CCC., 2009). A forma mais comumente utilizada para extração de óleo da canola é por solvente a nível industrial, sendo que o farelo culmina com um teor de 1% de gordura, comparado com a extração por expeller, onde o farelo obtido contém entre 18 a 20% de gordura. (CCC., 2009).

Experimento I – Ensaio de Digestibilidade Total

Os resultados dos coeficientes de digestibilidade e os nutrientes digestíveis do FC, para leitões na fase inicial (15 a 30 Kg), apresentam-se na Tabela 4.

Comparando estes resultados com os valores apresentados por Rostagno et al. (2011), observa-se valores similares do CDMO (73,0%), da ED e EM (3019 e 2787 kcal/kg) respectivamente, e da MO digestível (60,92%). O valor de CDPB foi mais alto neste estudo, em comparação com Rostagno et al. (2011) que indicou (75,10%). Já a proteína digestível reportada por esses autores (28,52%) foi semelhante ao presente estudo.

Tabela 4 - Coeficientes de digestibilidade e valores digestíveis do farelo de canola para leitões na fase inicial (15 A 30 kg)

Coeficientes de digestibilidade (%)	Farelo de canola
Matéria seca	61,33
Energia bruta	69,93
CM Energia bruta ¹	65,27
Proteína bruta	88,01
Matéria orgânica	70,91
Nutrientes digestíveis	Matéria natural
Matéria seca digestível, %	54,69
Energia digestível, kcal/kg	2995
Energia metabolizável, kcal/kg	2796
Proteína digestível, %	30,45
Matéria orgânica digestível, %	58,67

¹- Coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta

As pequenas diferenças podem ser devido à origem do FC nos diferentes estudos, assim como também ao nível de fibra dos farelos, o qual pode influenciar negativamente, uma vez que o alimento mais fibroso diminui a digestibilidade de alguns nutrientes, neste caso da proteína. O FC reportado por Rostagno et al. (2011) contem nível de FB maior (11,20%) em comparação com a FB (7,2%) do farelo utilizado neste experimento.

Em outros trabalhos observaram-se valores menores ou similares do conteúdo de nutrientes. Zanotto et al. (2009) reportaram valor de energia metabolizável menor (1692 kcal/kg) que o obtido neste experimento, em quanto que Bell (1984) citou valores semelhantes para energia digestível e metabolizável de (2,950 e 2770 kcal/kg), respectivamente.

Em geral, o valor de energia digestível e metabolizável do FC é menor comparado com o farelo de soja, o qual apresenta 3154 kcal EM/kg (Rostagno et al., 2011). Isto pode se explicar devido, principalmente, aos altos níveis de fibra do FC, os quais são três vezes maiores do que os encontrados no farelo de soja (12,1% e 3,4% respectivamente), pois ao contrário do farelo de soja, as cascas da canola permanecem no farelo, totalizando aproximadamente 30% de sua composição, sendo a limitante principal do FC na utilização de rações para suínos (Bell, 1993).

Experimento II – Ensaio de digestibilidade ileal

Os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos do FC (Tabela 5) encontrados neste experimento foram em geral menores aos observados por Rostagno et al. (2011), os quais reportam valores acima de 75,00% de digestibilidade

em todos os aminoácidos. Estes autores apresentaram valores de digestibilidade para lisina, met+cist e treonina de 76,5%; 84% e 75,5% respectivamente, comparados com o presente estudo, onde observou-se valores para lisina, met+cist e treonina de 70,19%, 81,55% e 56,57%, respectivamente.

Os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDIA) dos aminoácidos do FC (Tabela 5) são menores aos observados por Myrie et al. (2008). Estes autores reportaram os CDIA mais altos para histidina, tirosina e ácido glutâmico (92,8%; 94,2% e 93,4%, respectivamente) e mais baixos para treonina e glicina (85,5% e 75,7%).

Comportamento similar foi reportado por Stein et al. (2005), os quais observaram CDIA maiores dos encontrados neste estudo e em geral valores entre 70 e 80% de CDIA. Os mesmos autores observaram maiores valores dos CDIA para triptofano, arginina e ácido glutâmico (86,4%; 84,8% e 84,4% respectivamente) e os menores para treonina e glicina (72,7% e 71,9%).

Tabela 5 - Coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDIA) e verdadeira (CDIV) da proteína bruta e dos aminoácidos do farelo de canola e valores médios de aminoácidos endógenos ileais, determinados com a dieta isenta de proteína (DIP) para suínos.

PB, %	CDIA, %	CDIV, %	DIP ¹ mg/g
	50,05	65,49	-
Aminoácidos essenciais			
Arginina	70,45	79,85	8,7
Fenilalanina	57,92	64,21	2,8
Histidina	66,59	72,01	1,4
Isoleucina	60,92	65,10	1,9
Leucina	63,19	67,51	3,5
Lisina	67,56	70,19	1,5
Metionina+cistina	77,98	81,55	1,4
Treonina	42,96	56,57	4,0
Triptofano	50,57	59,16	1,5
Valina	58,70	63,51	2,7
Aminoácidos não essenciais			
Alanina	54,78	66,20	6,1
Ácido aspártico	57,75	61,06	2,8
Ácido glutâmico	69,94	72,83	6,0
Glicina	38,15	59,90	12,4
Serina	51,69	61,60	4,0
Tirosina	57,71	63,01	1,7

¹Valores segundo análises realizadas no laboratório CBO análise. ¹Foi formulada só para determinar o CDIV da proteína bruta e dos aminoácidos do farelo de canola

Por outro lado, valores menores nos CDIA da proteína e dos aminoácidos do FC do presente estudo foram encontrados por Mariscal et al. (2009), os quais

reportaram baixos CDIA para a maioria dos aminoácidos variando de 40% a 60%. A redução dos coeficientes de digestibilidade da proteína e aminoácidos pode ser atribuída a altos níveis de fibra contidos no FC, comparados com outras fontes protéicas mais digestíveis (Minkowski, 2002).

Entretanto, foi demonstrado um comportamento similar nos CDIA entre alguns trabalhos realizados com FC (Stein et al., 2005; Myrie et al., 2008; Woyengo et al., 2010) e o presente estudo. Embora com os baixos CDIA dos aminoácidos, mostraram uma tendência a aumentar os valores para met+cis (77,98%) e arginina (70,45%) e uma tendência a diminuir treonina (42,96%), glicina (38,15%) e serina (51,69%).

O baixo coeficiente de digestibilidade da treonina pode ser explicado por sua alta concentração na mucina da mucosa intestinal (Fuller, 1994) e pela sua baixa velocidade de absorção (Fan et al., 1995).

O menor coeficiente de digestibilidade da glicina pode estar relacionado ao fato deste aminoácido estar presente em quantidade relativamente elevada na proteína endógena, representando cerca de 13% do nível de aminoácidos endógenos na digesta ileal (Sauer et al., 1977).

Os coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos (CDIV) do FC (Tabela 5), foram menores aos encontrados por Stein et al. (2001), reportando valor de 76,1% de CDIV para a PB em comparação com 65,40% do presente estudo. Da mesma maneira, todos os coeficientes dos aminoácidos foram mais altos, sendo que os maiores valores foram para o triptofano, arginina, e ácido glutâmico (88,7%; 86,9% e 86,7%, respectivamente) e os menores, treonina, valina e glicina (78,5%; 79,4% e 77,5%, respectivamente).

Em estudo realizado por Woyengo et al. (2010), também é observado que todos os valores dos CDIV da proteína e dos aminoácidos do FC, são mais altos em comparação com o presente estudo, observando valores mais altos para arginina, fenilalanina e ácido glutâmico (86,2%; 90,4% e 86,9%) e menores valores para treonina e ácido aspártico (72,1% e 75%). Igualmente Stein et al. (2005), Myrie et al. (2008), reportaram valores de CDIV mais altos para a proteína bruta e os aminoácidos do FC, em comparação com os encontrados neste experimento.

Os menores CDIA e CDIV da glicina, treonina e serina, são explicados principalmente por suas concentrações relativamente altas nas secreções endógenas. Segundo Souffrant (2001), a glicina é o maior constituinte dos sais biliares,

conformando mais de 90% do conteúdo total dos aminoácidos secretados no suco biliar dos suínos. Os sais biliares são degradados no íleo pelas bactérias intestinais e aproximadamente 90% é reabsorvida via transporte ativo, entrando na circulação entero-hepática. A maior parte das proteínas endógenas é originada da desconjugação de sais biliares e mucoglicoproteínas, uma vez que esses componentes geralmente são resistentes a ação das enzimas proteolíticas e não sofrem, portanto, reabsorção (Fontes et al., 2007).

A baixa digestibilidade da treonina pode ser em parte a sua baixa taxa de absorção no intestino delgado (Mariscal et al., 2009). Além disso, segundo Fan et al. (1995), baseados na especificidade de proteases e peptidases endógenas, a treonina é o último aminoácido liberado pela hidrólise enzimática na proteína.

De maneira geral, os menores valores de CDIA e CDIV da proteína e dos aminoácidos do FC podem ser explicados pelo conteúdo de alguns fatores antinutricionais presentes na casca da canola, em especial os taninos (Bell, 1993). Jansman (1993) relata que os taninos condensados podem diminuir a digestibilidade da PB e dos aminoácidos através de diferentes mecanismos, incluindo a formação de pontes de hidrogênio e interações hidrofóbicas de seus grupos hidroxilo com os grupos carboxilo das proteínas dietárias. Assim há diminuição da atividade da pepsina gástrica, da tripsina, quimiotripsina pancreática e das peptidases intestinais da borda escova, diminuindo a absorção transmembranar de nutrientes, e aumentando as secreções endógenas de proteínas.

Minkowski (2002) atribuiu a redução dos CDIA e CDIV do FC a seu alto conteúdo de fibra. Da mesma maneira, Grala et al. (1997) demonstraram que a fibra (FDN) da canola, influencia consideravelmente as perdas endógenas ileais de nitrogênio em suínos, já que estes compostos não são digeridos pelas enzimas intestinais.

Alimentos com níveis considerados de pectinas diminuem os CDIA e CDIV, devido a que tem propriedades de viscosidade e gelificação, as quais diminuem a digestão e absorção de nutrientes por reduzir a mistura dos conteúdos intestinais. Assim, interferindo com a união de enzima-sustrato e por formar uma camada de água estática que cria uma barreira física á absorção de nutrientes (Anderson et al., 1990). O conteúdo de proteína que se encontra dentro da fração de fibra (componentes da parede celular) pode diminuir os coeficientes de digestibilidade, já

que a casca da canola contém aproximadamente 22,5% de PB, onde as enzimas digestivas tem acesso restringido para a digestão (Bell, 1993).

Segundo Fontes et al. (2007), as diferenças na composição e digestibilidade de aminoácidos no FC podem ser devido a vários outros fatores como variedade do grão, aplicação de fertilizantes e condições ambientais. Esses fatores alteram as quantidades totais e relativas das principais proteínas da semente (albuminas, globulinas, prolaminas e gluteninas), resultando, em alterações na digestibilidade dos aminoácidos (Sauer & Ozimek, 1986).

Os valores absolutos das perdas endógenas no fluido ileal (Tabela 5) foram determinados usando uma dieta isenta de proteína (DIP). O elevado teor de ácido glutâmico na secreção endógena ileal pode ser explicado por uma relativa proporção desse ácido no suco pancreático dos suínos (Pohland et al., 1993). De forma semelhante o teor de arginina e treonina elevados podem estar relacionados com o aumento de glicoproteínas provenientes do muco intestinal que são ricas nesses aminoácidos (Grala et al., 1998). A glicina em altas quantidades na secreção endógena deve-se a que este aminoácido compõe aproximadamente 90% do total de aminoácidos da bile e mucoglicoproteínas (Huang et al., 1999). A treonina, serina e prolina são os aminoácidos que se encontram em maiores quantidades nas perdas endógenas em forma de muco, as quais estão numa faixa de 20 a 30% em suínos (Lien, 1995). Componentes da dieta podem alterar a secreção normal de muco, no intestino, tendo que alguns fatores antinutricionais elevam essa produção de mucina a qual esta composta principalmente de treonina (Lamont, 1992).

O uso da DIP cria um estado fisiologicamente anormal (Low, 1980), o que pode acarrear produção de aminoácidos catabólicos que alteram em maior proporção as perdas endógenas de aminoácidos pelos suínos (Costa et al., 2008).

Os valores de aminoácidos digestíveis encontram-se na Tabela 6. A diferença observada entre o conteúdo de aminoácidos totais e o conteúdo de aminoácidos digestíveis do FC, deve ser considerada na formulação das rações, uma vez que encontram-se na literatura disponível os valores de exigência de aminoácidos digestíveis (NRC, 1998; Rostagno et al., 2011).

Tabela 6 - Valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros do farelo de canola (matéria natural)

Itens	Farelo de canola
Aminoácidos essenciais, %	
Arginina	2,02
Fenilalanina	0,91
Histidina	0,65
Isoleucina	0,87
Leucina	1,57
Lisina	1,18
Metionina+cistina	0,91
Treonina	0,79
Triptofano	0,24
Valina	1,06
Aminoácidos não essenciais, %	
Alanina	1,08
Ácido aspártico	1,57
Ácido glutâmico	4,63
Glicina	1,07
Serina	0,92
Tirosina	0,67

Experimento III – Desempenho de leitões na fase inicial (15 a 30 kg) utilizando farelo de canola

A análise de regressão não mostrou influência ($P \geq 0,05$) dos níveis de inclusão do FC sobre o consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP), conversão alimentar (CA) e nitrogênio da uréia plasmática (NUP) dos leitões (Tabela 7). Da mesma forma, o teste de Dunnett indicou que não houve diferença ($P \geq 0,05$) entre cada nível de inclusão comparados com a ração teste. Esta resposta se deve a que as rações foram isonutritivas e que este co-produto não possui componentes nocivos ao desempenho dos leitões.

Tabela 7 – Desempenho e NUP de leitões na fase inicial (15 a 30 kg) alimentados com rações contendo diferentes níveis de farelo de canola (FC)

Itens	Níveis de inclusão de FC (%)					Média±EP ¹	CV ²	Lin ³	Qua ⁴
	0	5	10	15	20				
CDR, kg	1,26	1,21	1,17	1,24	1,11	1,21±0,12	10,33	NS	NS
GDP, kg	0,68	0,67	0,65	0,70	0,59	0,66±0,08	12,57	NS	NS
CA	1,86	1,82	1,82	1,79	1,87	1,83±0,12	6,44	NS	NS
NUP, mg/dl	11,3	11,9	12,9	12,7	11,7	12,1±1,99	16,38	NS	NS

¹Erro padrão; ²Coefficiente de variação; ³Efeito linear dos níveis de farelo de canola; ⁴Efeito quadrático dos níveis de farelo de canola; NS = não-significativo.

Os parâmetros do desempenho (CDR, GDP e CA), sugerem que a qualidade nutricional das dietas foi mantida à medida que se elevou a inclusão do FC. A manutenção da qualidade da proteína das dietas é representada pelos valores semelhantes nos níveis de NUP ($P \geq 0,05$) neste estudo, os quais refletem o adequado fornecimento de aminoácidos em quantidade e qualidade (Coma et al., 1995).

As respostas do presente trabalho são similares às obtidas por Zanotto et al. (2009), os quais verificaram que não houve efeito do tratamento sobre o GDP e CDR, concluindo que o FC pode substituir até 40% o farelo de soja em dietas de suínos em crescimento. Porém, os presentes resultados são diferentes dos reportados por Moreira et al. (1995), os quais concordam em que a inclusão do FC (0, 4, 8 e 12%) não afeta o CDR, mas eles mostram que reduziu de forma linear o GDP e influenciou de forma quadrática a CA, concluindo que o nível de 8,44% de FC foi o melhor na fase inicial. Já Baidoo et al. (1987) observaram redução no consumo com a inclusão de FC em rações de leitões.

Roth-Maier et al. (2004) determinaram que uma substituição parcial do farelo de soja por FC aumenta o GDP quando comparado às dietas com farelo de soja ou com FC exclusivamente.

Segundo o CCC (2009), para suínos em fase inicial (6-20 kg) deve-se limitar os níveis de inclusão de FC nas dietas já que há tendência em diminuir o GDP à medida que aumenta a inclusão de FC. Os mesmos recomendam até 5% de inclusão deste alimento nas rações de leitões.

O rendimento dos leitões pode ser influenciado pelos níveis de fibra, presença de taninos, sinapine e glucosinolatos no farelo (Bourdon & Aumaître, 1990; Lee & Hill, 1983), o qual pode mudar dependendo do origem, e do processamento.

Os resultados da análise econômica (Tabela 8) mostraram que o custo da ração por quilograma de peso vivo se manteve ($P \geq 0,05$) com o aumento da inclusão do FC na ração.

Aplicando-se o teste Dunnett para comparar a ração controle com cada um dos níveis de inclusão do FC, não foi observada diferença ($P \geq 0,05$) no custo de ração por quilograma de peso vivo ganho entre os níveis de inclusão de FC e a ração controle.

A análise econômica indica que a utilização de até 20% de FC em rações isoenergéticas pode ser utilizada sem reduzir nem aumentar os custos com alimentação dos leitões (15-30 kg) em comparação com a ração sem FC (0%).

Tabela 8 - Custo de ração (R\$/kg), custo em ração por quilograma de peso vivo ganho (CR), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo (IC) de suínos na fase inicial (15-30 kg), alimentados com níveis crescentes de inclusão de farelo de canola (FC) nas rações

Itens	Níveis de Inclusão de FC (%)					CV ¹	Dun ²	Reg
	0	5	10	15	20			
Peso Inicial, kg	15,05	15,11	15,12	15,07	15,06	-	-	-
Peso Final, kg	30,81	30,65	30,04	31,18	28,62	-	-	-
Custo Ração, R\$	0,618	0,622	0,626	0,631	0,638	-	-	-
CR, R\$/kg PV	1,146	1,128	1,140	1,131	1,180	6,42	P \geq 0,05	NS
IEE	98,37	100,0	98,88	99,67	95,55	-	-	-
IC	101,6	100,0	101,1	100,3	104,6	-	-	-

¹- Coeficiente de variação; ²- Teste de Dunnett; *Valor diferente (P<0,05) em relação ao nível 0% de inclusão, NS = não-significativo; ³- Análise de regressão; ⁴ CR, R\$/kg PV: Custo da ração por kg de peso vivo ganho

Conclusões

Os valores de energia digestível e metabolizável para o FC na matéria natural são 2995 e 2796 kcal/kg, respectivamente, para leitões de 15 a 30 kg. Assim os valores de aminoácidos essenciais digestíveis do farelo de canola são: Lisina 1,18; metionina+cistina 0,91; treonina 0,79; triptofano 0,24; Leucina 1,57; Isoleucina 0,87 e valina 1,06.

Os resultados sugerem que para dietas de leitões (15-30 kg) é possível utilizar até 20%, do FC sem interferir no desempenho. Além disso, a inclusão do FC não aumenta o custo na alimentação. Entretanto, a viabilidade econômica de sua utilização vai depender da relação de preços entre os ingredientes, especialmente farelo de soja e aminoácidos sintéticos (ou outra fonte protéica).

Referências

- ANDERSON, J.W.; DEAKINS, D.A.; FLOORE, T.L. et al. Dietary fiber and coronary heart disease. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.29, p.95-147, 1990.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 15 ed. Washington, D.C. 1298p. 1990.
- BAIDOO, S.K.; AHERNE, F.X.; MITARU, B.N.; et al. Canola meal as a protein supplement for growing-finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.18, p.37-44, 1987.
- BELLAVER, C.; FIALHO, E.T.; PROTAS, J.F.S. et al. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, p. 969-74, 1985.

- BELLAVER, C. **Estimation of amino acid digestibility and its usefulness in swine feed formulation**. 1989. 99p. Thesis (PhD – Animal Science) – Urbana Champaign: University of Illinois.
- BELL, J. M. Nutrients and toxicants in rapeseed meal: A review. **Journal of Animal Science**, v.58, p.996, 1984.
- BELL, J.M. Factors affecting the nutritional value of canola meal: a review. **Canadian Journal Animal Science**, Ottawa, v.73, p.326-333, 1993.
- BELL, J. M., KEITH, M. O. A survey of variation in the quimical composition of commercial canola meal produced in Western Canadian crushing plants. **Canadian Journal Animal Science**, v.71, p.469-480, 1991.
- BELL, J.M.; KEITH, M.O.; HUTCHESON, D.S. Nutritional evaluation of very low glucosinolate canola meal. **Canadian Journal Animal Science**, v.71, p.497-506, 1991.
- BOURDON, D.; AUMAITRE, A. Low glucosinolate rapeseeds and rapeseed meals: Effect of technological treatments on chemical composition, digestible energy content and feeding value for growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.30, p.175-191, 1990.
- CAI, Y., ZIMMERMAN, D.R., EWAN, R.C. Diurnal variation in concentrations of plasma urea nitrogen and amino acids in pigs given free access to feed or fed twice daily. **Journal Nutrition**, v.124, p.1088-1093, 1994.
- CCC. CANOLA COUNCIL OF CANADA. Canadian canola meal: Maximum inclusion rates. **Canola Council of Canada**. Winnipeg. Canada. 2009.
- CASTELL, A.G.; CLIPLEF, R.L. Evaluation of pea screenings and canola meal as a supplementary protein source in barley - based diets fed to growing-finishing pigs. **Canadian Journal Animal Science**, v.73, p.129-139, 1993.
- COMA, J.; CARRION, D.; ZIMMERMAN, D.R. Use of plasma urea nitrogen as a rapid response criterion to determine the lysine requirement of pigs. **Journal of Animal Science**, v.73, p.472-481, 1995.
- COSTA, L.F.; LOPES, D.C.; FREITAS, L.S. et al. Determinação das perdas endógenas e da digestibilidade ileal da proteína e dos aminoácidos em suínos utilizando-se duas técnicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1243-1250, 2008.
- FAN M.Z, SAUER W.C, DE LANGE C.M.F. Amino acid digestibility in soybean meal, extruded soybean and full-fat canola for early- weaned pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.52, p.189-203, 1995.
- FONTES, D.O.; DONZELE, J.L.; MASCAREHAS, A.G. et al. Composição aminoácídica e digestibilidade ileal de aminoácidos de alimentos energéticos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.196-202, 2007.
- FULLER, M.F. Amino acids requirements for maintenance, body protein accretion and reproduction in pigs. In: D'MELLO, J.P.F. **Amino acids in farm animal nutrition**. Edinburgh: The Scottish Agricultural College, p.155-184, 1994.
- GOMES, M.F.M.; BARBOSA, H.P.; FIALHO, E.T. et al. **Análise econômica da utilização de trigo para suínos**. Concórdia:EMBRAPA-CNPSA, p.1-2 (Comunicado Técnico, 179), 1991.
- GOMES, P.C.; ZANOTTO, D.L.; GUIDONI, A.L, et al. Uso do farelo de canola para suínos na fase de terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p. 749-753, 1998.

- GRALA, W.; VERSTEGEN, M.W.A.; JANSMAN, A.J.M. et al. Ileal apparent protein and amino acid digestibilities and endogenous nitrogen losses in pigs fed soybean and rapeseed products. **Journal of Animal Science**, v.76, p.557-568, 1998.
- GRALA, W.; VERSTEGEN, M.W.A.; VAN LEEUWEN, P. et al. Nitrogen balance of pigs as affected by feedstuffs causing different endogenous nitrogen flow at the terminal ileum. **Livestock Production Science**, v.48, p.143-155, 1997.
- HUANG, S.X.; SAUER, W.C.; MARTY, B. et al. Amino acid digestibilities in different samples of wheat shorts for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.77, p.2469-2477, 1999.
- JANSMAN, A.J.M. Tannins in feedstuffs for simple-stomached animals. **Nutrition Research Reviews**, n.6, p.209-236, 1993.
- JOHNSTON, L.J.; NOLL, S.; RENTERIA, A. et al. Feeding by-products high in concentration of fiber to non-ruminants. In: **Third National Symposium on Alternative Feeds for Livestock and Poultry Held in Kansas City**. Proceedings... Kansas City: p. 1-26, 2003.
- LAMONT, J. T. Mucus: The frontline of intestinal mucosal defense. **Annals of the New York Academy of Sciences**, n.664, p.190-201, 1992.
- LEE, P.A.; HILL, R. Voluntary intake of growing pigs given diets containing rapeseed meal from different types and varieties of rape as the only protein supplement. **British Journal of Nutrition**, v.50, p.661-671, 1983.
- LIEN, K. A. Endogenous protein in ileal digesta: Estimation of the mucin content and evaluation of the ¹⁵N-isotope dilution technique. PhD Diss. Univ. Alberta, Edmonton, Alberta, Canada. 1995.
- LOW, A. G. Nutrient absorption in pigs. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.31, p.1087-1130, 1980.
- 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, p.11-14, 1965.
- MARISCAL, G.; REIS DE S, T.; PARRA, J. Digestibilidad ileal aparente de la proteína y aminoácidos de la torta de canola en lechones recién destetados. **Revista MVZ de Córdoba**, v.14, p.1544-1553, 2009.
- MINKOWSKI, K. Influence of dehulling of rape seed on chemical composition of meal. **Animal Feed Science and Technology**, v.96, p.237-244, 2002.
- MOREIRA, I.; FURLAN, A.C.; SCAPINELLO, C., et al. Utilização do farelo de canola na alimentação de suínos na fase inicial (42 a 63 dias). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 24, p. 417-427, 1995.
- MOREIRA, I.; MARANGONI, I.; FURLAN, A.C., et al. Utilização do farelo de canola na alimentação de suínos na fase total de crescimento e terminação (61 a 141 dias). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.25, p.697-712, 1996.
- 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 da soja integral processados pelo calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, p.916-929, 1994.
- MYRIE, S. B.; BERTOLO, R. F.; SAUER W. C., et al. Effect of common antinutritive factors and fibrous feedstuffs in pig diets on amino acid digestibilities with special emphasis on threonine. **Journal of Animal Science**, v.86, p.609-619, 2008.

- NÄSI, M.; SILJANDER-RASI, H. Effects of thermal processing on digestibility and protein utilization of rapeseed meal of medium and low glucosinolate type in diets for growing pigs. **Journal of Agricultural Science**, v.63, p.475-482, 1991.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE - NRC. Nutrient Requirements of Swine. 10 ed. Washington, DC. 1998.
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal Animal Science**, v.27, p.1303-1309, 1968.
- POHLAND, U.; SOUFFRANT, W.C.; SAUER, W.C. et al. Effect of feeding different diets on the exocrine pancreatic secretion of nitrogen; amino acids and enzymes in growing pigs. **Journal of Science Food Agriculture**, v.62, p.229-237, 1993.
- ROJO, G.A.; PEREZ, M.V.G.; BAYARDO, U.A.; et al. Canola meal as a protein supplement in diets for finishing pigs. **Técnico Pecuário Mexicano**, v.39, p.179-192, 2001.
- 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. 186p. 2005.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa:UFV. 252p. 2011.
- ROTH-MAIER, D.A.; BÖHMER, B.M.; ROTH, F.X. Effects of feeding canola meal and sweet lupin (*L. luteus*, *L. angustifolius*) in amino acid balanced diets on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. **Animal Research**, v.54, p.21-34. 2004.
- SAEG. **Sistema de Análises Estatística e Genética**. Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 283p., 2007
- SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada a experimentação animal**. Belo Horizonte-MG, Universidade Federal de Minas Gerais, 221 p. 1998.
- SAUER, W.C.; STOTHERS, S.C.; PHILLIPS, G.D. Apparent availabilities of amino acids in corn, wheat and barley for growing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.57, p.585-597, 1977.
- SAUER, W. C.; OZIMEK, L. Digestibility of amino acid in swine: Results and their practical applications. A review. **Livestock Production Science**, v.15, p.367-388, 1986.
- SENEVIRATNE, R.W.; YOUNG, M.G.; BELTRANENA, L.A., et al. The nutritional value of expeller-pressed canola meal for grower-finisher pigs. **Journal of Animal Science**, v.88, p.2073-2083, 2010.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos - métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 235 p. 2002.
- SOARES, C.M.; HAYASHI, C.; ROSSETTO V., et al. Substituição parcial e total da proteína do farelo de soja pela do farelo de canola na alimentação de alevinos de piauçu (*Leporinus macrocephalus*, L.) **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, p.15- 22, 2000.
- SORREL, E.R.; SHURSON, G.C. Use of canola meal in swine diets reviewed. **Feedstuffs**, v.62, p.13-16, 1990.
- SOUFFRANT, W.B. Effect of dietary fiber on ileal digestibility and endogenous nitrogen losses in the pig. **Animal Feed Science and Technology**, v.90, p.93-102, 2001.

- SOUZA, A.L.P. **Assessment of dietary enzyme supplementation on ileal and total tract digestibilities in gestating and lactating swine.** 2003. 165p. Thesis (PhD – Animal Science) – University of Kentucky-Lexington, 2003.
- STEIN, H. H.; KIM, S.W.; NIELSEN, T.T. et al. Standardized amino acid digestibilities in growing pigs and sows. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2113–2122, 2001.
- STEIN, H.H.; PEDERSEN, C.; WIRT, A.R. et al. Additivity of values for apparent and standardized ileal digestibility of amino acids in mixed diets fed to growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.83, p.2387-2395, 2005.
- THACKER, P.A.; R.W. NEWKIRK. Performance of growing-finishing pigs fed barley-based diets containing toasted or non-toasted canola meal. **Canadian Journal of Animal Science**, v.85, p.53-59, 2005.
- WILLIAMS, P.R.V. Digestible amino acids for non-ruminant animals: theory and recent challenges. **Animal Feed Science and Technology**, v.53, p.173-187, 1995.
- WOYENGO, T.A.; KIARIE, E.; NYACHOTI, C.M. Energy and amino acid utilization in expeller-extracted canola meal fed to growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.88, p.1433-1441, 2010.
- ZANOTTO, D.; LUDKE.; GUIDONI, A.L., et al. Utilização do farelo de canola na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Archivos de zootecnia**, v.58, p.717-728, 2009.

IV - Desempenho e características quantitativas e qualitativas da carcaça de suínos (30-90 kg) alimentados com farelo de canola

RESUMO – Objetivou-se avaliar o efeito de níveis de farelo de canola (FC) sobre o desempenho, características de carcaça, nitrogênio da uréia no plasma (NUP) e viabilidade econômica de suínos em crescimento e terminação. Foram conduzidos dois experimentos, digestibilidade total e desempenho em animais em crescimento e terminação. No Experimento I foi conduzido um ensaio de digestibilidade com 14 suínos mestiços de linhagem comercial, machos castrados, com $60,69 \pm 4,26$ kg de PV inicial. As rações estudadas foram: 1 - Ração Referência (RR); e 2 - RR (75%) + FC (25%). Cada suíno constituiu uma unidade experimental, totalizando sete unidades experimentais por ração. Os valores de energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) na matéria natural para o FC foram 2999 kcal/kg e 2730 kcal/kg respectivamente, os quais foram utilizados para formular as rações do Experimento V. No Experimento II foram utilizados 50 suínos mestiços de linhagem comercial, com peso médio inicial de $29,90 \pm 1,16$ kg e final de $60,33 \pm 3,38$ kg na fase de crescimento e com peso inicial de $60,37 \pm 1,46$ e final de $90,37 \pm 3,19$ kg, na fase de terminação, distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados com quatro níveis de inclusão de FC (6, 12, 18 e 24%), dez repetições e um suíno por unidade experimental. Adicionalmente, foi formulada uma RT. A análise de regressão indicou que não houve efeito ($P \geq 0,05$) do nível de inclusão do FC sobre o desempenho dos suínos e NUP. Os resultados de desempenho sugerem que é viável a utilização em até 24% de FC nas rações, sem prejuízos no desempenho e NUP de suínos na fase de crescimento e terminação, mas com um nível de 18% de FC na ração, o custo da alimentação aumentou na fase de terminação. A análise de regressão indicou que não houve efeito ($P \geq 0,05$) do nível de inclusão do FC sobre as características quantitativas da carcaça. Já o teste Dunnett mostrou diferença ($P \leq 0,05$) para as variáveis PCQ e PCF. Características qualitativas da carne foram afetadas, onde se observou redução linear ($P \leq 0,05$) na luminosidade e tonalidade (L e b) à medida que aumentavam os níveis de FC na ração. Conclui-se que o FC pode ser utilizado até o nível de 24% na fase crescimento e terminação sem afetar o desempenho e sua utilização dependerão da variabilidade dos preços das fontes protéicas no mercado principalmente farelo de soja e aminoácidos sintéticos.

Palavras-chave: alimento protéico, crescimento, terminação, viabilidade econômica.

IV – Performance and carcass characteristics in pigs (30 – 90 kg) fed with canola meal

ABSTRACT – Two experiments were carried out to determine the nutritional values, the effects of canola meal inclusion in growing and finishing pigs on the performance and economic viability and quantitative and qualitative of carcass traits in pigs. In the Experiment I, a digestibility assays were carried out with fourteen barrow pigs, with initial weight of $60,69 \pm 4,26$ kg. The evaluated feed was the canola meal, with 25% level in the basal diet (corn + soybean based). The experimental unit consisted of one pig, with a total of seven experimental units per diet. The values, as fed basis, of digestible (DE) and metabolizable (ME) energy were 2999 kcal/kg and 2730 kcal/kg kcal/kg, respectively. In the Experiment II was carried out using 50 pigs (barrow and gilts), with initial weight of $29,90 \pm 1,16$ kg and final of $60,33 \pm 3,38$ kg in growing phase and $60,37 \pm 1,46$ to $90,37 \pm 3,19$ in finishing phase, were allotted in a blocks randomized design, with five treatments, ten replicates and one pig per experimental unit. At the end of the finishing phase, pigs were slaughtered to determine the quantitative and qualitative traits of the carcass. The treatments consisted of five diets with increasing levels (5%, 10%, 15% and 20%) of canola meal. Regression analysis indicates that there was no effect ($P \geq 0,05$) the level of inclusion of canola meal on performance and PUN. The performance results suggest that it is feasible to use up to 24% of canola meal in the diet of growing-finishing pigs, without loss in performance and PUN. The regression analysis indicates that was no effect ($P \geq 0,05$) of canola meal inclusion on quantitative carcass traits. But the Dunnett test showed differences ($P \leq 0,05$) for HCW and CCW variables. Qualitative characteristics of muscle were affected, were there was a linear reduction ($P \leq 0,05$) in lightness and hue (L and b) as increased levels of canola meal in feed. The other qualitative characteristics of meat were not affected ($P \geq 0,05$). It is concluded that canola meal be used up to 24% in growing-finishing phase without affecting performance. And its use will depend on the variability of prices of protein sources in the market mainly soybean meal and synthetic amino acids.

Keywords: economic viability, finishing pigs, growing pigs, protein food,

Introdução

O Brasil é o quarto produtor e exportador mundial de carne suína e assim, consolida-se como componente importante no mercado mundial de carne, e com grande potencial para ampliar ainda mais sua participação relativa nesse mercado. No ano 2010 o consumo per capita de carne suína atingiu o volume inédito de 14,8 kg, e só não foi maior porque a produção não acompanhou o crescimento da demanda (ABIEPCS, 2011). Contudo, devem-se procurar estratégias para conseguir uma produção sustentável e rentável. Entretanto, é indispensável ter em conta que economicamente a nutrição representa aproximadamente 70% do custo total da produção suínica, e devido a isso se torna cada vez mais interessante o uso de alimentos alternativos nas rações de suínos.

O farelo de soja é o alimento protéico mais amplamente utilizado na formulação de dietas de suínos, e é o padrão para as outras fontes protéicas serem medidos (Cromwell, 1998), mas devido ao seu alto custo, é interessante ver o uso de outros suplementos protéicos, nos quais podem se incluir fontes de proteína vegetal como canola, algodão, girassol, ervilha, e amendoim.

A canola é uma oleaginosa melhorada da colza, que possui baixos níveis de glucosinolatos na semente ($\leq 3\mu\text{g/g}$) e de ácido erúxico no óleo ($\leq 2\%$) (Bell, 1993). A canola é a terceira oleaginosa mais importante no agronegócio mundial. No Brasil, chegou ainda em 1974 e seu cultivo vem aumentando a cada ano na região Sul como opção de cultura de inverno, objetivando a produção de óleo rico em ácidos graxos insaturados (Santos & Basso, 1990).

O farelo de canola é co-produto da extração do óleo e apresenta maior teor de aminoácidos sulfurados, extrato etéreo, fibra bruta, cálcio, fósforo total (Keith & Bell, 1991) e vitaminas do complexo B (colina, niacina, tiamina, riboflavina, ácido fólico e biotina), em relação com o farelo de soja (Bell, 1993). Porém, possui fatores limitantes como os metabólitos oriundos da hidrólise dos glucosinolatos, inibidores de tripsina, fitatos, compostos fenólicos e taninos (Teskeredzic et al., 1995). Todavia, as pesquisas têm colocado o FC como um alimento protéico alternativo na alimentação animal.

A utilização do FC na alimentação de suínos precisa ser estudada aprofundadamente para fazer recomendações praticas com uma base científica, uma vez que, no Brasil poucas pesquisas têm sido desenvolvidas recentemente para

avaliar o FC, enquanto que em outros países o FC é foco principal das pesquisas na alimentação de suínos na atualidade.

Assim este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o valor nutricional do FC, por meio de estudo de digestibilidade total e verificar os efeitos de inclusão sobre o desempenho, NUP, características de carcaça e viabilidade econômica de suínos em fase de crescimento e terminação.

Materiais e Métodos

Os experimentos foram realizados no Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá (CCA/UEM), localizada no Estado do Paraná (23°21'S, 52°04'W, a uma altitude de 564 metros).

Foram conduzidos dois experimentos: digestibilidade total, e desempenho de suínos na fase de crescimento e terminação, avaliando a carcaça dos suínos terminados. Foi estudado o FC disponível na agroindústria paranaense.

Experimento I – Ensaio de Digestibilidade total

Foi conduzido um ensaio de digestibilidade total, durante o período de março a abril de 2010, no qual foram utilizados 14 suínos mestiços de linhagem comercial, machos castrados, com $60,69 \pm 4,26$ kg de PV inicial. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968) em sala com ambiente parcialmente controlado. A temperatura ambiente média apresentou mínima de $21,1 \pm 0,86^\circ\text{C}$ e máxima de $23,1 \pm 0,75^\circ\text{C}$. O ensaio de digestibilidade teve duração de 15 dias, sendo 10 dias de adaptação e cinco dias de coleta total de fezes e urina.

A ração referência foi composta por milho (72,97%), farelo de soja (24,45%), sal comum (0,570%), calcário (0,635%), fosfato bicálcico (0,875%) e suplemento vitamínico mineral (0,50%) e foi formulada para atender às exigências indicadas por Rostagno et al. (2005).

As rações estudadas foram: 1 - Ração Referência (RR) e 2 - RR (75%) + FC (25%). Foram utilizadas sete repetições por cada tratamento.

O fornecimento das dietas, coleta de fezes e urina foram de acordo aos descritos por Sakomura & Rostagno (2007). No período de coleta o fornecimento de ração foi calculado com base no peso metabólico ($\text{kg}^{0,75}$) de cada suíno e no consumo médio registrado no período de adaptação. Os arraçamentos foram realizados às 08h

e às 15h. As duas refeições foram divididas em 55% do total na manhã e 45% à tarde (proporção obtida tendo como base os consumos entre manhã e tarde do período de adaptação). As rações foram umedecidas com, aproximadamente, 20% de água e fornecida para evitar desperdícios, reduzir a pulverulência e melhorar a aceitabilidade da ração pelo animal. Após cada refeição, a água foi fornecida no próprio comedouro na proporção de 3 mL de água/g de ração.

Com o objetivo de marcar o início e final do período de coleta total de fezes foi utilizado 3% de óxido de ferro (Fe_3O_2) como marcador fecal. As fezes foram coletadas uma vez ao dia, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer (-18°C). Posteriormente, o material foi homogeneizado e seco (aproximadamente 350 g) em estufa de ventilação forçada (55°C) e moída em moinho tipo faca (peneira de 1 mm). A urina foi coletada em baldes de plástico, contendo 20 mL de HCl 1:1 para evitar a proliferação bacteriana e possíveis perdas por volatilização.

As análises dos alimentos e das fezes foram realizadas segundo os procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002). Os valores de energia bruta foram determinados por meio de calorímetro adiabático (Parr Instrument Co.). Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), energia bruta (CDEB), proteína bruta (CDPB) e matéria orgânica (CDMO) foram calculadas conforme Moreira et al. (1994). Aplicou-se a fórmula de Matterson et al. (1965) para a obtenção dos nutrientes digestíveis do FC.

Experimento II – Experimento de Desempenho da Fase de Crescimento (30 a 60 kg) e Terminação (60 a 90 kg)

O experimento foi realizado no período de Julho de 2010 a Fevereiro de 2011. A temperatura mínima e máxima médias, registradas no período experimental, foram de $18,8 \pm 2,32^\circ\text{C}$ e $29,1 \pm 4,11^\circ\text{C}$, respectivamente. As umidades relativas do ar médias do período experimental, pela manhã e pela tarde, foram de $80,6 \pm 12,43\%$ e $61,6 \pm 11,34\%$, respectivamente. Foram utilizados 50 suínos mestiços de linhagem comercial, com peso médio inicial de $29,90 \pm 1,16$ kg e final de $60,33 \pm 3,38$ kg na fase de crescimento e com peso médio inicial de $60,37 \pm 1,46$ e final de $90,37 \pm 3,19$ kg, na fase de terminação.

Os animais foram alojados em galpões de alvenaria, cobertos com telhas de fibrocimento, divididos em duas alas, sendo cada uma composta por dez baias ($7,60 \text{ m}^2$ cada), separadas por um corredor central. Cada baia possuía bebedouros tipo

chupeta no fundo e comedouro semi-automático localizado na parte frontal, o que proporcionava livre acesso à ração e à água. As baias apresentavam ao fundo, uma lâmina d'água de ± 8 cm de profundidade, a qual era lavada e renovada duas vezes por semana. As rações e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental.

Os tratamentos consistiam de cinco rações experimentais com níveis crescentes de inclusão (0, 6, 12, 18 e 24%), de FC. As rações à base de milho e farelo de soja (Tabelas 1 e 2) foram formuladas para atenderem ao recomendado por Rostagno et al. (2005), para suínos na fase de crescimento (30 a 60 kg) e terminação (60 a 90 kg).

Tabela 1 - Composição química e energética das rações contendo diferentes níveis de inclusão de farelo de canola (FC) para suínos na fase de crescimento (30 a 60 kg)

Itens	Níveis de inclusão da FC (%)				
	0	6	12	18	24
Milho	76,57	72,10	67,62	63,15	58,68
Farelo de soja	20,14	18,12	16,09	14,07	12,05
Farelo de canola	0,000	6,000	12,00	18,00	24,00
Fosfato bicálcico	1,475	1,433	1,391	1,349	1,308
Calcário	0,484	0,437	0,391	0,345	0,298
Sal comum	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Óleo de soja	0,225	0,837	1,449	2,062	2,675
Suplemento vitamínico e mineral ¹	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Leucomag	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
L - Lisina HCL, 79%	0,278	0,268	0,257	0,246	0,236
DL - Metionina, 99%	0,071	0,056	0,039	0,023	0,006
L- Treonina, 95%	0,054	0,053	0,051	0,048	0,046
L - Triptofano HCL, 98%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Valores calculados ²					
Energia Metabolizável, kcal/kg	3230	3230	3230	3230	3230
FDN, %	11,1	12,2	13,2	14,3	15,3
FDA, %	4,30	5,20	6,09	6,99	7,89
Lisina digestível, %	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
Metionina+cistina digestível, %	0,47	0,54	0,54	0,54	0,54
Treonina digestível, %	0,38	0,58	0,58	0,58	0,58
Triptofano digestível, %	0,08	0,16	0,16	0,16	0,16
Cálcio, %	0,49	0,63	0,63	0,63	0,63
Fósforo disponível, %	0,43	0,33	0,33	0,33	0,33

¹Suplemento vitamínico e mineral para suínos na fase inicial, composição por kg do produto: Vit A, 50.000 UI; Vit D3, 10.000 UI; Vit E, 160mg; Vit K3, 12mg; Vit B1, 12mg; Vit B2, 20mg, Vit B6, 12mg; Vit B12, 100mcg; Ac. Fólico, 2,4mg; Ac. Nicotínico, 140mg; Ac. Pantotênico, 88mg; Biotina, 0,4mg; Colina, 1,248g; Ferro, 800mg; Cobre, 800mg; Cobalto, 3,2mg; Manganês, 220mg; Zinco, 11.150mg; Selênio, 1,2mg; Iodo, 7,2mg; ²Calculados com base na composição de alimentos indicados por Rostagno et al. (2005) e/ou determinados;

Na formulação das rações, utilizou-se a composição química (Tabela 1, do primeiro artigo), energética (Tabela 3) do FC. Foi realizado um experimento de

digestibilidade ileal na FEI para determinar os aminoácidos digestíveis do FC, os quais foram utilizados para a formulação das rações experimentais. Para o milho e farelo de soja, foram determinados os valores de proteína bruta, fósforo e cálcio, no LANA. Os valores de energia metabolizável utilizados para esses dois ingredientes foram os citados por Rostagno et al. (2005). A determinação dos aminoácidos digestíveis do milho e farelo de soja foi calculada com os coeficientes de digestibilidade de aminoácidos verdadeiros reportados por Rostagno et al. (2005).

Tabela 2 - Composição química e energética das rações contendo diferentes níveis de inclusão de farelo de canola (FC) para suínos na fase de terminação (60 a 90 kg)

Itens	Níveis de inclusão da FC (%)				
	0	6	12	18	24
Milho	81,58	77,59	75,35	73,11	70,88
Farelo de soja	16,03	13,53	9,234	4,937	0,641
Farelo de canola	0,000	6,000	12,00	18,00	24,00
Fosfato bicálcico	1,043	1,004	0,978	0,952	0,926
Calcário	0,445	0,398	0,355	0,312	0,269
Sal comum	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Óleo de soja	0,105	0,700	1,222	1,745	2,268
Suplemento vitamínico e mineral ¹	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Leucomag	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
L - Lisina HCL	0,199	0,194	0,242	0,289	0,337
DL - Metionina	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000
L- Treonina	0,029	0,028	0,050	0,073	0,096
L - Triptofano	0,004	0,005	0,014	0,024	0,034
Valores calculados ²					
Energia Metabolizável, kcal/kg	3250	3250	3250	3250	3250
Lisina digestível, %	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
Metionina+cistina digestível, %	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
Treonina digestível, %	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Triptofano digestível, %	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Cálcio, %	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Fósforo disponível, %	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

¹Suplemento vitamínico e mineral para suínos na fase inicial, composição por kg do produto: Vit A, 50.000 UI; Vit D3, 10.000 UI; Vit E, 160mg; Vit K3, 12mg; Vit B1, 12mg; Vit B2, 20mg; Vit B6, 12mg; Vit B12, 100mcg; Ac. Fólico, 2,4mg; Ac. Nicotínico, 140mg; Ac. Pantotênico, 88mg; Biotina, 0,4mg; Colina, 1,248g; Ferro, 800mg; Cobre, 800mg; Cobalto, 3,2mg; Manganês, 220mg; Zinco, 11.150mg; Selênio, 1,2mg; Iodo, 7,2mg; ²Calculados com base na composição de alimentos indicados por Rostagno et al. (2005) e/ou determinados

Os animais foram distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro níveis de inclusão (6, 12, 18 e 24%), com dez repetições e um suíno por unidade experimental (UE). Adicionalmente, foi formulada uma ração testemunha (RT), contendo 0% de FC.

Os animais foram pesados no início e no final do experimento, bem como o consumo total de ração computado, com o que foi calculado o consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e a conversão alimentar (CA) de cada UE. Ao final da fase de crescimento e terminação, foi medida a espessura de toucinho e profundidade de lombo na posição P₂, utilizando o aparelho Sono-Grader (Renco®).

No início (baseline) e no final do período experimental, foram colhidas amostras de sangue, via veia cava cranial e transferida para tubos com heparina (Cai et al., 1994) para análise do nitrogênio da uréia plasmática (NUP). As amostras foram centrifugadas (3.000 rpm por 15 minutos) para obtenção do plasma, e 3 mL de plasma foram transferidos para microtubos de 1,5 mL os quais foram devidamente identificados e armazenados em freezer (-18°C) para posteriores análises. Os valores de NUP foram determinados utilizando o kit de Uréia da Gold Analisa Diagnóstica Ltda. Os resultados de baseline obtidos no início do experimento foram utilizados como covariável para análises estatísticas.

Com o objetivo de avaliar as características quantitativas da carcaça foram abatidos os 50 animais do experimento, sendo 10 repetições por tratamento. As carcaças foram avaliadas segundo o Método Brasileiro de Classificação de Carcaça (ABCS, 1973) e Bridi & Silva (2009). As áreas de olho de lombo (AOL) e de gordura foram determinadas com o auxílio do *software Spring* (1996).

Para avaliar a viabilidade econômica do FC foram levantados preços das matérias-primas no mercado e calculado o custo da ração por quilograma de peso vivo ganho, segundo Bellaver et al. (1985) conforme descrito abaixo:

Y_i (R\$/kg) = $Q_i \times P_i / G_i$, em que: Y_i = custo da ração por kg de peso vivo ganho no i -enésimo tratamento; Q_i = quantidade de ração consumida no i -enésimo tratamento; P_i = preço por kg da ração utilizada no i -enésimo tratamento; G_i = ganho de peso do i enésimo tratamento; Foi calculado também o Índice de Eficiência Econômica (IEE) e o Índice de Custo (IC), segundo metodologia proposta por Gomes et al. (1991).

IEE (%) = $M_{Ce} / C_{Tei} \times 100$ e IC (%) = $C_{Tei} / M_{Ce} \times 100$ em que: M_{Ce} = menor custo da ração por kg ganho observado entre os tratamentos; C_{Tei} = custo do tratamento i considerado.

Foram utilizados os preços dos insumos da região de Maringá-PR para calcular os custos das rações experimentais. O milho grão R\$ 0,485/kg, farelo de soja R\$ 0,598/kg, óleo de soja R\$ 2,63/kg e FC R\$ 0,466/kg.

Com o objetivo de avaliar os parâmetros do desempenho, os resultados foram submetidos à análise de variância, adotando-se o seguinte modelo estatístico: $Y_{ij} = \mu + b_1 (N_i - N) + b_2 (N_i - N)^2 + FA + e_{ij}$, onde Y_{ij} = valor observado das variáveis estudadas, relativo a cada indivíduo j , recebendo o nível i de FC; μ = constante geral; b_1 = coeficiente de regressão linear do nível de FC sobre a variável Y ; b_2 = coeficiente de regressão quadrático do nível de FC sobre a variável Y ; N_i = níveis de FC nas rações, sendo $i = 6, 12, 18$ e 24% ; N = nível médio de FC nas rações; FA = falta de ajustamento; e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação.

Para a comparação dos resultados da ração testemunha (sem nível de inclusão de FC) com cada um dos níveis de inclusão de FC, foi aplicado o teste de Dunnett (Sampaio, 1998). As análises estatísticas foram efetuadas utilizando o pacote estatístico SAEG (UFV, 1997). No experimento de desempenho, o peso inicial dos suínos foi utilizado como covariável para as análises estatísticas.

Resultados e Discussão

Experimento I - Ensaio de Digestibilidade Total

Os resultados dos coeficientes de digestibilidade (CD) da MS, EB, PB e MO, e os nutrientes digestíveis do FC (Tabela 3), de maneira geral, evidenciam que este co-produto pode apresentar-se como fonte proteica alternativa do farelo de soja.

Tabela 3 - Coeficientes de digestibilidade e valores digestíveis do farelo de canola para suínos na fase de terminação (60 a 90 kg)

Coeficientes de digestibilidade (%)	Farelo de canola
Matéria seca	59,13
Energia bruta	70,02
CM Energia bruta ¹	63,73
Proteína bruta	78,86
Matéria orgânica	71,57
Nutrientes digestíveis	MN
Matéria seca digestível, %	52,72
Energia digestível, kcal/kg	2999
Energia metabolizável, kcal/kg	2730
Proteína digestível, %	27,28
Matéria orgânica digestível, %	59,22

¹ Coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta

Na Tabela 3 pode-se observar que o maior CD obtido no experimento foi para a PB (78,86%), o qual se torna interessante já que o objetivo do experimento é utilizar o FC como fonte proteica substituindo o farelo de soja. Rostagno et al. (2011)

reportam valores de CDPB do FC de (75,10%), e proteína digestível (28,52%) similar, em relação a (27,28%) do presente estudo. O processamento e as temperaturas utilizadas na extração de óleo do FC podem influenciar diretamente na composição química deste alimento, precisa-se de temperaturas mínimas para desativar a enzima mirosinase (descompõe os glucosinolatos em seus metabolitos tóxicos), mas se as temperaturas fossem muito altas durante maior período de tempo, pode diminuir a qualidade da proteína do FC (CCC, 2009).

Os valores de CDMO, ED, EM, e MOD para o FC deste experimento são similares aos relatados por Rostagno et al. (2011), os quais apresentaram valores de CDMO (73,0%), ED (3019 kcal/kg), EM (2787 kcal/kg), e MOD (60,92%).

Uma das desvantagens do FC comparado com o farelo de soja é o menor teor de lisina e energia digestível e metabolizável, isto devido a que o FC contém na sua composição a casca da semente, enquanto que o farelo de soja não possui a casca no farelo. Assim o FC terá um teor de fibra maior, afetando a digestibilidade de alguns nutrientes como a energia (CCC, 2009).

A energia digestível e metabolizável observada no presente estudo é menor á encontrada por Bell (1984), quem reportou valores de (3210 e 3080 kcal/kg) respectivamente. A digestibilidade de energia do FC pode variar dependendo da temperatura na extração do óleo, porque durante o processo térmico podem-se afetar os valores de digestibilidade de proteínas e carboidratos e por tanto, a digestibilidade da energia (Australian Oilseeds Federation, 2004; Spragg & Mailer, 2007).

Experimento II – Experimento de desempenho e características de carcaça utilizando o farelo de canola

Para as fases de crescimento e terminação, a análise de regressão não mostrou influência ($P \geq 0,05$) dos níveis de inclusão de FC sobre o consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP), conversão alimentar (CA), ET-P2 (Espessura de toucinho na P2) e PL (Profundidade de lombo) dos suínos (Tabela 4).

Da mesma forma, o teste de Dunnett indicou que não houve diferença ($P \geq 0,05$) entre os níveis de inclusão comparados com a ração teste. Esta resposta se deve a que as rações foram isonutritivas e que este co-produto não possui componentes prejudiciais ao desempenho dos suínos.

O nitrogênio da uréia plasmática (NUP) não foi afetado ($P \geq 0,05$) pelos níveis de inclusão de FC na fase de crescimento e terminação (Tabela 4). Sugerindo que não houve perdas na qualidade da proteína entre as rações experimentais,

conseqüentemente não interferindo no balanço de nitrogênio dos animais (Coma et al., 1995).

Tabela 4 – Desempenho, ET-P2, PL e NUP de suínos na fase de crescimento e terminação (30 a 90 kg), alimentados com rações contendo diferentes níveis de farelo de canola (FC)

Itens	Níveis de inclusão de FC (%)					Média±EP ¹	CV ²	Lin ³	Qua ⁴
	Crescimento								
	0	6	12	18	24				
CDR, kg	2,01	1,95	2,02	2,01	2,02	2,00±0,21	10,66	NS	NS
GDP, kg	0,89	0,90	0,89	0,97	0,92	0,92±0,11	11,87	NS	NS
CA	2,25	2,18	2,28	2,08	2,19	2,20±0,19	9,05	NS	NS
NUP, mg/dl	14,04	14,91	15,35	13,87	16,15	14,84±3,87	26,45	NS	NS
ET-P2, mm	8,10	8,80	9,10	8,30	9,11	8,82±1,85	19,13	NS	NS
PL, mm	42,20	45,80	45,50	45,90	44,56	45,46±5,19	10,10	NS	NS
	Terminação								
CDR, kg	2,67	2,60	2,65	2,53	2,68	2,63±0,14	10,88	NS	NS
GDP, kg	0,99	0,95	0,94	0,87	0,93	0,94±0,14	16,08	NS	NS
CA	2,69	2,76	2,84	2,93	2,90	2,82±0,31	12,19	NS	NS
NUP, mg/dl	13,96	13,72	13,96	12,18	12,82	13,33±2,71	12,34	NS	NS
ET-P2	12,10	13,20	12,10	12,40	13,10	12,58±2,86	17,82	NS	NS
PL	44,40	46,40	46,40	47,40	48,50	46,62±9,59	13,82	NS	NS

¹Erro padrão; ²Coefficiente de variação; ³Efeito linear dos níveis de farelo de canola; ⁴Efeito quadrático dos níveis de farelo de canola; NS = não-significativo

Os resultados (Tabela 4) sugerem que a adição crescente de FC nas rações, não interferiu na palatabilidade das rações. Segundo Smithard (1993), o FC contém sinapine, a qual tem um sabor amargo, podendo apresentar efeitos adversos sobre a palatabilidade das dietas e, conseqüentemente, o consumo de ração. Porém esse efeito não foi observado durante este estudo.

Por outro lado Bell et al. (1991) afirmaram que pela ausência ou quantidade mínimas de glucosinolatos no FC, os animais aceitam o alimento sem problema e a capacidade de consumo pode compensar as diferenças no conteúdo de energia, comparando com uma dieta a base de farelo de soja.

Narendran et al. (1981) obteve resultados semelhantes ao presente experimento, trabalhando com rações isoproteicas e isoenergéticas a base de milho e farelo de soja, contendo até 25% de inclusão de FC, não observaram efeitos adversos sobre o desempenho e análise de carcaça. Já Moreira et al. (1996) trabalhando com suínos em crescimento e terminação concluíram que houve redução do desempenho dos suínos, com a inclusão de níveis crescentes de FC na ração. Os mesmos autores justificaram este comportamento ao fato do farelo de canola conter altos níveis de fibra bruta que podem prejudicar o desempenho.

Em animais em crescimento vários autores relatam que o FC pode substituir 50% do farelo de soja na suplementação protéica, e já em animais em terminação pode substituir até o 100% (Baidoo et al., 1987; Bell & Keith., 1988; Thacker, 1990).

No mesmo sentido, Thacker & Newkirk (2005) trabalhando com suínos em crescimento e terminação (28,7 - 107,4 kg de peso vivo) observaram que na fase de crescimento houve uma redução no GDP e na CA, substituindo completamente o farelo de soja como fonte protéica, já na fase de terminação a substituição completa não afetou o CDR, GDP e CA.

Por outro lado, Roth-Maier et al. (2004) observaram uma tendência a melhorar os parâmetros de desempenho em animais em crescimento com níveis crescentes de inclusão de FC (0% - 26%). Já em animais em terminação houve uma redução linear no GDP à medida que aumentou o nível do FC (0% - 17%).

Gomes et al. (1998) observaram que é viável a inclusão de 15% de FC na dieta de suínos em terminação, enquanto Brand et al. (2001) concluíram que o nível de inclusão de FC de 24% para suínos de 25 aos 84 kg não afeta o desempenho. O experimento conduzido por Zanotto et al. (2009), demonstrou efeito deletério na CA na fase de crescimento e uma limitação no CDR na fase de terminação quando níveis altos de FC (nível de substituição acima de 40% do farelo de soja) são incluídos em substituição do farelo de soja.

Resultados semelhantes ao presente estudo foram obtidos por Seneviratne et al. (2010), os quais trabalhando com suínos alimentados com dietas com até 23% de FC na fase de crescimento não observaram diferenças. Porém, os mesmos autores relataram que em animais em terminação foi observado que à medida que aumenta o nível de inclusão do FC reduziu linearmente o GDP e piorou a CA.

Em relação às características quantitativas da carcaça (Tabela 5), nenhuma das variáveis foi influenciada ($P \geq 0,05$) pela adição do FC.

Da mesma forma, o teste de Dunnett não indicou diferenças ($P \geq 0,05$) entre os níveis de inclusão do FC e a ração testemunha (0% de FC) para a maioria das variáveis. Entretanto para as variáveis, peso de carcaça quente (PCQ) e peso de carcaça fria (PCF) houve sim diferença ($P \leq 0,05$) entre os níveis de inclusão do FC de 12%, 18% e 24% para PCQ e entre os níveis 18% e 24% para PCF, em relação à ração testemunha. Isto por causa do menor peso de abate dos animais desses tratamentos. Embora deve-se ter uma atenção especial nestas variáveis já que através

da relação de perdas no resfriamento, tem-se um valor importante que representa no frigorífico a porcentagem de perda de água da carcaça (Bridi & Silva, 2009).

Mas assim mesmo estes resultados indicam que a inclusão de até 24% de FC, nas dietas, não compromete as características quantitativas da carcaça de suínos.

Tabela 5 - Efeito das dietas com diferentes níveis de inclusão de farelo de canola (FC), sobre as características quantitativas de carcaça de suínos (60 a 90 kg)¹

Itens	Níveis de inclusão de FC (%)					Média±EP ²	CV ³	Lin ⁴	Qua ⁵
	0	6	12	18	24				
QJ, %	3,98	3,66	4,06	4,08	4,02	3,96±1,37	29,46	NS	NS
PCQ, kg	72,93	71,89	71,30*	69,47*	70,65*	71,25±3,23	1,48	NS	NS
RCQ, %	81,81	82,47	82,20	81,80	82,27	82,11±1,57	1,51	NS	NS
PCF, kg	70,03	69,41	68,76	67,11*	68,21*	68,70±2,99	1,78	NS	NS
RCF, %	78,58	79,62	79,27	79,02	79,43	79,18±1,65	1,79	NS	NS
QR, %	3,94	3,45	3,56	3,39	3,45	3,56±1,08	29,15	NS	NS
RP, kg	32,23	30,51	31,36	31,43	31,29	31,36±1,74	5,40	NS	NS
PP, kg	11,18	10,59	10,78	10,55	10,67	10,75±0,76	5,37	NS	NS
ET, mm	11,80	13,10	11,60	12,80	12,40	12,34±3,20	22,14	NS	NS
CC, cm	89,08	89,60	87,34	89,99	87,79	88,76±3,83	3,85	NS	NS
AOL, cm ²	38,75	39,83	37,95	37,75	38,70	38,60±4,28	11,13	NS	NS
GORD, cm ²	21,50	22,15	19,70	20,09	20,18	20,72±5,34	21,74	NS	NS
CMG,kg	56,65	56,52	54,36	55,25	54,90	55,54±4,53	8,17	NS	NS
PMG, %	77,76	78,60	76,51	79,52	77,71	78,02±6,23	7,98	NS	NS
C:G	0,57	0,56	0,54	0,43	0,54	0,53±0,18	33,32	NS	NS

¹Quebra pelo jejum (QJ), peso de carcaça quente (PCQ), rendimento de carcaça quente (RCQ), peso de carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça fria (RCF), quebra de rendimento (QR), rendimento do pernil (RP), peso de pernil (PP), espessura de toucinho (ET), comprimento de carcaça (CC), área de olho-de-lombo (AOL), área da gordura subcutânea (GORD), carne magra na carcaça (CMG), porcentagem de carne magra na carcaça (PMG), Relação carne:gordura (C:G); ²Erro padrão; ³CV = Coeficiente de variação; ⁴Efeito linear dos níveis de farelo de canola; ⁵Efeito quadrático dos níveis de farelo de canola; NS = não-significativo; *Significativo (P≤0,05) ao teste Dunnett.

Os resultados apresentados corroboram com os relatados por Gomes et al. (1998), Roth-Maier et al. (2004) e Thacker & Newkirk (2005) que não evidenciaram efeito de nível de FC substituindo o farelo de soja em dietas para suínos nas fases de crescimento e terminação sobre qualquer das características de carcaça avaliadas.

Nos experimentos de Rojo et al. (2001) avaliaram o potencial de substituição parcial (50%) ou total (100%) do farelo de soja por FC e seus efeitos em suínos abatidos aos 100 kg de peso vivo, relatando que o rendimento de carcaça, a porcentagem de carne e a espessura de toucinho não foram afetados pelos tratamentos. Porém, Brand et al. (2001) avaliando carcaças de suínos leves (até 85 kg de peso vivo) em função da inclusão de níveis altos de FC determinaram redução na espessura de toucinho, aumento da porcentagem de carne na carcaça e redução no rendimento de carcaça. Da mesma maneira, Zanotto et al. (2009) reportaram que a

inclusão de FC na ração teve como consequência a produção de carcaças com menor rendimento de carne.

Com exceção das características de cor, luminosidade (L^*) e tonalidade (b^*) do *Longissimus dorsi*, nenhuma das demais características qualitativas da carne (Tabela 6) foram influenciadas ($P \geq 0,05$) pela inclusão do FC.

Houve uma redução linear ($P \leq 0,05$) da luminosidade (L^*) e tonalidade (b^*) do *Longissimus dorsi*, a medida que aumentou o nível de FC na dieta.

Da mesma forma, o teste de Dunnett indicou diferenças ($P \leq 0,05$) entre os níveis de inclusão do FC e a ração testemunha (0% de FC) para as variáveis de cor do músculo. Sendo que para a luminosidade (L^*), os níveis de inclusão do FC de 18% e 24% apresentaram diferença ($P \leq 0,05$) frente ao nível 0%. Para as variáveis saturação (a^*) e tonalidade (b^*) o nível de inclusão de FC de 24% apresentou diferença ($P \leq 0,05$) frente ao nível 0%. Para as outras características qualitativas do músculo não houve diferença ($P \geq 0,05$) utilizando o teste Dunnett.

Tabela 6 - Efeito das dietas com diferentes níveis de inclusão de farelo de canola (FC), sobre as características qualitativas do *longissimus dorsi* em suínos (60 a 90 kg)¹

Itens	Níveis de inclusão de FC (%)					Média±EP ²	CV ³	Lin ⁴	Qua ⁵
	0	6	12	18	24				
pH 45 min	6,24	6,18	6,31	6,50	6,44	6,33±0,35	4,28	0,04	NS
pH 24 hr	5,52	5,47	5,51	5,54	5,61	5,53±0,16	2,52	NS	NS
PGOT, %	2,20	3,30	3,46	3,41	3,29	3,13±1,25	23,02	NS	NS
Marmoreio	1,90	1,70	2,30	1,80	2,00	1,94±0,71	34,92	NS	NS
Minolta a ^{*6}	7,82	7,27	6,53	6,85	6,07*	6,91±1,46	20,96	NS	NS
Minolta b ^{*6}	6,48	6,27	5,72	5,54	5,02*	5,80±1,16	19,09	0,02	NS
Minolta L ^{*6}	55,19	55,88	54,54	53,67*	51,80*	54,21±3,30	6,03	0,02	NS
Consistência	2,50	2,30	2,40	2,50	2,70	2,48±0,54	21,83	NS	NS
Cor	2,00	1,80	1,80	2,10	2,10	1,96±0,49	22,26	NS	NS
PLD, %	11,59	11,65	12,14	12,15	12,58	12,02±3,06	22,52	NS	NS
PLC, %	27,69	29,70	30,08	27,30	30,09	28,97±4,68	13,78	NS	NS
FC, kgf/seg	2,71	2,75	2,80	3,08	2,77	2,82±0,64	20,11	NS	NS

¹Perda de água por gotejamento (PGOT); consistência e cor, segundo método americano; perda de líquido por descongelamento (PLD); perda de líquido por cocção (PLC); FC = Força de cisalhamento; ²Erro padrão; ³CV = Coeficiente de variação; ⁴Efeito linear dos níveis de farelo de canola (Minolta b: $Y = 6,6145 - 0,0652583x$; minolta L: $Y = 57,253 - 0,218756x$); ⁵Efeito quadrático dos níveis farelo de canola; ⁶a*: indica a coloração da carne variando do vermelho ao verde (alto indica cor vermelha, baixo indica cor verde); b*: indica a coloração da carne variando do amarelo ao azul (b* alto indica cor mais amarelo, b* baixo indica cor mais azul); L*: indica o grau de luminosidade da carne (L* = 0 carne escura, L = 100 carne branca); NS = não-significativo; *Significativo ($P \leq 0,05$) ao teste Dunnett.

Nesse sentido, segundo Rojo et al. (2001) acreditam que a presença de altos níveis de canola na dieta escurecem a carne. Porém, alguns autores (Hertzmann et al., 1988; Bell et al., 1991; NRC, 1998) não mencionam este risco quando usaram pastas

de nabo com altos níveis de glucosinolatos e ricas em ácido erúico. Devido a isso as possibilidades de gerar carne escura com FC seriam menores.

Os resultados das análises econômicas (Tabela 7) da inclusão do FC nas dietas de suínos nas fases de crescimento (30-60 kg) e terminação (60-90 kg) indicaram um aumento linear ($P \leq 0,05$) no custo da ração (CR), na fase de terminação em quanto na fase de crescimento não foi observada diferença ($P \geq 0,05$).

O teste de Dunnett indicou que para a fase de crescimento o nível mais elevado (24%) de inclusão de FC proporcionou um valor similar ($P \geq 0,05$), comparado à dieta referência (0% de inclusão de FC).

Na fase de terminação o teste Dunnett indicou que o nível de 18% e 24% de inclusão de FC apresentou um custo superior quando comparado ao nível 0% de inclusão.

Tabela 7 - Custo de ração (R\$/kg), custo em ração por quilograma de peso vivo ganho (CR), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo (IC) de suínos na fase de crescimento (30-60) e terminação (60-90 kg), alimentados com níveis crescentes de inclusão de farelo de canola (FC) nas rações

Itens	Níveis de Inclusão de FC (%)					CV ¹	Dun ²	Reg ³
	0	6	12	18	24			
Crescimento								
Peso Inicial, kg	30,03	30,20	30,14	29,44	29,65	-	-	-
Peso Final, kg	59,56	60,13	60,86	61,02	60,59	-	-	-
Custo Ração, R\$	0,576	0,584	0,591	0,598	0,605	-	-	-
CR, R\$/kg PV	1,323	1,287	1,314	1,282	1,332	8,06	$P \geq 0,05$	NS
IEE	96,88	99,60	97,53	100,0	96,20	-	-	-
IC	103,2	100,4	102,5	100,0	103,9	-	-	-
Terminação								
Peso Inicial, kg	60,77	60,35	60,46	60,49	59,79	-	-	-
Peso Final, kg	92,83	90,51	90,42	88,60	89,50	-	-	-
Custo Ração, R\$	0,549	0,556	0,570	0,584	0,598	-	-	-
CR, R\$/kg PV	1,477	1,534	1,618	1,709*	1,733*	10,79	$P \leq 0,05$	L:0,01
IEE	100,0	96,31	91,27	86,43	85,21	-	-	-
IC	100,0	103,8	109,5	115,7	117,3	-	-	-

¹- Coeficiente de variação; ²- Teste de Dunnett; * Valor diferente ($P < 0,05$) em relação ao nível 0% de inclusão, NS = não-significativo; ³- Análise de regressão: Efeito linear: FC= 1,48+ 0,0115x; ⁴- CR, R\$/kg PV: Custo da ração por kg de peso vivo ganho

Assim, pode-se inferir que o FC pode ser incluído nas dietas de suínos em terminação (60-90 kg) até 12% em rações isoenergéticas e pode manter de modo similar os custos com alimentação dos suínos comparados com farelo de soja exclusivamente. Contudo, esta situação pode variar muito dependendo do preço do FC e do farelo de soja no mercado e sua disponibilidade para a alimentação animal.

Conclusões

Os valores de energia digestível e metabolizável (kcal/kg) do farelo de canola são 2999 e 2730, respectivamente, para suínos em fase de crescimento e terminação.

A adição de até 24% de farelo de canola não interfere no desempenho, características quantitativas e qualitativas de carcaça de suínos nas fases de crescimento e terminação.

O custo da ração aumentou com níveis de inclusão de FC de 18 e 24%, na fase de terminação. Entretanto, a viabilidade econômica de sua utilização depende da relação de preços entre os ingredientes, principalmente farelo de soja e aminoácidos sintéticos (ou outra fonte protéica).

Referências

- ABCS. **Método Brasileiro de Classificação de Carcaça**. Publicação Técnica n.2. Estrela: RS, 17p. 1973.
- ABIPECS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. Estatística de produção. Disponível em: <http://www.abipecs.org.br/news/263/135/Produtores-de-suinos-apostam-no-mercado-interno-em-2011.html> Acesso em: 20/07/2011.
- Australian Oilseeds Federation. 2004. Canola meal: Limitations and opportunities. Australian Oilseeds Fed. http://www.australianoilseeds.com/_data/assets/pdf_file/0011/1271/AOF_Canola_Meal_Report-Limitations__and__Opportunities_2004.pdf Accessed Mai. 03, 2011.
- BAIDOO, S.K.; AHERNE, F.X.; MITARU, B.N.; et al. Canola meal as a protein supplement for growing-finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.18, p.37-44, 1987.
- BELLAVER, C.; FIALHO, E.T.; PROTAS, J.F.S. et al. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, p.969-74, 1985.
- BELL, J. M. Nutrients and toxicants in rapeseed meal: A review. **Journal of Animal Science**, v.58, p.996. 1984.
- BELL, J.M.; KEITH, M.O. Effects of barley hulls, protein levels and weight of pig on digestibility of canola meal fed to finish pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.68, p.493- 502, 1988.
- BELL, J.M. Factors affecting the nutritional value of canola meal: a review. **Canadian Journal Animal Science**, Ottawa, v.73, p.326-333, 1993.
- BELL, J.M.; KEITH, M.O.; HUTCHESON, D.S. Nutritional evaluation of very low glucosinolate canola meal. **Canadian Journal Animal Science**, v.71, p. 497-506, 1991.
- BRAND, T.S.; BRANDT, D.A.; CRUYWAGEN, C.W. Utilisation of growing-finishing pig diets containing high levels of solvent or expeller oil extracted canola meal. **New Zealand Journal of agricultural Research**, v.44, p.31-35, 2001.

- BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. **Avaliação da Carne Suína**. Londrina: Midigraft, 120p. 2009.
- CCC. CANOLA COUNCIL OF CANADA. Canadian canola meal: Maximum inclusion rates. **Canola Council of Canada**. Winnipeg. Canada. 2009.
- CAI, Y.; ZIMMERMAN, D.R.; EWAN, R.C. Diurnal variation in concentrations of plasma urea nitrogen and amino acids in pigs given free access to feed or fed twice daily. **Journal of Nutrition**, v.124, p.1088-1093, 1994.
- COMA, J.; CARRION, D.; ZIMMERMAN, D.R. Use of plasma urea nitrogen as a rapid response criterion to determine the lysine requirement of pigs. **Journal of Animal Science**, v.73, p.472-481, 1995.
- CROMWELL, G. L. Feeding swine. In: R. O. Kellems and D. C. Church ed. **Livestock Feeds and Feeding**. 4th ed. p 354. Prentice- Hall, Upper Saddle River, NJ. 1998.
- GOMES, M.F.M.; BARBOSA, H.P.; FIALHO, E.T. et al. **Análise econômica da utilização de trigoilho para suínos**. Concórdia:EMBRAPA-CNPISA, p.1-2 (Comunicado Técnico, 179), 1991.
- GOMES, P.C.; ZANOTTO, D.L.; GUIDONI, A.L, et al. Uso do farelo de canola para suínos na fase de terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p. 749-753, 1998.
- HERTZMANN, C.L.; GORANSSON, H.; RUDERUSH. Influence of fish meal, rapeseed and rapeseed meal in the feed on the fatty acid composition and storage stability of porcine adipose tissue. **Meat Science**; v.23, p.53-64, 1988.
- KEITH, M.O.; BELL, J.M. Composition and digestibility of canola press cake as a feedstuff for use in swine diets. **Canadian Journal of Animal Science**, v.71, p.879-885, 1991.
- 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, p.11-14, 1965.
- MOREIRA, I.; MARANGONI, I.; FURLAN, A.C., et al. Utilização do farelo de canola na alimentação de suínos na fase total de crescimento e terminação (61 a 141 dias). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 697-712, 1996.
- 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 da soja integral processados pelo calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, p.916-929, 1994.
- NARENDRAN, R.; BOWMAN, G.H.; LEESON, S. et al. Effect of diferent levels of tower rapeseed meal in corn – soybean meal based diets on growing - finishing pig performance. **Canadian Journal of Animal Science**, v.61, p.213-216, 1981.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE - NRC. Nutrient Requirements of Swine. 10 ed. Washington, DC. 1998.
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, v.27, p. 1303-1309, 1968.
- ROJO, G.A.; PEREZ, M.V.G.; BAYARDO, U.A.; et al. Canola meal as a protein supplement in diets for finishing pigs. **Técnico Pecuário Mexicano**, v.39, p.179-192, 2001.
- 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. 186p. 2005.

- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa:UFV. 252p. 2011.
- ROTH-MAIER, D.A.; BÖHMER, B.M.; ROTH, F.X. Effects of feeding canola meal and sweet lupin (*L. luteus*, *L. angustifolius*) in amino acid balanced diets on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *Anim. Res.*, v.54, p.21-34, 2004.
- SAEG. **Sistema de Análises Estatística e Genética**. Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 283p. , 2007
- SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada a experimentação animal**. Belo Horizonte-MG, Universidade Federal de Minas Gerais, p. 221, 1998.
- SANTOS, A.C.; BASSO, L.C. Composição química e qualidade nutricional do concentrado protéico de colza. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.33, p.879-893, 1990.
- SENEVIRATNE, R.W.; YOUNG, M.G.; BELTRANENA, L.A., et al. The nutritional value of expeller-pressed canola meal for grower-finisher pigs. **Journal of Animal Science**, v.88, p.2073-2083, 2010.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos - métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 235p, 2002.
- SMITHARD, R. Full fat rapeseed for pig and poultry diets. **Feed Compounder**, pp35-38. Nov. 1993.
- SPRAGG, J.C. AND MAILER, R.J. **Canola Meal Value Chain Quality Improvement**. A final report for AOF and Pork CRC. Project 1B-103-0506, 2007.
- TESKEREDZIC, Z.; HIGGS, D.A.; DOSANJH, B.S., et al. Assessment of undephytinized and dephytinized rapeseed protein concentrate as sources of dietary protein for juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.132, p.261-277, 1995.
- THACKER, P.A. Canola meal. In: Thacker, P.A.; Kirkwood, R.N. ed. Non-traditional feed sources for use in swine production. Department of Animal and Poultry Science. University of Saskatchewan. Canada. p. 69-78. 1990.
- THACKER, P.A. AND R.W. NEWKIRK. Performance of growing-finishing pigs fed barley-based diets containing toasted or non-toasted canola meal. **Canadian Journal of Animal Science**, v.85, p.53-59, 2005.
- ZANOTTO, D.; LUDKE.; GUIDONI, A.L., et al. Utilização do farelo de canola na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Archivos de zootecnia**, v.58, p.717-728, 2009.

V – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os valores de energia metabolizável (kcal/kg), na matéria natural, do farelo de canola para suínos na fase inicial é de 2796 e de 2730 para suínos na fase de crescimento-terminação.

Os valores de aminoácidos essenciais digestíveis do farelo de canola são: Lisina 1,18; met+cist 0,91; treonina 0,79; triptofano 0,24; Leucina 1,57; Isoleucina 0,87 e valina 1,06.

Os resultados sugerem que o farelo de canola pode ser adicionado em até 20% nas dietas dos suínos na fase inicial, e em até 24% nas fases de crescimento e terminação sem interferir no desempenho e características da carcaça de suínos.

A viabilidade econômica da utilização do farelo de canola na alimentação de suínos dependerá da relação de preços entre os ingredientes proteicos, principalmente farelo de soja e aminoácidos sintéticos.