

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

MILHOS COM DIFERENTES PERFIS NUTRICIONAIS NA
ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS DA CRECHE À TERMINAÇÃO

Autora: Gisele Cristina de Oliveira
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
Estado do Paraná
Março – 2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

MILHOS COM DIFERENTES PERFIS NUTRICIONAIS NA
ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS DA CRECHE À TERMINAÇÃO

Autora: Gisele Cristina de Oliveira
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
Estado do Paraná
Março – 2009

“Louvarei ao Senhor a todo o tempo; o Seu louvor estará continuamente na minha boca.
Busquei ao Senhor, e Ele me respondeu; livrou-me de meus temores e angústias.
Perto está o Senhor dos que têm o coração quebrantado, e salva os contritos de espírito.
Muitas são as aflições, mas o Senhor nos livra de todas”.

Salmos 34 adaptado

Aos

Meus queridos pais, Adhemar e Helenice,
que tanto se esforçam para contribuir
com a minha formação pessoal e profissional

A

Todos meus familiares e parentes,
pelo carinho, força e oração

Ao

Meu amado esposo, Carlos Henrique Castelini,
pelo companheirismo, incentivo e paciência

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e minha salvação em Cristo Jesus.

À Embrapa CNPMS, em especial ao pesquisador Walter Meirelles, pelo fornecimento dos milhos necessários para condução deste estudo;

À Universidade Estadual de Maringá, por ter-me possibilitado desenvolver este trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro e concessão da bolsa de estudo, fundamental para a realização deste estudo;

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá e, por todas as oportunidades que me foram proporcionadas;

Ao meu orientador Prof. Dr. Ivan Moreira e coorientador Prof. Dr. Antônio Cláudio Furlan, pela dedicação e competência nos ensinamentos que culminaram para o êxito desta empreitada. Profissionais que são exemplo de ética, os quais colaboraram de forma direta no meu crescimento acadêmico;

Às amigas Kátia Guimarães e Ana Lúcia Pozzobon de Souza, por terem possibilitado desenvolver este trabalho de digestibilidade ileal;

Aos Professores Luiz Paulo Rigolon e Antonio Ferriani Branco, por realizarem as cirurgias ileal;

Ao colega Prof. Dr. Diovani Paiano, por me auxiliar nas análises econômicas dos trabalhos de desempenho;

Aos colegas do grupo de pesquisa: Angela Rocio Poveda Parra, Paulo Levi de Oliveira Carvalho, Liliane Maria Piano, Juliana Toledo, Lina Maria Peñuela Sierra, Ilton S. Kuroda Junior, Leandro S. Perdigão, Thaline Maira Pachelli da Cruz, Maicon Danner Borile, Clodoaldo Costa Filho, Sergio Andrés Canizales, Sabrina Coneglian, Mariana Massa, Marlon Girola, Guilherme Augusto Dias Gonçalves, Alexandre Shigueki Iwahashi, Marcos Paulo Nonaka, Bruna Hygino, todos os bolsistas e estagiários pela atenção, confiança, dedicação, não medindo esforços para ajudar na realização deste trabalho.

A todos os funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi. Menção especial aos Senhores Mauro dos Santos, Carlos José (Rulk), João Salvalagio e Toninho.

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

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Gisele Cristina de Oliveira de Oliveira, filha de Adhemar Antônio de Oliveira e Helenice Rodrigues de Oliveira, nasceu em Maringá, Estado do Paraná, no dia 16 de maio de 1976.

Em dezembro de 1999, concluiu a graduação em Zootecnia, pela Universidade Estadual de Maringá/Pr.

Em setembro de 2002, terminou o mestrado na área de concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá/Pr.

Em julho de 2003, foi contratada pelo Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá/PR onde exerceu por 2 anos a função de professora colaboradora.

Em fevereiro de 2006, 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 suínos.

Submeteu-se, em março de 2009, à banca para defesa da Tese.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xii
I - INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1. Milho alta lisina	2
1.2. Milho alto óleo.....	3
1.3. Milhos com reais perfis nutricionais na formulação de rações.....	4
1.3.1. Digestibilidade ileal dos aminoácidos.....	5
1.4. Conceito de proteína ideal.....	7
1.5. Processo de extrusão na alimentação de leitões	8
Citação Bibliográfica.....	10
II - OBJETIVOS GERAIS.....	15
III- MILHOS COM DIFERENTES PERFIS NUTRICIONAIS, EXTRUSADOS OU NÃO, NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS NA FASE INICIAL (6 A 15 KG)	16
Resumo.....	16
Abstract.....	17
Introdução.....	18
Material e Métodos.....	19
Resultados e Discussão.....	24
Conclusões	33
Citação Bibliográfica.....	34
IV - MILHOS COM DIFERENTES PERFIS NUTRICIONAIS NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS NA FASE DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO (30 A 90 KG).....	36
Resumo.....	36
Abstract.....	37
Introdução.....	38
Material e Métodos.....	39
Resultados e Discussão.....	45
Conclusões	54
Citação Bibliográfica.....	55
V - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 - Composição centesimal, energética e química das rações experimentais de leitões na fase de creche (6 a 15kg), utilizando milhos com diferentes perfis nutricionais.....	22
TABELA 2 - Composição química, energética e aminoacídica dos milhos com diferentes perfis nutricionais, processados ou não por extrusão.....	25
TABELA 3 - Coeficientes de digestibilidade aparente (CD), coeficiente de metabolização (CM) e valores digestíveis dos milhos com diferentes perfis nutricionais, processados ou não por extrusão, estudados na fase de creche.....	27
TABELA 4 - Consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de leitões na Fase I (6 a 9 kg) alimentados com rações, contendo milhos com diferentes perfis nutricionais, processados ou não por extrusão.....	30
TABELA 5 - Consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de leitões na Fase II (9 a 15 kg) alimentados com rações, contendo milhos com diferentes perfis nutricionais, processados ou não por extrusão.....	30
TABELA 6 - Consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de leitões na Fase Total (6 a 15 kg) alimentados com rações, contendo milhos com diferentes perfis nutricionais, processados ou não por extrusão.....	31
TABELA 7 - Composição centesimal, energética e química das rações experimentais de suínos na fase de crescimento, contendo milhos com diferentes perfis nutricionais.....	43
TABELA 8 - Composição centesimal, energética e química das rações experimentais fornecidas aos suínos na fase de terminação, contendo milhos com diferentes perfis nutricionais.....	44
TABELA 9 - Composição química e energética dos milhos com diferentes perfis nutricionais.....	46
TABELA 10 - Coeficientes de digestibilidade aparente (CD), coeficiente de metabolização (CM) e valores digestíveis de nutrientes do	

	milho comum, milho alta lisina e milho alto óleo estudados na fase crescimento.....	47
TABELA 11 -	Composição aminoacídica dos milhos com diferentes perfis nutricionais utilizados em experimentos nas fases de crescimento e terminação.....	48
TABELA 12 -	Coefficientes de digestibilidade aparente (CDapAA) e coeficiente de digestibilidade verdadeira (CDvAA) dos milhos com diferentes perfis nutricionais utilizados nas fases crescimento e terminação.....	49
TABELA 13 -	Valores dos aminoácidos digestíveis verdadeiros dos milhos com diferentes perfis nutricionais utilizados nas fases crescimento e terminação.....	50
TABELA 14 -	Consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP), conversão alimentar (CA), espessura de toucinho na P2 (ET-P2), profundidade de lombo (PL) de suínos na fase de crescimento e terminação e o preço máximo do milho com diferente perfil nutricional (PMM).....	51
TABELA 15 -	Avaliação da carcaça de suínos na fase de terminação alimentados com rações, contendo milhos com diferentes perfis nutricionais.....	52

RESUMO

Cinco experimentos foram conduzidos para determinar o valor nutricional e verificar o desempenho dos suínos nas fases inicial, crescimento e terminação, alimentados com rações contendo milhos com diferentes perfis nutricionais. No ensaio de digestibilidade total (Exp. I) foram utilizados 14 leitões cruzados, machos, castrados, com peso vivo médio inicial de $6,49 \pm 0,16$ kg, alojados em gaiolas de metabolismo, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos, seis repetições retidos no tempo e um leitão por unidade experimental. Os valores de energia digestível (ED), e de energia metabolizável (EM), na matéria natural, para milho comum (MC), milho comum extrusado (MCE), milho alta lisina (ML), milho alta lisina extrusado (MLE), milho alto óleo (MO) e milho alto óleo extrusado (MOE) foram: 3.428 e 3.327 kcal/kg; 3.439 e 3.355 kcal/kg; 3.533 e 3.414 kcal/kg; 3.515 e 3.427 kcal/kg; 3.483 e 3.377 kcal/kg; 3.585 e 3.482 kcal/kg, respectivamente. No experimento de desempenho (Exp. II) foram utilizados 84 leitões, desmamados aos 21 dias de idade, com peso vivo inicial de $6,06 \pm 0,54$ kg. Os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×2 , sendo três tipos de milho (MC, ML e MO), duas formas de processamento (processado ou não por extrusão), com sete repetições e dois leitões por unidade experimental. Os tratamentos consistiam de seis rações: 1 - ração à base de MC, 2 - ração à base de MCE, 3 - ração à base de ML, 4 - ração à base de MLE, 5 - ração à base de MO e 6 - ração à base de MOE. Os resultados evidenciam que não houve vantagens, na digestibilidade e desempenho, ao se extrusar os milhos com diferentes perfis nutricionais, objetivando a sua utilização em rações comerciais para leitões, de 6 a 15 kg de peso vivo. No ensaio de digestibilidade total (Exp. III) foram utilizados 12 suínos machos castrados com $44,17 \pm 0,84$ kg de peso vivo. Os valores de energia digestível (ED), bem como de energia metabolizável (EM), na matéria natural, para MC, ML e MO, foram: 3.396 e 3.275 kcal/kg; 3.248 e 3.139 kcal/kg; 3.445 e 3.308 kcal/kg, respectivamente. Para determinar os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDAp) e verdadeiro (CDv) dos aminoácidos, bem como os valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros dos MC, ML e MO, foi realizado um ensaio de digestibilidade ileal (Exp. IV) com suínos machos castrados canulados ("T" simples). Os tratamentos constituíram de três dietas, tendo como única fonte de proteína um dos alimentos (MC, ML e MO). No experimento de desempenho (Exp. V), foram utilizados 36 suínos mestiços com peso inicial de $31,12 \pm 4,07$ kg de peso vivo, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos, 12 repetições, um suíno por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em três rações: 1- ração à base de MC; 2- ração à base de ML e 3- ração à base de MO. Não foi observado diferença para as variáveis de desempenho e de carcaça entre os milhos com diferentes

perfis nutricionais. Os resultados dos cinco experimentos evidenciam a importância de segregar os milhos em suas reais composições químicas e energéticas, bem como os valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros, para a formulação de rações de suíno.

Palavras-chave: alimento energético, carcaça, desempenho, estudos bioeconômicos, extrusão, valores nutricionais

ABSTRACT

Five experiments were carried out to determine the nutritional value and to verify the performance of pigs in the starting, growing and finishing phases fed with diets containing corns with different nutritional profiles. In the total digestibility trial (Exp. I) 14 crossbred barrow piglets, averaging 6.49 ± 0.16 kg initial live weight, allotted in a completely randomized design with seven treatments, six replicates repeated in time and one piglet per experimental unit were used. The values of digestible (DE) and metabolizable energy (ME), as fed basis for common corn (CC), extruded common corn (ECC), high-lysine corn (HLC), extruded high-lysine corn (EHLC), high-oil corn (HOC) and extruded high-oil corn (EHOC) were: 3,428 and 3,327 kcal / kg, 3,439 and 3,355 kcal / kg, 3,533 and 3,414 kcal / kg, 3,515 and 3,427 kcal / kg, 3,483 and 3,377 kcal / kg, 3,585 and 3,482 kcal / kg, respectively. In the performance experiment (Exp. II) 84 piglets, weaned at 21 days old, initial live weight from 6.06 ± 0.54 kg were used. The animals were allotted in a completely randomized design in a 3 x 2 factorial scheme, using three types of corn (CC, HLC and HOC), two forms of processing (processed or not by extrusion), seven replicates and two piglets per experimental unit. The treatments consisted of six diets: 1 – basal CC, 2 - basal ECC, 3 - basal HLC, 4 - basal EHLC, 5 – basal HOC and 6 – basal EHOC. The results indicated that there were no advantages in the digestibility and performance, by extruding corns with different nutritional profiles, for its use in commercial diets for piglets from 6 to 15 kg of live weight. In the total digestibility trial (Exp. III) 12 barrows were used (44.17 ± 0.84 kg initial live weight). The values of digestible energy (DE) as well as metabolizable energy (ME on an as-fed basis for CC, HLC and HOC, were: 3,396 and 3,275 kcal / kg, 3,248 and 3,139 kcal / kg, 3,445 and 3,308 kcal / kg, respectively. In order to determine the apparent and true ileal digestibility coefficients of amino acids, as well as the values of true digestible amino acids of the CC, HLC and HOC, an ileal digestibility test was done (Exp. IV) with T-cannulated barrows ("T" simple). The treatments consisted of three diets, with one of them as the sole source of protein (CC, HLC and HOC). In the performance experiment (Exp. V), 36 crossbred pigs (31.12 ± 4.07 kg initial live weight) allotted in a completely randomized design with three treatments, 12 replications and one pig per experimental unit were used. The treatments consisted of three diets: 1 - basal CC; 2 – basal HLC and 3 – basal HOC. It was observed no difference for the performance and carcass variables among corns with different nutritional profiles. The results of five experiments highlight the importance of segregating the corns in their real chemical and energetic composition as well as the values of true digestible amino acids for the formulation of pig diets in starting, growing and finishing phases.

Key words: bioeconomic studies, carcass, extrusion, food energy, nutritional values, performance

I - INTRODUÇÃO GERAL

O milho é o ingrediente mais importante utilizado no preparo de rações para suínos no Brasil. Cerca de 80% da produção brasileira de milho é utilizada no preparo de rações para animais (Lima, 2005). Assim, a indústria de rações é diretamente dependente do volume e qualidade do milho disponível no mercado.

O milho comum é caracterizado como um alimento energético (3.930 kcal de EB/kg), rico em amido (63,00%), pobre em fibras (< 2,00%), que possui alta palatabilidade e contém por volta de 8,00% de PB e 3,60% de extrato etéreo (Rostagno et al., 2005).

Na safra de 2004/05 foram utilizados 230 cultivares de milho, destinados à produção de grãos, de silagem (de planta inteira ou de grãos úmidos) e ou foram utilizados como milho verde (Cruz et al., 2005). Esta grande variedade gera variações significativas na composição química e no valor nutricional deste grão, dificultando, assim, a formulação precisa das rações. Segundo dados apresentados por Lima (2000), no período de 1979 a 1997, em virtude da variação na composição química dos milhos, ocorreram oscilações de 1,41 a 6,09% nos teores de óleo e de 6,43 a 10,99% nos valores de proteína. No mesmo período, verificou-se que o nível de energia metabolizável aparente variou de 3.045 a 3.407 kcal/kg e o de energia metabolizável verdadeira de 3.440 a 3.820 kcal/kg de matéria natural.

Atualmente, é possível encontrar no mercado novas variedades e híbridos de milho, desenvolvidos pelo melhoramento e manipulação genética, pela introdução de tecnologias de biologia molecular. Estas novas variedades apresentam perfil nutricional superior em relação aos genótipos tradicionais, mais adequados à alimentação animal. Em busca da melhoria na qualidade nutricional do grão, desenvolveu-se o milho alta lisina e o milho alto óleo.

1.1. Milho alta lisina

As proteínas de reserva da semente do milho estão sendo intensamente estudadas por bioquímicos, biólogos moleculares e geneticistas, na tentativa de melhorar a qualidade nutricional do grão. A atenção deve-se, primariamente, a elevada proporção de zeína no conteúdo total de proteínas e o baixo conteúdo de lisina e triptofano (Toro, 2006).

As proteínas do grão de milho apresentam deficiência de aminoácidos essenciais, especialmente lisina e triptofano (Nelson, 1980). Os aminoácidos lisina e triptofano são essenciais para a alimentação de humanos e animais monogástricos, no entanto, para a dieta tornar-se adequada, há necessidade de uma suplementação (Diaz, 2003). Na formulação de rações, é comum o milho ser misturado com farelo de soja, pois este é capaz de compensar as deficiências em lisina e triptofano (Mittelman, 2001).

A fração albumina e globulina representam aproximadamente 6% das proteínas totais, embora distribuídas em todo grão, estão estocadas, principalmente, no embrião e em baixas quantidades no endosperma, enquanto a glutelina responde por 30% – 40% do total proteico do grão de milho, encontrada no endosperma. A fração prolamina (zeína) é a mais abundante e pode representar 60% ou até mais do total de proteínas, localizada quase que totalmente no endosperma (Motto et al., 1988).

Na década de 60, foram descobertas mutações capazes de modificar a qualidade proteica dos grãos de milho, aumentando o teor de lisina e triptofano, conhecidas como *opaco* (Mertz et al., 1964) e *floury* (Nelson, 1980). Esse aumento foi consequência da reduzida expressão da fração zeína, que é nutricionalmente pobre, e um aumento da fração glutelina, que tem um melhor balanço de aminoácidos. Um aspecto positivo da utilização do gene *opaco-2* é o aumento do teor de lisina e triptofano.

Os genótipos iniciais de milho *opaco-2* possuíam muitas desvantagens em características agrônômicas, tendo menor densidade de grãos, de produtividade baixa e alta susceptibilidade a doenças e danos mecânicos (Hallauer, 2000). Por meio de cruzamentos e seleção recorrente, pesquisadores do Centro Internacional de Melhoramento de Milho (CIMMYT) no México, desenvolveram novos híbridos de milho chamados de QPM (“quality protein maize”). Esses novos materiais genéticos tornaram-se viáveis pela melhoria nas características que dizem respeito a dureza e densidade do grão, menor susceptibilidade aos fungos e insetos e maturidade antecipada

(NRC,1988). Embora já existam variedades de milho QPM sendo comercializadas, estas ainda apresentam problemas de instabilidade fenotípica do grão (Diaz, 2003).

No Brasil, os estudos sobre melhoramento genético de milho para alto teor e qualidade de proteína são relativamente recentes e merece destaque o trabalho desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo. Em 1984, a partir da introdução de 23 populações QPM oriundas do CIMMYT, iniciaram-se as pesquisas na qual se destacou a variedade de grãos brancos CMS 451, sendo que após três ciclos de seleção, foi lançada como BR 451, a primeira variedade brasileira de milho QPM. Em 1994, esse mesmo programa de melhoramento liberava no mercado outra variedade QPM, a BR 473, e em 1997, o híbrido duplo QPM BR 2121, ambos de grãos amarelos (Parentoni et al., 1989; Pacheco et al., 1999).

Os mutantes de milho *opaco-2*, que originaram os QPM's, são grãos com alterações na síntese de aminoácidos do grão, possuindo proteínas do endosperma em maiores teores de lisina que o milho comum. Tais mudanças ocorreram devido a redução da síntese de zeína (fração da prolamina) do milho, que possui baixos teores de lisina, e um aumento das frações não zeína (albumina, globulina e glutelina), frações mais ricas em lisina que a prolamina (Lima et al., 2008). Foi constatada que nesta fração, a glutelina foi encontrada em maior porção, tendo, portanto, um aumento na quantidade de lisina no endosperma (Toro, 2006).

Portanto, o milho alta lisina contém aproximadamente 0,35% de lisina (Rostagno et al., 2005) sendo, portanto, cultivares de interesse de utilização na alimentação de suínos por reunir boas qualidades do milho normal, ou seja, grãos vítreos e de maior densidade, com qualidade proteica similar ao milho opaco-2 e apresentando conteúdo superior de triptofano (Burgoon et al., 1992 ; Saldivar & Rooney, 1994).

1.2. Milho alto óleo

Outra característica que se tem buscado no melhoramento genético do milho é o grão com alto teor de óleo. O óleo ocorre quase que exclusivamente na porção do escutelo do gérmen. O conteúdo de óleo no grão é afetado pela posição do grão na espiga, podendo encontrar variações de 0,1% a 0,6% entre grãos da base, do meio e do topo da espiga, sendo que as porções mais elevadas em óleo são encontradas no meio dela. Estes grãos, além de possuírem mais óleo, costumam ser mais uniformes em tamanho, comparados aos grãos maiores na base e aos menores no topo da espiga (Lima et al., 2008).

O teor de óleo é uma característica de alta herdabilidade. Na Universidade de Illinois, após 85 gerações de seleção para alto óleo e baixo óleo, foram obtidos valores de 20,4% para a seleção de altos teores de óleo e 0,3% para a seleção de baixos teores de óleo. Constatou-se que o tamanho do gérmen e a porcentagem de óleo no gérmen aumentaram, contudo o endosperma, o peso dos grãos e a produtividade diminuíram. Desta maneira, foi possível aumentar a porcentagem de óleo no grão aumentando o tamanho do gérmen e reduzindo o tamanho do endosperma (Hallauer, 2000).

O milho alto óleo contém 6,4% de extrato etéreo (Rostagno et al., 2005), o que eleva o valor da energia, permitindo formular rações com maior densidade energética e melhorar o desempenho e as características de carcaça dos animais (Adams & Jensen, 1987; Han & Parsons, 1987).

O cultivar com alto teor de óleo apresenta conteúdo levemente superior para lisina e superior para extrato etéreo quando comparado com o milho amarelo tradicional, sendo adequada a sua substituição pelo milho convencional (Adeola & Bajjalieh, 1997; DeCamp et al., 1998) podendo também substituir uma porção de óleo tipicamente adicionado nas dietas de suínos (Kendall et al., 1999).

Adeola & Bajjalieh (1997) observaram genótipos de milho alto óleo com até 132% a mais de óleo e 8% a mais de energia metabolizável, para suínos em crescimento, que o milho convencional. Já Yin et al. (2002) ao realizar um experimento de digestibilidade com leitões em fase inicial, encontram que o milho com alto teor de óleo e o milho com alto teor de óleo e proteína continham 4.029 e 4.048 kcal de ED/kg de matéria seca, respectivamente.

Alguns estudos têm mostrado eficiência na utilização desses híbridos na alimentação de suínos em diversas fases de criação (DeCamp et al., 1998; O'Quinn et al., 2000; Silva et al., 2006). Adeola & Bajjalieh (1997) ao trabalharem com leitões de 20 kg de peso vivo, concluíram que estes animais apresentaram uma melhoria de 8% a 10% na conversão alimentar, ao serem alimentados com rações que continham variedades diferentes de milho com alto teor de óleo, quando foram comparadas com milho comum.

1.3. Milhos com reais perfis nutricionais na formulação de rações

Um problema a ser considerado é a formulação de dietas de suínos à base de milho e farelo de soja com valores descritos, na maioria das vezes, em tabelas de

composição de alimentos. Contudo, a composição média do milho nas tabelas pode diferir da composição do milho utilizado e, conseqüentemente, as dietas fornecidas podem extrapolar, ou não atender, as exigências nutricionais dos animais. Assim, tem-se buscado constantemente a formulação de dietas mais eficientes e economicamente viáveis e o aumento de pesquisas envolvendo a composição química, energética e os valores de digestibilidade dos nutrientes do milho (Vieira et al., 2007).

Santos et al. (2005) destacam que o conhecimento dos dados de composição química, dos valores de digestibilidade e da disponibilidade de nutrientes constitui a melhor forma de balanceamento de rações rentáveis. Para isso, é necessário conhecer a quantidade de aminoácidos presente no alimento e a quantidade biologicamente disponível (Laplace, 1986; Tanksley & Knabe, 1993). Entretanto, valores relativos à digestibilidade ileal dos aminoácidos devem ser preferidos em relação aos valores de digestibilidade fecal, em função das possíveis interferências da flora bacteriana no metabolismo de aminoácidos no intestino grosso (Fan & Sauer, 1995).

A maioria das proteínas e aminoácidos que entram no intestino grosso são de pouco ou nenhum valor nutricional para o suíno (Fuller et al., 1994), sendo excretados ou incorporados nas proteínas microbianas, a qual representam a maior fração do nitrogênio fecal (Laplace et al., 1994). Desse modo, a digestibilidade ileal é teoricamente a melhor estimativa da disponibilidade dos aminoácidos em relação à digestibilidade fecal. Quando se formula dietas de suínos com alimentos, utilizando o conceito da digestibilidade dos aminoácidos, aumenta-se a precisão da formulação (Bellaver, 1996; AFZ, 2000). Nesse sentido, faz-se necessário conhecer os valores de coeficiente de digestibilidade ileal dos aminoácidos de diferentes alimentos.

1.3.1. Digestibilidade ileal dos aminoácidos

O valor nutritivo da proteína de um alimento depende de sua composição em aminoácidos, de sua digestibilidade e disponibilidade. Os ensaios para estimar a disponibilidade de aminoácidos são baseados em ensaios de crescimento e, embora determinem valores mais precisos, uma vez que representam a porção que realmente está sendo utilizada pelos animais, apresentam limitações quanto ao uso, exigindo ensaios com maior tempo de duração e fornecem ainda informações de apenas um aminoácido por ensaio. Este é o principal motivo que torna os valores de aminoácidos digestíveis mais utilizados (Bünzen et al., 2008).

A digestibilidade dos aminoácidos, por sua vez, procura avaliar a diferença entre a quantidade dos aminoácidos ingeridos e os que são excretados. No entanto, por haver influência dos microrganismos (síntese ou degradação de aminoácidos) presentes no intestino grosso do animal, a melhor opção é estimar a digestibilidade dos aminoácidos na porção terminal do íleo, cujo conteúdo ainda não sofreu interferência da flora intestinal, ou seja, degradação dos aminoácidos pelos micro-organismos no intestino grosso. Os valores dos aminoácidos são expressos em digestibilidade ileal verdadeira, com a correção pelas perdas endógenas de aminoácidos, provenientes das enzimas, mucinas e células descamadas (Bünzen et al., 2008).

Assim, têm-se utilizado diversas técnicas para se obter a digestibilidade de aminoácidos nos alimentos para suínos. No entanto, a análise de amostras de digesta coletadas no íleo terminal recebeu atenção especial dos pesquisadores. 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 (Apolônio et al., 2003).

A permanência das cânulas em seu local de implantação é satisfatória e permite realizar estudos prolongados com fêmeas lactantes e gestantes, bem como estudos de curta duração com leitões desmamados, ou suínos em crescimento e terminação (Cervantes-Ramírez et al., 2000).

A formulação de rações, baseada em aminoácidos digestíveis verdadeiros, tem sido utilizada pelos nutricionistas, principalmente pela necessidade de se otimizar o uso de matérias-primas de alto custo e garantir um aporte equivalente de aminoácidos digestíveis, pela correção das deficiências com a suplementação de aminoácidos sintéticos (Sakomura e Rostagno, 2007).

Com o aumento da utilização de aminoácidos sintéticos em rações para suínos, o uso do conceito de proteína ideal tornou-se mais simples. Os perfis dos aminoácidos na proteína ideal devem basear-se em valores de aminoácidos digestíveis, sendo necessário determinar os coeficientes de digestibilidade verdadeiro dos aminoácidos nos diferentes alimentos para que se conheça a quantidade dos mesmos aproveitados pelos animais. Os coeficientes têm permitido melhor utilização dos alimentos em rações balanceadas para suínos, diminuindo os custos de produção e reduzindo a eliminação de poluentes (Brumano et al., 2006).

1.4. Conceito de proteína ideal

O conceito de proteína ideal, ou balanço perfeito de aminoácidos, foi inicialmente proposto por Mitchell em 1964. Porém, este conceito não foi usado na prática. Somente em 1981, o Agricultural Research Council - ARC o utilizou em suas tabelas. Logo em seguida, Wang e Fuller aperfeiçoaram uma versão do conceito de proteína ideal do ARC (Baker et al., 1993).

Parsons & Baker (1994) definiram proteína ideal como uma mistura de aminoácidos ou proteínas capazes de atender, sem excesso nem deficiência, as necessidades absolutas de todos os aminoácidos requeridos para manutenção e crescimento do suíno.

A proposta do conceito é que cada aminoácido essencial seja expresso como relação ou percentagem de um aminoácido referência. Isto possibilita estimar rapidamente a exigência de todos os aminoácidos, quando a exigência do aminoácido referência estiver estabelecida. Esta proposta também permite manter uma proporcionalidade entre todos os aminoácidos da dieta (Penz Junior, 1996).

A lisina é o aminoácido utilizado como referência, e isto se justifica pelo fato de ser um aminoácido de fácil análise em relação à metionina e cistina; sendo a lisina utilizada apenas para deposição proteica; por conter uma grande quantidade de informação publicada e; por ser o primeiro aminoácido limitante na maioria das dietas para suínos (Parsons & Baker, 1994).

Dentre os aminoácidos essenciais, a lisina, a treonina, a metionina e o triptofano são considerados aminoácidos chaves (Hahn & Baker, 1995) e, segundo Fraga (2002), na formulação de dietas, o modelo de proteína ideal geralmente é aplicado apenas aos aminoácidos mais limitantes nos ingredientes das rações.

O conceito pode ser eficientemente empregado quando as exigências dos animais e a composição dos alimentos forem expressas em aminoácidos digestíveis (Parsons & Baker, 1994; Cuarón, 2000), pois, sem considerar a digestibilidade, não serão atendidas as exigências dos animais em aminoácidos (Miyada, 2001).

Aliados ao conceito de proteína ideal, os aminoácidos sintéticos estão sendo introduzidos no mercado, permitindo que as dietas sejam calculadas mais próximas das exigências dos animais. Se os aminoácidos forem mantidos em níveis apropriados, o nível de proteína da dieta pode ser diminuído sem afetar o rendimento de carcaça do

suíno e, conseqüentemente, reduzir os efeitos negativos do excesso de nitrogênio excretado no aumento da poluição ambiental (Penz Junior, 1996).

Uma vez que a suplementação de aminoácidos industriais em dietas com baixa proteína pode diminuir os custos de produção, estes vêm despertando bastante interesse, visto que as fontes proteicas, comumente usadas em rações para suínos, tornam-se cada vez mais caras (Lima, 1990).

1.5. Processo de extrusão na alimentação de leitões

O desmame, além de estressar o leitão em decorrência da mudança de ambiente e da separação da mãe, impõe aos animais troca brusca na alimentação, uma vez que a dieta, constituída basicamente de leite materno, é substituída por outra à base de ingredientes de origem vegetal (Barbosa et al, 2007).

Neste contexto, para que haja sucesso nos desmames precoces, os nutricionistas devem atentar, especialmente, para a formulação de dietas que devem ser preparadas de modo a apresentar melhor digestibilidade, palatabilidade e eficiência econômica (Chae et al., 1999).

O consumo de ração pelos leitões, nos primeiros dias pós-desmame, tem sido baixo, provavelmente em razão do estresse do desmame. Por isso, o fornecimento de dietas com ingredientes de melhor digestibilidade pode tornar-se necessário para o crescimento adequado nas primeiras semanas pós-desmame (Ferreira et al., 2001).

Para que os leitões jovens possam ter o melhor aproveitamento possível do milho, estão sendo conduzidos estudos na área de processamento de amido, tais como: extrusão, micronização, cozimento, entre outros, objetivando a “desorganização” da estrutura do grânulo de amido, para facilitar a ação da enzima amilase nos processos de digestão e absorção. O milho, quando processado adequadamente por calor, possui melhor digestibilidade dos seus nutrientes, principalmente da energia (Lawrence, 1973; 1975).

Utilizando-se o método de extrusão, têm-se obtido amidos modificados com maiores valores de solubilidade em água e com alta capacidade de absorção, em virtude da gelatinização e dextrinização (Grossmann et al., 1988). Dentre as propriedades do amido, é de grande importância prática o seu comportamento em meio aquoso sob a ação de calor. O grânulo de amido apresenta limitada capacidade de absorção em água fria. Quando uma suspensão aquosa de amido é submetida à ação do calor, os grânulos

não se modificam na sua aparência até atingir certa temperatura crítica. A partir deste ponto, inicia-se o enfraquecimento da rede que forma o grânulo, pela quebra das ligações de hidrogênio, ocorrendo a hidratação e entumescimento irreversível do grão (Branco et al., 2005).

Svihus et al (2005) explicam o fenômeno em termos da estrutura do grão. Antes de atingir a temperatura crítica do início da gelatinização, a água somente atinge as áreas “intermicelares” do grânulo. Uma vez que a temperatura necessária é alcançada ($\pm 62^{\circ}\text{C}$), inicia-se a ruptura das ligações de hidrogênio mais fracas, que caracterizam estas áreas amorfas, e o grânulo inicia seu entumescimento rápido. Este processo continua enquanto a temperatura eleva-se, e mais água penetra no grânulo. Com os grânulos rompidos, mais moléculas de água se unem aos radicais hidroxílicos expostos na cadeia do amido, resultando em uma estrutura de gel coloidal com amilose suportando os grânulos rompidos que consistem, basicamente, de amilopectina (Barbosa et al., 1999a).

Esses amidos modificados têm permitido aos leitões melhor digestão e absorção dos nutrientes, melhorando assim a eficiência de utilização das rações, bem como o desempenho dos animais (Moreira, 1993).

Herkelman et al. (1990) trabalharam com leitões de 20 kg de peso vivo e concluíram que o milho comum processado por método de extrusão é benéfico na utilização de energia. O mesmo foi observado por Moreira et al. (2001) ao utilizarem leitões desmamados aos 21 dias de idade, que a farinha pré-gelatinizada de milho (FPGM) apresentou eficiência na melhoria do coeficiente de digestibilidade da energia bruta que o do milho comum. Entretanto, Moreira et al. (1994a) verificaram que a extrusão do milho não melhorou a digestibilidade da EB, que se manteve semelhante ao do milho comum.

Moreira et al. (1994b), Barbosa et al. (1999b) e Branco et al. (2005) trabalhando com leitões desmamados aos 21 dias de vida, observaram que não houve melhora no desempenho usando milho gelatinizado em comparação ao milho comum. Segundo esses autores, este fato se deve ao elevado desperdício de ração, em função da granulometria muito fina da FPGM.

Citação Bibliográfica

- ADAMS, K.L.; JENSEN, A.H. High-fat-maize in diets for pigs and sows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 17, n. 3, p. 201-212, 1987.
- ADEOLA, O.; BAJJALIEH, N.L. Energy concentration of high oil corn varieties for pigs. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 430-436, 1997.
- AFZ, Ajinomoto Eurolysine. AmiPig, **Digestibilidade ileal estandarizada de aminoácidos em ingredientes para rações de suínos**. Aventis Animal Nutrition, INRA, ITCF, 2000.
- APOLÔNIO, L.R.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Digestibilidade ileal de aminoácidos de alguns alimentos, determinada pela técnica da cânula T simples com suínos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 605-614, 2003.
- BAKER, D.H.; HAHN, J.D.; CHUNG, T.K. Nutrition and growth: the concept and application of an ideal protein for swine growth. In: HOLLIS, G. R. **Growth of the pig**. Wallingford: CAB International, 1993. p. 133-139.
- BARBOSA, H.P.; TRINDADE NETO, M.A.; SORDI, I.M P.; et al. Efeitos dos processamentos do milho comum e da soja integral no desempenho de leitões desmamados aos 21 dias de idade. **Boletim da Indústria Animal**, v. 56, n. 1, p. 59-66, 1999a.
- BARBOSA, H.P.; TRINDADE NETO, M.A.; SORDI, I. M.P. et al. Efeitos dos processamentos do milho comum e da soja integral no desempenho de leitões desmamados aos 28 dias de idade. **Boletim da Indústria Animal**, v. 56, n. 1, p. 67-73, 1999b.
- BARBOSA, F.F.; FERREIRA, A.S.; GATTÁS, G. et al. Níveis de plasma sanguíneo em pó em dietas para leitões desmamados aos 21 dias de idade. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 1052-1060, 2007.
- BRANCO, P.A.C.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T. et al. Milho e soja processados em rações de leitões dos 21 aos 56 dias de idade (desempenho e parâmetros morfológicos). **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 224-231, 2005.
- BELLAVER, C. Predição da digestibilidade de aminoácidos In Vivo com suínos. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO ANIMAL E SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE RAÇÕES, 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1996.
- BRUMANO, G.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H. S.; et al. Aminoácidos digestíveis verdadeiros de alimentos proteicos determinados em galos cecectomizados. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 6, p. 2290-2296, 2006.
- BÜNZEN, S.; SALGUERO, S.; ALBINO, L.F.T. ET AL. Recentes avanços na nutrição de suínos. In: I SIMPÓSIO BRASIL SUL DE SUINOCULTURA, 1., 2008, Chapecó. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2008. p. 86-99.
- BURGOON, K.G.; HANSEN, J. A.; KNABE, D.A. et al. Nutritional value of quality protein maize for starter and finisher swine. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 811-817, 1992.
- CERVANTES-RAMÍREZ, M.; GONZÁLEZ-VIZCARRA, V.; RODRÍGUEZ-RUBÍ, S. et al. Canulación duodenal e ileal para estudos de digestión em cerdos. **Agrociencia**, v. 34, n. 2, p. 135-139, 2000.

- CHAE, B.J.; HAN, I.K.; KIM, J.H. et al. Effects of dietary protein sources on ileal digestibility and growth performance for early-weaned pigs. **Livestock Production Science**, v. 58, p. 45-54, 1999.
- CRUZ, J. C.; Corrêa, L. A.; FILHO, I. A. P.; PEREIRA, F. T. F. et al. [2005]. **Cultivares de milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2004/05**. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa/cultivares>>. Acesso em: 20/08/2005.
- CUARÓN, J. A. Proteína ideal na alimentação de suínos: aspectos práticos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas : Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2000. p.197-219.
- DeCAMP, S.A.; RICHERT, B.T.; CLINE, T.R. et al. [1998]. Evaluating high oil corn and normal corn as energy sources in nursery pig diets. **Swine Day – Purdue University**. p. 80-85. 1998. Disponível em: <<http://www.ansc.purdue.edu/swine/swineday/sday98/12.pdf>>. Acesso em: 30/08/2005.
- DIAZ, A.M.L. **Food quality and properties of quality protein maize**. Monterrey, México: Texas A & M University, 2003. 150 p.
- FAN, M.Z.; SAUER, W.C. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in peas for pigs with the direct, difference and regression methods. **Livestock Production Science**, v. 44, p. 61-72, 1995.
- FERREIRA, V.P.A.; FERREIRA, A.S.; DONZELE, J.L. et al. Dietas para leitões em aleitamento e pós-desmame. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 753-760, 2001.
- FRAGA, A. L. **Exigência de lisina para suínos em fase inicial (15 a 30 kg), de dois grupos genéticos, em rações formuladas de acordo com o conceito de proteína ideal**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2002. 46p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, 2002.
- FULLER, M.F.; DARCY, B.V.; LAPLACE, J.P. et al. The measurement of dietary amino acid digestibility in pigs, rats and chickens: a comparison of methodologies. **Animal Feed Science and Technology**, v. 48, p. 305-324, 1994.
- GROSSMANN, M.V.E.; EL-DASH, A.A.; CARVALHO, J.F. Extrusion cooking effects on hydration properties of manioc starch. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 31, p. 329-335, 1988.
- HALLAUER, A.R. **Specialty corns**. CRC Press, 2ed, 2000. 479p.
- HAN, Y.; PARSONS, C.M. Nutritive value of high oil corn for poultry. **Poultry Science**, v. 66, n. 1, p. 103-11, 1987.
- HAHN, J. D.; BAKER, D. H. Optimum ratio of threonine, tryptophan, and sulfur amino acids for finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.73, p. 482-489, 1995.
- HERKELMAN, K.L.; RODHOUSE, S.L.; VEUM, T.L. et al. Effect of extrusion on ileal and fecal digestibilities of lysine in yellow corn in diets for young pigs. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 2814-2824, 1990.
- KENDALL, D.C.; BOWERS, K.A.; RICHERT, B.T. et al. Evaluation of high-oil corn feeding strategies for grow-finish pigs. **Journal of Animal Science**, v. 77, (Suppl. 1), 169 (Abstract), 1999.
- LAPLACE, J.P. Amino acids availability in pig feeding. In: WORLD CONGRESS OF ANIMAL FEEDING, Madrid, 4, 1986. **Anais...** Madrid, Spain, p.109-129, 1986.
- LAPLACE, J.P.; SOUFFRANT, W.B.; HENNIH, U. et al. Measurement of precaecal dietary protein and plant cell wall digestion in pigs; Comparison of four surgical

- procedures for ileo-rectal anastomosis. **Livestock Production Science**, v. 40, p. 313-328, 1994.
- LAWRENCE, T.L.J. An evaluation of the micronization process for preparing cereals for the growing pig. 2. Effects on growth rate, food conversion efficiency and carcass characteristics. **Animal Production**, v. 16, p. 99-107, 1973.
- LAWRENCE, T.L.J. An evaluation of the micronization process for preparing cereals for the growing pig. 3. A note on the effect of micronization temperature on the nutritive value of wheat. **Animal Production**, v. 20, p. 167-170, 1975.
- LIMA, J.A.F.; PEREIRA, J.A.A.; COSTA, P.M.A. et al. Efeito da idade de desmama sobre as exigências de lisina para leitões na fase inicial de crescimento (15 a 30 kg PV). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 19, n. 5, p. 390-399, 1990.
- LIMA, G.J.M.M. [2005]. **Qualidade nutricional do milho: situação atual e perspectivas**. In: Seminário ABRAVES-Planalto Serrano, 3, 2005, Lages, SC. Lages: ABRAVES, 2005. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/abrades-sc/artigos.html#n9>> Acesso em: 20/08/2005.
- LIMA, G.J.M.M. Qualidade nutricional do milho: situação atual e perspectivas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas, 2000. p.153-174.
- LIMA, G.J.M.M. de; PASSOS, A.A., VIOLA, E.S. MILHO: COMO MELHOR UTILIZAR O MAIS IMPORTANTE INGREDIENTE DAS DIETAS DE SUÍNOS In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE SUINOCULTURA, 1., 2008, Chapecó. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2008. p. 64-81.
- MERTZ, E.T.; BATES, L.S.; NELSON, O.E. Mutant genes that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. **Science**, v. 145, n. 3629, p. 279-280, 1964.
- MITTELMAN, A. **Variação genética para qualidade nutricional em milho com endosperma normal**. Piracicaba: Escola Superior de agricultura Luiz de Queiroz, 2001. 93 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de agricultura Luiz de Queiroz, 2001.
- MIYADA, V. S. Uso do conceito de proteína ideal na alimentação e nutrição de suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2001, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 195-201.
- MOREIRA, I. **Valor nutritivo e utilização de milho e soja integral processados a calor na alimentação de leitões**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 145p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- MOREIRA, I.; ROSTAGNO, H.S.; TEIXEIRA, D. et al. Determinação dos coeficientes de digestibilidade, valores energéticos e índices de controle de qualidade do milho e soja integral processados a calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 23, n. 06, p. 916-929, 1994a.
- MOREIRA, I.; ROSTAGNO, H.S.; TAFURI, M.L. et al. Uso de milho processado a calor na alimentação de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 23, n. 03, p. 412-421, 1994b.
- MOREIRA, I.; OLIVEIRA, G.C.; FURLAN, A.C. et al. Utilização da farinha pré-gelatinizada de milho na alimentação de leitões na fase de creche. digestibilidade e desempenho. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 440-448, 2001.
- MOTTO, M.; MADDALONI, M., PONZIANI, G. et al. *Zea mays* using transposon marking. **Molecular and General Genetic**, v. 212, p. 488-494, 1988.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of swine**, 9 ed. Washington, D.C: National Academy of Sciences, 1988. 93p.

- NELSON, O.E. Genetic control of polysaccharide and storage protein synthesis in the endosperms of barley, maize, and sorghum. In: POMERAZ, Y. **Advances in Cereal Science and Technology**, Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1980. p. 41-71.
- O'QUINN, P.R. ; NELSEN, J.L. ; GOODBAND, R.D. et al. Nutritional value of a genetically improved high-lysine, high-oil corn for young pigs. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 2144-2149, 2000.
- PACHECO, C.A.P.; GUIMARÃES, P.E.O.; PARENTONI, S.N. et al. O desenvolvimento de milho de alta qualidade nutricional no Brasil. In: REUNIÃO LATINOAMERICANA DEL MAIZ, 18., 1999, Sete Lagoas. **Anais...** Sete Lagoas: 1999. p. 13-25.
- PARENTONI, S.N.; MAGNAVACA, R.; PAIVA, E. **Perspectiva de utilização de milhos de alta qualidade proteica no Brasil**. Sete Lagoas: EMBRAPA / CNPMS, 1989. 34p.
- PARSONS, C. M.; BAKER, D. H. The concept and use of ideal protein in the feeding of non-ruminants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO-RUMINANTES, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: EDUEM, 1994. p.119-128.
- PENZ JUNIOR, A.M. O Conceito de proteína ideal para monogástricos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 1996, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, 1996. p.71-85.
- ROSTAGNO, H.S.; SILVA, D.J.; COSTA, P.M.A. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 2005. 186p.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.
- SALDIVAR, S.O.S.; ROONEY, L.W. Quality protein maize processing and perspectives for industrial utilization. In: LARKINS, B. A.; MERTZ, E. T. (Ed). **Quality Protein Maize**: USA: Purdue University Press, 1994. p. 1964-1994.
- SÁNCHEZ, J. A. G. **Processo hidrotérmico rápido para a produção de farinha pré-gelatinizada de milho**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1977. 74 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, 1977.
- SANTOS, Z.A.S.; FREITAS, R.T.F.; FIALHO, E.T. et al. Valor nutricional de alimentos para suínos determinado na Universidade Federal de Lavras. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 1, p. 232-237, 2005.
- SILVA, M.A.A.; FURLAN, A.C.; MOREIRA, I. et al. Avaliação nutricional do milho com maior teor de óleo, nas formas de grãos secos e silagens, para suínos nas fases de crescimento e terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 830-839, 2006.
- SVIHUS, B.; UHLEN, A.K.; HARSTAD, O.M. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: a review. **Animal Feed Science and Technology**, n. 122, p. 303-320, 2005.
- TANKSLEY Jr., T.D.; KNABE, D.A. Ileal digestibility of amino acids in pigs feeds and their use in formulating diets. In: COLE, D.J.A.; HARESING, W.; GARNSWORTHY, P.C. **Recent Development in Pig Nutrition 2**. Nottingham University, 1993. 375p.
- TORO, A.T. **Caracterização de proteínas de reserva de mutantes de endosperma de milho de alta lisina**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006. 250p. Tese (Doutorado em agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.

- VIEIRA, R.O.; RODRIGUES P.B.; FREITAS, R. T. F. et al. Composição química e energia metabolizável de híbridos de milho para frangos de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 832-838, 2007.
- YIN, Y. L.; GURUNG, N. K.; JEAUROND, E. A. et al. Digestible energy and amino acid contents in Canadian varieties of sorghum, pearl millet, high-oil corn, high-oil-high-protein corn and regular corn samples for growing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 82, n. 3, p. 385-391, 2002.

II - OBJETIVOS GERAIS

A) Avaliar a composição química, energética e aminoacídica de três milhos com diferentes perfis nutricionais (comum; alto teor de lisina e alto teor de óleo) processados ou não por extrusão.

B) Verificar a utilização de três milhos com diferentes perfis nutricionais (comum; alto teor de lisina e alto teor de óleo) processados ou não por extrusão em rações práticas de leitões (6 – 15 kg) sobre o desempenho e o retorno econômico.

C) Verificar a utilização de três milhos com diferentes perfis nutricionais (comum; alto teor de lisina e alto teor de óleo) em rações práticas de suínos nas fases de crescimento e terminação (30 – 90 kg) sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e o retorno econômico.

D) Indicar o preço de oportunidade para os milhos com diferentes perfis nutricionais (alto teor de lisina e alto teor de óleo), processados ou não por extrusão, em relação ao milho comum.

III - Milhos com Diferentes Perfis Nutricionais, Extrusados ou Não, na Alimentação de Suínos na Fase Inicial (6 a 15 kg)

RESUMO - Dois experimentos foram conduzidos para determinar o valor nutricional e verificar o desempenho dos leitões na fase inicial (6 a 15 kg), alimentados com rações contendo milho comum (MC), comum extrusado (MCE), alta lisina (ML), alta lisina extrusado (MLE), alto óleo (MO) e alto óleo extrusado (MOE). No ensaio de digestibilidade total (Exp. I) foram utilizados 14 leitões machos, castrados, com peso vivo médio inicial de $6,49 \pm 0,16$ kg, alojados em gaiolas de metabolismo, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos, seis repetições repetidos no tempo, sendo um leitão por unidade experimental. Os valores de energia digestível (ED), e os de metabolizável (EM), na matéria natural, para MC, MCE, ML, MLE, MO e MOE foram: 3.428 e 3.327 kcal/kg; 3.439 e 3.355 kcal/kg; 3.533 e 3.414 kcal/kg; 3.515 e 3.427 kcal/kg; 3.483 e 3.377 kcal/kg; 3.585 e 3.482 kcal/kg, respectivamente. No experimento de desempenho (Exp. II) foram utilizados 84 leitões, desmamados aos 21 dias de idade, com peso vivo inicial de $6,06 \pm 0,54$ kg. Os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×2 , sendo três tipos de milho (MC, ML e MO), duas formas de processamento (processado ou não por extrusão), com sete repetições e dois leitões por unidade experimental. Os tratamentos consistiam de seis rações: 1 - ração à base de MC, 2 - ração à base de MCE, 3 - ração à base de ML, 4 - ração à base de MLE, 5 - ração à base de MO e 6 - ração à base de MOE. Não houve vantagens, na digestibilidade e desempenho, em se extrusar os milhos com diferentes perfis nutricionais, objetivando a sua utilização em rações comerciais para leitões. Os resultados dos dois experimentos evidenciam a importância de segregar os milhos, extrusados ou não, em suas reais composições químicas e energéticas, bem como nos valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros, para a formulação de rações de leitões na fase inicial.

Palavras-chave: alimento energético, desempenho, estudos bioeconômicos, extrusão, valores nutricionais

III - Corns with Different Nutritional Profiles, Extruded or Not, on Starting Pigs Feeding (6 to 15 kg)

ABSTRACT - Two experiments were carried out to determine the nutritional value and to verify the piglets performance in starting phase, fed with diets containing common corn (CC), extruded common corn (ECC), high-lysine corn (HLC), extruded high-lysine corn (EHLC), high-oil corn (HOC) and extruded high-oil corn (EHOC). In the total digestibility trial (Exp. I) 14 barrows averaging 6.49 ± 0.16 kg initial live weight, allotted in metabolism cages, distributed in a randomized design with seven treatments, six replicates repeated in time, and one piglet per experimental unit were used. The values of digestible energy (DE), as well as metabolizable energy (ME) as-fed basis for CC, ECC, HLC, EHLC, HOC and EHOC were: 3,428 and 3,327 kcal/kg; 3,439 and 3,355 kcal/kg; 3,533 and 3,414 kcal/kg; 3,515 and 3,427 kcal/kg; 3,483 and 3,377 kcal/kg; 3,585 and 3,482 kcal/kg, respectively. In the performance experiment (Exp. II) 84 piglets, weaned at 21 days old, initial live weight from 6.06 ± 0.54 kg were used. The animals were allotted in a completely randomized design in a 3 x 2 factorial scheme, using three types of corn (CC, HLC and HOC), two forms of processing (processed or not by extrusion), seven replicates and two piglets per experimental unit. The treatments consisted of six diets: 1 – basal CC, 2 - basal ECC, 3 - basal HLC, 4 - basal EHLC, 5 – basal HOC and 6 – basal EHOC. There were no advantages in the digestibility and performance by extruding the corns with different nutritional profiles, for its use in commercial diets for piglets. The results of two experiments highlight the importance of segregating corns, extruded or not, in their real chemical and energetic composition as well as the values of true digestible amino acids for the formulation of piglet diets in starting phase.

Key Words: bioeconomic studies, extrusion, food energy, nutritional values, performance

Introdução

O milho é largamente empregado na alimentação animal como fonte energética (3.930 kcal de EB/kg), devido ao seu alto conteúdo em amido (63,00%), disponível numa forma facilmente digerível e de baixo custo. Contém cerca de 8,00% de proteína bruta e 3,60% de extrato etéreo em sua composição (Rostagno et al., 2005).

A proteína presente nesse cereal, embora em quantidade significativa, possui qualidade inferior a de outras fontes vegetais e animais, exceto a proteína do milho alto lisina, resultado de melhoramento genético a partir do mutante *opaco-2* (Oliveira et al, 2004). Nesse material, as quantidades dos aminoácidos lisina (0,35%) e triptofano encontram-se aumentadas no grão, conferindo uma qualidade nutricional superior à proteína (Saldivar & Rooney, 1994). Também tem-se buscado, no melhoramento genético do milho, grãos com altos teores de óleo, contendo 6,4% de extrato etéreo (Rostagno et al., 2005), o que eleva o valor da energia, permitindo formular rações com maior densidade energética.

O desmame, além de estressar o leitão em decorrência da mudança de ambiente e separação da mãe, impõe aos animais troca brusca na alimentação, uma vez que a dieta constituída de leite materno é substituída por outra à base de ingredientes de origem vegetal (Barbosa et al, 2007). O consumo de ração pelos leitões nos primeiros dias pós-desmame é baixo, por isso, o fornecimento de dietas com ingredientes de melhor digestibilidade pode tornar-se necessário para o crescimento adequado nesta fase (Ferreira et al., 2001).

Com a finalidade de se obter o melhor aproveitamento possível do milho, tem sido conduzidos estudos na área de processamento de amido. Destaque a extrusão do milho, objetivando a “desorganização” da estrutura do grânulo, que facilita a ação da enzima amilase no processo de digestão e absorção no trato digestório. O milho processado adequadamente por calor proporciona melhor digestibilidade dos seus nutrientes, principalmente da energia (Lawrence, 1975).

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o uso de milhos com diferentes perfis nutricionais, processados ou não por extrusão, em rações práticas de suínos na fase de creche (6 a 15 kg) e seus efeitos sobre o desempenho e o possível retorno econômico desse uso.

Material e Métodos

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

Foram utilizados três diferentes milhos: milho comum (MC) - híbrido BR1030, obtido na Embrapa CNPMS; milho alta lisina (ML) - variedade BR473, em desenvolvimento pela Embrapa CNPMS e milho alto óleo (MO) - híbrido DAS766, da empresa sementeira DowAgroScience.

Os três milhos foram moídos em peneira com malha de 2 mm. Parte do milho foi reservado para ser adicionado desta forma à ração, outra parte foi submetido ao processamento por extrusão, utilizando uma extrusora Imbra 120 da empresa Imbramac, com capacidade para 120 kg/hora, com temperatura no interior do canhão de 118°C e pressão de 1 a 2 atm. Assim, seis diferentes tipos de milhos foram utilizados nos estudos.

As composições químicas e energéticas do MC, do milho comum extrusado (MCE), do ML, do milho alta lisina extrusado (MLE), do MO e do milho alto óleo extrusado (MOE), assim como das rações e das fezes foram obtidas no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal da Universidade Estadual de Maringá (LANA-DZO/UEM). As análises de matéria seca, proteína bruta, cinzas, cálcio, fósforo total e extrato etéreo foram realizadas conforme as metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002). As determinações de amido dos alimentos e das rações e fezes foram feitas de acordo com o método enzimático proposto por Poore et al. (1989), adaptado por Pereira & Rossi (1995). Os valores de energia bruta foram determinados por meio de calorímetro adiabático (Parr Instrument Co. AC720), segundo os procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002).

O índice de controle de qualidade do processo de extrusão usado foi o índice de absorção de água (IAA), de acordo com a técnica proposta por Holay & Harper (1982). Foram pesados 40 gramas da amostra, colocadas em béquer de 500 mL, adicionados 200 mL de água quente (60°C), seguindo-se de agitação por 10 segundos. Após, foi deixada a amostra embeber por três minutos e, depois, filtrada por ½ minuto, em papel-filtro de filtração rápida. O volume filtrado (V), que representa a água não absorvida, foi anotado e utilizado para o cálculo, segundo a equação (Índice de absorção de água (%) = $[(200 - V) / 40] * 100$).

Experimento I - Ensaio de digestibilidade total

O ensaio de digestibilidade total foi conduzido durante o período de outubro a dezembro de 2007. Foram utilizados 14 leitões mestiços de linhagem comercial, machos castrados, com peso vivo inicial de $6,49 \pm 0,16$ kg.

Os animais foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo tipo “Pekas”, em sala com ambiente controlado. As temperaturas ambiente médias apresentaram mínima de 25°C e máxima de 28°C. As umidades relativas médias do ambiente foram mínima de 13% e a máxima de 33%.

Os alimentos testados foram MC, MCE, ML, MLE, MO e MOE os quais substituíram 30% da ração referência, resultando em seis rações testes (RT). A ração referência à base de milho e farelo de soja foi calculada para atender as exigências indicadas no NRC (1998).

Foram estudadas sete rações: 1 - Ração Referência (RR); 2 - RR (70%) + MC (30%); 3 - RR (70%) + MCE (30%); 4 - RR (70%) + ML (30%); 5 - RR (70%) + MLE (30%); 6 - RR (70%) + MO (30%); 7 - RR (70%) + MOE (30%).

As coletas foram em três períodos, o primeiro período foi de sete dias para adaptação às dietas e às gaiolas e cinco dias de coleta de fezes e urina, com um intervalo de 3 dias, seguido do segundo e terceiro período com cinco dias de coleta. Do primeiro para o segundo período e segundo para o terceiro, os tratamentos foram redistribuídos para evitar que o mesmo animal recebesse a mesma dieta em repetições consecutivas.

Os leitões receberam quatro refeições diárias, sendo fornecidas às 7h30min; 10h30min; 13h30min e 16h30min, nas proporções de 38; 19; 19 e 24% da quantidade total, respectivamente, de acordo com Moreira et al. (2001) e para os demais procedimentos como o fornecimento das dietas, coleta de fezes e urina foram feitos de acordo aos descritos por Sakomura & Rostagno (2007).

Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB), da matéria orgânica (CDMO), do extrato etéreo (CDEE), do amido (CDamido), da energia bruta (CDEB) e o coeficiente de metabolização da energia bruta (CMEB), dos milhos com diferentes perfis nutricionais, processados ou não por extrusão foram calculados, conforme Matterson et al. (1965), obtendo assim, os valores de matéria seca digestível (MSD), proteína digestível (PBD), matéria orgânica

digestível (MOD), extrato etéreo digestível (EED), amido digestível (AD), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos testes, seis repetições e a unidade experimental foi constituída por um leitão.

Para avaliar diferenças entre os coeficientes de digestibilidade do MC, MCE, ML, MLE, MO e MOE, os dados foram submetidos à análise de variância e teste de médias (teste de Newman-Keuls, $P < 0,05$), utilizando o pacote estatístico SAEG (UFV, 2000), de acordo com o seguinte modelo estatístico: $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ em que: Y_{ij} = coeficientes de digestibilidade do tratamento i , da repetição j ; μ = constante associada a todas as observações; T_i = efeito do tipo do alimento i , sendo $i = 1; 2; 3; 4; 5; 6$ (1 = MC, 2 = MCE, 3 = ML, 4 = MLE, 5 = MO e 6 = MOE); e e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação.

Experimento II - Ensaio de desempenho utilizando milhos com diferentes perfis nutricionais

Obtida a composição química e os valores energéticos do MC, MCE, ML, MLE, MO e MOE, estes foram utilizados nas formulações das rações do experimento de desempenho na fase de creche (fase I: 6 – 9 kg de PV e fase II: 9 – 15 kg de PV).

Foram utilizados 84 leitões mestiços de linhagem comercial, desmamados aos 21 dias de idade, com peso vivo inicial de $6,06 \pm 0,54$ e final de $9,17 \pm 1,39$ kg na fase I e com peso vivo inicial de $9,17 \pm 1,39$ kg e final de $14,97 \pm 2,83$ kg na fase II. O experimento foi realizado no período de julho a dezembro de 2008. As temperaturas externas mínimas e máximas médias foram de $13,0 \pm 3,1^\circ\text{C}$ e $36,0 \pm 2,2^\circ\text{C}$, respectivamente.

Os leitões foram alojados em galpão da creche, de alvenaria, coberto com telhas de fibrocimento, dispostas em quatro salas, divididas por um corredor central, cada uma possuindo dez baias. As baias foram do tipo “suspensas”, com piso de plástico parcialmente ripado, com comedouros semiautomáticos frontais e bebedouro tipo “chupetas” na parte posterior e área de $1,32 \text{ m}^2$. As rações e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental.

Os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×2 , sendo três tipos de milho (MC, ML e MO) e duas formas de

processamento (processado ou não por extrusão), com sete repetições e dois leitões por unidade experimental.

Os tratamentos consistiram de seis rações (Tabela 1), sendo: 1 - ração à base de MC, 2 - ração à base de MCE, 3 - ração à base de ML, 4 - ração à base de MLE, 5 - ração à base de MO e 6 - ração à base de MOE. As rações tiveram os mesmos níveis nutricionais e atenderam ao recomendado pelo NRC (1998).

Tabela 1 - Composição centesimal, energética e química das rações experimentais de leitões na fase de creche (6 a 15 kg), utilizando milhos com diferentes perfis nutricionais

Itens	Milho comum		Milho alta lisina		Milho alto óleo	
	Não extrusado	Extrusado	Não extrusado	Extrusado	Não extrusado	Extrusado
Milho comum	53,25	53,31	-	-	-	-
Milho alta lisina	-	-	59,12	59,75	-	-
Milho alto óleo	-	-	-	-	51,79	53,25
Farelo soja, 45%	26,83	27,07	22,69	22,10	28,78	28,46
Leite desnatado	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Açúcar	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Soro pó	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Óleo de soja	1,900	1,612	0,040	0,000	1,426	0,279
Fosfato bicálcico	1,269	1,264	1,317	1,310	1,273	1,251
Calcário	0,697	0,699	0,690	0,711	0,672	0,698
Suplemento ¹	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Sal comum	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
DL-Met., 99%	0,054	0,049	0,119	0,106	0,086	0,082
L-Lis. HCL, 99%	0,075	0,064	0,099	0,100	0,050	0,053
B H T	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Promotor ²	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Valores calculados ³						
EM ³ , kcal/kg	3.310	3.310	3.310	3.310	3.310	3.310
PB ³ , %	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5
Lisina digest. ³ , %	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
M+C digest. ³ , %	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
Treo digest. ³ , %	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
Cálcio ³ , %	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Fósforo disp. ³ , %	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37

¹ Suplemento vitamínico-mineral para leitões na fase de creche®, composição por kg do produto: Vit A, 1.800.000 UI; Vit D3, 360.000 UI; Vit E, 4.000 UI; Vit K3, 600mg; Vit B1, 280mg; Vit B2, 800mg; Vit B6, 300mg; Vit B12, 3.600mcg; Niacina, 6.000mg; Ac. Pantotênico, 3.200mg; Biotina, 20mg; Ac. Fólico, 80mg; Colina, 31g; Ferro, 20.000mg; Cobre, 50.000mg; Cobalto, 120mg; Manganês, 11.000mg; Zinco, 18.000mg; Selênio, 60mg; Iodo, 200mg; Antioxidante, 20g; veículo q.s.p., 1.000 g.; ² Promotor de crescimento (Leucomag –*Leucomicina*, 30%); ³ Calculados com base na composição dos alimentos indicados por Rostagno et al. (2005).

Para os cálculos das rações foram utilizados a composição química e energética dos MC, MCE, ML, MLE, MO e MOE que se encontram nas Tabelas 2 e 3.

Os valores dos aminoácidos totais e digestíveis verdadeiros (lisina, metionina + cistina e treonina) foram estimados com base nos coeficientes de digestibilidade verdadeiro obtidos no experimento de digestibilidade ileal (Tabelas 11, 12 e 13), ajustados com base na PB de cada milho estudado.

Para os demais ingredientes, utilizou-se a composição química e energética propostas por Rostagno et al. (2005). Foram adicionados L-lisina e DL-metionina, atendendo ao padrão de proteína ideal, em termos de aminoácidos digestíveis, conforme indicado pelo NRC (1998).

Os animais foram pesados no início e no final de cada fase (fase I - 6 a 9 kg e II - 9 a 15 kg) 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.

A análise econômica do experimento (fase total – 6 a 15 kg) foi calculada pela seguinte expressão adaptada de Guidoni et al. (1997):

$$PMM \leq [PRS (\text{Ganho}_i - \text{Ganho}_0) - \sum_{j \neq L=1}^N P_j (C_{ji} * CR_i - C_{j0} * CR_0)] / (C_{li} * CR_i)$$

em que: PMM = preço máximo do milho (MCE, ML, MLE, MO e MOE) para que a dieta em que será usado tenha a mesma eficiência econômica que a dieta referência (MC); PRS = preço do kg de leitão; Ganho_i = ganho de peso médio dos leitões do tratamento contendo o milho (MCE, ML, MLE, MO e MOE); Ganho₀ = ganho de peso médio dos leitões do tratamento referência (MC); P_j = preço dos ingredientes restantes em cada dieta; C_{ji} = porcentagem do ingrediente j na dieta i; CR_i = consumo de ração médio total por animal inerente a dieta i; C_{j0} = porcentagem do ingrediente j na dieta referência; CR₀ = consumo de ração médio total por animal referente à dieta referência; C_{li} = porcentagem de milho (MCE, ML, MLE, MO ou MOE) na dieta i.

Foram utilizados os preços dos insumos da região de Maringá/PR (07/2008) para calcular os custos das rações experimentais. O preço do milho comum (MC) foi R\$ 0,41/kg, do farelo de soja R\$ 0,76/kg, leite em pó R\$ 10,00/kg, açúcar R\$ 0,80/kg, soro de leite em pó R\$ 4,00/kg, óleo de soja R\$ 2,85/kg, calcário R\$ 0,180/kg, fosfato bicálcico R\$ 2,76/kg, sal comum R\$ 0,34/kg, suplemento vitamínico e mineral para leitões R\$ 8,10/kg, L-lisina R\$ 7,08/kg, DL-metionina R\$ 26,90/kg, L-treonina R\$ 9,3/kg, antioxidante R\$ 10,40/kg e promotor de crescimento R\$ 166,00/kg. O preço do kg do leitão foi de R\$ 7,80.

Os resultados das diferentes variáveis estudadas foram submetidos a análise de variância e ao teste de médias (teste de Newman-Keuls, $P < 0,05$). As observações foram analisadas, com o seguinte modelo estatístico: $Y_{ijk} = \mu + M_i + P_j + (MP)_{ij} + e_{ijk}$, em que Y_{ijk} = valor observado das variáveis estudadas, relativo a cada indivíduo j , recebendo o milho processado ou não i ; μ = constante geral; M_j = efeito do tipo de milho $j = 1, 2$ e 3 (1 = milho comum; 2 = milho alta lisina e 3 = milho alto óleo); P_j = efeito da forma de processamento j , sendo $j = 1$ e 2 (1 = não extrusado e 2 = extrusado); $(MP)_{ij}$ = efeito da interação do milho i e a forma de processamento j ; e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação. As análises estatísticas foram efetuadas utilizando o pacote estatístico SAEG (UFV, 2000).

Quando a interação MxP foi significativa, procedeu-se ao desdobramento e foi estudado o efeito de cada milho dentro de cada forma de processamento (extrusado ou não) e da forma de processamento dentro de cada milho.

Resultados e Discussão

Os ML e MLE avaliados apresentaram diferença em termos percentuais, do teor de proteína bruta (29,61 e 24,87%), lisina (57,74 e 50,51%) e treonina (33,62 e 27,31%) superior ao MC quando convertido para mesma base de MS, enquanto que o MO apresentou diferença percentual do teor de extrato etéreo 5,59% superior comparado ao MC (Tabela 2).

Os três milhos que foram submetidos ao processo de extrusão apresentaram os menores teores de EE comparados aos não extrusados. Estas variações entre os extrusados e não extrusados podem ser atribuídas, principalmente, a perda de óleo que ocorreu durante o processo de extrusão (Tabela 2). A mesma redução foi observada por Moreira et al. (2001) ao avaliarem a farinha pré-gelatinizada de milho (1,99% EE), que é semelhante ao valor 1,71%, citado por Rostagno et al. (2005) para o milho pré-cozido.

Tabela 2 - Composição química, energética e aminoacídica dos milhos com diferentes perfis nutricionais, processados ou não por extrusão

Itens	Milho comum				Milho alta lisina				Milho alto óleo			
	Não extrusado		Extrusado		Não extrusado		Extrusado		Não extrusado		Extrusado	
	MS ^a	MN ^b	MS ^a	MN ^b	MS ^a	MN ^b	MS ^a	MN ^b	MS ^a	MN ^b	MS ^a	MN ^b
Matéria seca, %	100	88,88	100	89,51	100	87,90	100	89,76	100	86,97	100	89,92
Energia bruta, kcal/kg	4.413	3.923	4.273	3.825	4.458	3.919	4.369	3.921	4.517	3.929	4.366	3926
Proteína bruta, %	8,66	7,70	8,54	7,64	11,23	9,87	10,82	9,71	8,46	7,36	8,43	7,58
Lisina ^c , %	0,28	0,25	0,28	0,25	0,44	0,39	0,43	0,38	0,25	0,22	0,25	0,23
M+C ^c , %	0,37	0,33	0,37	0,33	0,33	0,29	0,32	0,29	0,29	0,25	0,29	0,26
Treonina ^c , %	0,32	0,28	0,31	0,28	0,42	0,37	0,41	0,36	0,29	0,25	0,29	0,26
Lisina digestível ^c , %	0,25	0,23	0,25	0,22	0,39	0,34	0,39	0,34	0,20	0,17	0,20	0,18
M+C digestíveis ^c , %	0,35	0,31	0,34	0,30	0,29	0,25	0,28	0,25	0,24	0,21	0,24	0,22
Treo digestível ^c , %	0,30	0,27	0,30	0,27	0,39	0,34	0,38	0,34	0,26	0,23	0,26	0,23
Cálcio, %	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
Fósforo total, %	0,24	0,21	0,24	0,22	0,28	0,25	0,25	0,23	0,21	0,18	0,24	0,21
Fósforo disponível ^d , %	0,08	0,07	0,08	0,07	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,08	0,07
Matéria mineral, %	1,35	1,20	1,40	1,25	1,45	1,27	1,43	1,28	1,41	1,22	1,41	1,27
Matéria orgânica, %	98,65	87,68	98,60	88,26	98,55	86,63	98,57	88,48	98,59	85,74	98,59	88,65
Extrato etéreo, %	4,75	4,22	1,4	1,25	4,58	4,03	2,17	1,95	5,01	4,36	2,65	2,38
Amido, %	74,65	66,35	70,67	63,26	69,40	61,01	71,04	63,76	69,96	60,84	67,21	60,44
IAA ^e , %	350		435		375		455		345		445	

^a- Matéria seca; ^b- Matéria natural, ^c- Valores estimados dos aminoácidos totais e digestíveis verdadeiros com base na PB de cada milho a partir dos coeficientes de digestibilidade verdadeira obtidos em experimento de digestibilidade ileal, ^d- Valor estimado a partir dos dados de Rostagno et al. (2005), ^e- Índice de absorção de água

Bertipaglia et al. (2008), ao avaliarem os efeitos da temperatura do processo de extrusão (extrusão a 80°C, 100°C ou 120°C) sobre o teor de extrato etéreo do milho comum, observaram redução de 59,1% na proporção de lipídios livres em milho comum extrusado a 100°C e 120°C. As alterações na fração lipídica decorrentes da extrusão podem ocorrer pela ação física promovida pela pressão e pelo aquecimento, promovendo a ruptura da parede celular (Mendes et al, 2004), liberando os lipídios do interior da célula e aumentando a fração lipídica livre.

Assim, as perdas de EE ocorridas neste trabalho, podem ter sido provocadas pela ruptura da parede celular, o que provocou a lixiviação de parte da fração lipídica livre ao longo da manipulação pós-extrusão (processo de secagem, transporte e moagem para análise laboratorial), reduzindo assim, substancialmente o teor de extrato etéreo dos milhos extrusados.

Os valores para IAA dos milhos extrusados (MCE, MLE e MOE) foram mais altos (Tabela 2) que para os milhos não extrusados (MC, ML e MO), mostrando que estes absorveram maior volume de água, o que indica maior grau de gelatinização do amido para os milhos extrusados.

O resultado de absorção de água pode evidenciar o eficiente grau de gelatinização, sendo 500% o valor ideal. Sob os parâmetros de extrusão, os MCE, MLE e MOE utilizados, apresentaram valor próximo ao máximo de absorção de água, mostrando que o processo de extrusão foi eficiente. Estes resultados foram diferentes dos obtidos por Moreira et al. (1994a) e Moreira et al. (2001) que obtiveram valor de 500%, ao avaliarem o milho pré-cozido e a farinha pré-gelatinizada de milho, entretanto Moreira et al. (1994a) ao avaliar milho extrusado encontraram valor de 317%, que são inferiores aos deste experimento.

Experimento I - Ensaio de digestibilidade total

Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) nos coeficientes de digestibilidade da MS, PB, MO, EB e do EE e no coeficiente de metabolização da EB entre os seis milhos avaliados (Tabela 3). Entretanto, observou-se diferença ($P<0,05$) no coeficiente de digestibilidade do amido, sendo superiores para o MC, MCE, MLE e MOE e inferior para o ML e MO, o que era esperado.

Tabela 3 - Coeficientes de digestibilidade aparente (CD), coeficiente de metabolização (CM) e valores digestíveis dos milhos com diferentes perfis nutricionais, processados ou não por extrusão, estudados na fase de creche ¹

Digestibilidade (%)	Milho comum				Milho alta lisina				Milho alto óleo			
	Não extrusado		Extrusado		Não extrusado		Extrusado		Não extrusado		Extrusado	
CD da Matéria seca	92,10		90,25		96,66		93,32		95,76		90,87	
CD da Proteína bruta	79,55		79,16		84,45		84,52		76,13		77,66	
CD da Matéria orgânica	92,21		92,82		95,18		94,96		94,75		91,06	
CD do Extrato Etéreo	82,99		76,19		87,98		81,60		89,82		84,90	
CD do Amido	99,74a		99,43a		88,69b		99,82a		85,44c		99,89a	
CD da Energia bruta	87,39		89,92		90,17		89,65		88,64		91,32	
CM da Energia bruta	84,81		87,72		87,14		87,40		85,95		88,70	
Nutrientes digestíveis	MS ²	MN ³	MS ²	MN ³	MS ²	MN ³	MS ²	MN ³	MS ²	MN ³	MS ²	MN ³
Matéria seca digestível, %	-	72,76	-	72,31	-	74,69	-	75,18	-	72,44	-	73,46
Proteína digestível, %	6,89	6,13	6,76	6,05	9,48	8,34	9,14	8,21	6,44	5,6	6,55	5,89
Matéria orgânica digestível, %	90,96	80,85	91,52	81,92	93,80	82,46	93,60	84,01	93,41	81,24	89,78	80,73
Extrato etéreo digestível, %	3,94	3,50	1,06	0,95	4,03	3,55	1,77	1,59	4,50	3,92	2,25	2,02
Amido digestível, %	74,45	66,18	70,27	62,90	61,55	54,11	70,91	63,65	59,77	51,99	67,13	60,36
Energia digestível, kcal/kg	3.857	3.428	3.842	3.439	4.020	3.533	3.917	3.515	4.004	3.483	3.987	3.585
Energia metabolizável, kcal/kg	3.743	3.327	3.749	3.355	3.884	3.414	3.818	3.427	3.882	3.377	3.873	3.482
EM:ED	0,97		0,98		0,97		0,98		0,97		0,97	

¹Valores de CD com letras diferentes na mesma linha são diferentes (P<0,05); ²Matéria seca; ³Matéria natural.

A melhoria na digestibilidade do CD do amido pode ser explicada pelos efeitos positivos promovidos pelo processamento por extrusão, os quais permitem transformações físicas benéficas nos grânulos de amido, provocando desorganização estrutural, com maiores valores de solubilidade em água e com alta capacidade de absorção, em virtude da gelatinização e dextrinização (Grossmann et al., 1988; Svihus et al., 2005), tornando os nutrientes mais acessíveis à digestão enzimática (Otutumi et al., 2005).

O coeficiente de digestibilidade da PB do MCE (Tabela 3) está próximo ao obtidos para farinha pré-gelatinizada de milho (79,70%) estudada por Moreira et al. (2001) e inferior (87,00%) ao valor proposto por Rostagno et al. (2005) para milho pré-cozido. Esperava-se que durante o processo de extrusão houvesse melhora expressiva na digestibilidade deste nutriente para os milhos extrusados, uma vez que a extrusão provoca a ruptura da parede celular, liberando a proteína complexada ou enclausurada (Mendes et al., 2005), ficando assim, mais sensível à hidrólise pelas enzimas proteolíticas e, em muitos casos a sua digestibilidade e utilização aumentam, entretanto, isso não ocorreu neste experimento. Estas respostas são semelhantes aos obtidos por Scherer (2006), que não encontrou diferença para o coeficiente de digestibilidade da PB, ao avaliar nutricionalmente a semente de canola, extrusada ou não, para leitões em fase de creche.

Comparando a ED, os milhos MCE, ML, MLE, MO e MOE com a do MC (base de MS), o ML e MO apresentaram valores de ED e EM superiores ao MC, sendo de 4,21 e 3,81; 3,77 e 3,72%, respectivamente. O ML possui melhor digestibilidade da energia e valores superiores de ED e EM, provavelmente por possuir incremento de 37,57; 3,13; 2,56% do valor de PBD, MOD e EED, respectivamente. O MO apresentou 2,69 e 14,46% superior de MOD e EED. Já os milhos extrusados não tiveram, ou tiveram melhora sutil, na digestibilidade da energia e valores energéticos se comparado ao MC, mostrando que não houve efeitos benéficos promovidos pela extrusão.

Da mesma maneira, ao comparar o MLE ao ML e MOE ao MO, quando convertido para mesma base de MS, nota-se também que o processamento por extrusão não foi efetivo, pois não houve melhora na digestibilidade da energia e valores energéticos. Embora houvesse benefício à gelatinização do amido durante a extrusão, visto que os coeficientes de digestibilidade do amido foram melhores ($P < 0,05$) para os milhos extrusados (Tabela 3), os demais coeficientes de digestibilidade da MS, PB, MO

e EE foram semelhantes, desta forma não contribuindo para a melhoria no valor energético dos milhos extrusados.

São escassos os trabalhos com a utilização de milhos com diferentes perfis nutricionais extrusados na alimentação de leitões, entretanto, semelhante a este trabalho, Moreira et al. (1994a) verificou que a extrusão do milho comum não melhorou a digestibilidade da EB, que se manteve semelhante ao milho comum não extrusado, diferindo dos obtidos por Herkelman et al. (1990), que encontraram melhoria na digestibilidade da energia do milho comum extrusado para leitões.

Ao aplicar valores de nutrientes digestíveis obtidos neste experimento, nas equações (ED (MN) = 5,65 PBD + 9,45 EED + 4,14 (MOD - PBD - EED) e EM (MN) = 4,952 PBD + 9,45 EED + 4,14 (MOD - PBD - EED) descritas por Rostagno et al. (2005) para alimentos de origem vegetal para suínos, encontra-se os valores energéticos (ED e EM) dos MC, MCE, ML, MLE, MO e MOE (3.626 e 3.583; 3.533 e 3.491; 3.728 e 3.670; 3.686 e 3.629; 3.656 e 3.617; 3.538 e 3.497 kcal/kg, respectivamente), que são superiores aos obtidos (Tabela 3). A relação EM:ED média obtida acima foi de 0,99, sendo maior que o encontrado (0,97) na Tabela 3.

Experimento II - Experimento de desempenho utilizando milhos com diferentes perfis nutricionais

Houve interação ($P < 0,05$) entre tipo de milho e processamento para a variável CDR (Tabela 4) de leitões na Fase I (6 a 9 kg). O desdobramento da interação mostrou que o processo de extrusão melhorou o CDR apenas para o ML. Houve diferença ($P < 0,05$) de CDR entre os milhos não extrusados e extrusados. Para os milhos não extrusados, o MC apresentou CDR maior que ML. Para os milhos extrusados, os MCE e MLE apresentaram CDR maior que MOE. Como não houve diferença ($P > 0,05$) para GDP e CA, pode-se inferir que o processo de extrusão não melhorou a qualidade dos milhos com diferentes perfis nutricionais.

O GDP e a CA não apresentaram interação ($P > 0,05$) entre os diferentes tipos de milhos e processamento (Tabela 4).

Não houve interação ($P > 0,05$) entre milho e processamento para as variáveis de CDR, GDP e CA (Tabelas 5 e 6) de leitões nas Fases II (9 a 15 kg) e Total (6 a 15 kg). Entretanto, observou-se que o CDR foi maior ($P < 0,05$) para os milhos extrusados (Tabela 5 e 6). Pode ser que a extrusão dos diferentes milhos permitiu uma melhor

aceitabilidade e palatabilidade dos milhos processados pelos leitões nesta fase. Observou-se também diferença para o CDR entre milhos, processados ou não por extrusão (Tabela 6), sendo que o MC apresentou CDR maior ($P < 0,05$) que MO.

Tabela 4 - Consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de leitões na Fase I (6 a 9 kg) alimentados com rações contendo milhos com diferentes perfis nutricionais, processados ou não por extrusão

Processamento	Milho comum	Milho alta lisina	Milho alto óleo	Média ¹
CDR, kg				
Não extrusado	0,377A	0,327bB	0,342AB	0,349 ± 0,008
Extrusado	0,392A	0,373aAB	0,318C	0,361 ± 0,011
Média ¹	0,384 ± 0,012	0,350 ± 0,010	0,330 ± 0,010	0,355 ± 0,001
GDP, kg				
Não extrusado	0,217	0,183	0,190	0,197 ± 0,008
Extrusado	0,212	0,209	0,172	0,198 ± 0,007
Média ¹	0,215 ± 0,010	0,196 ± 0,008	0,181 ± 0,008	0,197 ± 0,001
CA				
Não extrusado	1,79	1,84	1,83	1,82 ± 0,068
Extrusado	1,89	1,81	1,87	1,85 ± 0,047
Média ¹	1,84 ± 0,085	1,82 ± 0,063	1,85 ± 0,068	1,84 ± 0,035

¹Média ± EPM; Médias seguidas de letras diferentes (maiúscula na linha e minúscula na coluna) diferem pelo teste de Newman Keuls ($P < 0,05$).

Tabela 5 - Consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de leitões na Fase II (9 a 15 kg) alimentados com rações contendo milhos com diferentes perfis nutricionais, processados ou não por extrusão

Processamento	Milho comum	Milho alta lisina	Milho alto óleo	Média ¹
CDR, kg				
Não extrusado	0,787	0,660	0,642	0,698 ± 0,033b
Extrusado	0,795	0,808	0,750	0,781 ± 0,016a
Média ¹	0,787 ± 0,026	0,730 ± 0,042	0,698 ± 0,029	0,740 ± 0,013
GDP, kg				
Não extrusado	0,462	0,369	0,383	0,405 ± 0,022
Extrusado	0,431	0,432	0,437	0,433 ± 0,016
Média ¹	0,446 ± 0,019	0,400 ± 0,029	0,411 ± 0,020	0,419 ± 0,009
CA				
Não extrusado	1,72	1,88	1,68	1,76 ± 0,071
Extrusado	1,87	1,91	1,76	1,85 ± 0,067
Média ¹	1,79 ± 0,065	1,89 ± 0,098	1,72 ± 0,087	1,80 ± 0,025

¹Média ± EPM; Médias nas colunas seguidas de letras minúsculas distintas são diferentes ($P < 0,05$).

Neste experimento, a extrusão não melhorou a utilização dos diferentes tipos de milhos e observou-se que o desempenho dos leitões foi semelhante nas diferentes faixas etárias de crescimento.

Esta resposta provavelmente seja em função das rações serem isonutritivas (isoenergéticas, isofosfóricas, isocalcíticas, isoaminoacídicas para lisina, metionina + cistina e treonina), uma vez que para a formulação das rações, utilizaram-se valores químicos e energéticos reais, bem como os aminoácidos digestíveis verdadeiros estimados dos diferentes tipos de milhos, determinados em ensaios de digestibilidade ileal. Isso proporcionou formular rações que atendessem adequadamente as exigências nutricionais propostas pelo NRC (1998) dos animais nestas faixas etárias e assim, os leitões apresentaram desempenho semelhante.

Tabela 6 - Consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA), de leitões na Fase Total (6 a 15 kg) alimentados com rações contendo milhos com diferentes perfis nutricionais, processados ou não por extrusão

Processamento	Milho comum	Milho alta lisina	Milho alto óleo	Média ¹
CDR, kg				
Não extrusado	0,544	0,467	0,454	0,488 ± 0,019b
Extrusado	0,558	0,562	0,508	0,543 ± 0,012a
Média ¹	0,551 ± 0,018B	0,515 ± 0,023AB	0,481 ± 0,017A	0,516 ± 0,010
GDP, kg				
Não extrusado	0,315	0,251	0,255	0,274 ± 0,015
Extrusado	0,295	0,307	0,288	0,297 ± 0,010
Média ¹	0,305 ± 0,014	0,279 ± 0,018	0,272 ± 0,015	0,285 ± 0,008
CA				
Não extrusado	1,76	1,92	1,82	1,83 ± 0,058
Extrusado	1,91	1,86	1,80	1,86 ± 0,051
Média ¹	1,84 ± 0,065	1,89 ± 0,063	1,81 ± 0,072	1,85 ± 0,028

¹Média ± EPM; Médias nas colunas seguidas de letras minúsculas distintas são diferentes (P<0,05). Médias nas linhas seguidas de letras maiúsculas distintas são diferentes (P<0,05).

O'Quinn et al. (2000) não encontraram diferença no desempenho de leitões desmamados e alimentados com ração, com substituição total do milho comum por milho alta proteína e alto óleo em dietas convencionais de suínos. Entretanto, Adeola & Bajjalieh (1997), estudando milho alto óleo em substituição total ao milho comum em dietas de leitões com 25 kg de peso vivo, observaram melhora de 8% a 10% na eficiência alimentar.

Os resultados deste experimento estão de acordo com Moreira et al. (1994b), Barbosa et al. (1999), Hongtrakul et al. (1998) e Branco et al. (2005), que não observaram melhora no desempenho usando milho processado em comparação ao milho comum, ao utilizaram leitões desmamados aos 21 ou 28 dias de vida. Segundo Moreira et al. (1994b), este fato se deve ao elevado desperdício de ração, em função da

granulometria muito fina do milho pré-cozido, embora, a granulometria não tenha sido um problema observado neste experimento.

Outros estudos relataram respostas positivas no desempenho para extrusão (Fadel et al., 1988; Sayre et al., 1988). Uma possível explicação para as diferentes respostas a extrusão pode ser: tipo de extrusora (úmido vs seca) e (ou) as condições da extrusora (por exemplo, umidade, temperatura e pressão).

Utilizando os dados de ganho de peso e consumo de ração, para cada tipo de milho, foram elaboradas as equações 1, 2, 3, 4 e 5 referentes ao uso do MCE, ML, MLE, MO e MOE nas dietas de leitões na Fase Total de Creche (6 a 15 kg), respectivamente, de modo a estimar o preço máximo do MCE, ML, MLE, MO e MOE a ser pago, para que seja economicamente viável em relação ao MC (milho referência).

Equação 1, preço máximo do MCE nas dietas para leitões na fase total de creche (6 a 15 kg): $PMMCE \leq - 0,04574 \times PRL + 0,00699 \times PFS + 0,00093 \times PLP + 0,00028 \times PA + 0,00019 \times PSP - 0,00523 \times POL + 0,000102 \times PCA + 0,000002 \times PFB + 0,000004 \times PSA + 0,000005 \times PMX - 0,0002 \times PLI - 0,000009 \times PM + 0,00000009 \times PAN + 0,00000014 \times PP$.

Equação 2, preço máximo do ML nas dietas para leitões na fase total de creche (6 a 15 kg): $PMML \leq - 0,11721 \times PRL - 0,14464 \times PFS - 0,02781 \times PLP - 0,00834 \times PA - 0,00556 \times PSP - 0,03674 \times POL - 0,00206 \times PCA - 0,00272 \times PFB - 0,00111 \times PSA - 0,00139 \times PMX + 0,000197 \times PLI + 0,000949 \times PM - 0,000003 \times PAN - 0,000004 \times PP$.

Equação 3, preço máximo do MLE nas dietas para leitões na fase total de creche (6 a 15 kg): $PMMLE \leq - 0,01037 \times PRL - 0,06349 \times PFS + 0,005874 \times PLP + 0,001753 \times PA + 0,001169 \times PSP - 0,03069 \times POL + 0,000642 \times PCA + 0,001428 \times PFB + 0,000234 \times PSA + 0,000292 \times PMX + 0,000462 \times PLI + 0,000902 \times PM + 0,0000006 \times PAN + 0,0000009 \times PP$.

Equação 4, preço máximo do MO nas dietas para leitões na fase total de creche (6 a 15 kg): $- 0,13973 \times PRL - 0,07427 \times PFS - 0,04171 \times PLP - 0,01251 \times PA - 0,00834 \times PSP - 0,01708 \times POL - 0,00339 \times PCA - 0,00522 \times PFB - 0,00167 \times PSA - 0,00209 \times PMX - 0,0008 \times PLI + 0,000393 \times PM - 0,0000042 \times PAN - 0,0000063 \times PP$.

Equação 5, preço máximo do MOE nas dietas para leitões na fase total de creche (6 a 15 kg): $PMMOE \leq - 0,05117 \times PRL - 0,00647 \times PFS - 0,01382 \times PLP - 0,00415 \times PA - 0,00276 \times PSP - 0,03307 \times POL - 0,00094 \times PCA - 0,00209 \times PFB - 0,00055 \times$

PSA - 0,00069 x PMX - 0,00052 x PLI + 0,000451 x PM - 0,0000014 x PAN - 0,0000021 x PP.

Em que: PM é preço máximo do MCE, ML, MLE, MO ou MOE para que tenha a mesma eficiência econômica da ração referência (MC); PRL, preço do kg de leitão vivo; PFS, preço do kg do farelo de soja; PLP, preço do kg do leite em pó; PA, preço do kg do açúcar; PSP, preço do kg do soro em pó; POL, preço do kg do óleo de soja; PCA, preço do kg do calcário; PFB, preço do kg do fosfato bicálcico; PSA, preço do kg do sal; PMX, preço do kg do premix vitamínico mineral para leitões; PLI, preço do kg da L-lisina; PM, preço do kg da DL-metionina; PT, preço do kg do antioxidante e PP, preço do promotor de crescimento.

Aplicando às equações e os preços vigentes, no período do experimento, foram obtidos os preços máximos dos milhos para que as dietas experimentais tenham a mesma eficiência econômica da dieta com o milho referência (MC), na fase total de creche (6 a 15 kg). Os estudos bioeconômicos indicaram que os MCE, ML, MLE, MO e MOE foram inviáveis economicamente para substituir o MC.

Conclusões

A extrusão não melhorou os coeficientes de digestibilidade de energia (ED), nem de metabolização da energia (EM) dos milhos com diferentes perfis nutricionais. Os valores de ED e EM, na matéria natural, para MC, MCE, ML, MLE, MO e MOE, foram de 3.428 e 3.327; 3.439 e 3.355; 3.533 e 3.414; 3.515 e 3.427; 3.483 e 3.377; 3.585 e 3.482 kcal/kg, respectivamente.

Não houve vantagens, em termos de digestibilidade e desempenho, em se extrusar os milhos com diferentes perfis nutricionais, para uso em rações para leitões, de 6 a 15 kg de peso vivo.

Os resultados dos dois experimentos evidenciam a importância de segregar os milhos, extrusados ou não, em suas reais composições químicas e energéticas, bem como nos valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros, para a formulação de rações de leitões na fase inicial.

Os milhos MCE, ML, MLE, MO e MOE foram inviáveis economicamente para substituir o MC.

Citação Bibliográfica

- ADEOLA, O.; BAJJALIEH, N.L. Energy concentration of high oil corn varieties for pigs. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 430-436, 1997.
- BARBOSA, H.P.; TRINDADE NETO, M.A.; SORDI, I. M.P. et al. Efeitos dos processamentos do milho comum e da soja integral no desempenho de leitões desmamados aos 28 dias de idade. **Boletim da Indústria Animal**, v. 56, n. 1, p. 67-73, 1999.
- BARBOSA, F.F.; FERREIRA, A.S.; GATTÁS, G. et al. Níveis de plasma sanguíneo em pó em dietas para leitões desmamados aos 21 dias de idade. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p.1052-1060, 2007.
- BERTIPAGLIA, L.M.A.; MELO, G.M.P.; SUGOHARA, A. et al. Alterações bromatológicas em soja e milho processados por extrusão. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 11, p. 2003-2010, 2008.
- BRANCO, P.A.C.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T. et al. Milho e soja processados em rações de leitões dos 21 aos 56 dias de idade (desempenho e parâmetros morfológicos). **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 224-231, 2005.
- FADEL, J.G.; NEMANN, C.W.; NEWMAN, R.K. et al. Effects of extrusion cooking of barley on ileal and fecal digestibilities of dietary components in pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.68, p. 891-897, 1988.
- FERREIRA, V.P.A.; FERREIRA, A.S.; DONZELE, J.L. et al. Dietas para leitões em aleitamento e pós-desmame. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.753-760, 2001.
- GUIDONI, A.L.; ZANOTTO, D.L.; CLÁUDIO BELLAVER, C. Método alternativo na análise bioeconômica de experimentos com alimentação de suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p. 106-108.
- GROSSMANN, M.V.E.; EL-DASH, A.A.; CARVALHO, J.F. Extrusion cooking effects on hydration properties of manioc starch. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 31, p. 329-335, 1988.
- HERKELMAN, K.L.; RODHOUSE, S.L.; VEUM, T.L. et al. Effect of extrusion on ileal and fecal digestibilities of lysine in yellow corn in diets for young pigs. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 2814-2824, 1990.
- HOLAY, S.H.; HARPER, J.M. Influence of the extrusion shear environment on plant protein texturization. **Journal of Animal Science**, v.47, n. 6, p. 1869-1874, 1982.
- HONGTRAKUL, K.; GOODBAND, R.D.; BEHNKE, K.C. et al. The effects of extrusion processing of carbohydrate sources on weanling pig performance. **Journal of Animal Science**, v.76, p. 3034-3042, 1998.
- LAWRENCE, T.L.J. An evaluation of the micronization process for preparing cereals for the growing pig. 3. A note on the effect of micronization temperature on the nutritive value of wheat. **Animal Production**, v. 20, p.167-170, 1975.
- MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W. et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Research Report**, v.7, n.1, p.11-14, 1965.
- MENDES, W.S; SILVA, I.J; FONTES, D.O. et al. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56. n. 2, p. 207-213, 2004.
- MOREIRA, I.; ROSTAGNO, H.S.; TEIXEIRA,D. et al. Determinação dos coeficientes de digestibilidade, valores energéticos e índices de controle de qualidade do milho e

- soja integral processados a calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 23, n. 06, p. 916-929, 1994a.
- MOREIRA, I.; ROSTAGNO, H.S.; TAFURI, M.L. et al. uso de milho processado a calor na alimentação de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 23, n. 03, p. 412-421, 1994b.
- MOREIRA, I.; OLIVEIRA, G.C.; FURLAN, A.C. et al. Utilização da farinha pré-gelatinizada de milho na alimentação de leitões na fase de creche. digestibilidade e desempenho. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 440-448, 2001.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of swine**. 10.ed. Washington, D.C: National Academy of Sciences, 1998. 189p.
- OLIVEIRA, J.P.; CHAVES, L.J.; DUARTE, J. B. et al. Teor de proteína no grão em populações de milho de alta qualidade proteica e seus cruzamentos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 1, p. 45-51, 2004.
- O'QUINN, P.R.; NELSSSEN, J.L.; GOODBAND, R.D. et. al. Nutritional value of a genetically improved high-lysine, high-oil corn for young pigs. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 2144-2149, 2000.
- OTUTUMI, L.K.; FURLAN, A.C.; SCAPINELLO, C. et al. Digestibilidade e atividade enzimática intestinal de coelhos em crescimento alimentados com diferentes fontes de amido processados ou não por extrusão. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 2, p. 557-567, 2005.
- PEREIRA, J.R.A.; ROSSI, J.R.P. **Manual prático da avaliação nutricional dos alimentos**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1995. 25p.
- POORE, J.R.; ECK, T.P.; SWINGLE, R.S. et al. Total starch and relative starch availability of grains. In: BIENAL CONFERENCE ON RUMEN FUNCTION, 20, 1989, Chicago. **Proceedings...** Chicago: 1989. p.35.
- ROSTAGNO, H.S.; SILVA, D.J.; COSTA, P.M.A. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 2005. 186p.
- SALDIVAR, S.O.S.; ROONEY, L.W. Quality protein maize processing and perspectives for industrial utilization. In: LARKINS, B. A.; MERTZ, E. T. (Ed). **Quality Protein Maize**: USA: Purdue University Press, 1994. p. 1964-1994.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.
- SAYRE, R.N.; EARL, L.; KRATZER, F.H. et al. Effect of diets containing raw and extrusion cooked rice bran on growth and efficiency of food utilization of broilers. **British Poultry Science**, v. 29, p. 815-823, 1988.
- SCHERER, C. **Avaliação nutricional da semente de canola, extrusada ou não, para leitões em fase de creche**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2006. 35p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, 2006.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- SVIHUS, B.; UHLEN, A.K.; HARSTAD, O.M. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: a review. **Animal Feed Science and Technology**, n. 122, p. 303-320, 2005.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. SAEG, **System for Statistical and Genetic Analyses** (version 8.0), 2000. Universidade Federal de Viçosa-Viçosa, MG, Brazil.

IV – Milhos com Diferentes Perfis Nutricionais na Alimentação de Suínos na Fase de Crescimento e Terminação (30 a 90 kg)

RESUMO - Três experimentos foram conduzidos para determinar o valor nutricional e verificar o desempenho dos suínos em fases de crescimento e terminação (30 a 90 kg) alimentados com rações contendo milho comum (MC), alta lisina (ML) e alto óleo (MO). No ensaio de digestibilidade total (Exp. I) foram utilizados 12 suínos machos castrados. Os valores de energia digestível (ED) e os de energia metabolizável (EM), na matéria natural, para MC, ML e MO, foram: 3.396 e 3.275 kcal/kg; 3.248 e 3.139 kcal/kg; 3.445 e 3.308 kcal/kg, respectivamente. Para determinar os coeficientes de digestibilidade ileal aparente e verdadeiro dos aminoácidos, bem como os valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros dos MC, ML e MO, foi realizado um ensaio de digestibilidade ileal (Exp. II) com suínos machos castrados canulados (“T” simples). Os tratamentos constituíram de três dietas, tendo como única fonte de proteína um dos alimentos (MC, ML e MO). No experimento de desempenho (Exp. III), foram utilizados 36 suínos mestiços, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e 12 repetições. Os tratamentos consistiram em três rações: 1- ração à base de MC; 2- ração à base de ML e 3- ração à base de MO. Não foram observadas diferenças para as variáveis de desempenho e de carcaça entre os milhos com diferentes perfis nutricionais. Os resultados dos três experimentos evidenciaram a importância de segregar os milhos em suas reais composições químicas e energéticas, e os valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros, para a formulação de rações de suínos em crescimento e terminação.

Palavras-chave: alimento energético, carcaça, desempenho, estudos bioeconômicos, valores nutricionais

IV - Corns with Different Nutritional Profiles on Growing and Finishing Pigs Feeding (30 to 90 kg)

ABSTRACT - Three experiments were carried out to determine the nutritional value and to verify the pig performance in growing and finishing phases (30 to 90 kg) fed with diets containing common corn (CC), high-lysine corn (HLC) and high-oil corn (HOC). In the total digestibility trial (Exp. I) 12 barrows were used. The values of digestible energy (DE) and metabolizable energy (ME) as-fed basis for CC, HLC and HOC, were: 3,396 and 3,275 kcal/kg; 3,248 and 3,139 kcal/kg; 3,445 and 3,308 kcal/kg, respectively. In order to determine the apparent and true ileal digestibility coefficients of amino acids, as well as the values of true digestible amino acids of the CC, HLC and HOC, an ileal digestibility test was done (Exp. II) with T-cannulated barrows ("T" simple). The treatments consisted of three diets, with one of them as the sole source of protein (CC, HLC and HOC). In the performance experiment (Exp. III), 36 crossbred pigs, allotted in a completely randomized design with three treatments and 12 replications were used. The treatments consisted of three diets: 1 - basal CC; 2 – basal HLC and 3 – basal HOC. It was observed no difference for performance and carcass variables among the corns with different nutritional profiles. The results of the three experiments highlight the importance of segregating corns in their real chemical and energetic composition as well as the values of true digestible amino acids for the formulation of pig diets in growing and finishing phases.

Key Words: bioeconomic studies, carcass, energetic diets, nutritional values, performance

Introdução

O milho é um ingrediente de grande importância utilizado no preparo de rações para suínos no Brasil. Cerca de 80% da produção brasileira de milho é utilizada no preparo de rações para animais. É caracterizado como alimento energético (3.930 kcal de EB/kg), rico em amido (63,00%) e contém por volta de 8,00% de PB e 3,60% de extrato etéreo (Rostagno et al., 2005).

Atualmente, encontram-se no mercado novas variedades e híbridos de milho, desenvolvidos com o melhoramento e a manipulação genética pela introdução de tecnologias de biologia molecular, os quais apresentam perfil nutricional superior em relação aos genótipos tradicionais, sendo, portanto adequados à alimentação animal.

O milho com alto teor de lisina contém 0,35% de lisina, despertando o interesse de seu uso na alimentação de suínos por reunir boas qualidades do milho normal e conteúdo superior de triptofano (Saldivar & Rooney, 1994). Já o milho com alto teor de óleo contém 6,40% de extrato etéreo (Rostagno et al., 2005), o que eleva o valor energético, permitindo formular rações com maior densidade energética e podendo melhorar o desempenho dos animais.

As dietas de suínos são formuladas com valores descritos em tabelas de composição de alimentos, embora, o perfil nutricional médio do milho possa diferir. Assim, tem-se buscado constantemente a formulação de dietas com valores mais próximos a composição química e energética dos diferentes tipos de milhos disponíveis no mercado (Vieira et al., 2007).

É também necessário conhecer a quantidade de aminoácidos presentes no milho e a quantidade biologicamente disponível (Tanksley & Knabe, 1993). Entretanto, valores relativos à digestibilidade ileal dos aminoácidos devem ser preferidos, em função das possíveis interferências da flora bacteriana no metabolismo de aminoácidos no intestino grosso (Fan & Sauer, 1995).

A formulação de rações baseada em aminoácidos digestíveis verdadeiros tem sido utilizada pelos nutricionistas, principalmente pela necessidade de se otimizar o uso de matérias-primas de alto custo e garantir um aporte equivalente de aminoácidos digestíveis pela correção das deficiências com a suplementação de aminoácidos sintéticos (Sakomura & Rostagno, 2007).

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o uso de milhos com diferentes perfis nutricionais, em rações práticas de suínos na fase de crescimento e

terminação, e seus efeitos sobre o desempenho e melhoria na qualidade da carcaça e possível retorno econômico.

Material e Métodos

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

Três milhos com diferentes perfis nutricionais foram utilizados: milho comum (MC) - híbrido BR1030, obtido na Embrapa CNPMS; milho alta lisina (ML) - variedade BR473, em desenvolvimento pela Embrapa CNPMS e milho alto óleo (MO) - híbrido DAS766, da empresa sementeira DowAgroScience.

Os três milhos foram moídos utilizando peneiras com furos de 2 mm de diâmetro. As composições químicas e energéticas do MC, do ML, do MO, das rações e das fezes foram obtidas no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal da Universidade Estadual de Maringá (LANA-DZO/UEM). As análises de matéria seca, proteína bruta, cinzas, cálcio, fósforo total e extrato etéreo foram realizadas conforme as metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002). As determinações de amido, dos alimentos, das rações e fezes; foram realizadas de acordo com o método enzimático proposto por Poore et al. (1989), adaptado por Pereira & Rossi (1995). Os valores de energia bruta foram determinados por meio de calorímetro adiabático (Parr Instrument Co. AC720), segundo os procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002).

Experimento III - Ensaio de digestibilidade total

Inicialmente, os três milhos (MC, ML e MO) foram analisados para MS, EB, PB, MO, EE, amido, Cinzas, Ca e Pt e aminoácidos totais (Tabelas 9 e 11).

Um ensaio de digestibilidade total foi conduzido durante o período de agosto a setembro de 2007, utilizando 12 suínos mestiços de linhagem comercial, machos castrados, com peso vivo inicial de $44,17 \pm 0,84$ kg. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo semelhantes tipo "Pekas", em sala com ambiente controlado e temperaturas ambiente médias com mínima de 18°C e máxima de 24°C.

Os alimentos avaliados foram o MC, ML e MO, os quais substituíram 30% da ração referência, resultando em três rações testes (RT). A ração referência, à base de

milho e farelo de soja, foi calculada para atender as exigências indicadas no NRC (1998).

Quatro rações foram estudadas: 1 - Ração Referência (RR); 2 - RR (70%) + MC (30%); 3 - RR (70%) + ML (30%); 4 - RR (70%) + MO (30%).

As coletas foram realizadas em dois períodos, o primeiro período foi de sete dias para adaptação as dietas e as gaiolas e cinco dias de coleta de fezes e urina, com um intervalo de três dias, seguido do segundo período com cinco dias de coleta. Do primeiro para o segundo período, os tratamentos foram redistribuídos para evitar que o mesmo animal recebesse a mesma dieta em repetições consecutivas.

Os demais procedimentos de fornecimento das dietas, coleta de fezes e urina foram realizados de acordo com Sakomura & Rostagno (2007).

Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB), da matéria orgânica (CDMO), da energia bruta (CDEB) e o coeficiente de metabolização da energia bruta (CMEB), dos milhos com diferentes perfis nutricionais foram calculados conforme Matterson et al. (1965), e obtendo assim, os valores de matéria seca digestível (MSD), proteína bruta digestível (PD), matéria orgânica digestível (MOD), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos testes, seis repetições e a unidade experimental constituída por um suíno. Para avaliar diferenças entre os coeficientes de digestibilidade do MC, ML, e MO, os dados foram submetidos à análise de variância e teste de médias (teste de Newman-Keuls, $P < 0,05$), utilizando o pacote estatístico SAEG (UFV, 2000), de acordo com o seguinte modelo estatístico: $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ em que: Y_{ij} = coeficientes de digestibilidade do tratamento i , da repetição j ; μ = constante associada a todas as observações; T_i = efeito do tipo do alimento i , sendo $i = 1; 2; 3$; ($1 = MC, 2 = ML, 3 = MO$); e ij = erro aleatório associado a cada observação.

Experimento IV - Ensaio de digestibilidade ileal

Os MC, ML e MO foram analisados quanto à composição aminoacídica (Tabela 11).

O experimento de digestibilidade ileal foi realizado nos períodos de agosto a outubro de 2007. As temperaturas externas mínimas médias foram de $13,9 \pm 3,0^\circ\text{C}$ e $19,1 \pm 2,4^\circ\text{C}$ e as máximas médias foram de $25,9 \pm 3,8^\circ\text{C}$ e $30,0 \pm 4,0^\circ\text{C}$,

respectivamente. As umidades relativas do ar médias, na fase de crescimento e terminação, pela manhã foram de $71,5 \pm 14,9\%$ e $73,6 \pm 13,5\%$ e pela tarde foram de $45,9 \pm 13,5\%$ e $46,6 \pm 16,9\%$, respectivamente.

Foram utilizados três suínos mestiços de linhagem comercial, com $46,3 \pm 2,12$ kg de PV, os quais foram submetidos à cirurgia para implantação da cânula “T” simples, conforme procedimentos descritos por Bellaver (1989). Após a cirurgia, os animais foram transferidos individualmente para baias de concreto ($3,80 \text{ m}^2$ /cada), possuindo bebedouro tipo chupeta no fundo e comedouro semiautomático localizado na parte frontal, o que proporcionou livre acesso a ração e água. Estes animais ficaram em recuperação por 20 dias.

Os tratamentos constituíram de três dietas, tendo como única fonte de proteína um dos alimentos (MC, ML e MO), e uma dieta isenta de proteína (DIP) para determinação da perda endógena de aminoácidos, perfazendo um total de quatro dietas.

As dietas testes contendo os três milhos (MC, ML e MO) foram formuladas de acordo com Rostagno et al. (2005) e Apolônio et al. (2003). A ração teste foi composta por milho (85,00%), amido (9,88%), casca de arroz (1,50%), óleo de soja (1,00%), fosfato bicálcico (1,20%), calcário (0,42%), sal (0,35%), suplemento vitamínico mineral (0,15%) e óxido de cromo (0,50%). Já a dieta isenta de proteína (DIP) foi composta por amido (50,1%), açúcar (39,9%), casca de arroz (5,0%), fosfato bicálcico (1,24%), calcário (0,7%), óleo de soja (2,0%), sal comum (0,3%), suplemento vitamínico mineral (0,30%) e óxido de cromo (0,5%).

Inicialmente, foi realizado o período de coleta das digestas da dieta isenta de proteína (DIP). Os animais apresentaram peso médio de $57,0 \pm 0,71$ kg e foram submetidos a cinco dias de adaptação para regulação do fluxo intestinal e um dia de coleta da digesta. Os procedimentos de fornecimento das dietas, coleta e processamento da digesta foram feitos de acordo com Sakomura & Rostagno (2007).

Posteriormente, foi realizada a coleta das digestas dos três alimentos (MC, ML e MO). Os animais foram submetidos a seis períodos experimentais, alternando a sequência dos alimentos pelos animais por período, totalizando seis repetições/alimento. A duração do primeiro período de digestibilidade foi de seis dias, sendo cinco dias de adaptação e um dia de coleta da digesta. Nos períodos seguintes foram três dias de adaptação a dieta e um dia de coleta da digesta.

As amostras analisadas de cada alimento foram compostas da digesta das seis repetições realizadas ao longo dos seis períodos.

Os teores de MS e cromo nas digestas, dietas experimentais e DIP foram determinados de acordo com as metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002), e os aminoácidos dos alimentos, rações e fezes foram determinados por meio de HPLC, conforme o indicado por AOAC (1990).

A determinação da digestibilidade ileal dos aminoácidos foi calculada com base nos níveis de cromo (Cr), nas dietas e digestas dos suínos, por meio do cálculo do fator de indigestibilidade (FI), conforme fórmulas descritas por Sakomura & Rostagno (2007).

Para determinar os coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos, dos milhos com diferentes perfis nutricionais, utilizaram-se os valores de perda endógena de aminoácidos obtidos com os animais que receberam a DIP.

Experimento V - Experimento de desempenho utilizando milhos com diferentes perfis nutricionais

Obtida a composição química, valores energéticos e valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros do MC, ML e MO, estes foram utilizados nas formulações das rações do experimento de desempenho na fase de crescimento e terminação (30 – 60 kg de PV e 60 – 90 kg de PV).

Foram utilizados 36 suínos mestiços de linhagem comercial, com peso inicial de $31,12 \pm 4,07$ e final de $60,66 \pm 6,17$ kg na fase de crescimento e peso final de $91,11 \pm 5,49$ kg na fase de terminação.

Os experimentos de crescimento e terminação foram realizados nos períodos de março a junho de 2008. As temperaturas externas mínimas médias foram de $19,1 \pm 1,3^{\circ}\text{C}$ e $12,5 \pm 4,27^{\circ}\text{C}$ e as máximas médias foram de $29,3 \pm 2,20^{\circ}\text{C}$ e $21,5 \pm 3,51^{\circ}\text{C}$, respectivamente. As umidades relativas do ar médias, nas fases de crescimento e terminação, pela manhã foram de $82,4 \pm 11,6\%$ e $87,4 \pm 7,61\%$ e pela tarde foram de $58,3 \pm 12,60\%$ e $68,2 \pm 12,94\%$, respectivamente.

Os animais foram alojados em galpões de alvenaria, cobertos com telhas de fibrocimento, contendo 20 baias ($3,80 \text{ m}^2$ /cada), com bebedouros tipo chupeta no fundo e comedouro semiautomático localizado na parte frontal. As rações e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental.

Os tratamentos consistiram de três rações (Tabelas 7 e 8), sendo: 1 - ração à base de milho comum (MC), 2 - ração à base de ML e 3 - ração à base de MO. As rações tiveram os mesmos níveis nutricionais e atenderam as recomendações do NRC (1998).

Tabela 7 - Composição centesimal, energética e química das rações experimentais de suínos na fase de crescimento, contendo milhos com diferentes perfis nutricionais

Itens	Milho comum	Milho alta lisina	Milho alto óleo
Milho	75,73	77,75	74,21
Farelo de soja	20,00	15,70	22,10
Óleo de soja	1,850	4,000	1,250
Calcário	0,870	0,900	0,830
Fosfato bicálcico	0,665	0,665	0,685
Sal comum	0,400	0,400	0,400
Suplemento vitamínico e mineral ¹	0,300	0,300	0,300
L-Lisina HCL, 99%	0,171	0,187	0,159
DL-Metionina, 99%	0,010	0,095	0,062
Promotor de crescimento ²	0,005	0,005	0,005
Valores calculados ³			
Energia metabolizável ³ , kcal/kg	3.260	3.260	3.260
Lisina digestível ³ , %	0,81	0,81	0,81
Metionina+cistina digestível ³ , %	0,47	0,47	0,47
Treonina digestível ³ , %	0,51	0,51	0,51
Cálcio ³ , %	0,55	0,55	0,55
Fósforo disponível ³ , %	0,21	0,21	0,21

¹ Composição por kg do produto®: Vit A, 2.333.000 UI; Vit D3, 466.667 UI; Vit E, 5.000 UI; Vit K3, 667mg; Vit B1, 333mg; Vit B2, 1.000mg; Vit B6, 400mg; Vit B12, 4.000mcg; Niacina, 6.666mg; Ac. Pantotênico, 4.000mg; Biotina, 17mg; Ac. Fólico, 67mg; Colina, 43g; Ferro, 26.667mg; Cobre, 41.667mg; Cobalto, 183mg; Manganês, 16.667mg; Zinco, 26.667mg; Selênio, 67mg; Iodo, 267mg; Antioxidante, 27g; veículo q.s.p., 1.000 g. ² Leucomag (*Leucomicina*, 30%); ³ Calculados com base na composição dos alimentos indicados por Rostagno et al. (2005).

Para os cálculos foram utilizados a composição química, energética e aminoacídica dos milhos com diferentes perfis nutricionais (Tabelas 9, 10, 11, 12 e 13). Para os demais ingredientes, a composição química e energética foram as indicadas por Rostagno et al. (2005). Foi adicionado L-lisina, DL-metionina e L-treonina, atendendo ao padrão de proteína ideal, em termos de aminoácidos digestíveis, conforme indicado pelo NRC (1998).

Os suínos foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com três tratamentos e 12 repetições, tanto na fase de crescimento quanto na terminação. A unidade experimental foi formada pela baía com um animal. Ao final da fase de crescimento, os animais foram redistribuídos nas unidades experimentais e tratamentos, para a fase de terminação.

Tabela 8 - Composição centesimal, energética e química das rações experimentais fornecidas aos suínos na fase de terminação, contendo milhos com diferentes perfis nutricionais

Itens	Milho comum	Milho alta lisina	Milho alto óleo
Milho	85,01	84,02	80,12
Farelo de soja, 45%	11,25	10,00	17,00
Fosfato bicálcico	0,514	0,488	0,488
Calcário	0,868	0,888	0,828
Óleo de soja	1,500	3,820	0,850
Sal comum	0,400	0,400	0,400
Suplemento vitamínico e mineral ¹	0,150	0,150	0,150
L-Lisina HCL, 99%	0,265	0,168	0,130
DL-Metionina, 99%	0,000	0,063	0,025
L-Treonina, 98%	0,045	0,000	0,000
Promotor de crescimento ²	0,005	0,005	0,005
Valores calculados ³			
Energia metabolizável ³ , kcal/kg	3.260	3.260	3.260
Lisina digestível ³ , %	0,67	0,67	0,67
Metionina+cistina digestível ³ , %	0,39	0,39	0,39
Treonina digestível ³ , %	0,44	0,44	0,44
Cálcio ³ , %	0,49	0,49	0,49
Fósforo disponível ³ , %	0,17	0,17	0,17

¹- Composição por kg do produto®: Vit A, 2.666.660 UI; Vit D3, 533.300 UI; Vit E, 4.667 UI; Vit K3, 1.200mg; Vit B1, 200mg; Vit B2, 13.336mg; Vit B6, 133mg; Vit B12, 6.667mcg; Niacina, 10.000mg; Ac. Pantotênico, 666.666mg; Biotina, 20mg; Ac. Fólico, 34mg; Colina, 62g; Ferro, 40mg; Cobre, 86.805mg; Cobalto, 334mg; Manganês, 30.000mg; Zinco, 46.666mg; Selênio, 67mg; Iodo, 400mg; Antioxidante, 40g; veículo q.s.p., 1.000 g.; ² Leucomag (*Leucomicina*, 30%); ³-Calculados com base na composição dos alimentos indicados por Rostagno et al. (2005).

Os animais foram pesados no início e no final do experimento e o consumo total de ração computado, o que permitiu calcular o consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e a conversão alimentar (CA) de cada unidade experimental. 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®).

Ao final da fase de terminação, todos os suínos foram abatidos no abatedouro da Fazenda Experimental de Iguatemi-FEI/UEM. As carcaças foram resfriadas (1-2°C) por 24h para posteriormente serem submetidas à avaliação quantitativa, conforme o Método Brasileiro de Classificação de Carcaça (ABCS, 1973). Para avaliação qualitativa da carcaça foram retiradas amostras do *M. Longissimus dorsi* na região da 8ª e 10ª vértebras para posterior mensuração de gordura intramuscular, ou seja, do marmoreio e perda de água por gotejamento, conforme Bridi & Silva (2006). As áreas do *M. Longissimus dorsi* e de gordura foram determinadas utilizando mesa digitalizadora e software SPRING (Câmara et al., 1996).

A análise econômica foi calculada pela seguinte expressão adaptada de Guidoni et al. (1997):

$$PMM \leq [PRS (\text{Ganho}_i - \text{Ganho}_0) - \sum_{j \neq L=1}^N P_j (C_{ji} * CR_i - C_{j0} * CR_0)] / (C_{li} * CR_i)$$

onde: PMM = preço máximo do milho (ML e MO) para que a dieta em que será usado tenha a mesma eficiência econômica que a dieta referência (MC); PRS = preço do kg de suíno; Ganho_i = ganho de peso médio dos suínos do tratamento contendo o milho (ML ou MO); Ganho_0 = ganho de peso médio dos suínos do tratamento referência (MC); P_j = preço dos ingredientes restantes em cada dieta; C_{ji} = porcentagem do ingrediente j na dieta i; CR_i = consumo de ração médio total por animal inerente a dieta i; C_{j0} = porcentagem do ingrediente j na dieta referência; CR_0 = consumo de ração médio total por animal referente à dieta referência; C_{li} = porcentagem de milho (ML ou MO) na dieta i.

Foram utilizados os preços dos insumos da região de Maringá/PR (preços vigentes em 02/2008) para calcular os custos das rações experimentais. O preço do milho comum (MC) foi R\$ 0,41/kg, do farelo de soja R\$ 0,76/kg, óleo de soja R\$ 2,85/kg, calcário R\$ 0,160/kg, fosfato bicálcico R\$ 2,10/kg, sal comum R\$ 0,34/kg, suplemento vitamínico e mineral para suínos na fase de crescimento R\$ 5,00/kg, suplemento vitamínico e mineral para suínos na fase terminação R\$ 6,40/kg, L-lisina R\$ 7,08/kg, DL-metionina R\$ 24,00/kg, L-treonina R\$ 8,25/kg e promotor de crescimento R\$ 135,00/kg. O preço do kg do suíno foi de R\$ 3,50.

Os resultados das diferentes variáveis foram submetidos à análise de variância e teste de médias (teste de Newman-Keuls, $P < 0,05$). As observações foram analisadas, com o seguinte modelo estatístico: $Y_{ijk} = \mu + M_j + e_{ijk}$, em que Y_{ij} = valor observado das variáveis estudadas, relativo a cada indivíduo j, recebendo o milho i; μ = constante geral; M_j = efeito do tipo de milho j (j = 1, 2 e 3); e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação. As análises estatísticas foram efetuadas utilizando o pacote estatístico SAEG (UFV, 2000).

Resultados e Discussão

Como já era esperado, o ML apresentou diferença em termos percentuais, do teor de proteína bruta (29,61%), lisina (57,74%) e treonina (33,62%) superior ao MC, e o

MO apresentou diferença percentual do teor de extrato etéreo (5,59%) superior comparado ao MC quando convertido para mesma base de MS (Tabela 9).

O ML convertido para a mesma base de MS do milho e milho alta lisina constante nas tabelas de Rostagno et al. (2005) apresentou teor de PB superior (20,21 e 20,21%), bem como para lisina e treonina, de 63,48 e 12,10; 16,32 e 9,48%, respectivamente. Da mesma forma, o MO apresentou teor de extrato etéreo superior (20,98%) comparado ao milho (Rostagno et al., 2005), entretanto quando comparado ao milho alta gordura das referidas tabelas e milho DAS766 (Silva et al., 2006) foi inferior em 31,76 e 9,74%, respectivamente.

Tabela 9 - Composição química e energética dos milhos com diferentes perfis nutricionais

Itens	Milho comum		Milho alta lisina		Milho alto óleo	
	MS ^a	MN ^b	MS ^a	MN ^b	MS ^a	MN ^b
Matéria seca, %	100,00	88,88	100,00	87,90	100,00	86,97
Energia bruta, kcal/kg	4.413	3.923	4.458	3.919	4.517	3.929
Proteína bruta, %	8,66	7,70	11,23	9,87	8,46	7,36
Cálcio, %	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Fósforo total, %	0,24	0,21	0,28	0,25	0,21	0,18
Fósforo disponível, %	0,08	0,07	0,09	0,08	0,07	0,06
Matéria mineral, %	1,35	1,20	1,45	1,27	1,41	1,22
Matéria orgânica, %	98,65	87,68	98,55	86,63	98,59	85,74
Extrato etéreo, %	4,75	4,22	4,58	4,03	5,01	4,36
Amido, %	74,65	66,35	69,40	61,01	69,96	60,84

^a Matéria seca; ^b Matéria natural.

De maneira geral, os resultados de composição química obtidos encontram-se entre os valores mínimos e máximos apresentados por Noblet & van Mileen (2004). Estas possíveis variações nos teores dos nutrientes entre os milhos podem ser atribuídas a diversos outros fatores, como o potencial genético das sementes para esse atributo, o nível de adubação utilizado (especialmente N), a fertilidade do solo e as condições climáticas (Noblet & van Mileen, 2004).

Experimento III - Ensaio de digestibilidade total

Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) nos coeficientes de digestibilidade da MS, da PB, da MO e no coeficiente de metabolização da EB entre os três milhos. Entretanto, o coeficiente de digestibilidade da EB foi superior ($P<0,05$) para o MO e inferior para o ML (Tabela 10).

Comparando os CDEB e CMEB do MC e MO aos apresentados nas tabelas da Embrapa (1991) e Rostagno et al. (2005), para milho seco comum (87,59 e 88,15 para CDEB e 83,37 e 85,10% para CMEB, respectivamente), observa que os MC e MO possuem valores semelhantes à tabelas brasileiras. Ao comparar os CDEB e CMEB do MO aos publicados por Silva et al. (2006) para o milho DAS766 (89,88 para CDEB e 88,02% para CMEB), nota-se que o valores de MO são inferiores.

Tabela 10 - Coeficientes de digestibilidade aparente (CD), coeficiente de metabolização (CM) e valores digestíveis de nutrientes do milho comum, milho alta lisina e milho alto óleo estudados na fase crescimento¹

Digestibilidade (%)	Milho comum		Milho alta lisina		Milho alto óleo	
CD da Matéria seca	94,75		98,52		97,72	
CD da Proteína bruta	86,43		90,09		87,09	
CD da Matéria orgânica	94,41		96,74		96,52	
CD da Energia bruta	86,57ab		82,88b		87,69a	
CM da Energia bruta	83,48		80,1		84,20	
Nutrientes digestíveis	MS ²	MN ³	MS ²	MN ³	MS ²	MN ³
Matéria seca digestível, %	-	74,85	-	76,12	-	73,92
Proteína digestível, %	7,49	6,66	10,12	8,89	7,37	6,41
Matéria orgânica digestível, %	93,13	82,78	95,33	83,80	95,15	82,76
Energia digestível, kcal/kg	3.821	3.396	3.695	3.248	3.961	3.445
Energia metabolizável, kcal/kg	3.684	3.275	3.571	3.139	3.804	3.308
EM:ED	0,96		0,97		0,96	

¹-Valores de CD com letras diferentes na mesma linha são diferentes (P<0,05); ²- Matéria seca; ³- Matéria natural.

Entretanto, ao comparar os três milhos estudados (MC, ML e MO) entre si, o MO foi o que apresentou maior teor de EE (Tabela 9) e assim, apresentou melhor digestibilidade da energia e melhores valores de ED e EM. O mesmo foi observado por Adeola & Bajjalieh (1997) ao estudarem diferentes híbridos de milhos com elevado teor de óleo, encontraram variação de 3.400 a 3.570 kcal ED/kg comparado a 3.290 kcal ED/kg do milho comum.

O ML apresentou (Tabela 10) menores CDEB e CMEB, comparado ao MO, bem como aos valores na tabela de Rostagno et al. (2005), para milho alta lisina (89,76 para CDEB e 87,25% para CMEB). Estes resultados são semelhantes aos publicados por Burgoon et al. (1992) que ao estudarem milho comum, milho QPM (quality protein maize) e dois tipos de milho com alto teor proteico, encontraram CDEB de 89% para todos os milhos estudados.

A relação EM:ED dos três milhos estudados apresentou valor médio de 0,96, estando de acordo com o descrito por NRC (1998), Noblet & van Mileen (2004) e Pozza et al. (2005).

Experimento IV - Ensaio de digestibilidade ileal

Os valores dos aminoácidos dos milhos foram semelhantes para o MC e MO, entretanto, os valores de alguns aminoácidos essenciais (lisina e treonina, arginina, histidina e valina) do ML foram superiores em relação aos demais milhos (Tabela 11).

Tabela 11 - Composição aminoacídica¹ dos milhos com diferentes perfis nutricionais utilizados nos experimentos nas fases de crescimento e terminação

Aminoácido (%)	Milho comum		Milho alta lisina		Milho alto óleo	
	MS ^a	MN ^b	MS ^a	MN ^b	MS ^a	MN ^b
Aminoácidos essenciais (AAE)						
Arginina	0,52	0,46	0,81	0,71	0,44	0,38
Fenilalanina	0,48	0,43	0,57	0,50	0,43	0,37
Histidina	0,24	0,21	0,41	0,36	0,28	0,24
Isoleucina	0,35	0,31	0,43	0,38	0,31	0,27
Leucina	1,00	0,89	0,99	0,87	0,94	0,82
Valina	0,46	0,41	0,61	0,54	0,45	0,39
Lisina	0,28	0,25	0,44	0,39	0,25	0,22
Treonina	0,32	0,28	0,42	0,37	0,29	0,25
Metionina	0,27	0,24	0,22	0,19	0,21	0,18
Metionina + cistina	0,37	0,33	0,33	0,29	0,29	0,25
Aminoácidos não essenciais (AANE)						
Ácido aspártico	0,60	0,53	0,83	0,73	0,53	0,46
Alanina	0,68	0,60	0,69	0,61	0,61	0,53
Ácido glutâmico	1,67	1,48	1,89	1,66	1,59	1,38
Cistina	0,10	0,09	0,11	0,10	0,08	0,07
Glicina	0,34	0,30	0,49	0,43	0,31	0,27
Serina	0,39	0,35	0,47	0,41	0,37	0,32
Tirosina	0,36	0,32	0,40	0,35	0,32	0,28

¹Análise realizada no laboratório CBO Análises - Campinas/SP, ^a Matéria seca; ^b Matéria natural.

A composição aminoacídica dos três milhos e para os coeficientes de digestibilidade aparente (CDap), coeficientes de digestibilidade verdadeira (CDv) e os valores dos aminoácidos digestíveis verdadeiros (Tabelas 12 e 13) apresentam valores próximos se comparados aos valores apresentados por Rostagno et al. (2005) para milho, milho alta lisina e milho alta gordura e aos valores de aminoácidos listados por Fontes et al. (2007) para milho comum e milho alta proteína.

Importante considerar a variação na digestibilidade dos aminoácidos dentro de cada tipo de milho. Sauer & Ozimek (1986) citam variações de 71% a 82% para a lisina no milho comum. Essa variação pode ser ainda maior se considerados os valores encontrados para lisina no milho por Pedersen et al. (2007) e por AFZ (2000) que foram de 68,5 e 80% respectivamente.

Tabela 12 - Coeficientes de digestibilidade aparente (CDap) e de digestibilidade verdadeira (CDv) dos aminoácidos dos milhos com diferentes perfis nutricionais utilizados nas fases crescimento e terminação

Aminoácido	Milho comum		Milho alta lisina		Milho alto óleo	
	CDap	CDv	CDap	CDv	CDap	CDv
Aminoácidos essenciais (AAE)						
Arginina	87,46	90,89	86,83	88,57	75,52	79,79
Fenilalanina	94,04	96,06	93,00	94,37	90,55	92,96
Histidina	96,39	98,39	92,07	92,98	87,41	89,21
Isoleucina	92,29	95,80	91,36	93,60	87,63	91,77
Leucina	95,15	96,68	93,27	94,50	92,54	94,24
Valina	91,33	94,79	90,61	92,67	86,14	89,88
Lisina	84,85	90,24	85,54	88,24	72,90	79,19
Treonina	89,59	95,70	89,39	93,01	83,78	90,81
Metionina	94,90	96,59	92,49	94,16	90,28	92,60
Metionina + cistina	90,99	93,14	85,73	87,64	81,56	84,47
Média (AAE)	91,78	95,02	90,51	92,46	85,19	88,94
Aminoácidos não essenciais (AANE)						
Ácido aspártico	93,84	97,12	90,71	92,57	84,97	88,85
Alanina	90,87	94,32	86,31	88,97	83,65	87,67
Ácido glutâmico	94,17	95,86	92,56	93,74	93,84	95,69
Cistina	80,58	83,95	72,87	75,25	59,12	63,58
Glicina	61,54	71,97	57,00	62,70	24,04	35,94
Serina	89,68	94,60	87,46	90,76	83,11	88,64
Tirosina	92,35	94,89	91,84	93,66	88,08	91,05
Média (AANE)	86,15	90,39	82,68	85,38	73,83	78,77

Uma grande parte dessa variação pode estar relacionada com o conteúdo relativamente baixo de aminoácidos nos grãos de cereais (Fontes et al., 2007). Pequenas mudanças nos níveis de aminoácidos endógenos podem explicar grandes variações nos valores de digestibilidade aparente dos aminoácidos, uma vez que esta é expressa como porcentagens, principalmente para os que ocorrem em pequenos níveis nos grãos como lisina e triptofano e para aqueles que se encontram em concentrações relativamente elevadas nas secreções endógenas como a treonina, glicina e prolina.

Tabela 13 - Valores dos aminoácidos digestíveis verdadeiros dos milhos com diferentes perfis nutricionais utilizados nas fases crescimento e terminação

Aminoácidos digestíveis verdadeiros, %	Milho comum		Milho alta lisina		Milho alto óleo	
	MS ¹	MN ²	MS ¹	MN ²	MS ¹	MN ²
Aminoácidos essenciais (AAE)						
Arginina digestível	0,47	0,42	0,72	0,63	0,35	0,30
Fenilalanina digestível	0,46	0,41	0,54	0,47	0,40	0,34
Histidina digestível	0,23	0,21	0,38	0,33	0,25	0,21
Isoleucina digestível	0,33	0,30	0,40	0,36	0,28	0,25
Leucina digestível	0,97	0,86	0,94	0,82	0,89	0,77
Valina digestível	0,44	0,39	0,57	0,50	0,40	0,35
Lisina digestível	0,25	0,23	0,39	0,34	0,20	0,17
Treonina digestível	0,30	0,27	0,39	0,34	0,26	0,23
Metionina digestível	0,26	0,23	0,20	0,18	0,19	0,17
M + C digestível	0,35	0,31	0,29	0,25	0,24	0,21
Aminoácidos não essenciais (AANE)						
Ac. aspártico digestível	0,58	0,51	0,77	0,68	0,47	0,41
Alanina digestível	0,64	0,57	0,62	0,54	0,53	0,46
Ac. glutâmico digestível	1,60	1,42	1,77	1,56	1,52	1,32
Cistina digestível	0,09	0,08	0,09	0,08	0,05	0,04
Glicina digestível	0,24	0,22	0,31	0,27	0,11	0,10
Serina digestível	0,37	0,33	0,42	0,37	0,33	0,28
Tirosina digestível	0,34	0,30	0,37	0,33	0,29	0,25

¹Matéria seca; ²Matéria natural.

Além disso, as diferenças na composição e digestibilidade de aminoácidos podem ser devido a vários outros fatores como variedade do grão, aplicação de fertilizantes e condições ambientais (Mosenthin et al., 2000). Esses fatores alteram as quantidades totais e relativas das principais proteínas da semente (albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas), resultando, em alterações na digestibilidade dos aminoácidos.

Experimento V - Experimento de desempenho utilizando milhos com diferentes perfis nutricionais

Nas fases de crescimento e terminação, as variáveis CDR, GDP, CA, ET e PL foram semelhantes para os milhos com diferentes perfis nutricionais (Tabela 14). Da mesma forma, na fase de terminação, as variáveis de carcaça (Tabela 15) foram semelhantes ($P > 0,05$), o que já era esperado.

Esta resposta semelhante provavelmente seja em função das rações serem isonutritivas (isoenergéticas, isofosfóricas, isocalcíticas, isoaminoacídicas para lisina, metionina + cistina e treonina), uma vez que para a formulação das rações, utilizaram-se valores químicos e energéticos reais, bem como os aminoácidos digestíveis verdadeiros

dos milhos com diferentes perfis nutricionais, determinados nos ensaios de digestibilidade ileal. Isso proporcionou formular rações que atendessem adequadamente as exigências nutricionais propostas pelo NRC (1998), e assim, os suínos nas fases de crescimento e terminação apresentaram desempenho e características de carcaça semelhantes.

Tabela 14 - Consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP), conversão alimentar (CA), espessura de toucinho na P2 (ET-P2), profundidade de lombo (PL) de suínos na fase de crescimento e terminação e o preço máximo do milho com diferente perfil nutricional (PMM)

Itens	Milho comum ¹	Milho alta lisina ¹	Milho alto óleo ¹	AV ²
Crescimento				
CDR, kg	1,912 ± 0,080	1,827 ± 0,059	1,942 ± 0,049	NS
GDP, kg	0,784 ± 0,031	0,772 ± 0,029	0,797 ± 0,018	NS
CA	2,44 ± 0,039	2,38 ± 0,057	2,44 ± 0,051	NS
ET-P2, mm	8,41 ± 0,690	8,58 ± 0,416	8,67 ± 0,512	NS
PL, mm	45,3 ± 1,647	45,8 ± 1,537	44,7 ± 1,644	NS
PMM, R\$	0,41	0,43	0,46	-
Terminação				
CDR, kg	2,645 ± 0,112	2,510 ± 0,081	2,630 ± 0,093	NS
GDP, kg	0,956 ± 0,040	0,922 ± 0,317	0,969 ± 0,408	NS
CA	2,77 ± 0,034	2,73 ± 0,484	2,73 ± 0,060	NS
ET-P2, mm	10,9 ± 0,809	10,4 ± 0,900	10,6 ± 0,514	NS
PL, mm	54,0 ± 0,843	53,5 ± 1,998	53,8 ± 1,548	NS
PMM, R\$	⁽³⁾	⁽⁴⁾	0,48	-

¹Média ± EPM; ²AV - Análise de variância; ³ Preço do milho = R\$ 0,41/kg; ⁴ Inviável economicamente sua substituição por MC; NS - Não Significativo (P>0,05).

Estes resultados estão de acordo com o encontrado por Spurlock et al. (1997), Lima et al. (2003) e Silva et al. (2006) que não encontraram diferenças no CDR e GDP de suínos em crescimento e terminação alimentados com ração, contendo substituição total do milho comum por milho maior teor de óleo.

A maioria das pesquisas avaliando milho de alto teor de óleo tem sido com animais de crescimento e terminação por causa do seu maior valor energético (Spurlock et al., 1997; Snow et al., 1998). Normalmente, os animais adultos (acima de 50 kg de peso vivo) têm boa capacidade de utilização da gordura dietética suplementar (Adeola & Bajjalieh, 1997; O'Quinn et al., 2000). Além do fator idade, Adeola & Bajjalieh (1997) destacam a adequação de outros nutrientes dietéticos e a relação nutriente:caloria para justificar as diferentes respostas no desempenho com a adição de gordura dietética.

Tabela 15 - Avaliação da carcaça de suínos na fase de terminação alimentados com rações, contendo milhos com diferentes perfis nutricionais

Itens ¹	Milho comum ²	Milho alta lisina ²	Milho alto óleo ²	AV ³
PF,kg	92,9 ± 1,528	90,3 ± 1,253	92,0 ± 1,331	NS
PA, kg	89,8 ± 1,525	87,8 ± 1,244	89,3 ± 1,312	NS
CC, cm	90,5 ± 0,761	90,4 ± 0,528	89,8 ± 0,771	NS
ET, mm	29,7 ± 0,979	29,4 ± 0,108	28,6 ± 0,106	NS
QJ, %	3,33 ± 0,184	2,79 ± 0,275	2,92 ± 0,225	NS
PCQ, kg	73,8 ± 1,332	72,6 ± 1,013	73,2 ± 1,224	NS
RCQ, %	82,2 ± 0,710	82,7 ± 0,248	82,0 ± 0,331	NS
QR, %	2,60 ± 0,178	2,66 ± 0,733	2,61 ± 0,528	NS
PCF, kg	71,9 ± 1,295	70,7 ± 0,994	71,3 ± 1,193	NS
RCF, %	80,0 ± 0,583	80,5 ± 0,248	79,8 ± 0,329	NS
PP, kg	11,2 ± 0,226	11,1 ± 0,177	11,2 ± 0,163	NS
RP, %	31,2 ± 0,375	31,5 ± 0,219	31,5 ± 0,387	NS
AOL, cm ²	41,5 ± 1,516	42,1 ± 1,082	42,8 ± 1,358	NS
Gordura, cm ²	21,7 ± 1,804	21,4 ± 0,881	21,9 ± 1,616	NS
CMAGRA, kg	57,6 ± 1,423	57,3 ± 0,989	58,6 ± 1,287	NS
PMAGRA, %	78,4 ± 2,429	79,1 ± 1,347	80,1 ± 1,341	NS
C:G	0,53 ± 0,522	0,51 ± 0,247	0,51 ± 0,359	NS
PGOT, %	2,45 ± 0,386	2,42 ± 0,210	2,71 ± 0,237	NS
MARM	2,20 ± 0,170	1,92 ± 0,193	1,75 ± 0,131	NS

¹ - Peso final (PF), peso de abate (PA), comprimento de carcaça (CC), espessura de toucinho (ET), quebra pelo jejum (QJ), peso da carcaça quente (PCQ), rendimento de carcaça quente (RCQ), quebra de rendimento (QR), peso da carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça fria (RCF), peso do pernil (PP), rendimento do pernil (RP), área de olho-de-lombo (AOL), carne magra na carcaça (CMAGRA), porcentagem de carne magra na carcaça (PMAGRA), relação carne:gordura (C:G), perdas por gotejamento (PGOT), marmoreio do *M. longissimus dorsi* (MARM). ² - Média ± EPM; ³ - AV - Análise de variância, NS - Não Significativo (P>0,05).

Adeola & Bajjalieh (1997) estudando milho alto óleo em substituição ao milho comum, em dietas de leitões com 25 kg de peso vivo, observaram melhora de 8% a 10% na eficiência alimentar. Entretanto, O'Quinn et al. (2000) não encontraram diferença no desempenho de leitões desmamados alimentados com ração, com substituição total do milho comum por milho alta proteína e alto óleo em dietas convencionais de suínos. Estes mesmos autores sugerem cautela na formulação de dietas com milho alto teor de proteína e óleo, pois o nível de lisina aumenta substancialmente, entretanto o conteúdo dos demais aminoácidos não estão aumentados proporcionalmente a lisina. Assim, triptofano ou treonina são mais prováveis de serem deficientes quando este milho é usado, em virtude de menos farelo de soja ser incluído na dieta.

Neste trabalho teve-se o cuidado em formular as rações com base no conceito de proteína ideal, observando a proporcionalidade dos aminoácidos em relação à lisina, bem como o uso de valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros dos milhos com diferentes perfis nutricionais.

Os resultados de avaliação de carcaça (Tabela 15) assemelham-se, em parte, aos obtidos por Lima et al. (2003) e Silva et al. (2006), que não encontraram diferenças para comprimento de carcaça, área de olho-de-lombo, porcentagem de pernil, espessura de toucinho e relação carne:gordura quando compararam animais alimentados com rações contendo milho comum e milho com alto teor de óleo.

Utilizando os dados de ganho de peso e o consumo de ração para cada tipo de milho, foram elaboradas as equações 6, 7, 8 e 9 referentes ao uso do ML e MO nas dietas de suínos em crescimento (30 a 60 kg) e terminação (60 a 90 kg), respectivamente, de modo a estimar o preço máximo do ML e MO a ser pago, para que seja economicamente viável em relação ao MC (milho referência).

Equação 6, preço máximo do ML nas dietas para suínos em crescimento: $PMML \leq - 0,009290 \times PRS - 0,067351 \times PFS + 0,026539 \times POL - 0,000138 \times PCA - 0,000400 \times PFB - 0,000241 \times PSA - 0,000181 \times PMX + 0,000103 \times PLI + 0,001087 \times PM - 0,000003 \times PP$.

Equação 7, preço máximo do MO nas dietas para suínos em crescimento: $PMMO \leq + 0,007144 \times PRS + 0,032819 \times PFS - 0,007667 \times POL - 0,000342 \times PCA + 0,000420 \times PFB + 0,000090 \times PSA + 0,000068 \times PMX - 0,000123 \times PLI + 0,000703 \times PM + 0,000001 \times PP$.

Equação 8, preço máximo do ML nas dietas para suínos em terminação: $PMML \leq - 0,011977 \times PRS - 0,020350 \times PFS - 0,000560 \times POL - 0,000184 \times PCA + 0,026883 \times PFB - 0,000195 \times PSA - 0,000073 \times PMX - 0,001283 \times PLI + 0,000750 \times PM - 0,000557 \times PT - 0,000557 \times PP$.

Equação 9, preço máximo do MO nas dietas para suínos em terminação: $PMMO \leq + 0,013287 \times PRS + 0,073030 \times PFS - 0,000267 \times POL - 0,000402 \times PCA - 0,007945 \times PFB + 0,000045 \times PSA + 0,000017 \times PMX - 0,001655 \times PLI + 0,000312 \times PM - 0,000557 \times PT - 0,000557 \times PP$.

Em que: PMML ou PMMO, preço máximo do ML ou MO para que tenha a mesma eficiência econômica da ração referência (MC); PRS, preço do kg de suíno vivo; PFS, preço do kg do farelo de soja; POL, preço do kg do óleo de soja; PCA, preço do kg do calcário; PFB, preço do kg do fosfato bicálcico; PSA, preço do kg do sal; PMX, preço do kg do premix vitamínico mineral para suínos em crescimento ou terminação; PLI, preço do kg da L-lisina; PM, preço do kg da DL-metionina; PT, preço do kg da L-treonina e PP, preço do promotor de crescimento.

Aplicando as equações aos preços vigentes no período do experimento, foram obtidos os preços máximos do ML e MO (Tabela 14) para que as dietas experimentais tenham a mesma eficiência econômica da dieta com o milho referência (MC), nas fases de crescimento e terminação.

Os estudos bioeconômicos indicaram que o MO poderá ter acréscimo no preço de 12% para a fase de crescimento e 17% para a de terminação. Entretanto, o ML poderá ter acréscimo no preço de 5% na fase de crescimento, enquanto que na de terminação, torna-se inviável economicamente para substituir o MC.

O ML é uma variedade ainda em estudo e apesar de ser rico em proteína e aminoácidos (lisina e treonina), apresenta baixo valor de energia metabolizável, o que reduz sua eficiência nutricional e econômica para suínos nas fases de crescimento e terminação.

Conclusões

Os valores de energia digestível e energia metabolizável, na matéria natural, para MC, ML e MO foram de 3.396 e 3.275 kcal/kg; 3.249 e 3.139 kcal/kg; de 3.445 e 3.308 kcal/kg, respectivamente.

Os milhos com diferentes perfis nutricionais podem ser utilizados em rações de suínos, de 30 a 90 kg de peso vivo, sem haver prejuízo ao desempenho e características de carcaça.

Os resultados evidenciam a importância de segregar os milhos em suas reais composições químicas e energéticas, bem como nos valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros, para a formulação de rações de suínos em crescimento e terminação.

Os estudos bioeconômicos indicam que o MO poderá ter acréscimo no preço de até 12% para a fase de crescimento e 17% para a de terminação. Entretanto, o ML poderá ter acréscimo no preço de até 5% na fase de crescimento, enquanto na de terminação, torna-se inviável economicamente para substituir o MC.

Citação Bibliográfica

- ABCS. **Método Brasileiro de Classificação de Carcaças**. Publicação Técnica nº 2. Estrela RS, 17p, 1973.
- ADEOLA, O.; BAJJALIEH, N.L. Energy concentration of high oil corn varieties for pigs. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 430-436, 1997.
- AFZ, Ajinomoto Eurolysine. **AmiPig, Digestibilidade ileal estandarizada de aminoácidos em ingredientes para rações de suínos**. Aventis Animal Nutrition, INRA, ITCF, 2000.
- APOLÔNIO, L.R.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Digestibilidade Ileal de Aminoácidos de alguns Alimentos, Determinada pela Técnica da Cânula T Simples com Suínos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.32, n. 3, p. 605-614, 2003.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed. Washington, D.C.: 1990. 1298p.
- BELLAVER, C. **Estimation of amino acid digestibility and its usefulness in swine feed formulation**. Urbana Champaign: University of Illinois, 1989. 99p. Thesis (PhD – Animal Science) - University of Illinois, 1989.
- BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. **Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína**. Londrina: Midigraft, 2006. 97p.
- BURGOON, K.G.; HANSEN, J. A.; KNABE, D.A. et al. Nutritional value of quality protein maize for starter and finisher swine. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 811-817, 1992.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M. et al. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SUÍNOS E AVES – CNPSA. **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3.ed. Concórdia: 1991. 97p.
- FAN, M.Z.; SAUER, W.C. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in peas for pigs with the direct, difference and regression methods. **Livestock Production Science**, v. 44, p. 61-72, 1995.
- FONTES, D.O.; DONZELE, J.L.; MASCARENHAS, A.G. et al. Composição aminoácídica e digestibilidade ileal de aminoácidos de alimentos energéticos determinados com suínos submetidos à anastomose ileo-retal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.1, p.196-202, 2007.
- GUIDONI, A.L.; ZANOTTO, D.L.; CLÁUDIO BELLAVER, C. Método alternativo na análise bioeconômica de experimentos com alimentação de suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p. 106-108.
- LIMA, G.J.M.M.; COSTA, C.L.; AVILA, V.S. et al. Efeito do tipo de milho sobre o desempenho, qualidade de carcaça e valorização econômica de suínos em crescimento e terminação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 11., 2003, Goiânia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2003. v.2, p.483.
- MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W. et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Research Report**, v.7, n.1, p.11-14, 1965.

- MOSENTHIN, R.; SAUER, W.C.; BLANK, R. et al. The concept of digestible amino acids in diet formulation for pigs. **Livestock Production Science**, v.64, p.265-280, 2000.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of swine**. 3.ed. Washington, D.C: National Academy of Sciences, 1998. 189p.
- NOBLET J.; van MILGEN J. Energy value of pig feeds: Effect of pig body weight and energy evaluation system. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. E229-238. 2004.
- O'QUINN, P.R.; NELSSSEN, J.L.; GOODBAND, R.D. et. al. Nutritional value of a genetically improved high-lysine, high-oil corn for young pigs. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 2144-2149, 2000.
- PEDERSEN, C.; BOERSMA, M.G.; STEIN, H.H. Energy and nutrient digestibility in NutriDense corn and other cereal grains fed to growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 85:2473-2483, 2007.
- PEREIRA, J.R.A.; ROSSI, J.R.P. **Manual prático da avaliação nutricional dos alimentos**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1995. 25p.
- POORE, J.R.; ECK, T.P.; SWINGLE, R.S. et al. Total starch and relative starch availability of grains. In: BIENAL CONFERENCE ON RUMEN FUNCTION, 20., 1989, Chicago. **Proceedings...** Chicago: 1989. p.35.
- POZZA, P.C.; NUNES, R.V.; OELKE, C.A. et al. Composição química e valores energéticos de diferentes amostras de milho para suínos. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 12., 2005, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Congresso da ABRAVES, 2005. p. 464-465.
- ROSTAGNO, H.S.; SILVA, D.J.; COSTA, P.M.A. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 2005. 186p.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.
- SALDIVAR, S.O.S.; ROONEY, L.W. Quality protein maize processing and perspectives for industrial utilization. In: LARKINS, B. A.; MERTZ, E. T. (Ed). **Quality Protein Maize**: USA: Purdue University Press, 1994. p. 1964-1994.
- 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.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- SILVA, M.A.A.; FURLAN, A.C.; MOREIRA, I. et al. Avaliação nutricional do milho com maior teor de óleo, nas formas de grãos secos e silagens, para suínos nas fases de crescimento e terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.830-839, 2006.
- SNOW, J.L.; KU, P.K.; STEIN, H.H. et al. Apparent ileal amino acid digestibilities of different corn hybrids fed to growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 76 (Suppl. 1), p. 132 (Abstr.), 1998.
- SPURLOCK, M.E.; FRANK, G.R.; WILLIS, G.M. et al. Effect of dietary energy source and immunological challenge on growth performance and immunological variables in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.75, p. 720-726, 1997.
- TANKSLEY Jr., T.D.; KNABE, D.A. Ileal digestibility of amino acids in pigs feeds and their use in formulating diets. In: COLE, D.J.A.; HARESING, W.; GARNSWORTHY, P.C. **Recent Development in pig nutrition 2**. Nottingham University, 1993. 375p.

- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. SAEG, **System for Statistical and Genetic Analyses** (version 8.0), 2000. Universidade Federal de Viçosa-Viçosa, MG, Brazil.
- VIEIRA, R.O.; RODRIGUES P.B.; FREITAS, R. T. F. et al. Composição química e energia metabolizável de híbridos de milho para frangos de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.36, n. 4, p.832-838, 2007.

V- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os valores de energia digestível e energia metabolizável, na matéria natural, para MC, MCE, ML, MLE, MO e MOE, são: 3.428 e 3.327; 3.439 e 3.355; 3.533 e 3.414; 3.515 e 3.427; 3.483 e 3.377; 3.585 e 3.482 kcal/kg, respectivamente, para a fase inicial.

Não houve vantagens, em termos de digestibilidade e desempenho, em se extrusar os milhos com diferentes perfis nutricionais, objetivando a sua utilização em rações comerciais para leitões, de 6 a 15 kg de peso vivo.

Os valores de energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM), na matéria natural, para MC, ML e MO, são: 3.396 e 3.275 kcal/kg; 3.249 e 3.139 kcal/kg; de 3.445 e 3.308 kcal/kg, respectivamente, para o crescimento e terminação.

Os milhos com diferentes perfis nutricionais podem ser utilizados em rações de suínos, de 30 a 90 kg de peso vivo, sem haver prejuízo ao desempenho e características de carcaça.

Os resultados dos cinco experimentos evidenciam a importância de segregar os milhos em suas reais composições químicas e energéticas, bem como os valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros, para a formulação de rações de suínos.