Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Óleo de arroz na alimentação de leitões recém-desmamados

Maicon Sbardella

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2011

Maicon Sbardella
Zootecnista

Óleo de arroz na alimentação de leitões recém-desmamados

Orientador:
Prof. Dr. **VALDOMIRO SHIGUERU MIYADA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP

Sbardella, Maicon
Óleo de arroz na alimentação de leitões recém-desmamados / Maicon Sbardella. - - Piracicaba, 2011.
101 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2011.

1. Alimentação animal 2. Digestibilidade 3. Histologia 4. Morfometria 5. Suínos - Desempenho I. Título

CDD 634.4084
S276o

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

*A **Deus**,*

por me ensinar a cada dia o sentido da vida, pelas conquistas e por todos os momentos que caminhamos juntos...

DEDICO

Ao meu pai,

***Vilmar Antônio Sbardella,** homem de fibra, coragem, imensa bondade e honestidade...*

À minha mãe,

***Elisete Maria Dal'Pizzol Sbardella,** mulher guerreira, exemplo de vida, dedicação e carinho...*

Pais que são incansáveis na luta pela educação e formação de seus filhos e compreensivos em todos os momentos que a distância dos filhos aperta no peito. Se neste mundo existem ídolos, vocês são os meus...

À minha irmã,

***Ana Paula Sbardella**, companheira incondicional!*

Família que para mim é a base sólida, a fortaleza... Sem vocês certamente esta conquista não teria o mesmo "sabor"!

Com todo o amor e gratidão,
OFEREÇO

Aos meus avós,

***Ernesto Sbardella, Leonildo e Lourdes Dal'Pizzol,** saudades...*

***Rosalina Sbardella**, que aos seus setenta e tantos, mantem o espírito de uma inocente e doce criança!*

Por nos darem como herança o espírito de união, luta pelos sonhos e amor pela vida!

Com todo carinho,
HOMENAGEIO

"Pouco conhecimento faz com que as criaturas se sintam orgulhosas. Muito conhecimento, que se sintam humildes. É assim que as espigas sem grãos erguem desdenhosamente a cabeça para o céu, enquanto que as cheias a baixam para a terra, sua mãe!"

Leonardo da Vinci

"Tá tudo na cabeça da gente, o sucesso, o fracasso... basta acreditar!"

Anísio Pires

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP), pela oportunidade de aprimoramento científico-profissional.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa de estudos (Processo 2009/12662-2) e auxílio pesquisa (Processo 2009/16577-0).

Ao Prof. Dr. Valdomiro Shigueru Miyada (ESALQ), por instigar o senso crítico e detalhista, essenciais para um pesquisador em formação, pela orientação, conselhos, confiança, ensinamentos e amizade construída.

Ao Prof. Dr. José Fernando Machado Menten (ESALQ), pelas discussões que muito contribuíram para o meu crescimento profissional.

Ao Dr. Gustavo Julio Mello Monteiro de Lima (Embrapa Suínos e Aves), pelo auxílio na análise estatística e por partilhar com generosidade sua sabedoria, pela confiança e amizade.

Aos professores do Departamento de Zootecnia da ESALQ, pela contribuição na minha evolução científica.

Ao Laboratório de Nutrição Animal do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA - USP), pela infraestrutura cedida para execução do ensaio de metabolismo.

Ao Prof. Dr. Adibe Luiz Abdalla (CENA), pela disponibilidade.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal do CENA, Lécio Aparecido Castilho e Joaquim Everaldo dos Santos, pelo auxílio na condução do ensaio de metabolismo, e Maria Regina Rodeiro do Santos Peçanha, pela tramitação burocrática.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura da ESALQ, José Pires Alves Sobrinho, Leonilço Ramos e Gilberto Aliberti Junior, pela imensurável colaboração na rotina diária do experimento e por tornarem a rotina fatigante agradável e alegre com suas estórias.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia da ESALQ, Antônio Carlos Oliva, José Henrique Rocha e Paulo Marcos de Oliveira, pela prontidão e valioso auxílio durante os experimentos.

Aos “irmãos” de orientador, Carla de Andrade, Danilo do Prado Perina e Vivian Vezzoni de Almeida, por todo auxílio ao longo desta etapa, desde pôr a mão na massa até as correções e sugestões construtivas nos manuscritos, pelo convívio, amizade e companheirismo.

Ao amigo Bernardo Berenchtein, por intermediar o empréstimo da infraestrutura para o ensaio de metabolismo e pelo auxílio na condução dos experimentos.

Ao colega Maurício Dutra, pelo auxílio na análise de morfometria de órgãos.

Ao amigo Leonardo Willian de Freitas, pelo auxílio nos abates dos animais.

À Prof. Dra. Christianne E. C. Rodrigues (FZEA - USP), pelas análises dos óleos.

Às empresas HT Nutri, Nutron Alimentos e Ajinomoto, pela doação de ingredientes para confecção das dietas experimentais.

Ao colega Luciano Wortmann, pela disponibilidade para realização deste trabalho.

À colega Adriana Figueiredo, pela prontidão e atenção despendida.

Aos colegas de área Ana Beatriz Traldi, Rafaela Pereira, Julieta Santarosa, Camila Leão, Fabianne L. Silva, Kelen Cristiane Zavarize, Cynthia Siqueira, Michele Bernardino de Lima, Mohamed Salem, pelos momentos vividos.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia da ESALQ, José Augusto Alves, Ednézio Klimasewski, Gilberto Duarte, José Knapik, Mário Aguiar, Antônio Ladeira, Otávio Birolo, Alexandre Soares, Luis F. Rocha, Francisco Oliveira, Airton Bonato, pela colaboração.

Ao Prof. Antonio Bianchi, pelo dom de ensinar inglês de forma descontraída.

Às amigas do Departamento de Zootecnia da ESALQ, Bruna Alves e Célia Regina, pelos momentos descontraídos e risadas.

Aos “irmãos” que a vida me presenteou, Claiton André Zotti e Maria Luisa Appendino Nunes, pelo incentivo e momentos agradáveis de convivência.

Aos amigos Carlos Eduardo, Daniel, Eliana, Grégori, Joana, Julia e Simone, companheiros de longa data, pelos momentos compartilhados em Piracicaba.

À amiga Sheila Tavares Nascimento, pela prontidão e inestimável ajuda com as traduções durante o mestrado, pelos momentos de descontração, confidência e cumplicidade.

Aos professores Leila de Genova Gaia, Mayra Teruya Eichemberg, Marcos Livio Panhoza Tse e Karen Döering Brustolin, por terem acreditado, antes mesmo que eu o fizesse, naquilo que se concretiza com este trabalho.

Aos meus tios e primos, que sempre me incentivaram na busca pelo saber e pelos momentos de felicidade que me proporcionam.

A todos que entraram na minha vida, me inspiraram e iluminaram com a sua presença... e que, de alguma forma, colaboraram para a conquista deste “sonho”, muito obrigado!

BIOGRAFIA

MAICON SBARDELLA, filho de Vilmar Antônio Sbardella e Elisete Maria Dal' Pizzol Sbardella, nasceu em Concórdia – SC, em 16 de outubro de 1985.

Em março de 2004 ingressou no curso de graduação em Zootecnia pelo Centro de Educação Superior do Oeste (CEO) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), onde em 19 de julho de 2008 obteve o título de Bacharel em Zootecnia.

Atuou junto ao Departamento Técnico da Indústria Agropecuária Santa Cruz (INACRUZ), na cidade de Santa Cruz de La Sierra – Bolívia, no desenvolvimento de um programa comercial de rações para leitões na fase de creche e com assistência técnica em nutrição e manejo de suínos e aves, no período de julho de 2008 a julho de 2009.

Em julho de 2009 ingressou no Programa de Pós-Graduação em "Ciência Animal e Pastagens", nível de mestrado, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), da Universidade de São Paulo (USP), onde se submeteu, em julho de 2011, à defesa da Dissertação para obtenção do título de Mestre em Ciências.

SUMÁRIO

RESUMO..... 13

ABSTRACT..... 15

LISTA DE FIGURAS..... 17

LISTA DE TABELAS..... 19

1 INTRODUÇÃO..... 21

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 23

2.1 Aspectos da nutrição de leitões..... 23

2.1.1 Desenvolvimento fisiológico do trato gastrintestinal do leitão..... 23

2.1.2 Desafio nutricional na fase pós-desmame..... 24

2.1.3 Estresse oxidativo na fase pós-desmame..... 25

2.2 Lipídios na alimentação de leitões recém-desmamados..... 27

2.2.1 Digestão e absorção de lipídios pelos leitões recém-desmamados..... 28

2.2.2 Fatores que influenciam a digestibilidade dos óleos pelos leitões..... 30

2.2.3 Lipídios na dieta e desempenho de leitões recém-desmamados..... 32

2.2.4 Inter-relação lipídios, antioxidantes e sistema imune..... 33

2.3 Óleos vegetais: óleos de arroz e soja..... 34

2.3.1 Processo de extração dos óleos vegetais..... 34

2.3.2 Caracterização e composição dos óleos de arroz e soja..... 35

2.3.3 Potencial de uso do óleo de arroz em dietas de animais..... 35

3 MATERIAL E MÉTODOS..... 39

3.1 Experimento 1 – Digestibilidade do óleo semirrefinado de arroz e do óleo refinado de soja para suínos na fase de creche..... 39

3.2 Experimento 2 – Substituição do óleo refinado de soja pelo óleo semirrefinado de arroz na dieta de leitões recém-desmamados..... 42

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 49

4.1 Experimento 1 – Digestibilidade do óleo semirrefinado de arroz e do óleo refinado de soja para suínos na fase de creche..... 49

4.1.1 Composição química do óleo refinado de soja e do óleo semirrefinado de arroz..... 49

4.1.2 Digestibilidade e valores de energia digestível e metabolizável do óleo refinado de soja e do óleo semirrefinado de arroz para leitões na fase de creche..... 51

4.2 Experimento 2 – Substituição do óleo refinado de soja pelo óleo semirrefinado de arroz na dieta de leitões recém-desmamados..... 53

4.2.1 Desempenho zootécnico..... 53

4.2.2 Histologia do epitélio intestinal..... 57

4.2.3 Morfometria de órgãos..... 59

4.2.4 Ocorrência de diarreia..... 59

4.2.5 Implicações..... 60

5 CONCLUSÕES..... 61

REFERÊNCIAS..... 63

APÊNDICES..... 75

ANEXO..... 99

RESUMO

Óleo de arroz na alimentação de leitões recém-desmamados

A inclusão de óleos em dietas de leitões recém-desmamados tem por finalidade aumentar a densidade energética para atender às exigências energéticas dos leitões. Foram realizados dois experimentos para avaliar a inclusão do óleo semirrefinado de arroz como substituto ao óleo refinado de soja em dietas de leitões recém-desmamados. O Experimento 1 teve como objetivo determinar os valores de energia digestível e metabolizável dos óleos de arroz e soja para leitões na fase de creche. Foram utilizados 21 leitões, machos castrados, com peso inicial de 19,63 ± 0,37 kg, em um experimento em blocos completos casualizados, com sete repetições e um animal por unidade experimental (gaiola de metabolismo). Foi utilizado o método de coleta total de fezes e urina, sendo que o óleo substituiu 10% da ração-referência. Os valores de energia digestível, energia metabolizável e energia metabolizável corrigida para balanço de nitrogênio foram, respectivamente, 6.267, 6.158 e 6.213 kcal/kg para o óleo semirrefinado de arroz e 7.581, 7.489 e 7.527 kcal/kg para o óleo refinado de soja. Os valores energéticos do óleo de arroz foram em média 17,5% inferiores aos do óleo de soja, possivelmente, pela menor relação de ácidos graxos insaturados:saturados e pelo maior conteúdo de ácidos graxos livres no óleo semirrefinado de arroz. O Experimento 2 teve como objetivo avaliar os efeitos da substituição do óleo refinado de soja (OS) pelo óleo semirrefinado de arroz (OA) em dietas para leitões recém-desmamados sobre o desempenho, a histologia intestinal, a morfometria de órgãos e a ocorrência de diarreia. Foram utilizados 120 leitões desmamados, machos castrados e fêmeas, com peso inicial de 6,74 ± 0,42 kg, em um experimento em blocos completos casualizados, com oito repetições e três animais por unidade experimental (baia). Foram avaliados cinco níveis de substituição OS:OA na dieta: 4:0 – dieta basal com 4% de OS; 3:1 – dieta basal com 3% de OS e 1% de OA; 2:2 – dieta basal com 2% de OS e 2% de OA; 1:3 – dieta basal com 1% de OS e 3% de OA; e 0:4 – dieta basal com 4% de OA. As dietas isonutritivas foram formuladas considerando os valores de energia metabolizável corrigida para balanço de nitrogênio determinados no Experimento 1. Não houve efeito dos níveis de substituição sobre o desempenho, a morfometria de órgãos e a ocorrência de diarreia. Houve efeito quadrático sobre a largura de vilosidade e efeito cúbico sobre a relação altura de vilosidade:profundidade de cripta no duodeno. Portanto, considerando os valores de energia dos óleos na formulação de dietas isonutritivas para leitões em fase de creche, o óleo semirrefinado de arroz pode substituir totalmente o óleo refinado de soja (4%) sem afetar o desempenho zootécnico, a morfometria de órgãos dos animais, nem a ocorrência de diarreia.

Palavras-chave: Desempenho; Diarreia; Digestibilidade; Histologia intestinal; Morfometria de órgãos; Suínos

ABSTRACT

Rice oil in weanling pig diet

The purpose of the inclusion of oils in weanling pig diets is to increase diet energy density to meet energy requirement of pigs. Two experiments were conducted to evaluate the effects of the inclusion of semi-refined rice oil replacing refined soybean oil in diets of weanling pigs. Experiment 1 was carried out to determine digestible and metabolizable energy values of rice and soybean oils for weanling pigs. Twenty one borrows averaging 19.63 ± 0.37 kg BW were used in a randomized complete block design experiment, with seven replications and one pig per experimental unit (metabolism cage). Total collection method of feces and urine was used, and the oil replaced 10% of reference diet. Values of digestible energy, metabolizable energy and N-corrected metabolizable energy were, respectively, 6,267, 6,158 and 6,213 kcal/kg for semi-refined rice oil and 7,581, 7,489 and 7,527 kcal/kg for refined soybean oil. Energy values of rice oil were around 17.5% lower than values of soybean oil, possibly, due to the smaller unsaturated:saturated fatty acids ratio and due to the higher free fatty acids content in the semi-refined rice oil. Experiment 2 was conducted to evaluate the effects of the replacement of refined soybean oil (SO) by semi-refined rice oil (RO) in weanling pig diet on performance, intestinal histology, organs morphometry and the occurrence of diarrhea. One hundred and twenty weaned pigs, borrows and females, averaging 6.74 ± 0.42 kg BW, were used in a randomized complete block design experiment, with eight replications per treatment and three animals per experimental unit (pen). Five dietary levels of SO:RO replacement were studied: 4:0 – basal diet with 4% of SO; 3:1 – basal diet with 3% of SO and 1% of RO; 2:2 – basal diet with 2% of SO and 2% of RO; 1:3 – basal diet with 1% of SO and 3% of RO; and 0:4 – basal diet with 4% of RO. Isonutritive diets were formulated considering N-corrected metabolizable energy values determined in Experiment 1. No effects of substitution levels were observed on performance, organs morphometry and occurrence of diarrhea. However, a quadratic effect on villus width and a cubic effect on villus height:crypt depth ratio were observed in the duodenum. Therefore, considering the energy values of oils in the formulation of isonutritive weanling pig diets, semi-refined rice oil can replace the refined soybean oil (4%) without affecting growth performance, organs morphometry of animals, or the occurrence of diarrhea.

Keywords: Performance; Diarrhea; Digestibility; Intestinal histology; Organs morphometry; Swine

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Formação dos triacilgliceróis..... 27

Figura 2 - Desenvolvimento da atividade total da lipase gástrica e pancreática de leitões após o nascimento..... 29

Figura 3 - Estrutura química do γ-orizanol..... 37

Figura 4 - Gaiola de metabolismo para suínos..... 40

Figura 5 - Leitão na gaiola de metabolismo..... 40

Figura 6 - Sala da creche experimental..... 42

Figura 7 - Unidade experimental (baia)..... 42

Figura 8 - Efeito dos níveis de substituição do óleo refinado de soja (OS) pelo óleo semirrefinado de arroz (OA) sobre a largura de vilosidade no duodeno..... 58

Figura 9 - Efeito dos níveis de substituição do óleo refinado de soja (OS) pelo óleo semirrefinado de arroz (OA) sobre a relação altura de vilosidade:profundidade de cripta (AV:PC) no duodeno..... 58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficiente de digestibilidade de diferentes fontes de lipídios para leitões desmamados aos 21 dias de idade..... 31

Tabela 2 - Composição típica de ácidos graxos dos óleos de arroz e soja..... 35

Tabela 3 - Composição química dos óleos de arroz e soja..... 36

Tabela 4 - Composição percentual e valores calculados da ração-referência..... 41

Tabela 5 - Composição percentual e valores calculados da dieta pré-inicial 1 fornecida aos animais no período de 1 a 7 dias de experimentação..... 45

Tabela 6 - Composição percentual e valores calculados da dieta pré-inicial 2 fornecida aos animais no período de 7 a 21 dias de experimentação..... 46

Tabela 7 - Composição percentual e valores calculados da dieta inicial fornecida aos animais no período de 21 a 35 dias de experimentação..... 47

Tabela 8 - Perfil de ácidos graxos do óleo refinado de soja e do óleo semirrefinado de arroz com base nos triacilgliceróis totais..... 49

Tabela 9 - Ácidos graxos livres, γ-orizanol, vitamina E total (tocoferóis e tocotrienóis) e α-tocoferol no óleo refinado de soja e no óleo semirrefinado de arroz na matéria natural..... 50

Tabela 10 - Composição química e valores de energia bruta, energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), energia metabolizável corrigida pela retenção de nitrogênio (EMn) do óleo semirrefinado de arroz e do óleo refinado de soja para leitões na fase de creche na matéria natural..... 52

Tabela 11 - Efeito de níveis de substituição do óleo refinado de soja (OS) pelo óleo semirrefinado de arroz (OA) na dieta sobre o peso vivo, ganho diário de peso (GPD), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA) de leitões na fase de creche..... 56

Tabela 12 - Efeito de níveis de substituição do óleo refinado de soja (OS) pelo óleo semirrefinado de arroz (OA) na dieta sobre a altura das vilosidades (AV), profundidade das criptas (PC), relação altura de vilosidade:profundidade de cripta (AV:PC) e largura de vilosidade (LV) do duodeno e do jejuno de leitões na fase de creche..... 59

Tabela 13 - Efeito de níveis de substituição do óleo refinado de soja (OS) pelo óleo semirrefinado de arroz (OA) na dieta sobre o peso vivo aos 35 dias, peso em jejum (24 horas), peso dos órgãos em relação ao peso em jejum e comprimento do intestino delgado de leitões na fase de creche..... 60

Tabela 14 - Efeito de níveis de substituição do óleo refinado de soja (OS) pelo óleo semirrefinado de arroz (OA) na dieta sobre a percentagem de dias com diarreia (PDD) e percentagem de animais com diarreia (PAD)..... 60

1 INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma das atividades mais importantes do agronegócio brasileiro, ocupando o 3º lugar no *ranking* dos países produtores e exportadores de carne suína, com produção de 3.170 mil toneladas de carcaças e exportação de 536.164 toneladas de carcaças (cerca de 1.343.282 mil US$) no ano de 2010 (ABIPECS, 2011).

O desenvolvimento da suinocultura brasileira tem sido caracterizado pela intensificação dos processos produtivos, pelo aumento na escala de produção e pela adoção de tecnologias que visam a eficiência de produção. Neste sentido, merecem destaque os avanços na nutrição, que correspondem a cerca de 60 a 70% do custo de produção (SILVA et al., 2008), e a prática do desmame precoce, responsável pelo aumento do número de leitões produzidos por matriz por ano (MORÉS et al., 1998).

O período imediatamente após o desmame é considerado crítico para o leitão, pois está associado ao baixo consumo de ração, reduzida taxa de crescimento, predisposição a diarreias (BOUDRY et al., 2004; PLUSKE et al., 1996, 1997; TZIPORI et al., 1980; WU et al., 2004), além de aumentar a produção de radicais livres e deprimir o *status* antioxidante do animal (LAURIDSEN, 2010). Assim, torna-se prudente o aumento da densidade energética e a suplementação de antioxidantes na dieta de leitões recém-desmamados a fim de otimizar o desempenho e evitar que os fatores estressantes desta fase de criação possam ocasionar significativas perdas econômicas.

A inclusão de óleos vegetais para aumentar a densidade energética da dieta tem sido uma estratégia eficiente para compensar o baixo consumo de ração observado imediatamente após o desmame e atender às necessidades elevadas de energia dos suínos modernos (KLASING, 1992). No entanto, leitões possuem limitada capacidade de digerir óleos vegetais, sendo esta influenciada principalmente pelo perfil de ácidos graxos, relação ácidos graxos insaturados:saturados e conteúdo de ácidos graxos livres presentes nos óleos (POWLES et al., 1994, 1995).

A suplementação supranutricional de substâncias antioxidantes na dieta, como a vitamina E, tem demonstrado evitar a depressão do *status* antioxidante do organismo e, consequentemente, prevenir o estresse oxidativo (LAURIDSEN, 2010).

O óleo de arroz tem recebido atenção na nutrição humana, especialmente pelos povos orientais, por apresentar uma quantidade expressiva de compostos com propriedades antioxidantes como o orizanol, tocoferóis e tocotrienóis (DANIELSKI et al., 2005), tendo demonstrado reduzir a concentração sérica de colesterol (WILSON et al., 2007) e modular a resposta imune (SIERRA et al., 2005). Recentemente, foi demonstrado aumento no ganho diário de peso (10,18%) e no consumo diário de ração (6,25%) de leitões recém-desmamados alimentados com dietas contendo 2% de óleo de arroz em substituição ao óleo de soja (LIMA; WORTMANN; MIOR, 2009). No entanto, pouco se sabe sobre o valor nutricional do óleo de arroz em dietas para leitões na fase de creche.

Os objetivos deste trabalho foram: (1) determinar os valores de energia digestível e metabolizável do óleo semirrefinado de arroz e do óleo refinado de soja para leitões na fase de creche (Experimento 1); (2) avaliar os efeitos de níveis de substituição do óleo refinado de soja por óleo semirrefinado de arroz em dietas de leitões recém-desmamados sobre o desempenho, a histologia intestinal, a morfometria de órgãos e a ocorrência de diarreia (Experimento 2).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos da nutrição de leitões

2.1.1 Desenvolvimento fisiológico do trato gastrintestinal do leitão

O aparelho digestório do leitão pode ser considerado imaturo logo após seu nascimento, devido à limitada secreção e produção de ácido clorídrico e enzimas digestivas no trato gastrintestinal, limitações estas superadas gradativamente durante as primeiras semanas de vida. Além disso, o trato gastrintestinal é fundamental para o sistema de defesa do organismo, atuando, através do muco (fator extrínseco) e da mucosa (fator intrínseco), como barreira contra a entrada de compostos nocivos, que são mantidos no lúmen intestinal (GASKINS, 1998). Este sistema de defesa é de grande relevância para o organismo, uma vez que durante o período de gestação, a estrutura placentária impede que os fetos recebam estimulação antigênica do meio externo e anticorpos maternais (TLASKALOVA-HOGENOVA et al., 1994). Assim, logo após o nascimento há baixa concentração de macrófagos e linfócitos na lâmina própria, que aumentam gradativamente até a 5ª semana de idade dos animais, equivalendo-se à quantidade de um animal adulto (GASKINS; KELLEY, 1995; ROTHKOTTER et al., 1991).

O colostro e o leite contêm grupos de componentes biologicamente ativos, tais como enzimas, hormônios, fatores de crescimento e agentes imunológicos, responsáveis pelo desenvolvimento neonatal do trato gastrintestinal. As imunoglobulinas (Ig) do tipo G, M e A são responsáveis pelo desenvolvimento inicial da imunidade sistêmica dos leitões (XAVIER et al., 2006), sendo a IgA a mais atuante a partir do 3º dia de lactação, proporcionando imunidade local na parede intestinal (KELLEY; COUTTS, 2000). O IGF (*insulin-like growth factor*) afeta a diferenciação, o crescimento e o desenvolvimento gastrintestinal (ALEXANDER; CAREY, 1999; BURRIN et al., 1996; GORDON et al., 2004; JONES; CLEMMONS, 1995; LOUVEAU et al., 2000). A limitada secreção de ácido clorídrico e proteases pelos leitões lactentes possibilitam alta taxa de sobrevivência destes compostos bioativos no lúmen gástrico, favorecendo sua ligação a receptores no intestino e proporcionando ação local (WESTRÖM, 1997).

O equilíbrio da microbiota intestinal é um dos fatores mais importantes para a saúde do intestino (BAUER et al., 2006). Durante a fase de aleitamento, este equilíbrio é mantido devido à atividade antimicrobiana de componentes do leite, tais como carboidratos, glicolipídios,

glicoproteínas, mucina e oligossacarídeos (KELLEY; COUTTS, 2000). No entanto, logo após o desmame, a microbiota intestinal pode ser muito variável (MORÉS; AMARAL, 2001), influenciando os processos de digestão e absorção de nutrientes (REID et al., 2003) e predispondo os animais à diarreia (TZIPORI et al., 1980).

O *turnover* da mucosa intestinal (manutenção do tamanho dos vilos) decorre basicamente de dois eventos citológicos associados: renovação (proliferação e diferenciação das células localizadas na cripta e ao longo dos vilos) e perda celular (extrusão que ocorre normalmente no ápice dos vilos) (MAIORKA, 2002). Durante o período de amamentação, são observadas vilosidades muito longas e criptas não tão profundas. Isto ocorre porque a descamação das células durante a amamentação é mínima e a taxa de multiplicação das células da cripta é suficiente para substituir as células das vilosidades na mesma velocidade em que elas se descamam (ALLEE; TOUCHETTE, 1999). Por ocasião do desmame, observa-se o aparecimento de vilosidades deformadas e maior espessura da lâmina própria (DUNSFORD et al., 1989), que ocorre principalmente pela mudança abrupta da dieta líquida (leite) para sólida à base de ingredientes vegetais. Nesta fase, ocorre acentuada mudança na estrutura e função do intestino delgado, com redução da altura das vilosidades, do número de enterócitos maduros, da atividade de enzimas na borda em escova e aumento da profundidade das criptas (PLUSKE et al., 1996, 1997; WU et al., 2004), reduzindo a capacidade digestiva e absortiva do intestino e o aproveitamento dos nutrientes da dieta. Estas modificações na estrutura do epitélio intestinal são afetadas diretamente pela qualidade dos ingredientes da ração, pela intolerância aos antígenos presentes nos ingredientes e pela quantidade de ração consumida (LEE et al., 2000; MAVROMICHALIS et al., 2001). Em condições de desmame precoce (21 dias de idade), o consumo voluntário de alimento pelo leitão lactente é baixo, não sendo suficiente para desenvolver adequada tolerância aos antígenos do alimento antes do desmame (LI et al., 1991), o que resulta em ativação imune e transformações da arquitetura do epitélio intestinal imediatamente pós-desmame.

2.1.2 Desafio nutricional na fase pós-desmame

A prática do desmame precoce dos leitões, por volta dos 21 dias de idade, possibilita a diminuição do número de dias não produtivos das matrizes e aumento do número de leitões produzidos por matriz por ano (MORÉS et al., 1998). No entanto, a mudança de ambiente,

o reagrupamento de animais de diferentes leitegadas, a separação dos leitões da porca e a mudança abrupta da alimentação por ocasião do desmame representam grande desafio para o leitão.

A mudança brusca na alimentação dos leitões, passando de uma dieta constituída basicamente de leite materno por outra à base de ingredientes de origem vegetal, pode levar à ocorrência de reações de hipersensibilidade na mucosa intestinal (PARTRIDGE, 1988), caracterizada pela ativação imune no intestino, encurtamento das vilosidades, aumento da profundidade de cripta, maior *turnover* dos enterócitos e diminuição da atividade das enzimas localizadas na borda em escova (MAIORKA, 2002; PLUSKE et al., 1996, 1997). A imaturidade do sistema digestório e as drásticas alterações na fisiologia intestinal dos leitões no período que sucede o desmame têm sido associadas a prejuízos aos processos digestivo e absortivo, baixo consumo de ração, retardamento no crescimento e a problemas de saúde dos leitões (BOUDRY et al., 2004; PLUSKE et al., 1996, 1997; TZIPORI et al., 1980; WU et al., 2004).

A evolução fisiológica do trato gastrintestinal do leitão está intimamente ligada às condições e ao tipo de ingrediente utilizado na ração (CLINE, 1992). A inclusão de alimentos de alta digestibilidade, baixa antigenicidade, alta concentração de nutrientes e palatáveis é uma tentativa de estimular o apetite e otimizar a ingestão de alimentos pelos leitões (CASTELO BRANCO et al., 2003), minimizando a ocorrência de distúrbios digestivos.

Assim, fica evidente a necessidade de manipular a dieta dos leitões e de conhecer o valor nutricional dos ingredientes utilizados na alimentação de leitões recém-desmamados, a fim de minimizar os efeitos deletérios dessa nova alimentação e proporcionar condições para o adequado desempenho dos animais.

2.1.3 Estresse oxidativo na fase pós-desmame

A produção mitocondrial de ATP consiste basicamente na oxidação do H_2 para a formação de H_2O, sendo a principal via de produção de energia da célula animal. Cerca de 90% do O_2 absorvido pelos animais é utilizado pela mitocôndria e quase sua totalidade (≈98%) forma H_2O na cadeia respiratória (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 1999). No entanto, 1 a 4% do O_2 consumido é convertido para O_2^- (superóxido) e H_2O_2 (peróxido de hidrogênio) devido à perda de elétrons na mitocôndria (KONSTANTINOV et al., 1987; TURRENS et al., 1982), podendo dar origem a radicais OH^- (hidroxila) (KLEINVELD et al., 1989), os quais têm sido chamados

coletivamente de radicais livres ou espécies reativas de oxigênio (HERMES-LIMA; ZENTENO-SAVÍN, 2002; STOREY, 1996).

Por definição, radical livre é qualquer átomo ou molécula com existência independente, que contém um elétron não pareado no orbital atômico ou molecular mais externo (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 1999; WEISS; MAHAN, 2008), o que lhe confere alta reatividade (FERREIRA; MATSUBARA, 1997). Em sistemas biológicos, os radicais livres reagem com elétrons de biomoléculas, como proteínas, lipídios, carboidratos e ácidos nucleicos na tentativa de se estabilizarem, modificando a forma e a função destas biomoléculas (KLEINVELD et al., 1989).

No organismo animal, os radicais livres são produzidos naturalmente durante o processo de oxidação, ou de forma mais intensa por alguma disfunção biológica, como em condições de estresse (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 1999) e processos inflamatórios (BABIOR, 2000), ou ainda podem ser provenientes dos alimentos. Portanto, o organismo precisa lidar com a geração contínua de radicais livres (O_2^-, H_2O_2, OH^-) e defender-se contra os danos que estes provocam nas macromoléculas celulares.

O organismo estabiliza os radicais livres através do sistema antioxidante formado por mecanismos enzimáticos e não enzimáticos. As enzimas antioxidantes, como a superóxido dismutase, a catalase e a glutationa peroxidase, metabolizam os radicais livres e protegem as células e os tecidos da ação destes (HALLIWEL; GUTTERIDGE, 1998). Também, várias moléculas consumidas na dieta possuem propriedades antioxidantes, ou seja, capacidade de doar hidrogênio ou elétron, como o α-tocoferol, β-caroteno e ácido ascórbico e promovem a estabilização dos radicais livres, inibindo sua ação tóxica no organismo (YU, 1994).

Em determinadas situações de estresse e ativação imune observa-se que as defesas antioxidantes do organismo podem estar sobrecarregadas (STOREY, 1996), provocando um desequilíbrio entre moléculas oxidantes e antioxidantes (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 1999; HARRELL et al., 2008; STOREY, 1996; WEISS; MAHAN, 2008). Caso este desequilíbrio seja favorável às moléculas oxidantes, pode haver injúrias histológicas e fisiológicas e até morte celular, acarretando redução no desempenho (HARRELL et al., 2008; WELCH, 2002) e caracterizando o estresse oxidativo.

Na fase pós-desmame, as concentrações séricas de diversos antioxidantes diminuem acentuadamente nos leitões, modificando o *status* antioxidante do animal, como a

diminuição na concentração de α-tocoferol na maioria dos tecidos (LAURIDSEN, 2008, 2010; WEISS; MAHAN, 2008). Ingredientes de baixa qualidade na dieta, condições de ativação imune, estresse ambiental e elevada taxa de crescimento podem predispor os leitões ao estresse oxidativo (BANDEIRA et al., 2007; HARRELL et al., 2008). Nessas condições, é prudente reforçar o sistema antioxidante do animal através da dieta (WEISS; MAHAN, 2008).

2.2 Lipídios na alimentação de leitões recém-desmamados

A maior parte dos lipídios presentes em dietas de suínos está na forma de triacilgliceróis, que consistem de três moléculas de ácidos graxos ligadas por ligações ésteres a uma molécula de glicerol (Figura 1). Estão presentes, ainda, diacilgliceróis (dois ácidos graxos ligados ao glicerol), monoacilgliceróis (um ácido graxo ligado ao glicerol), ácidos graxos livres, fosfolipídios (um ácido graxo do triacilglicerol é substituído por uma molécula de ortofosfato e uma base nitrogenada), colesterol e vitaminas lipossolúveis (e seus precursores). O colesterol e as vitaminas lipossolúveis não possuem ácidos graxos, mas apresentam solubilidade e outras características similares as dos acilgliceróis (PETTIGREW; MOSER, 1991).

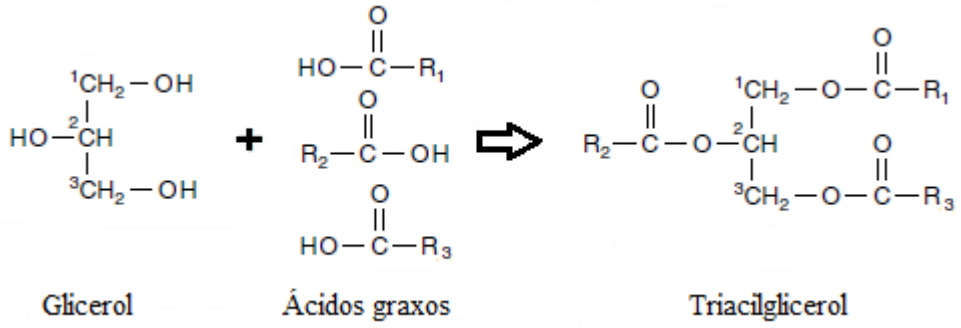

Figura 1 - Formação dos triacilgliceróis
Fonte: Adaptado de Mayes e Botham (2003)

Os ácidos graxos, formados por um grupo carboxílico ligado a uma cadeia de carbonos, podem diferir no tamanho da cadeia carbônica e/ou no grau de saturação. Estas duas características afetam o ponto de fusão e o estado físico (líquido ou sólido) dos lipídios. Quanto maior o grau de insaturação e/ou menor o tamanho da cadeia carbônica, menor é o ponto de fusão

e, consequentemente, mais líquido é o lipídio. Os lipídios líquidos à temperatura ambiente são chamados de óleos (PETTIGREW; MOSER, 1991).

Lipídios contribuem, em média, com 2,25 vezes mais energia por grama que carboidratos ou proteínas, pois o carbono e o hidrogênio nesta molécula estão em um estado mais reduzido e, portanto, possuem maior potencial de oxidação e produção de energia. Além de fonte energética, lipídios são utilizados no organismo como reserva energética, constituintes das membranas das células e organelas (fosfolipídios), produção de hormônios esteroides e prostaglandinas (PETTIGREW; MOSER, 1991).

Os lipídios, quando adicionados à dieta, reduzem a pulverulência da dieta (CHIBA et al., 1985) e a taxa de passagem da digesta pelo trato gastrintestinal, aumentando o tempo de digestão e absorção de outros nutrientes (JUST, 1982). Como pontos negativos da utilização de lipídios na dieta, vale destacar a dificuldade para ser misturado à dieta e a redução da fluidez da ração nos comedouros. Em condições ambientais específicas (estresse por calor) e/ou em determinadas fases de produção, principalmente se o consumo de ração é reduzido e/ou insuficiente, a inclusão de lipídios para aumentar a densidade energética da dieta pode ser eficiente para atender à exigência elevada de energia dos suínos modernos (PETTIGREW; MOSER, 1991; KLASING, 1992). Todavia, deve-se considerar que leitões recém-desmamados possuem limitações fisiológicas para a digestão dos lipídios da dieta (CERA et al., 1988a; LI et al., 1990; LIU et al., 2001).

2.2.1 Digestão e absorção de lipídios pelos leitões recém-desmamados

Os lipídios são hidrolisados no trato gastrintestinal por enzimas lipolíticas secretadas na base da língua (lipase lingual), na mucosa gástrica (lipase gástrica) e nas células acinares do pâncreas (lipase pancreática). A lipase lingual tem pouca importância para a digestão, pois, é inativada pela acidez do estômago. Similarmente, a atividade da lipase gástrica é bastante inferior à da lipase pancreática (JENSEN; JENSEN; JAKOBSEN, 1997; LIU et al., 2001). Assim, a maior fração da digestão de lipídios ocorre no intestino delgado pela ação da lipase pancreática.

A produção, secreção e atividade da lipase (Figura 2) aumentam gradativamente ao longo das primeiras oito semanas de vida do leitão (CORRING et al., 1978; CERA et al., 1990; JENSEN; JENSEN; JAKOBSEN, 1997; LIU et al., 2001), sendo estimulada pelo fornecimento

de alimento sólido na fase pós-desmame. A atividade da lipase aumenta 300 vezes, enquanto as atividades da tripsina e quimotripsina aumentam apenas 94 vezes nas primeiras oito semanas de vida (CORRING et al., 1978, LINDEMANN et al., 1986), demonstrando a limitação dos leitões em digerir lipídios neste período. As lipases lingual e gástrica atacam a ligação éster na posição 3 formando 1,2-diacilgliceróis e ácidos graxos livres. Já a lipase pancreática é específica para ligações ésteres nas posições 1 e 3 formando 2-monoacilgliceróis e ácidos graxos livres, como principais produtos finais da digestão luminal dos triacilgliceróis (CARRIERE et al., 1993).

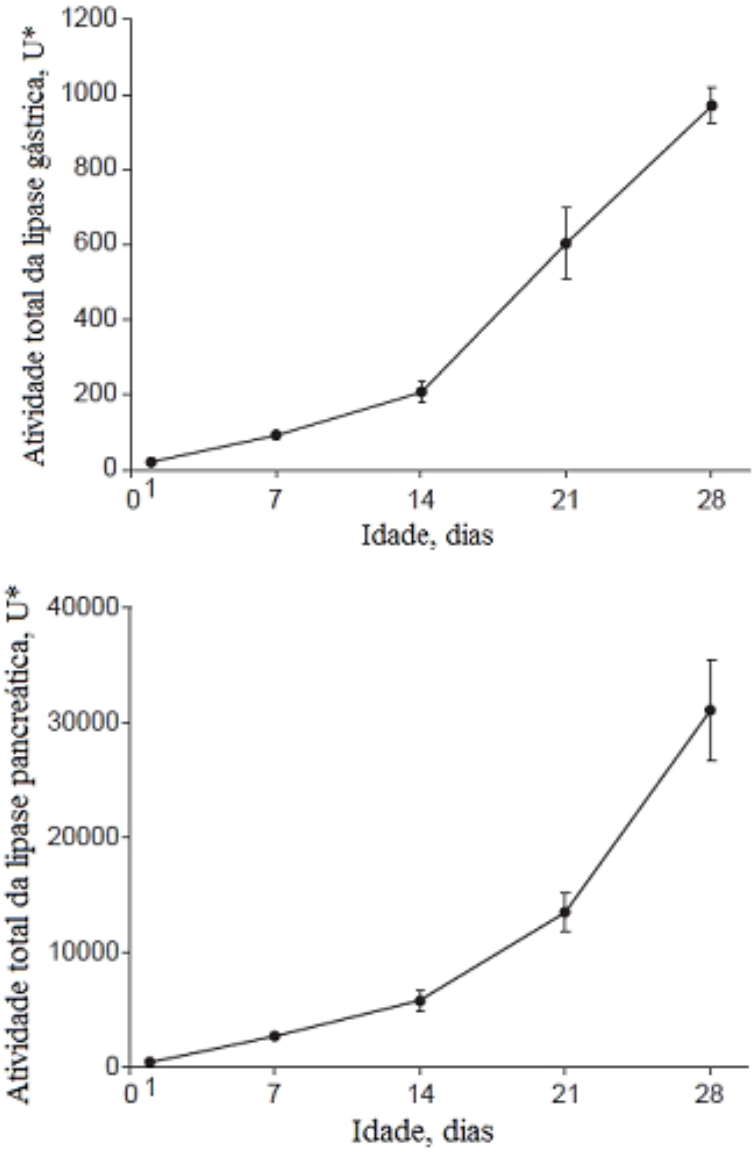

Figura 2 - Desenvolvimento da atividade total da lipase gástrica e pancreática de leitões após o nascimento (*1 µmol de ácido butírico liberado da tributirina em 1 minuto a 25^0C)
Fonte: Adaptado de Liu et al. (2001)

Os lipídios são moléculas hidrofóbicas e, para que possam ser hidrolisados pela lipase, necessitam ser emulsificados em gotículas pequenas (micelas) formadas pela ação dos sais biliares. Os sais biliares são produzidos pelo fígado e armazenados na vesícula biliar, sendo secretados para o lúmen intestinal pela ação do hormônio colecistoquinina, que é liberado pelo epitélio intestinal na presença de lipídios no lúmen. As micelas mistas, formadas pelos produtos da digestão dos lipídios e sais biliares, são solúveis em meio aquoso possibilitando contato com o epitélio intestinal e sua absorção, principalmente no jejuno. No interior do epitélio intestinal, os 1-monoacilgliceróis são hidrolisados em glicerol e ácidos graxos livres, e os 2-monoacilgliceróis são reacilados a triacilgliceróis por meio da via do monoacilglicerol. O glicerol liberado no interior do epitélio é utilizado para a síntese de triacilgliceróis por meio da via do ácido fosfatídico, enquanto o glicerol liberado no lúmen intestinal é absorvido e transportado diretamente pela veia porta ao fígado. Os ácidos graxos de cadeia média e curta são transportados pela veia porta ao fígado, enquanto os ácidos graxos de cadeia longa são convertidos em triacilgliceróis na mucosa e, em conjunto com outros produtos da digestão dos lipídios, secretados como quilomícrons nos vasos linfáticos entrando na corrente sanguínea via duto torácico (BENDER; MAYES, 2003).

Os quilomícrons (lipoproteína) são transportados para os tecidos, podendo entrar em duas vias metabólicas principais: processo de esterificação, para serem armazenados como reserva (triacilgliceróis), ou processo da β-oxidação (acetil-CoA), para geração de energia. Já os ácidos graxos de cadeia curta e média, que são transportados diretamente para o fígado, podem participar do processo de lipogênese (formação de triacilgliceróis de reserva) ou do processo de β-oxidação. O glicerol, por sua vez, pode participar da lipogênese ou da gliconeogênese (formação *de novo* da glicose) (BENDER; MAYES, 2003).

2.2.2 Fatores que influenciam a digestibilidade dos óleos pelos leitões

A utilização de lipídios pelo leitão depende de fatores como: a idade de desmame, o estágio pós-desmame, a proporção de ácidos graxos insaturados:saturados, a saturação dos ácidos graxos, o conteúdo de nutrientes da dieta basal, o nível de lipídio suplementar e a acidificação do lipídio (LI et al., 1990; LIU et al., 2001; POWLES et al., 1994, 1995). Normalmente, a digestibilidade dos lipídios é reduzida em leitões e aumenta com a idade e/ou

peso dos suínos (Tabela 1) (CERA et al., 1988b), devido ao aumento da produção e atividade da lipase e da secreção de sais biliares (LIU et al., 2001; MOUNTZOURIS et al., 1999).

Tabela 1 - Coeficiente de digestibilidade de diferentes fontes de lipídios para leitões desmamados aos 21 dias de idade

Semana pós-desmame	Óleo de milho	Banha de porco	Sebo bovino	Contraste[1]	Desvio padrão
1ª semana	78,96	68,12	64,82	<0,05	3,29
2ª semana	80,48	71,76	72,36	<0,05	2,29
3ª semana	88,82	83,55	81,82	<0,01	1,18
4ª semana	88,79	84,90	82,48	<0,01	0,65
Efeito linear[2]	<0,01	<0,01	<0,01		
Desvio padrão	0,59	1,36	0,80		

[1]Contraste óleo de milho vs banha de porco + sebo (P≤0,05).
Fonte: Adaptado de Cera et al. (1988b)

Os ácidos graxos de cadeia curta (entre seis e 12 átomos de carbono) e o glicerol são mais solúveis em água do que os ácidos graxos de cadeia longa, apresentando maior taxa de absorção por difundirem-se diretamente no enterócito (CERA et al., 1988a; REIS DE SOUZA et al., 1995). No entanto, os ácidos graxos de cadeia curta perfazem apenas cerca de 6% dos ácidos graxos de óleos vegetais e não são considerados uma fração significativa da energia dos óleos obtida pelos animais (ODLE et al., 1989, 1991).

Os leitões desmamados utilizam mais eficientemente os ácidos graxos insaturados do que os saturados (CERA et al., 1988b, 1990; LI et al., 1990). O aumento na relação de ácidos graxos insaturados:saturados aumenta a digestibilidade dos lipídios, enquanto o aumento no conteúdo de ácidos graxos livres reduz a digestibilidade dos lipídios para suínos (POWLES et al., 1994, 1995). Com base na relação ácidos graxos insaturados:saturados e no conteúdo de ácidos graxos livres dos lipídios foi possível estabelecer equações de predição da energia digestível dos lipídios para suínos (POWLES et al., 1995), que foram utilizadas para estimar os valores energéticos dos óleos vegetais para suínos no “Nutrient Requiriments of Swine” (NRC, 1998).

Há indicações de que existe uma proporção ideal de ácidos graxos para ótima eficiência digestiva e desempenho zootécnico de leitões (LI et al., 1990). Prova disso, é que a combinação de diferentes fontes lipídicas, buscando assemelhar o perfil de ácidos graxos da mistura ao do leite da porca, independente da relação de ácidos graxos insaturados:saturados,

melhora a digestibilidade dos lipídios da dieta e o crescimento de leitões na fase de creche em comparação a utilização de uma única fonte lipídica (MOUNTZOURIS et al., 1999).

O número de átomos de carbono nos ácidos graxos dos triacilgliceróis influencia a eficiência energética. Os ácidos graxos com número par de carbonos são metabolizados completamente a acetil-CoA, enquanto que a última cadeia de três carbonos dos ácidos graxos ímpares é metabolizada para produzir propionil-CoA (GUY; TULEY, 1981). Ácidos graxos com número par de carbonos aumentam a glicose, o 3-hidroxi-butirato e ácidos graxos no sangue em comparação aos ácidos graxos com número ímpar de carbonos (ODLE et al., 1989). Assim, pode-se afirmar que os ácidos graxos com número par de carbonos possuam maior eficiência energética que os com número ímpar de carbonos (LIN et al., 1996; ODLE et al., 1991).

A maioria dos trabalhos, que estima os valores energéticos de lipídios para suínos, foi realizada com suínos em crescimento-terminação (NRC, 1998; ROSTAGNO et al., 2005; POWLES et al., 1995; FIALHO et al., 1991), e estes valores são utilizados para a formulação de rações para todas as fases de produção de suínos. Os nutricionistas assumem que os valores energéticos dos lipídios para leitões na fase de creche são os mesmos daqueles determinados para suínos em crescimento-terminação, o que pode ser inapropriado devido a razões fisiológicas já discutidas, acarretando em formulações pouco precisas.

2.2.3 Lipídios na dieta e desempenho de leitões recém-desmamados

O uso de lipídios em dietas de leitões recém-desmamados normalmente aumenta a taxa de crescimento e melhora a conversão alimentar (CERA et al., 1989; LI et al., 1990; LIU et al., 2003). No entanto, nem todos os estudos têm demonstrado efeitos benéficos da suplementação de lipídios na dieta sobre o desempenho de leitões (MOREIRA; MAHAN, 2002). Essas diferenças podem ser resultado de fatores que afetam a resposta dos suínos à adição de lipídios na dieta, como as interações entre os diferentes ácidos graxos da dieta (BAYLEY; LEWIS, 1965), a relação energia:aminoácidos da dieta (LI et al., 1990), a idade dos suínos (CERA et al., 1988b; LIU et al., 2001) e, principalmente, a composição e perfil de ácidos graxos da fonte lipídica (CERA et al., 1988a, 1989; LI et al., 1990; MOUNTZOURIS et al., 1999).

Suínos alimentados *ad libitum* tendem a regular o consumo de alimentos para suprir sua exigência energética. Consequentemente, a inclusão de lipídios na dieta para aumentar a densidade energética resulta na redução do consumo. Desta forma, assume-se que a

concentração de outros nutrientes deve ser aumentada em dietas com lipídios para compensar a redução no consumo e evitar prejuízo no crescimento e na eficiência alimentar devido ao desbalanço de nutrientes da dieta. A relação energia:nutrientes deve receber especial atenção na formulação de dietas para leitões suplementadas com lipídios (BEAULIEU; LEVESQUE; PATIENCE, 2006; PETTIGREW; MOSER, 1991).

2.2.4 Inter-relação lipídios, antioxidantes e sistema imune

Existem muitos fatores que podem influenciar o desenvolvimento, manutenção e função do sistema imune, dentre eles a nutrição e o *status* nutricional dos animais (CHANDRA; KUMARI, 1994; KELLEY, 2001; ROY et al., 2004). Os lipídios possuem papel essencial no sistema imune, exercendo diferentes tipos de ações dependendo da fonte, do comprimento da cadeia de carbono e da posição das insaturações dos ácidos graxos.

Ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa são importantes reguladores de numerosas funções celulares, pois são metabolizados a uma variedade de mediadores (conhecidos como eicosanoides) relacionados às respostas imune e inflamatória (CALDER, 2003). A composição dos ácidos graxos dos macrófagos é afetada pelos lipídios da dieta (KINSELLA; LOKESH, 1990; YAQOOB, 2004). Os ácidos graxos ω6 e ω3 são competidores por sua conversão metabólica à ácido araquidônico e ácido eicosapentaenoico, respectivamente, via enzimas desaturase e elongase. Estas enzimas possuem maior afinidade pelos ácidos graxos poli-insaturados ω3, levando à inibição competitiva do metabolismo dos ácidos graxos poli-insaturados ω6 (ROYNETTE et al., 2004). Ácidos graxos poli-insaturados ω3 têm efeito inibitório em citocinas proinflamatórias, fator-α de necrose tumoral, interleucina-6 e interleucina-8 produzidas por macrófagos, tendo papel importante na defesa contra infecções (ROYNETTE et al., 2004).

Alimentos com elevado conteúdo de ácidos graxos poli-insaturados promovem a substituição de ácidos graxos da membrana celular, podendo potencializar a peroxidação da membrana celular e aumentar a atividade de radicais livres (MEYDANI, 1996). Assim, tem-se necessidade adicional de antioxidantes para evitar os efeitos prejudiciais dos radicais livres e da peroxidação da membrana celular. A vitamina E é um dos antioxidantes mais eficazes para a estabilidade da membrana celular, podendo ainda melhorar a resposta imunológica (LAURIDSEN, 2010; PANGANAMALA; CORNWELL, 1982).

Em suma, a suplementação de ácidos graxos ω3 em dietas de leitões recém-desmamados pode ser uma estratégia interessante, especialmente quando o consumo de ração é baixo e o *status* sanitário é subótimo, visando modular a resposta imune e aumentar a densidade energética da dieta. Neste caso, também pode ser benéfica a suplementação em níveis supranutricionais de substâncias antioxidantes, com a finalidade de reforçar os sistema antioxidante e evitar os possíveis danos causados pela peroxidação lipídica.

2.3 Óleos vegetais: óleos de arroz e soja

2.3.1 Processo de extração dos óleos vegetais

O óleo de soja é extraído do grão da soja (*Glycine max L.*), representando 16 a 20% do peso do grão de soja *in natura* (HAMMOND et al., 2005) e, dentre os óleos vegetais, é o produzido em maior quantidade e entre diversos usos, tem sido largamente utilizado na alimentação animal. Já o óleo de arroz é extraído do farelo produzido no beneficiamento do grão de arroz (*Oryza sativa L.*) para consumo humano, representando 16 a 22% do peso do farelo de arroz (NARAYANA et al., 2002).

A extração do óleo pode ser realizada pelo método mecânico ou solvente. No método mecânico, a matéria prima passa por uma extrusora (elevada temperatura) formando uma massa que é prensada, extraindo o óleo bruto da matéria prima. Por outro lado, no método solvente, a matéria prima é descascada (quando for o caso), fragmentada, aquecida, laminada (fluxo de solvente), expandida (condição de elevada temperatura, umidade e pressão) e, para finalizar, é realizada separação do óleo bruto do solvente (diferença no ponto de fusão) (LIU, 1999). O processo de extração do óleo de farelo de arroz é um desafio, principalmente devido ao elevado conteúdo de ceras (3-8%), ácidos graxos livres, componentes insaponificáveis e lipídios polares (glicolipídios) que são extraídos no processo (NARAYANA et al., 2002).

O processo de refino dos óleos vegetais inclui várias etapas, podendo ser parcial e/ou apresentar variações no processo de acordo ao tipo de óleo e uso empregado. O processo padrão para o óleo de soja destinado ao consumo humano inclui as seguintes etapas: degoma, neutralização, clareamento e deodorização. Na degoma, ocorre a separação dos fosfolipídios do óleo bruto (realizada pela adição de 1 a 3% de água a 70°C), formando óleo degomado e lecitina. Na sequência ocorre a neutralização do óleo, que consiste na remoção dos ácidos graxos livres do

óleo através da adição de hidróxido de sódio e centrifugação, com separação do resíduo e do óleo refinado (LIU, 1999). Para finalizar, o óleo é clareado e deodorizado para ser embalado e comercializado para consumo humano.

2.3.2 Caracterização e composição dos óleos de arroz e soja

A composição em ácidos graxos difere ligeiramente entre o óleo de arroz e o óleo de soja (Tabela 2), sendo que o óleo de arroz possui maior conteúdo de ácidos graxos saturados e monoinsaturados e menor conteúdo de ácidos graxos poli-insaturados comparativamente ao óleo de soja. Além disso, o óleo de arroz diferencia-se do óleo de soja por apresentar em sua composição maior quantidade de diacilgliceróis, monoacilgliceróis, ácidos graxos livres, fosfolipídios e ceras (Tabela 3).

Tabela 2 - Composição típica de ácidos graxos dos óleos de arroz e soja

Ácidos graxos	Óleo de arroz	Óleo de soja
Láurico (C12:0), %	0,40	-
Mirístico (C14:0), %	0,50	0,10
Palmítico (C16:0), %	16,40	11,00
Palmitoleico (C16:1), %	0,30	0,10
Esteárico (C18:0), %	2,10	4,00
Oleico (C18:1), %	43,80	23,40
Linoleico (C18:2n6c), %	34,00	53,20
Linolênico (C18:3n3), %	1,10	7,80
Araquídico (C20:0), %	0,50	0,30
Gadoleico (C20:1), %	0,40	-
Behênico (C22:0), %	0,20	0,10
Saturados totais, %	20,10	15,50
Monoinsaturadas totais, %	44,50	23,50
Poli-insaturadas totais, %	35,10	61,00
Insaturadas totais, %	79,60	84,50
Relação insaturados:saturados	3,96	5,45

Fonte: Adaptado de Liu (1999)

2.3.3 Potencial de uso do óleo de arroz em dietas de animais

O óleo de arroz tem sido considerado superior aos demais óleos vegetais, especialmente pelos povos orientais, devido à presença de constituintes menores com

comprovados benefícios nutricionais à saúde, tais como o γ-orizanol, os tocoferóis e tocotrienóis (HAMM; HAMILTON, 2000). Tais constituintes têm apresentado elevada atividade antioxidante (DANIELSKI et al., 2005) e representam fator importante sob o ponto de vista de estabilidade oxidativa do óleo (KIM; GODBER, 2001).

Tabela 3 - Composição química dos óleos de arroz e soja

Componentes	Óleo de arroz	Óleo de soja	
	Bruto	Bruto	Refinado
Lipídios saponificáveis			
Triacilgliceróis, %	68-70	95-97	>99
Diacilgliceróis, %	2-3	-	-
Monoacilgliceróis, %	5-6	-	-
Ácidos graxos livres, %	2-3	0,3-0,7	<0,05
Glicolipídios, %	5-6	-	-
Fosfolipídios, %	3-4	1,5-2,5	0,003-0,045
Ceras, %	2-3	-	-
Lipídios insaponificáveis, %	4,0	1,6	0,3
Esteróis, %	1,68	0,24	-
Hidrocarbonetos, %	0,72	0,38	-

Fonte: Adaptado de Liu (1999); Hammond et al. (2005); Orthoefer (2005)

O γ-orizanol (Figura 3), constituinte exclusivo do óleo de arroz, consiste numa complexa mistura de ésteres do ácido ferúlico com álcoois triterpenos e esteróis, sendo sua atividade antioxidante atribuída principalmente ao ácido ferúlico (KIM et al., 2001; FANG; YU; BADGER, 2003) e ao qual têm sido atribuídas as propriedades nutracêuticas do óleo de arroz.

Camundongos alimentados com dietas contendo óleo de arroz e/ou γ-orizanol tiveram a concentração de triacilgliceróis plasmáticos reduzida, enquanto dietas contendo ácido ferúlico e γ-orizanol reduziram os níveis de lipídios oxidados no plasma. Os ratos alimentados com orizanol excretaram mais coprostenol e colesterol nas fezes e os alimentados com ácido ferúlico aumentaram os níveis séricos de vitamina E (WILSON et al., 2007). O sistema imune de camundongos também foi influenciado pelo óleo de arroz, através do aumento na produção de linfócitos B e T e da resposta imune dos macrófagos (SIERRA et al., 2005).

Para equinos, foi observado melhor escore corporal e maior ganho de peso ao utilizar óleo de arroz em dietas para garanhões em comparação ao óleo de soja (GOBESSO et al., 2007). Os autores atribuem a melhora observada a um possível efeito anabólico do γ-orizanol,

conforme já demonstrado por outros estudos (XU; HUA; GODBER, 2001; WILSON et al., 2007).

A inclusão de 2% de óleo de arroz em substituição parcial ao óleo de soja na dieta promoveu aumento no ganho diário de peso e consumo diário de ração em leitões na fase de creche (LIMA; WORTMANN; MIOR, 2009). Os autores destacaram que é difícil estabelecer a importância de cada componente do óleo de arroz (vitamina E, ácidos graxos ω3, γ-orizanol) para a melhoria observada no desempenho dos animais.

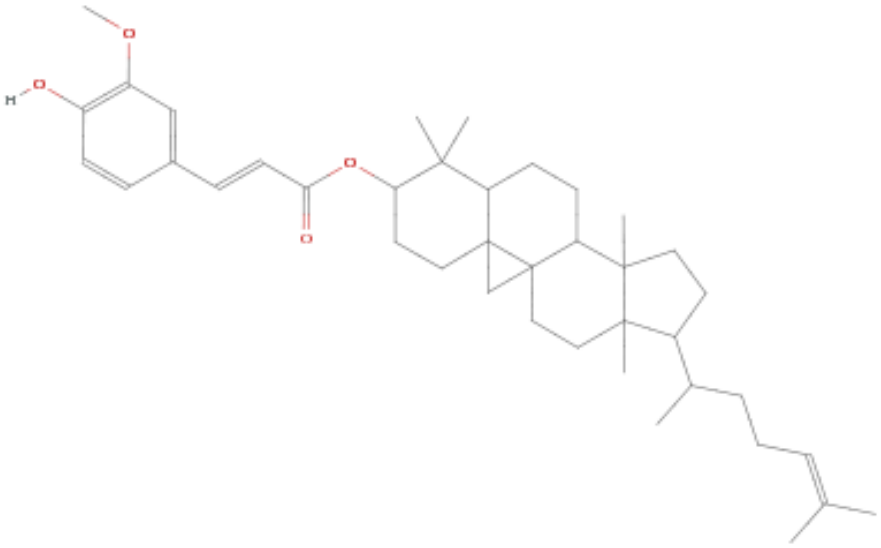

Figura 3 - Estrutura química do γ-orizanol ($C_{40}H_{58}O_4$)
Fonte: Wolfram Alpha (2011)

3 MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos utilizando animais foram aprovados pela "Comissão de Ética no uso de animais em pesquisas – CEUAP" da ESALQ/USP (Anexo A).

3.1 Experimento 1 – Digestibilidade do óleo semirrefinado de arroz e do óleo refinado de soja para suínos na fase de creche

O Experimento 1 foi realizado no Laboratório de Nutrição Animal do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA - USP), em Piracicaba – SP, com o objetivo de determinar os valores de energia digestível e metabolizável do óleo semirrefinado de arroz e do óleo refinado de soja para leitões na fase de creche.

Foram utilizados 21 suínos, machos castrados, híbridos comerciais da linhagem Topigs®, com peso inicial de 19,63 ± 0,37 kg, alojados individualmente em gaiolas de metabolismo (Figuras 4 e 5), em um experimento em blocos completos casualizados (definidos pelo peso inicial), com sete repetições (blocos) e um animal por unidade experimental (gaiola). Foi adotado o método de coleta total de fezes e urina (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007), utilizando 2% de óxido férrico (Fe_3O_2) como marcador de início e final do período de coleta de fezes. O período experimental consistiu de sete dias de adaptação seguidos de cinco dias de coleta de fezes e urina. A ração-referência (Tabela 4) foi formulada para atender ou exceder às exigências nutricionais dos suínos (ROSTAGNO et al., 2005). O óleo semirrefinado de arroz e o óleo refinado de soja substituíram, com base na matéria natural, 10% da ração-referência. As rações experimentais foram fornecidas duas vezes ao dia (6:00hrs e 16:00hrs), de acordo com o menor consumo por kg de peso metabólico ($PV^{0,75}$) dentro de bloco. A água foi fornecida à vontade.

As amostras de fezes foram coletadas duas vezes ao dia (6:00hrs e 16:00hrs), acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e congeladas (-18°C). As amostras de urina eram drenadas das gaiolas para baldes (Figura 4) contendo 20 ml de HCl, diluído na proporção de 1:1, e foram coletadas uma vez ao dia (16:00hrs), acondicionadas em frascos plásticos devidamente identificados e armazenadas sob refrigeração (3°C). As amostras de ração,

fezes e urina foram enviadas ao laboratório, onde foram homogeneizadas, liofilizadas e analisadas para matéria seca, matéria mineral, extrato etéreo, nitrogênio e energia, seguindo procedimentos descritos pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1997).

Figura 4 - Gaiola de metabolismo para suínos

Figura 5 - Leitão na gaiola de metabolismo

Com base nos dados de consumo de ração, produção de fezes e urina e nas análises químicas das rações, fezes e urina, foram determinados os coeficientes de digestibilidade do extrato etéreo e da matéria orgânica e os valores de extrato etéreo digestível, matéria orgânica digestível, energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia metabolizável corrigida pela retenção de nitrogênio (EMn), utilizando as equações propostas por Matterson et al. (1965).

Os dados foram submetidos a testes para verificação da adequação ao modelo linear e da não violação das pressuposições da análise de variância (aditividade do modelo, normalidade dos erros, homogeneidade de variâncias) e, posteriormente, à análise de variância, utilizando o procedimento PROC MIXED do pacote estatístico SAS® (SAS, 2001).

O modelo matemático utilizado foi:

$$Yij = \mu + ti + bj + \varepsilon ij, \text{ sendo:}$$

Yij = variável resposta correspondente ao i-ésimo tratamento e j-ésimo bloco; μ = média geral; ti = efeito do i-ésimo tratamento (i = 1,...2); bj = efeito do j-ésimo bloco (j = 1,...7); εij = erro experimental, NID (0, $\sigma 2$).

Tabela 4 - Composição percentual e valores calculados da ração-referência

Ingredientes	%
Milho	71,560
Farelo de soja (46%)	19,770
Plasma sanguíneo desidratado	1,170
Açúcar	4,000
Fosfato bicálcico	1,630
Calcário calcítico	0,650
Sal comum	0,370
L-Lisina.HCl (78%)	0,360
DL-Metionina (99%)	0,060
L-Treonina (98,5%)	0,090
Cloreto de colina (60%)	0,100
Premix mineral[1]	0,100
Premix vitamínico[2]	0,100
Antimicrobiano[3]	0,020
Antioxidante (Etoxiquim)	0,020
Valores calculados:	
Energia metabolizável, kcal/kg	3.230
Proteína bruta, %	16,13
Cálcio, %	0,720
Fósforo total, %	0,584
Fósforo disponível, %	0,400
Lisina digestível, %	0,991
Metionina digestível, %	0,299
Met+cis digestível, %	0,555
Triptofano digestível, %	0,168
Treonina digestível, %	0,624

[1]Quantidades por kg de ração: manganês, 60 mg; zinco, 150 mg; ferro, 100 mg; cobre, 10 mg; iodo, 1,2 mg.

[2]Quantidades por kg de ração: vit. A, 11.500 UI; vit. D_3, 5.850 UI; vit. E, 45 UI; vit. K_3, 3 mg; tiamina, 1,8 mg; riboflavina, 5,1 mg; piridoxina, 3,5 mg; vit. B_{12}, 24 µg; ácido fólico, 0,82 mg; ácido pantotênico, 18 mg; niacina, 37,5 mg; biotina, 0,14 mg; selênio, 0,35 mg; etoxiquim, 0,042 mg.

[3]Produto comercial: Clorohidroxiquinolina (60%)

3.2 Experimento 2 – Substituição do óleo refinado de soja pelo óleo semirrefinado de arroz na dieta de leitões recém-desmamados

O Experimento 2 foi realizado na creche experimental do Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo (ESALQ – USP), em Piracicaba – SP, com o objetivo de estudar os efeitos da substituição do óleo refinado de soja pelo óleo semirrefinado de arroz em dietas para leitões recém-desmamados sobre o desempenho zootécnico, a morfologia intestinal, a morfometria de órgãos e a ocorrência de diarreia.

A sala de creche possuía área de 80 m², pé direito de 2,80 m, entradas de ar reguláveis e 20 baias. Cada baia possuía área de 1,80 m² (1,20 x 1,50 m), comedouro semiautomático, bebedouro tipo chupeta e fonte de aquecimento complementar (lâmpadas infravermelhas de 250 W). Toda a instalação foi lavada e desinfetada antes da entrada dos animais.

Foram utilizados 120 leitões recém-desmamados, 60 machos castrados e 60 fêmeas, híbridos comerciais da linhagem Topigs®, com peso inicial de 6,74 ± 0,42 kg, alojados em baias suspensas com piso parcialmente ripado (Figuras 6 e 7), em um experimento em blocos completos casualizados (definidos pelo peso inicial e sexo), com oito repetições (blocos) e três animais por unidade experimental (baia).

Figura 6 - Sala da creche experimental

Figura 7 - Unidade experimental (baia)

Foram avaliados cinco níveis de substituição do óleo refinado de soja (OS) por óleo semirrefinado de arroz (OA) na dieta:

4:0 – dieta basal com 4,0% de OS;

3:1 – dieta basal com 3,0% de OS e 1,0% de OA;

2:2 – dieta basal com 2,0% de OS e 2,0% de OA;

1:3 – dieta basal com 1,0% de OS e 3,0% de OA;

0:4 – dieta basal com 4,0% de OA.

As dietas isonutritivas (Tabelas 5, 6, 7) foram formuladas com base nas recomendações nutricionais dos suínos (ROSTAGNO et al., 2005), exceto para os valores de energia metabolizável do óleo refinado de soja e do óleo semirrefinado de arroz, para os quais foram empregados, respectivamente, 7.527 e 6.213 kcal/kg, determinados no Experimento 1 (Tabela 10). Foi utilizado um programa nutricional dividido em três fases: pré-inicial 1 (1 a 7 dias de experimento), pré-inicial 2 (7 a 21 dias de experimento) e inicial (21 a 35 dias de experimento). Água e ração foram fornecidas à vontade durante o período experimental de 35 dias.

O ganho diário de peso, o consumo diário de ração e a conversão alimentar foram calculados, semanalmente, utilizando dados de pesagens individuais dos animais e quantificações das rações consumidas em cada baia.

A ocorrência de diarreia foi verificada diariamente em cada animal e calculada a percentagem de dias com diarreia (PDD) e a percentagem de animais com diarreia (PAD).

Ao final do período experimental de 35 dias, os animais foram submetidos a jejum sólido por 24 horas e um animal de cada unidade experimental (o animal que mais se aproximava do peso médio da baia) foi sacrificado para coleta de material para análise de morfologia intestinal e morfometria de órgãos. Para análise de morfologia intestinal, foram coletadas amostras de 2 cm de comprimento do duodeno (15 cm da válvula pilórica do estômago) e do jejuno (150 cm da junção ileocecal), lavadas em solução salina (0,9% de NaCl) e fixadas em solução de formol tamponado neutro (10%). As amostras de duodeno e jejuno foram enviadas ao laboratório e, posteriormente, foram preparadas quatro lâminas (cortes) de 6 µm por amostra (cortes em parafina) e coradas pelo método hematoxilina-eosina. Em cada corte, foram realizadas medições da altura de vilosidade, largura de vilosidade e profundidade de cripta de cinco vilosidades, utilizando-se o microscópio óptico (AFIP, 1994). Para morfometria de órgãos, foram

pesados os órgãos digestórios (estômago vazio, pâncreas, fígado e intestino delgado vazio) e o baço, e medido o comprimento do intestino delgado. Foram calculados os pesos relativos dos órgãos e o comprimento relativo do intestino delgado em relação ao peso em jejum dos animais, além da relação peso:comprimento do intestino delgado.

Os dados foram submetidos a testes para verificação da adequação ao modelo linear e da não violação das pressuposições da análise de variância (aditividade do modelo, normalidade dos erros, homogeneidade de variâncias) e, posteriormente, à análise de variância utilizando o procedimento PROC MIXED do pacote estatístico SAS® (SAS, 2001). Para o estudo da percentagem de dias com diarreia e da percentagem de dias para recuperação dos animais com diarreia foi utilizado o procedimento PROC GLIMMIX do SAS®, considerando a distribuição de Poisson para os dados e a heterogeneidade de variâncias do resíduo, uma vez que foi detectada violação das pressuposições da análise de variância. Para o estudo da percentagem de animais com diarreia foi utilizado o teste de X^2 (qui-quadrado).

O modelo matemático utilizado foi:

$$Yij = \mu + ti + bj + \varepsilon ij, \text{ sendo:}$$

Yij = variável resposta correspondente ao i-ésimo tratamento e j-ésimo bloco; μ = média geral; ti = efeito do i-ésimo nível (i = 1,...5); bj = efeito do j-ésimo bloco (j = 1,...8); εij = erro experimental, NID (0, $\sigma 2$).

Quando o resultado da análise de variância foi significativo ($P \leq 0,05$), foi realizada análise de regressão polinomial com desdobramento dos graus de liberdade dos níveis em seus componentes individuais (linear, quadrático e cúbico).

Tabela 5 - Composição percentual e valores calculados da dieta pré-inicial 1 fornecida aos animais no período de 1 a 7 dias de experimentação

Ingredientes, %	Níveis de substituição OS:OA, % na dieta				
	4:0	3:1	2:2	1:3	0:4
Milho	42,230	42,700	43,180	43,650	44,115
Farelo de soja (46%)	22,940	22,840	22,750	22,660	22,560
Soro de leite desidratado	9,620	9,610	9,610	9,610	9,610
Leite integral desidratado	8,570	8,580	8,580	8,580	8,590
Plasma sanguíneo desidratado	5,030	5,040	5,040	5,040	5,040
Açúcar	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500
Óleo refinado de soja	4,000	3,000	2,000	1,000	0,000
Óleo semirrefinado de arroz	0,000	1,000	2,000	3,000	4,000
Fosfato bicálcico	1,860	1,860	1,850	1,850	1,850
Calcário calcítico	0,590	0,590	0,590	0,600	0,600
Sal comum	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Oxido de zinco	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Inerte	1,525	1,145	0,765	0,375	0,000
L-Lisina.HCl (78%)	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
DL-Metionina (99%)	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180
L-Treonina (98,5%)	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
Cloreto de colina (60%)	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix mineral[1]	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Premix vitamínico[2]	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Antimicrobiano[3]	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Antioxidante (Etoxiquim)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Valores calculados:					
Energia metabolizável, kcal/kg	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
Proteína bruta, %	21,05	21,05	21,05	21,05	21,05
Cálcio, %	0,888	0,888	0,888	0,888	0,888
Fósforo total, %	0,708	0,708	0,709	0,709	0,710
Fósforo disponível, %	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560
Lisina digestível, %	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520
Metionina digestível, %	0,510	0,510	0,509	0,509	0,509
Met+cis digestível, %	0,851	0,851	0,851	0,851	0,851
Triptofano digestível, %	0,258	0,258	0,258	0,258	0,258
Treonina digestível, %	0,958	0,958	0,958	0,958	0,958
Lactose, %	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000

[1]Quantidades por kg de ração: manganês, 60 mg; zinco, 150 mg; ferro, 100 mg; cobre, 10 mg; iodo, 1,2 mg.
[2]Quantidades por kg de ração: vit. A, 11.500 UI; vit. D_3, 5.850 UI; vit. E, 45 UI; vit. K_3, 3 mg; tiamina, 1,8 mg; riboflavina, 5,1 mg; piridoxina, 3,5 mg; vit. B_{12}, 24 µg; ácido fólico, 0,82 mg; ácido pantotênico, 18 mg; niacina, 37,5 mg; biotina, 0,14 mg; selênio, 0,35 mg; etoxiquim, 0,042 mg.
[3]Produto comercial: Clorohidroxiquinolina (60%).

Tabela 6 - Composição percentual e valores calculados da dieta pré-inicial 2 fornecida aos animais no período de 7 a 21 dias de experimentação

Ingredientes, %	Níveis de substituição OS:OA, % na dieta				
	4:0	3:1	2:2	1:3	0:4
Milho	49,570	50,050	50,530	51,010	51,455
Farelo de soja (46%)	25,390	25,300	25,200	25,110	25,020
Soro de leite desidratado	6,030	6,030	6,030	6,030	6,020
Leite integral desidratado	4,650	4,650	4,650	4,650	4,670
Plasma sanguíneo desidratado	2,790	2,790	2,800	2,800	2,790
Açúcar	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500
Óleo refinado de soja	4,000	3,000	2,000	1,000	0,000
Óleo semirrefinado de arroz	0,000	1,000	2,000	3,000	4,000
Fosfato bicálcico	1,530	1,530	1,520	1,520	1,520
Calcário calcítico	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770
Sal comum	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170
Óxido de zinco	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Inerte	1,525	1,135	0,745	0,355	0,000
L-Lisina.HCl (78%)	0,310	0,310	0,320	0,320	0,320
DL-Metionina (99%)	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140
L-Treonina (98,5%)	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110
Cloreto de colina (60%)	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix mineral[1]	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Premix vitamínico[2]	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Antibiótico[3]	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Antioxidante (Etoxiquim)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Valores calculados:					
Energia metabolizável, kcal/kg	3.416	3.416	3.416	3.416	3.416
Proteína bruta, %	19,81	19,81	19,81	19,81	19,81
Cálcio, %	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825
Fósforo total, %	0,618	0,619	0,619	0,620	0,620
Fósforo disponível, %	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450
Lisina digestível, %	1,330	1,330	1,330	1,330	1,330
Metionina digestível, %	0,438	0,438	0,437	0,437	0,437
Met+cis digestível, %	0,745	0,745	0,745	0,745	0,745
Triptofano digestível, %	0,229	0,228	0,228	0,228	0,228
Treonina digestível, %	0,838	0,838	0,838	0,838	0,838
Lactose, %	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000

[1]Quantidades por kg de ração: manganês, 60 mg; zinco, 150 mg; ferro, 100 mg; cobre, 10 mg; iodo, 1,2 mg.

[2]Quantidades por kg de ração: vit. A, 11.500 UI; vit. D_3, 5.850 UI; vit. E, 45 UI; vit. K_3, 3 mg; tiamina, 1,8 mg; riboflavina, 5,1 mg; piridoxina, 3,5 mg; vit. B_{12}, 24 µg; ácido fólico, 0,82 mg; ácido pantotênico, 18 mg; niacina, 37,5 mg; biotina, 0,14 mg; selênio, 0,35 mg; etoxiquim, 0,042 mg.

[3]Produto comercial: Clorohidroxiquinolina (60%).

Tabela 7 - Composição percentual e valores calculados da dieta inicial fornecida aos animais no período de 21 a 35 dias de experimentação

Ingredientes, %	Níveis de substituição OS:OA, % na dieta				
	4:0	3:1	2:2	1:3	0:4
Milho	64,740	65,180	65,620	66,060	66,505
Farelo de soja (46%)	19,340	19,290	19,250	19,200	19,150
Soro de leite desidratado	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520
Plasma sanguíneo desidratado	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600
Açúcar	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100
Óleo refinado de soja	0,000	1,000	2,000	3,000	4,000
Óleo semirrefinado de arroz	4,000	3,000	2,000	1,000	0,000
Fosfato bicálcico	1,530	1,530	1,530	1,530	1,520
Calcário calcítico	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670
Sal comum	0,270	0,270	0,270	0,270	0,270
Inerte	1,555	1,175	0,775	0,385	0,000
L-Lisina.HCl (78%)	0,320	0,320	0,320	0,320	0,320
DL-Metionina (99%)	0,070	0,060	0,060	0,060	0,060
L-Treonina (98,5%)	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
Cloreto de colina (60%)	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix mineral[1]	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Premix vitamínico[2]	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Antibiótico[3]	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Antioxidante (Etoxiquim)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Valores calculados:					
Energia metabolizável, kcal/kg	3.340	3.340	3.340	3.340	3.340
Proteína bruta, %	16,04	16,06	16,07	16,09	16,10
Cálcio, %	0,720	0,720	0,720	0,720	0,720
Fósforo total, %	0,571	0,572	0,572	0,573	0,573
Fósforo disponível, %	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Lisina digestível, %	0,991	0,991	0,991	0,991	0,991
Metionina digestível, %	0,297	0,297	0,296	0,296	0,295
Met+cis digestível, %	0,555	0,555	0,555	0,555	0,555
Triptofano digestível, %	0,168	0,168	0,168	0,168	0,168
Treonina digestível, %	0,624	0,624	0,624	0,624	0,624
Lactose, %	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500

[1]Quantidades por kg de ração: manganês, 60 mg; zinco, 150 mg; ferro, 100 mg; cobre, 10 mg; iodo, 1,2 mg.

[2]Quantidades por kg de ração: vit. A, 11.500 UI; vit. D_3, 5.850 UI; vit. E, 45 UI; vit. K_3, 3 mg; tiamina, 1,8 mg; riboflavina, 5,1 mg; piridoxina, 3,5 mg; vit. B_{12}, 24 µg; ácido fólico, 0,82 mg; ácido pantotênico, 18 mg; niacina, 37,5 mg; biotina, 0,14 mg; selênio, 0,35 mg; etoxiquim, 0,042 mg.

[3]Produto comercial: Clorohidroxiquinolina (60%)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1 – Digestibilidade do óleo semirrefinado de arroz e do óleo refinado de soja para suínos na fase de creche

4.1.1 Composição química do óleo refinado de soja e do óleo semirrefinado de arroz

O perfil de ácidos graxos difere entre os óleos (Tabela 8), sendo que o óleo semirrefinado de arroz apresenta maior conteúdo de ácidos graxos saturados e monoinsaturados em relação ao óleo refinado de soja, que por sua vez, apresenta maior conteúdo de ácidos graxos poli-insaturados. O perfil de ácidos graxos de ambos os óleos é condizente com aqueles divulgados na literatura (HAMMOND et al., 2005; LIU, 1999; ORTHOEFER, 2005; RODRIGUES et al., 2004; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2010).

Tabela 8 - Perfil de ácidos graxos do óleo refinado de soja e do óleo semirrefinado de arroz com base nos triacilgliceróis totais[1]

Ácidos graxos[2]	Óleo refinado de soja		Óleo semirrefinado de arroz	
	Conteúdo	Desvio padrão	Conteúdo	Desvio padrão
Láurico (C12:0), %	0,80	0,13	0,85	0,51
Mirístico (C14:0), %	-	-	0,29	0,00
Palmítico (C16:0), %	10,61	0,02	19,43	0,18
Esteárico (C18:0), %	3,71	0,00	1,90	0,01
Oleico (C18:1), %	28,25	0,05	41,28	0,18
Linoleico (C18:2), %	49,93	0,05	32,37	0,03
α-Linolênico (C18:3), %	4,79	0,00	0,86	0,00
Araquídico (C20:0), %	0,42	0,00	0,80	0,00
Gadoleico (C20:1), %	0,59	0,00	0,55	0,00
Eicosadienóico (C20:2), %	0,48	0,00	0,21	0,00
Erúcico (C22:1), %	-	-	0,31	0,00
Lignocérico (C24:0), %	-	-	0,53	0,00
Saturados totais, %	15,54	-	23,80	-
Monoinsaturados totais, %	28,84	-	42,14	-
Poli-insaturados totais, %	55,20	-	33,44	-
Insaturados totais, %	84,04	-	75,58	-
Relação insaturados:saturados	5,41	-	3,18	-
Omega 3 (ω3) totais, %	4,79	-	0,86	-
Omega 6 (ω6) totais, %	49,93	-	32,37	-
Relação ω6:ω3	10,42	-	37,64	-

[1]Metodologia descrita pela AOCS (1998).

Os conteúdos de vitamina E total (tocoferóis e tocotrienóis) e α-tocoferol do óleo semirrefinado de arroz são, respectivamente, 45,36 e 59,86% inferiores aos do óleo refinado de soja (Tabela 9). Os conteúdos de vitamina E total e α-tocoferol (212 e 1,14 mg/kg, respectivamente) do óleo semirrefinado de arroz utilizado neste estudo é muito inferior àqueles divulgados por Lima; Wortmann e Mior (2009), que foram, respectivamente, 1668 e 375 mg/kg. Uma vez que estes óleos são oriundos da mesma indústria, uma possível explicação para esta variação é o fato de não ter sido utilizado qualquer antioxidante sintético no óleo semirrefinado de arroz, que foi armazenado por cerca de 150 dias antes do início deste experimento, podendo-se admitir que a vitamina E tenha sido utilizada para evitar o processo de peroxidação lipídica. Por outro lado, o óleo refinado de soja utilizado possuía terc-butil-hidroquinona (TBHQ) e ácido cítrico, substâncias antioxidantes que agem de forma sinérgica (RAMALHO; JORGE, 2006), o que pode ter preservado a vitamina E e explicar a superioridade no seu conteúdo em relação ao óleo de arroz. No entanto, vale destacar que o conteúdo de vitamina E total no óleo de arroz pode apresentar elevada variação, tendo sido relatados valores entre 100 a 1.026 mg/kg (RODRIGUES et al., 2004; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2010).

Tabela 9 – Ácidos graxos livres, γ-orizanol, vitamina E total (tocoferóis e tocotrienóis) e α-tocoferol no óleo refinado de soja e no óleo semirrefinado de arroz na matéria natural

Análise	Óleo refinado de soja	Óleo semirrefinado de arroz
Ácidos graxos livres, %	0,02	0,92
γ-Orizanol, %	0,04	1,58
Vitamina E total, mg/kg	388,00	212,00
α-Tocoferol, mg/kg	2,84	1,14

[1]Metodologia descrita pela IUPAC (1979). [2]Metodologia descrita por Seetharamaiah e Prabhakar (1986). [3]Metodologia descrita por Parrish (1980).

Foram encontrados traços de γ-orizanol no óleo refinado de soja (0,04%) em comparação ao óleo semirrefinado de arroz (1,58%) (Tabela 9). Rodrigues et al. (2004) divulgaram conteúdo de γ-orizanol para óleo semirrefinado de arroz de origem brasileira (1,72%) e tailandesa (1,87%) superiores, respectivamente, em 9 e 18% ao conteúdo determinado para o óleo semirrefinado de arroz utilizado neste estudo.

É importante ressaltar que fatores como o método de extração do óleo (mecânico ou solvente) e refino, as condições do processo de extração do óleo (temperatura, solvente e mistura do solvente) e variações na composição dos grãos de arroz podem influenciar os conteúdos de vitamina E total, α-tocoferol e γ-orizanol no óleo de arroz (RODRIGUES et al., 2004; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2010).

4.1.2 Digestibilidade e valores de energia digestível e metabolizável do óleo refinado de soja e do óleo semirrefinado de arroz para leitões na fase de creche

Não houve diferença (P>0,05) entre o óleo semirrefinado de arroz e o óleo refinado de soja para os valores de energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), energia metabolizável corrigida pela retenção de nitrogênio (EMn), coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo e extrato etéreo digestível (Tabela 10). No entanto, os valores de ED, EM e EMn do óleo semirrefinado de arroz foram, em média, 17,52% inferiores (P<0,21) aos do óleo refinado de soja. Estas diferenças não foram significativas (P≤0,05), possivelmente, devido aos seus elevados coeficientes de variação (LENTH, 2007), cujos valores médios foram 29,44%. Dois animais (um de cada ração-teste) foram removidos do experimento por persistirem com problemas de baixo consumo de ração e diarreia ao final do período de adaptação. Estes problemas acometem frequentemente os leitões na fase de creche, e pode ser uma das causas da elevada variação observada. Em experimentos de digestibilidade utilizando leitões na fase de creche têm sido observado elevados coeficientes de variação comparativamente àqueles realizados com suínos na fase de crescimento-terminação (KIM et al., 2007).

Por outro lado, o coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica e a matéria orgânica digestível foram inferiores (P≤0,05) para o óleo semirrefinado de arroz em comparação ao óleo refinado de soja (Tabela 10), sustentando a hipótese de que os valores de ED, EM e EMn sejam, de fato, inferiores para o óleo semirrefinado de arroz.

A digestibilidade dos lipídios em suínos é afetada pela composição em ácidos graxos da fonte lipídica, principalmente pela relação ácidos graxos insaturados:saturados e conteúdo de ácidos graxos livres (POWLES et al., 1994, 1995). Comparado ao óleo refinado de soja, o óleo semirrefinado de arroz possui menor relação ácidos graxos insaturados:saturados (3,18 vs 5,41) (Tabela 8) e maior conteúdo de ácidos graxos livres (0,92 vs 0,02%) (Tabela 9), que poderiam explicar sua menor digestibilidade para suínos. O aumento no conteúdo de ácidos

graxos livres reduz linearmente a digestibilidade de lipídios para suínos (POWLES et al., 1994, 1995). Uma possível explicação para tal redução é que com o aumento do conteúdo de ácidos graxos livres ocorre redução no conteúdo de monoacilgliceróis. Os monoacilgliceróis são necessários para a formação de micelas mistas, pois certos ácidos graxos não são solubilizados em micelas mistas formadas sem monoacilgliceróis, mas podem ser dissolvidos em micelas mistas que contenham monoacilgliceróis. Assim, pode ocorrer menor formação de micelas mistas devido à falta de monoacilgliceróis e, consequentemente, ser observada menor digestibilidade dos lipídios (POWLES et al., 1994). Portanto, o conteúdo de ácidos graxos livres dos óleos pode afetar os valores energéticos de diferentes tipos de óleos, como observado no presente estudo.

Tabela 10 - Composição química e valores de energia bruta, energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), energia metabolizável corrigida pela retenção de nitrogênio (EMn) do óleo semirrefinado de arroz e do óleo refinado de soja para leitões na fase de creche na matéria natural

Nutriente	Óleo de arroz	Óleo de soja	EP[1]	DP[2]	CV[3]	Pr[4]
Matéria seca, %	99,35	99,98	-	-	-	-
Extrato etéreo (EE), %	96,18	98,16	-	-	-	-
Coef. de dig. do EE, %	88,01	89,25	5,38	13,78	15,56	0,864
EE digestível, %	84,64	87,61	5,25	13,52	15,70	0,686
Nitrogênio, %	0,10	0,08	-	-	-	-
Matéria mineral, %	1,39	1,52	-	-	-	-
Matéria orgânica (MO), %	97,96	98,46	-	-	-	-
Coef. de dig. da MO, %	88,06	96,06	4,12	11,77	12,79	0,020
MO digestível, %	86,27	94,58	4,05	11,66	12,89	0,017
Energia Bruta, kcal/kg	9.353	9.368	-	-	-	-
ED, kcal/kg	6.267	7.581	748,76	2037	29,42	0,201
EM, kcal/kg	6.158	7.489	760,22	2068	30,31	0,206
EMn, kcal/kg	6.213	7.527	718,37	1964	28,59	0,189

[1]Erro padrão; [2]Desvio padrão; [3]Coeficiênte de variação (%); [4]Probalidade.

Os valores de ED e EMn determinados neste experimento para o óleo refinado de soja (Tabela 10) foram, respectivamente, 12,61% e 9,86% inferiores aos valores médios publicados de 8.675 e 8.350 kcal/kg (NRC, 1998; ROSTAGNO et al., 2005). Estas diferenças podem ser atribuídas a idade (ou peso) dos animais utilizados para a determinação dos valores energéticos (KIM et al., 2005, 2007), uma vez que a habilidade para digerir lipídios aumenta com a idade (ou peso) dos suínos (CERA et al., 1990; CORRING et al., 1978; LI et al., 2001; LIU et

al., 2001). Para suínos em crescimento foram estimados valores de ED e EMn de, respectivamente, 8.361 kcal/kg e 8.254 kcal/kg para o óleo bruto de soja, que são similares aos valores médios publicados para o óleo de soja (NRC, 1998; ROSTAGNO et al., 2005), e 8.414 kcal/kg e 8.330 kcal/kg para o óleo bruto de arroz (FIALHO et al., 1991). Esses resultados são evidências de que a habilidade para digerir lipídios aumenta com a idade (ou peso) dos suínos e, ainda, que suínos adultos podem utilizar eficientemente a energia proveniente do óleo de arroz, diferentemente de leitões na fase de creche.

Utilizando equações de predição para estimar valores de ED para suínos em crescimento-terminação, considerando a relação ácidos graxos insaturados:saturados e o conteúdo de ácidos graxos livres dos óleos (POWLES et al., 1995), seriam estimados valores de 8.610 kcal/kg para o óleo semirrefinado de arroz e 8.805 kcal/kg para o óleo refinado de soja. Entretanto, utilizando as mesmas equações ajustadas para leitões na fase de creche (POWLES et al., 1995), seriam estimados valores de 7.334 kcal/kg para o óleo semirrefinado de arroz e 7.767 kcal/kg para o óleo refinado de soja, que são similares aos valores determinados no presente estudo (Tabela 10) e inferiores aqueles estimados para suínos em crescimento-terminação. Assim, fica evidente a necessidade de corrigir os valores energéticos dos óleos para a formulação de rações nas diferentes fases de produção.

É importante ressaltar que o comportamento dos animais pode ter sido afetado pela variação diária da temperatura que oscilou entre 24,21 ± 2,12 ^{o}C e 16,79 ± 1,53 ^{o}C, fora da zona de termoneutralidade.

4.2 Experimento 2 – Substituição do óleo refinado de soja pelo óleo semirrefinado de arroz na dieta de leitões recém-desmamados

4.2.1 Desempenho zootécnico

Não houve efeito (P>0,05) dos níveis de substituição do óleo refinado de soja pelo óleo semirrefinado de arroz na dieta sobre o ganho diário de peso, o consumo diário de ração e a conversão alimentar de leitões na fase de creche (Tabela 11). Estes resultados diferem daqueles obtidos por Lima; Wortmann e Mior (2009), que observaram aumento no consumo de ração (893 vs 956 g/dia) e no ganho de peso (442 vs 487 g/dia) quando substituído 2% de óleo de soja por óleo de arroz na dieta de leitões na fase de creche (21 a 63 dias de idade). Estas diferenças podem

ser atribuídas a diferenças no conteúdo de EMn entre os óleos. Enquanto Lima; Wortmann e Mior (2009) consideraram os mesmos valores de EMn para ambos os óleos, o presente estudo demonstrou que os valores de EMn do óleo refinado de soja são 17,5% superiores aos do óleo semirrefinado de arroz (Tabela 10). Assim, a substituição de 2% de óleo de soja por óleo de arroz resultaria na redução de 26,28 kcal de EMn/kg de ração no experimento de Lima; Wortmann e Mior (2009). Os suínos consomem alimento para atender às exigências energéticas, tendo sido observado aumento no consumo quando a densidade energética da dieta é reduzida (BEAULIEU; LEVESQUE; PATIENCE, 2006; PETTIGREW; MOSER, 1991; WOODS, 2004). Desta forma, considerando apenas a fração de energia proveniente dos óleos, os consumos diários de EMn para os tratamentos óleo de soja e óleo de arroz no experimento de Lima; Wortmann e Mior (2009) seriam, respectivamente, 134,88 e 118,30 kcal/dia, dando indicações de que o maior consumo de ração observado possa ter sido uma tentativa dos animais compensarem a menor densidade energética da dieta com óleo de arroz.

Adicionalmente, outros dois fatores podem ser apontados como responsáveis pelas variações observadas no desempenho entre o presente estudo e o estudo de Lima; Wortmann e Mior (2009): (1) o óleo de arroz utilizado naquele experimento possuía 1.668 mg/kg de vitamina E total e 375 mg/kg de α-tocoferol, enquanto o óleo utilizado no presente estudo possuía apenas 212 mg/kg de vitamina E total e 1,14 mg/kg de α-tocoferol; (2) aquele experimento é característico de experimento realizado em granjas comerciais de suínos, pois as unidades experimentais continham em média 30 leitões, onde as condições ambientais, sociais e sanitárias são frequentemente mais desafiadoras para os animais. No presente estudo, apesar da presença de diarreia (Tabela 14) que também pode indicar desafio microbiano, é provável que o ambiente seja muito menos desafiador que as condições de produção industrial de suínos, conforme demonstrado pelo adequado desempenho obtido (Tabela 11). Os leitões são susceptíveis ao estresse oxidativo na fase imediatamente após o desmame (LAURIDSEN, 2010). A vitamina E na forma natural tem demonstrado possuir maior atividade que a forma sintética para suínos (LAURIDSEN et al., 2002; LAURIDSEN, 2008; WILBURN et al., 2008). Adicionalmente, quando adicionada em níveis supranutricionais na dieta, a vitamina E é efetiva para evitar a depressão dos níveis séricos de α-tocoferol de leitões recém-desmamados (LAURIDSEN, 2010). Embora não tenham sido observados aumentos no desempenho dos leitões em condições experimentais, existem evidências que níveis elevados de vitamina E poderiam aumentar o

desempenho de leitões desmamados em condições de desafio (LAURIDSEN et al., 2002; LAURIDSEN; JENSEN, 2005; LAURIDSEN, 2010; MØLLER; LAURIDSEN, 2006; WILBURN et al., 2008). A composição de ácidos graxos da dieta influencia a concentração sérica de IgG e a resposta de anticorpos em leitões (LAURIDSEN, 2010; LIU et al., 2003). Em ratos, a inclusão de óleo de arroz comparada ao óleo de girassol na dieta aumentou a proliferação de linfócitos B (6.842 vs. 10.073 com) e citocinas tipo TH1, como IL-2 (55,85 vs 101,70 pg/mL) e TNF-α (49,12 vs 184,90 pg/mL), e reduziu citocinas tipo TH2, como IL-4 (7,59 vs 4,48 pg/mL), e IgE (56,90 vs 42,40 ng/mL), demonstrando propriedades antialérgicas do óleo de arroz (SIERRA et al., 2005). Portanto, pode-se admitir que o óleo de arroz, dependendo do seu conteúdo de vitamina E, possa melhorar a resposta imune e aumentar o desempenho de leitões desmamados em condições de produção industrial.

Os resultados do presente estudo foram similares aos obtidos com frangos de corte, que também não detectaram diferenças no ganho diário de peso, consumo diário de ração e conversão alimentar quando substituído óleo de milho por óleo de arroz (FAN et al., 1995), ou óleo de soja por óleo de arroz (MORAES et al., 2009), ou quando o óleo de arroz foi incluído em níveis de 0 a 5% em dietas de frangos de corte (ANITHA et al., 2007). Os coeficientes de metabolizabilidade da gordura bruta de dietas contendo óleo de arroz ou óleo de soja não diferem entre si (57,8 vs 55,4%, respectivamente) para frangos de corte (MORAES et al., 2009), dando indicações de que os valores de energia metabolizável de ambos os óleos também sejam similares. Porém, para leitões na fase de creche, os valores de energia metabolizável do óleo de arroz são inferiores aos do óleo de soja (Tabela 10). Estes resultados demonstram a necessidade de corrigir os valores energéticos dos óleos para formulação de dietas para leitões, e ainda, que em dietas isoenergéticas não há efeito da substituição do óleo de soja pelo óleo de arroz na dieta sobre o desempenho de leitões na fase de creche (Tabela 11), de frangos de corte (FAN et al., 1995; MORAES et al., 2009) e ratos (SIERRA et al., 2005).

Entretanto, há divergências em dados de literatura sobre os efeitos da suplementação de óleo de arroz para equinos. O uso de óleo semirrefinado de arroz em comparação ao óleo refinado de soja (300 mL de óleo/dia por animal) aumentou o ganho de peso (17,00 vs 32,33 kg/animal) e escore corporal de garanhões suplementados por um período de 60 dias (GOBESSO et al., 2007). Porém, não houve efeito sobre o ganho de peso de cavalos atletas suplementados por um período de 40 dias (5 mL de óleo/kg de peso vivo por dia), nos quais

apenas observou-se que o óleo de arroz evitou o aumento da concentração sérica de lactato após exercício (OLIVEIRA et al., 2010).

Tabela 11 – Efeito de níveis de substituição do óleo refinado de soja (OS) pelo óleo semirrefinado de arroz (OA) na dieta sobre o peso vivo, ganho diário de peso (GPD), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA) de leitões na fase de creche

Variáveis	Níveis de substituição OS:OA, % na dieta					EP[1]	DP[2]	CV[3],%	Pr[4]
	4:0	3:1	2:2	1:3	0:4				
Peso vivo inicial, kg	6,74	6,72	6,73	6,76	6,73	-	-	-	-
Período de 1 a 7 dias de experimentação									
Peso vivo, kg	9,41	9,66	9,54	9,65	9,41	0,85	2,49	26,14	0,657
GPD, g/dia	380	420	401	414	383	64	201	50,43	0,578
CRD, g/dia	478	496	494	498	480	62	178	36,36	0,903
CA	1,29	1,24	1,51	1,27	1,37	0,13	0,36	27,39	0,345
Período de 1 a 14 dias de experimentação									
Peso vivo, kg	12,93	13,19	13,05	13,37	13,11	1,00	3,03	23,11	0,788
GPD, g/dia	442	462	451	473	456	44	144	31,56	0,772
CRD, g/dia	601	612	612	611	608	59	168	27,62	0,994
CA	1,38	1,33	1,37	1,29	1,35	0,03	0,10	7,16	0,292
Período de 1 a 21 dias de experimentação									
Peso vivo, kg	16,98	17,31	17,37	17,63	17,23	1,06	3,28	18,95	0,688
GPD, g/dia	487	504	507	518	500	33	110	21,82	0,669
CRD, g/dia	693	761	723	712	714	51	147	20,46	0,394
CA	1,42	1,52	1,43	1,37	1,43	0,05	0,14	9,74	0,276
Período de 1 a 28 dias de experimentação									
Peso vivo, kg	21,11	21,34	21,50	21,59	21,43	1,11	3,53	16,51	0,931
GPD, g/dia	513	522	528	530	525	27	94	18,05	0,925
CRD, g/dia	770	826	804	791	796	45	129	16,20	0,455
CA	1,50	1,59	1,52	1,49	1,52	0,04	0,11	7,45	0,270
Período de 1 a 35 dias de experimentação									
Peso vivo, kg	25,98	26,26	26,06	26,37	26,10	1,18	3,91	14,95	0,982
GPD, g/dia	550	558	552	560	553	24	89	15,99	0,982
CRD, g/dia	872	922	909	884	894	43	125	13,91	0,414
CA	1,58	1,66	1,64	1,58	1,61	0,03	0,10	6,11	0,220

[1]Erro padrão; [2]Desvio padrão; [3]Coeficiente de variação (%); [4]Probabilidade.

Não há indicações de que o óleo semirrefinado de arroz, em níveis de até 4% de inclusão na dieta, possa afetar a palatabilidade da dieta para leitões na fase de creche, pois não foram observados quaisquer efeitos (P>0,05) dos níveis de substituição do óleo refinado de soja pelo óleo semirrefinado de arroz sobre o consumo de alimento (Tabela 11).

4.2.2 Histologia do epitélio intestinal

Houve efeito quadrático (P<0,01) para largura de vilosidades (Figura 8) e cúbico (P<0,01) para relação altura de vilosidade:profundidade de cripta (Figura 9) no duodeno. As demais variáveis de histologia do epitélio intestinal não foram afetadas (P>0,05) pelos níveis de substituição do óleo refinado de soja pelo óleo semirrefinado de arroz na dieta (Tabela 12). Não foi encontrada uma explicação biológica para os efeitos observados.

Tem-se relatado que a suplementação de uma mistura de óleo de soja:óleo de coco (1:1) em dietas de leitões aumentou a altura e a largura das vilosidades em comparação à suplementação individual de óleo de soja ou óleo de coco (LI et al., 1990). No entanto, para o tratamento sem a suplementação de quaisquer óleos foram mensuradas altura e largura de vilosidades intermediárias. O efeito nas vilosidades proporcionado pela mistura óleo de soja:óleo de coco (1:1) foi acompanhado por aumento no ganho de peso e melhora na conversão alimentar. Além disso, tem sido observado que a composição de ácidos graxos da mucosa intestinal e do plasma de leitões reflete a composição de ácidos graxos da dieta (LAURIDSEN, 2010) e que combinações de fontes lipídicas para aproximar o perfil de ácidos graxos da dieta ao do leite da porca aumenta o crescimento de leitões (CERA et al., 1989; LE DIVIDICH et al., 1991; MOUNTZOURIS et al., 1999). Portanto, há indicações de que existe uma proporção ideal de ácidos graxos da dieta para atender as necessidades dos enterócitos.

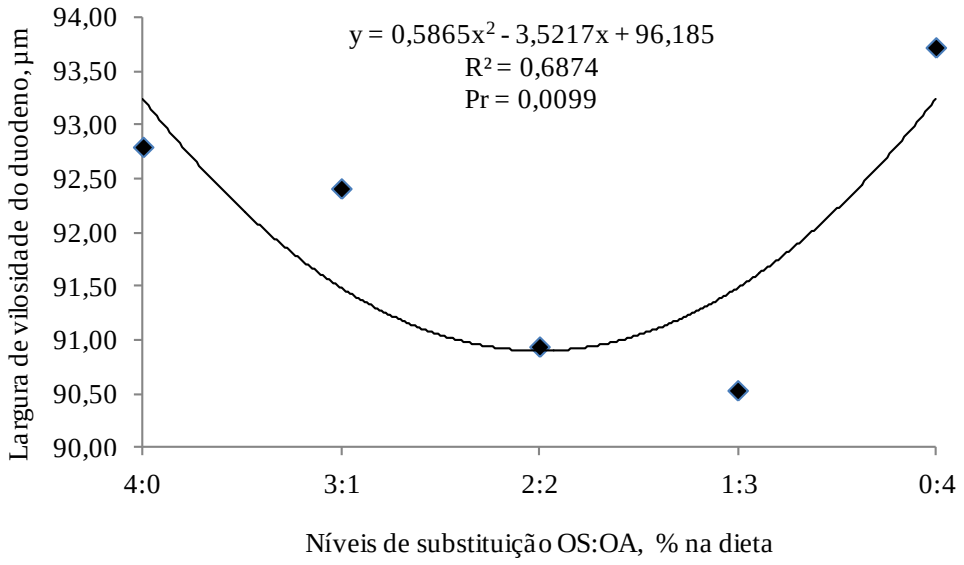

Figura 8 - Efeito dos níveis de substituição do óleo refinado de soja (OS) pelo óleo semirrefinado de arroz (OA) sobre a largura de vilosidade no duodeno

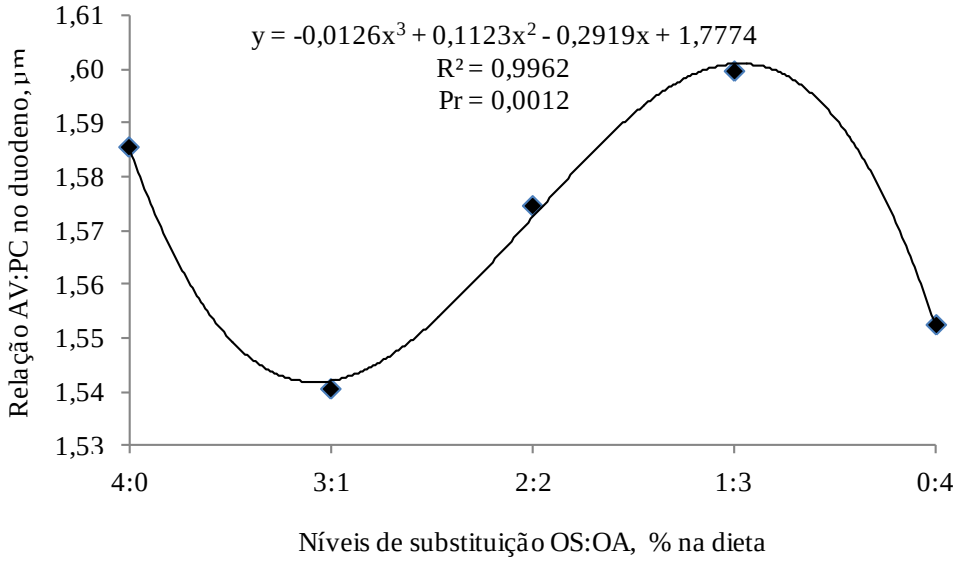

Figura 9 - Efeito dos níveis de substituição do óleo refinado de soja (OS) pelo óleo semirrefinado de arroz (OA) sobre a relação altura de vilosidade:profundidade de cripta (AV:PC) no duodeno

Tabela 12 - Efeito de níveis de substituição do óleo refinado de soja (OS) pelo óleo semirrefinado de arroz (OA) na dieta sobre a altura das vilosidades (AV), profundidade das criptas (PC), relação altura de vilosidade:profundidade de cripta (AV:PC) e largura de vilosidade (LV) do duodeno e do jejuno de leitões na fase de creche

Variáveis	Níveis de substituição OS:OA, % na dieta								
	4:0	3:1	2:2	1:3	0:4	EP[1]	DP[2]	CV[3],%	Pr[4]
Duodeno									
AV, µm	593	587	591	595	590	18,16	52,09	8,81	0,253
PC, µm	384	391	386	383	390	17,41	49,98	12,92	0,125
LV, µm	93	92	91	91	94	2,08	6,08	6,61	0,046
AV:PC	1,59	1,54	1,57	1,60	1,55	0,12	0,34	21,48	0,025
Jejuno									
AV, µm	686	684	681	684	684	17,28	49,54	7,24	0,253
PC, µm	385	384	384	385	385	18,53	53,08	13,81	0,990
LV, µm	80	81	82	81	81	1,81	5,23	6,46	0,392
AV:PC	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	0,13	0,38	20,87	0,997

[1]Erro padrão; [2]Desvio padrão; [3]Coeficiente de variação (%); [4]Probabilidade.

4.2.3 Morfometria de órgãos

O peso relativo dos órgãos digestivos e do baço não foram influenciados (P>0,05) pela substituição do óleo refinado de soja pelo óleo semirrefinado de arroz na dieta (Tabela 13), sendo um indicativo de que o óleo de arroz não promove modificações no metabolismo animal. Estudos comparando morfometria de órgãos de animais alimentados com óleo de arroz não foram encontrados na literatura.

4.2.4 Ocorrência de diarreia

Não houve efeito (P>0,05) dos níveis de substituição do óleo de soja pelo óleo de arroz na dieta sobre a ocorrência de diarreia (Tabela 14), indicando que o óleo de arroz não provoca distúrbios gastrintestinais em leitões na fase de creche. Estes resultados são similares aos encontrados por Lima; Wortmann e Mior (2009) para leitões em fase de creche e por Sierra et al. (2005) para ratos.

Independentemente dos níveis de substituição, nos períodos 1 a 7 dias e 1 a 14 dias de experimentação as percentagens médias de animais acometidos com quadros diarreicos foram, respectivamente, 46,67 e 59,17%. Não foi detectada diarreia após o 14º dia pós-desmame, dando indicações de que o período crítico para o leitão são as primeiras duas semanas pós-desmame.

Tabela 13 - Efeito de níveis de substituição do óleo refinado de soja (OS) pelo óleo semirrefinado de arroz (OA) na dieta sobre o peso vivo aos 35 dias, peso em jejum (24 horas), peso dos órgãos em relação ao peso em jejum e comprimento do intestino delgado de leitões na fase de creche

Variáveis	Níveis de substituição OS:OA, % na dieta					EP[1]	DP[2]	CV[3]	Pr[4]
	4:0	3:1	2:2	1:3	0:4				
Peso vivo, kg	26,02	26,38	25,94	26,22	26,78	1,24	3,56	13,54	0,850
Peso em jejum (PJ), kg	24,42	25,05	24,56	24,71	25,31	1,19	3,43	13,82	0,791
Fígado, %	2,76	2,67	2,75	2,81	2,85	0,09	0,26	9,55	0,677
Estomago, %	0,66	0,65	0,67	0,69	0,66	0,02	0,06	9,38	0,649
Pâncreas, %	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,02	0,05	46,37	0,944
Baço, %	0,21	0,26	0,24	0,24	0,24	0,02	0,07	28,15	0,636
Intestino delgado (ID), %	4,66	4,52	4,70	4,45	4,81	0,19	0,56	12,17	0,507
Comprimento do ID, m	14,57	15,64	16,03	14,90	15,65	0,53	1,62	10,52	0,280
kg de ID/m de ID	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08	0,00	0,01	10,31	0,172
m de ID/ kg de PJ	0,61	0,63	0,67	0,61	0,63	0,03	0,10	16,21	0,506

[1]Erro padrão; [2]Desvio padrão; [3]Coeficiente de variação (%); [4]Probabilidade.

Tabela 14 - Efeito de níveis de substituição do óleo refinado de soja (OS) pelo óleo semirrefinado de arroz (OA) na dieta sobre a percentagem de dias com diarreia (PDD) e percentagem de animais com diarreia (PAD)

Variáveis	Níveis de substituição OS:OA, % na dieta					EP[1]	DP[2]	CV[3]	Pr[4]
	4:0	3:1	2:2	1:3	0:4				
Período de 1 a 7 dias de experimentação									
PDD, %	34,07	23,81	34,69	30,16	33,93	4,21	15,51	49,42	0,307
PAD[5], %	54,17	50,00	58,33	37,50	33,33	-	-	-	0,344
Período de 1 a 14 dias de experimentação									
PDD, %	20,95	13,78	21,03	17,53	15,38	2,92	12,06	67,00	0,249
PAD[5], %	62,50	58,33	75,00	45,83	54,17	-	-	-	0,328

[1]Erro padrão; [2]Desvio padrão; [3]Coeficiente de variação (%); [4]Probabilidade; [5]Teste X^2(Qui-quadrado).

4.2.5 Implicações

O óleo de arroz pode substituir o óleo de soja em dietas para leitões recém-desmamados, desde que considerados os valores energéticos na formulação das dietas. A variação na composição química do óleo de arroz, principalmente no conteúdo de vitamina E, pode ser fator influente nas propriedades nutricionais do óleo para leitões recém-desmamados. O uso de óleo de arroz está condicionado à disponibilidade do ingrediente na região e seu custo, havendo a necessidade de padronização do ingrediente para uso na alimentação animal.

5 CONCLUSÕES

Os valores de energia digestível, energia metabolizável e energia metabolizável corrigida para balanço de nitrogênio foram, respectivamente, 6.267, 6.158 e 6.213 kcal/kg para o óleo semirrefinado de arroz e 7.581, 7.489 e 7.527 kcal/kg para o óleo refinado de soja. Assim, considerando estes valores de energia na formulação de dietas isonutritivas para leitões na fase de creche, o óleo semirrefinado de arroz pode substituir totalmente o óleo refinado de soja (4%) sem afetar o desempenho zootécnico, a morfometria de órgãos dos animais, nem a ocorrência de diarreia.

REFERÊNCIAS

ABIPECS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. Disponível em: < http://www.abipecs.com.br/> Acesso em: 07 maio 2011.

AFIP. ARMED FORCES INSTITUTE OF PATHOLOGY. **Laboratory methods in histotechnology**. Washington: AFIP, 1994. 274 p.

ALLEE, G.L.; TOUCHETTE, K.J. Efectos de la nutrición sobre la salud intestinal y el crecimiento de los lechones. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN AVANCES EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL, 15, 1999, Madrid. **Memórias…** Madrid: FEDNA, 1999. p. 127-143.

ALEXANDER, A.N.; CAREY, H.V. Oral IGF-I enhances nutrient and electrolyte absorption in neonatal piglet intestine. **American Journal of Physiology**: Gastrointestinal and Liver Physiology, Bethesda, v. 277, n. 3, p. 619-625, 1999.

ANITHA, B.; MOORTHY, M.; VISWANATHAN, K. Performance of Broilers Fed with Crude Rice Bran Oil. **The Journal of Poultry Science**, Tsukuba, v. 44, n. 3, p. 283-290, 2007.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 18th ed. Washington: AOAC, 2005. 2500 p.

AOCS. AMERICAN OIL CHEMISTS` SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**, 5th ed. Champaign: AOCS, 1998.

BABIOR, B.M. The NADPH oxidase of endothelial cells. **International Union of Biochemistry and Molecular Biology**, New York, v. 50, n. 4/5, p. 267–269, 2000.

BANDEIRA, C.M.; FONTES, D.O.; SOUZA, L.P.O.; SALUM, G.M.; CORREA, G.S.S.; SILVA, M.A.E. Saúde intestinal dos leitões: um conceito novo e abrangente. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 54, p. 74-96, 2007.

BAUER, E.; WILLIAMS, B.; SMIDT, H.; VERSTEGEN, M.; MOSENTHIN, R. Influence of the gastrointestinal microbiota on development of the immune system in young animals. **Current Issues in Intestinal Microbiology**, Norfolk, v. 7, n. 2, p. 35-51, 2006.

BAYLEYA1, H.S.; LEWIS, D. The use of fats in pig feeding: II. The digestibility of various fats and fatty acids. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 64, n. 3, p. 373-378, 1965.

BEAULIEU, A.D.; LEVESQUE, C.L.; PATIENCE, J.F. The effects of dietary energy concentration and weaning site on weanling pig performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 5, p. 1159-1168, 2006.

BENDER, D.A.; MAYES, P.A. Nutrition, Digestion, & Absorption. In: MURRAY, R.K.; GRANNER, D.K.; MAYES, P.A.; RODWELL, V.W. (Ed.). **Harper's Illustrated Biochemistry**, 26th ed. United States of America: McGraw-Hill Companies, 2003. chap. 44, p. 474-480.

BOUDRY, G.; PÉRON, V.; LE HUEROU-LURON, I.; LALLÈS, J. P.; SÈVE, B. Weaning induces both transient and long-lasting modifications of absorptive, secretory, and barrier properties of piglets intestine. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 134, n. 9, p. 2256-2262, 2004.

BURRIN, D.G.; WESTER, T.J.; DAVIS, T.A.; AMICK, S.; HEATH, J.P. Orally administered IGF-I increases intestinal mucosal growth in formula-fed neonatal pigs. **American Journal of Physiology: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, Bethesda, v. 270, n.5, p. 1085-1091, 1996.

CALDER, P.C. n-3 Polyunsaturated fatty acids and cytokine production in health and disease. **Annals of Nutrition and Metabolism**, Basel, v. 41, n. 4, p. 203-234, 1997.

CALDER, P.C. n−3 Polyunsaturated fatty acids and inflammation: From molecular biology to the clinic. **Lipids**, Champaign, v. 38, n.4, p. 343-352, 2003.

CARRIERE, F.; BARROWMAN, J.A.; VERGER, R.; LAUGIER, R.. Secretion and contribution to lipolysis of gastric and pancreatic lipases during a test meal in humans. **Gastroenterology**, Philadelphia, v. 105, n. 3, p. 876-888, 1993.

CASTELO BRANCO, P.A.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T.; SILVA, H.O.; FREITAS, R.T.F.; VIEIRA NETO, J. Efeito da utilização da farinha pré-gelatinizada de milho e da soja micronizada sobre o peso dos órgãos digestivos de leitões. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 2003. Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABRAVES, 2003. p. 335 – 336.

CERA, K.R.; MAHAN, D.C.; CROSS, R.F.; REINHART, G.A.; WHITMOYER, R.E. Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, n. 2, p. 574-584, 1988a.

CERA, K.R.; MAHAN, D.C.; REINHART, G.A. Weekly digestibilities of diets supplemented with corn oil, lard or tallow by weanling swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, n. 6, p. 1430-1437, 1988b.

CERA, K.R.; MAHAN, D.C.; REINHART, G.A. Apparent fat digestibilities and performance responses of postweaning swine fed diets supplemented with coconut oil, corn oil or tallow. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, n. 8, p. 2040-2047, 1989.

CERA, K.R.; MAHAN, D.C.; REINHART, G.A. Effect of weaning, week postweaning and diet composition on pancreatic and small intestinal luminal lipase response in young swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 2, p. 384-391, 1990.

CHANDRA, R.K.; KUMARI, S. Nutrition and immunity: an overview. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 124, n. 8, p. 1433-1435, 1994.

CHIBA, L.I.; PEO, E.R.; LEWIS, A.J.; BRUMM, M.C.; FRITSCHEN, R.D.; CRENSHAW, J.D. Effect of dietary fat on pig performance and dust levels in modified-open-front and environmentally regulated confinement buildings. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 61, n. 4, p. 763-781, 1985.

CHING, S.; MAHAN, D.C.; WISEMAN, T.G.; FASTINGER, N.D. Evaluating the antioxidant status of weanling pigs fed dietary vitamins A and E. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 9, p. 2396-2401, 2002.

CLINE, T.R. Development of the digestive physiology of baby pigs and the use of supplemental enzimes in their diets. In: SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 1992, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1992. p.149-161.

CORRING, T.; AUMAITRE, A.; DURAND, G. Development of digestive enzymes in the piglet from birth to 8 weeks. **Annals of Nutrition and Metabolism**, Basel, v. 22, n. 4, p. 231-243, 1978.

DANIELSKI, L.; ZETZL, C.; HENSE, H.; BRUNNER, G. A process line for the production of raffinated rice oil from rice bran. **Journal of Supercritical Fluids**, New York, v. 34, n. 2, p. 133–141, 2005.

DUNSFORD, B.R.; KNABE, D.A.; HAENSLY, W.E. Effect of dietary soybean meal on the microscopic anatomy of the small intestine in the early weaned pig. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, n. 12, p. 1855-1863, 1989.

FAN, L.Q.; FENG, J.; WU, S.; SPECHT, K.; SHE, S. Nutritional evaluation of rice bran oil and a blend with corn oil. **Molecular Nutrition & Food Research**, Weinheim v. 39, n. 5/6, p. 490-496, 1995.

FANG, N.; YU, S.; BADGER, T. M. Characterization of triterpene alcohol and sterol ferulates in rice bran using LC-MS/MS. **Journal of Agricultural and Food Chemestry**, New York, v. 51, n. 11, p. 3260-3267, 2003.

FERREIRA, A.L.A.; MATSUBARA, L.S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **Revista da Associação Médica Brasileira**, São Paulo, v. 43, n. 1, p. 61-8, 1997.

FIALHO, E.T.; BARBOSA, H.P; ABREU, J.L.M. Avaliação da proteína e energia digestível de alguns ingredientes para suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28., 1991, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 1991. p. 370-372.

GASKINS, H.R. Immunological development and mucosal defence the pig intestine. In: WISEMAN, J.; VARLEY, M.A.; CHADWICK, J.P. (Ed.). **Progress in pig science.** Nottingham: Nottingham University Press, 1998. chap. 5, p. 81-102.

GASKINS, H.R.; KELLEY, K.W. Immunology and neonatal mortality. In: VARLEY, M.A. (Ed.). **The neonatal pig. Development and survival**. Wellingford: CAB Internacional, 1995. chap. 6, p. 39-55.

GOBESSO, A.A.O.; GONZAGA, I.V.F.; PASTORI, W.T.; ÁVILA, R.L. Efeito da suplementação com óleo de arroz semirrefinado rico em gama-orizanol sobre o escore corporal, ganho de peso e digestibilidade da dieta de garanhões. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. p. 1-4.

GORDON, P.V.; PAXTON, J.B.; HERMAN, A.C.; CARLISLE, E.M.; FOX, N.S. IGF-I accelerates ileal epithelial cell migration in culture and newborn mice and may be a mediator of steroid-induced maturation. **Pediatric Research**, Baltimore, v. 55, n. 1, p. 34-41, 2004.

GUY, D.G.; TULEY JR., R.J. Effect of diets high in carbohydrate, soyoil, medium-chain triacylglycerols or tripelargonin on blood and liver lipid and glucose intermediates in meal-eating rats. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 111, n. 8, p. 1437-1445, 1981.

HAMMOND, E.G.; JOHNSON, L.A.; SU, C.; WANG, T.; WHITE. P.J. Soybean oil. In: SHAHIDI, F. (Ed.). **Bailey's Industrial Oil and Fat Products**, 6th ed. Hoboken: John Wiley, 2005. chap. 13, p. 574-657.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J.M.C. **Free radicals in biology and medicine**. 3rd .ed. Oxford: Clarendon Press, 1999. 543 p.

HAMM, W.; HAMILTON, J.R. **Edible oil processing**. Canada: CRC Press, 2000. 281 p.

HARRELL, R.J.; ANDREWS, J.; ROBINSON, V.; VAZQUEZ-ANON, M.; CARTER, S. Synthetic antioxidant applications in nonruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, supl. 2, p. 384, 2008.

HERMES-LIMA, M.; ZENTENO-SAVÍN, T. Animal response to drastic changes in oxygen availability and physiological oxidative stress. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Oxford, v. 133, n. 4, p. 537-556, 2002.

HILLYER, L.M.; WOODWARD, B. A comparison of the capacity of six cold-pressed plant oils to support development of acquired immune competence in the weanling mouse: superiority of low-linoleic-acid oils. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 88, n. 2, p. 171-181, 2002.

IUPAC. INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. **Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives**, 6th ed. New York: Pergamon Press, 1979.

JENSEN, M.S.; JENSEN, S.K.; JAKOBSEN, K. Development of digestive enzymes in pigs with emphasis on lipolytic activity in the stomach and pancreas. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 2, p. 437-445, 1997.

JONES, J.I.; CLEMMONS, D.R. Insulin-like growth factors and their binding proteins: biological actions. **Endocrine Reviews**, Baltimore, v. 16, n. 1, p. 3-34, 1995.

JUST, A. The net energy value of crude fat for growth in pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 9, n. 4, p. 501-509, 1982.

KELLEY, D.; COUTTS, A.G.P. Development of digestive and immunological function in neonates: role of early nutrition. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 66, n. 2, p. 161-167, 2000

KELLEY, D.S. Modulation of human immune and inflammatory responses by dietary fatty acids. **Nutrition**, New York, v. 17, n. 7/8, p. 669-673, 2001.

KIM, J.S.; GODBER, J.S. Oxidative stability and vitamin E levels increased in restructured beef roast with added rice bran oil. **Journal of Food Quality**, Wastport, v. 24, n. 1, p. 17-26, 2001.

KIM, J.S.; GODBER, J.S.; KING, J.M.; PRINYAWIWATKUL, W. Inhibition of cholesterol autoxidation by the nonsaponifiable fraction in rice bran in an aqueous model system. **Journal of American Oil Chemists Society**, Chicago, v. 78, n. 7, p. 685-689, 2001.

KIM, J.C.; SIMMINS, P.H.; MULLAN, B.P.; PLUSKE, J.R. The digestible energy value of wheat for pigs, with special reference to the post-weaned animal [Review]. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 122, n. 3/4, p. 257-287, 2005.

KIM, J.C.; MULLAN, B.P.; HAMPSON, D.J.; RIJNEN, M.M.J.A.; PLUSKE, J.R. The digestible energy and net energy content of two varieties of processed rice in pigs of different body weight. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 134, n. 3/4, p. 316-325, 2007.

KINSELLA, J.E.; LOKESH, B. Dietary lipids, eicosanoids, and the immune system. **Critical Care Medicine**, Baltimore, v. 18, n. 2, p. 94-113, 1990.

KLASING, K.C. Researchers detail link between nutrition and disease status. **Feedstuffs**, Minnetonka, v. 32, p. 37-38, 1992.

KLEINVELD, H.A.; SWAAK. A.J.G.; HACK, C.E.; KOSTER, J.F.; Interactions between oxygen free radicals and proteins. **Scandinavian Journal of Rheumatology**, Stockholm, v. 18, n. 6, p. 341-352, 1989.

KONSTANTINOV, A.A.; PESKIN, A.V.; POPOVA, E.Y.; KHOMUTOV, G.B.; RUUGE, E.K.; Superoxide generation by the respiratory chain of tumor mitochondria. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 894, n. 1, p. 1-10, 1987.

LAURIDSEN, C.; HOJSGAARD, S.; SORENSEN, M.T. Influence of dietary rapeseed oil, vitamin E, and copper on the performance and the antioxidative and oxidative status of pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 4, p. 906-916, 1999a.

LAURIDSEN, C.; NIELSEN, J.H.; HENCKEL, P.; SORENSEN, M.T. Antioxidative and oxidative status in muscles of pigs fed rapeseed oil, vitamin E, and copper. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 1, p. 105-115, 1999b.

LAURIDSEN, C.; ENGEL, H.; CRAIG, A.M.; TRABER, M.G. Relative bioactivity of dietary RRR- and all-rac-alpha-tocopheryl acetates in swine assessed with deuterium-labeled vitamin E. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 3, 702-707, 2002.

LAURIDSEN, C.; JENSEN, S.K. Influence of supplementation of all-rac-{alpha}-tocopheryl acetate preweaning and vitamin C postweaning on {alpha}-tocopherol and immune responses of piglets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, n. 6, p. 1274-1286, 2005.

LAURIDSEN, C. Bioavailability of natural and synthetic vitamin E in sows and their progeny. **Journal of Animal Science,** Champaign, v. 86, supl. 2, p. 383, 2008.

LAURIDSEN, C. Evaluation of the effect of increasing dietary vitamin E in combination with different fat sources on performance, humoral immune responses and antioxidant status of weaned pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 158, n. 1, p. 85-94, 2010.

LEE, C.H.; HAN, Y.K.; LEE, K.U.; KIM J.D.; CHO W.T.; KO T.G.; HAN IN.K. Study on the nutritive value of dextrin as a carbohydrate source for pigs weaned at 21 days of age. **Journal of Animal and Feed Sciences**, Jablonna, v.9, n.4, p.647-663, 2000.

LE DIVIDICH, J.; ESNAULT, T.; LYNCH, B.; HOO-PARIS, R.; CASTEX, C.; PEINIAU, J. Effect of colostral fat level on fat deposition and plasma metabolites in the newborn pig. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 6, p. 2480-2488, 1991.

LENTH, R.V. Statistical power calculations. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, supl. 13, p. 24-29, 2007.

LI, D.F.; THALER, R.C.; NELSSEN, J.L.; HARMON, D.L.; ALLEE, G.L.; WEEDEN, T.L. Effect of fat sources and combinations on starter pig performance, nutrient digestibility and intestinal morphology. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 11, p. 3694-3704, 1990.

LI, D.F.; NELSSEN, J.L.; REDDY, P.G.; BLECHA, F.; KLEMM, R.D.; GIESTING, D.W.; HANCOCK, J.D.; ALLEE, G.L.; GOODBAND, R.D. Measuring suitability of soybean products for early-weaned pigs with immunological criteria. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 8, p. 3299-3307, 1991.

LIMA, G.J.M.M. de; WORTMANN, L.; MIOR, A. Effect of rice oil supplementation in diets for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, Supl. 2, p. 578, 2009.

LIN, X.; ADAMS, S.H.; ODLE, J. Acetate represents a major product of heptanoate and octanoate beta-oxidation in hepatocytes isolated from neonatal piglets. **Biochemical Journal**, London, v. 318, n. 1, p. 235–240, 1996.

LINDEMANN, M.D.; CORNELIUS, S.G.; EL KANDELGY, S.M.; MOSER, R.L.; PETTIGREW, J.E. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 62, n. 5, p. 1298-1307, 1986.

LIU, K. **Soybeans:** chemistry, technology and utilization. New York: Chapman and Hall, 1999. 532 p.

LIU, F.C.; JIANG, Y.N.; SHEN, T.F. Development of lipase in nursing piglets. **Proceedings of the National Science Council**, Taipei, v. 25, n. 1, p. 12-16, 2001.

LIU, Y.L.; LI, D.F.; GONG, L.M.; YI, G.F.; GAINES, A.M.; CARROLL, J.A. Effects of fish oil supplementation on the performance and the immunological, adrenal, and somatotropic responses of weaned pigs after an Escherichia coli lipopolysaccharide challenge. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 11, p. 2758-2765, 2003.

LOUVEAU, I.; DAUNCEY, M.J.; LE DIVIDICH, J. Regulation of development by nutrition and by the somatotrophic and thyroid axes in the neonatal pig. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 66, n. 2, p. 121-131, 2000.

MAIORKA, A.; BOLELI, I.C.; MACARI, M. Desenvolvimento e reparo da mucosa intestinal. In: MACARI, M. FURLAN, R.L.; GONZALES. E. Fisiologia Aviária aplicada a frangos de corte. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. cap. 8, p. 113-123.

MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W.; SINGSEN, E.P. **The metabolizable energy of feed ingredients for chikens.** Storrs: University of Connecticut, 1965, 11 p.

MAYES, P.A.; BOTHAM, K.M. Lipids of Physiologic Significance. In: MURRAY, R.K.; GRANNER, D.K.; MAYES, P.A.; RODWELL, V.W. (Ed.). **Harper's illustrated biochemistry**, 26th ed. United States of America: McGraw-Hill, 2003. chap. 14, p. 111-121.

MEYDANI, S.N. Effect of (n-3) polyunsaturated fatty acidson cytokine production and their biologic function. **Nutrition**, New York, v. 12, n. 1, p. 8-14, 1996.

MAVROMICHALIS, I.; HANCOCK, J.D.; HINES, R.H.; SENNE, B. W.; CAO, H. Lactose, sucrose and molasses in simple and complex diets for nursery pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 93, n. 3, p. 127-135, 2001.

MØLLER, S.; LAURIDSEN, C. Dietary fatty acid composition rather than vitamin E supplementation influence ex vivo cytokine and eicosanoid response of porcine alveolar macrophages. **Cytokine**, Amsterdam, v. 35, n. 1/2, p. 6-12, 2006.

MORAES, M.L.D.; RIBEIRO, A.M.L.; KESSLER, A.D.M.; CORTÉS, M.M.; LEDUR, V.S.; CURA, E. Comparison of the effects of semi-refined rice oil and soybean oil on meat oxidative stability, carcass yield, metabolism, and performance of broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 11, n. 3, p. 161-167, 2009.

MOREIRA, I.; MAHAN, D.C. Effect of dietary levels of vitamin E (all-rac-tocopheryl acetate) with or without added fat on weanling pig performance and tissue alpha-tocopherol concentration. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 3, p. 663-669, 2002.

MORÉS, N.; SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; MORENO, A. M. Manejo do leitão desde o nascimento até o abate. In. SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P. R. S.; SESTI, A. C. (Ed.). **Suinocultura intensiva:** produção, manejo e saúde do rebanho. Brasília: Embrapa SPI; Concórdia: Embrapa CNPSA, 1998. cap. 7, p. 135-162.

MORÉS, N.; AMARAL, A.L. Patologias associadas ao desmame. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 10, 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABRAVES, 2001, p. 215-224.

MOUNTZOURIS, K.C.; FEGEROS, K.; PAPADOPOULOS, G. Utilization of fats based on the composition of sow milk fat in the diet of weanling pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 77, n. 1, p. 115-124, 1999.

NARAYANA, T.; KAIMAL, B.; VALI, S.R.; SURYA, B.V.; RAO, K.; CHAKRABARTI, P.P.; VIJAYALAKSHMI, P.; KALE, V.; NARAYANA, K.; RANI, P.; RAJAMMA, O.; BHASKAR, P.S.; RAO, T.C. Origin of problems encountered in rice bran oil processing. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 104, n. 4, p. 203–211, 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. 1998. **Nutrient requirements of swine.** 10th ed. Washington: NRC, 1998. 189 p.

ODLE, J.; BENEVENGA, N.J.; CRENSHAW, T.D. Utilization of medium-chain triacylglycerols by neonatal piglets. 2. Effects of even-and odd-chain triglyceride consumption over the first 2 days of life on blood metabolites and urinary nitrogen excretion. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, n. 12, p. 3340-3351, 1989.

ODLE, J.; BENEVENGA, N.J.; CRENSHAW, T.D. Postnatal age and the metabolism of medium- and long-chain fatty acids by isolated hepatocytes from small-for-gestational-age and appropriate-for-gestational-age piglets. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 121, n. 5, p. 615-621, 1991.

OLIVEIRA, R.N.; MARQUES JR, A.P.; XAVIER, P.R.; ALVES, G.E.S.; PAES, P.R.O.; GOBESSO, A.A.O. Avaliação hematológica e bioquímica de equinos suplementados com óleo de arroz semirrefinado, rico em gamaorizanol. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, n. 5, p. 1043-1047, 2010.

ORTHOEFER, F.T. Rice bran oil. In: SHAHIDI, F. (Ed.). **Bailey's Industrial Oil and Fat Products**, 6th ed. Hoboken: John Wiley, 2005, chap. 10, p. 465-489.

PANGANAMALA, R.V.; CORNWELL, D.G. The effects of vitamin E on arachidonic acid metabolism. **Annals of the New York Academy of Sciences**, New York, v. 393, p. 376-391, 1982.

PARRISH, D.B. Determination of vitamin E in foods: a review. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 13, n. 1, p. 161-187, 1980.

PARTRIDGE, I. Atualização dos conceitos europeus de alimentação para leitões e marrãs. In: SIMPÓSIO DE COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 1988, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1988. p.19-40.

PETTIGREW, J.E.; MOSER, R.L. Fat in swine nutrition. In: MILLER, E.R.; ULLREY, D.R.; LEWIS, A.J. (Ed.). **Swine Nutrition**. Stoneham: Butterworth-Heinemann, 1991. chap. 8, p. 133-145.

PLUSKE, J.R.; WILLIAMS, I.H.; AHERNE, F.X. Villous height and crypt depth in piglets in response to increases in the intake of cows' milk after weaning. **Animal Science**, Penicuik, v. 62, n. 1, p. 145-158, 1996.

PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J.; WILLIAMS, I.H. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 51, n. 1/3, p. 215-236, 1997.

POWLES, J.; WISEMAN, J.; COLE, D.J.A.; HARDY, B. Effect of chemical structure of fats upon their apparent digestible energy value when given to young pigs. **Animal Science**, Penicuik, v. 58, n. 3, p. 411-417, 1994.

POWLES, J.; WISEMAN, J.; COLE, D.J.A.; JAGGER, S. Prediction of the apparent digestible energy value of fats given to pigs. **Animal Science**, Penicuik, v. 61, p. 149-154, 1995.

RAMALHO, V.C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Químca Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006

REID, G.; SANDERS, M.E.; GASKINS, H.R.; GIBSON, G.R.; MERCENIER, A.; RASTALL, R.; ROBERFROID, M.; ROWLAND, I.; CHERBUT, C.; KLAENHAMMER, T.R. New scientific paradigms for probiotics and prebiotics. **Journal of Clinical Gastroenterology**, New York, v. 37, n. 2, p. 105-118, 2003.

REIS DE SOUZA, T.; PEINIAU, J.; MOUNIER, A.; AUMAITRE, A. Effect of addition of tallow and lecithin in the diet of weanling piglets on the apparent total tract and ileal digestibility of fat and fatty acids. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 52, n. 1, p. 77–91, 1995.

RODRIGUES, C.E. da C.; FILHO, P.A.P.; MEIRELLES, A.J.A. Phase equilibrium for the system rice bran oil+fatty acids+ethanol+water+γ-oryzanol+tocols. **Fluid Phase Equilibria**, Amsterdam, v. 216, n. 2, p. 271-283, 2004.

RODRIGUES, C.E. da C.; OLIVEIRA, R. Response surface methodology applied to the analysis of rice bran oil extraction process with ethanol. **International Journal of Food Science & Technology**, Oxford, v. 45, n. 4, p. 813-820, 2010.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos:** composição de alimentos e exigências nutricionais. 2.ed. Viçosa: UFV, 2005. 186 p.

ROTHKOTTER, H.J.; ULBRICH, H.; PABST, R. The postnatal development of gut lamina propria lymphocytes: number, proliferation and T and B cells subsets in conventional and germ-free pigs. **Pedriatric Research**, Philadelphia, v. 29, n. 3, p. 237-242, 1991.

ROY, C.C.; BOUTHILLIER, L.; SEIDMAN, E.; LEVY, É. New lipids in enteral feeding. **Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care**, Philadelphia, v. 7, n. 2, p. 117-122, 2004.

ROYNETTE, C.E.; CALDER, P.C.; DUPERTUIS, Y.M.; PICHARD, C. n-3 Polyunsaturated fatty acids and colon cancer prevention. **Clinical Nutrition**, Edinburgh, v. 23, n. 2, p. 139-151, 2004.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283 p.

SEETHARAMAIAH, G.S.; PRABHAKAR, J.V. γ-Oryzanol content of indian rice bran oil and its extraction from soapstock. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 23, p. 270-273, 1986.

SIERRA, S.; LARA–VILLOSLADA, F.; OLIVARES, M.; JIMÉNEZ, J.; BOZA, J.; XAUS, J. Increased immune response in mice consuming rice bran oil. **European Journal of Nutrition**, Berlin, v. 44, n. 8, p. 509-516-516, 2005.

SILVA, A.M.R.; BERTO, D.A.; LIMA, G.J.M.M.; WECHSLER, F.S.; PADILHA, P.M.; CASTRO, V.S. Valor nutricional e viabilidade econômica de rações suplementadas com maltodextrina e acidificante para leitões desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 2, p. 286-295, 2008.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. SAS. **SAS:** user`s guide statistics. Cary, 2001. 155 p.

STOREY, K.B. Oxidative stress: animal adaptations in nature. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 29, n. 12, p. 1715-1733, 1996.

TLASKALOVA-HOGENOVA, H.; MANDEL, L.; TREBICHAVSKY, I.; KOVÀOÚ, R.B.; STERZL, J. Development of immune responses in early pig ontogeny. **Veterinary immunology and immunopathology**, Amsterdam, v. 43, n. 1/3, p. 135-142, 1994.

TURRENS, J.F.; FREEMAN, B.A.; LEVITT, J.G.; CRAPO, J.D. The effect of hyperoxia on superoxide production by lung submitochondrial particles. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v. 217, n. 2, p. 401-410, 1982.

TZIPORI, S.; CHANDLER, D.; MAKIN, T.; SMITH, M. *Escherichia coli* and rotavirus infections in four-week-old gnotobiotic piglets fed milk or dry food. **Australian Veterinary Journal**, Brunswick, v. 56, n. 6, p. 279-284, 1980.

WEISS, W.P.; MAHAN, D.C. Oxidative stress during the lifecycle of animals. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, supl. 2, p. 383, 2008.

WELCH, K.D.; DAVIS, T.Z.; VAN EDEN M.E.; AUST, S.D. Deleterious ironmediated oxidation of biomolecules. **Free Radical Biology & Medicine**, New York, v. 32, n. 7, p. 577-583, 2002.

WILBURN, E.E.; MAHAN, D.C.; HILL, D.A.; SHIPP, T.E.; YANG, H. An evaluation of natural (RRR-{alpha}-tocopheryl acetate) and synthetic (all-rac-{alpha}-tocopheryl acetate) vitamin E fortification in the diet or drinking water of weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 3, p. 584-591, 2008.

WILSON, T.A.; NICOLASIA, R.J.; WOOLFREYA, B.; KRITCHEVSKY, D. Rice bran oil and oryzanol reduce plasma lipid and lipoprotein cholesterol concentrations and aortic cholesterol ester accumulation to a greater extent than ferulic acid in hypercholesterolemic hamsters. **Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 18, n. 2, p. 105-112, 2007.

WOLFRAM ALPHA LLC. Disponível em: <http://www.wolframalpha.com/input/?i=oryzanol>. Acesso em: 29 abril 2011.

WOODS, S.C. Gastrointestinal Satiety Signals I. An overview of gastrointestinal signals that influence food intake. **American Journal of Physiology. Gastrointestinal and Liver Physiology**, Bethesda, v. 286, n. 1, p. 7-13, 2004.

WU, G.; KNABE, D.A.; KIM, S.W. Arginine nutrition in neonatal pigs. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 134, n. 10, p. 2783-2790, 2004.

XAVIER, E.G.; RUTZ, F.; ROLL, V.F.B. Imunonutrientes na produção de suínos. In: SIMPÓSIO UFRGS SOBRE PRODUÇÃO, REPRODUÇÃO E SANIDADE SUÍNA, 1., Porto Alegre, 2006. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2006. p. 174-195.

XU, Z.; HUA, H.; GODBER, J.S. Antioxidanty activity of tocopherols, tocotrienols, and gamma-oryzanol. Components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2-Azobis (2-methylpropionamidine) dihydrochloride. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, n. 4, p. 2077-2081, 2001.

YAQOOB, P. Fatty acids and the immune system: from basic science to clinical applications. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v. 63, n. 1, p. 89-105, 2004.

YU, B.P. Cellular defenses against damage from reactive oxygen species. **Physiological Reviews**, Baltimore, v. 74, n. 1, p. 139-161, 1994.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Peso dos animais no 1º e 7º dia do período experimental, peso metabólico, consumo de alimento por kg de peso metabólico determinados no período de adaptação (1º ao 7º dias do período experimental)

Variável	Bloco	Ração-referência	Ração-teste[1]	
			Óleo semirrefinado de arroz	Óleo refinado de soja
Peso no 1º dia, kg	1	21,40	22,80	22,40
	2	21,00	21,30	20,90
	3	19,60	20,80	20,90
	4	19,20	19,20	19,60
	5	19,00	18,60	18,80
	6	18,00	18,20	18,10
	7	17,60	17,40	17,50
	Média	19,40	19,76	19,74
Peso no 7º dia, kg	1	23,50	28,50	26,50
	2	26,50	26,00	25,00
	3	23,50	24,50	24,00
	4	23,50	26,00	24,00
	5	24,00	23,50	22,50
	6	20,50	21,50	21,00
	7	22,50	21,50	19,50
	Média	23,43	24,50	23,21
Peso metabólico no 7º dia, $kg^{0,75}$	1	10,67	12,33	11,68
	2	11,68	11,51	11,18
	3	10,67	11,01	10,84
	4	10,67	11,51	10,84
	5	10,84	10,67	10,33
	6	9,63	9,98	9,81
	7	10,33	9,98	9,28
	Média	10,64	11,00	10,57
Consumo por peso metabólico, g/kg de peso metabólico	1	93,69	105,39	94,18
	2	111,30	112,91	116,28
	3	93,69	81,73	92,22
	4	93,69	121,59	92,22
	5	129,11	103,06	106,48
	6	103,80	100,15	91,74
	7	106,48	110,17	102,38
	Média	104,54	105,00	99,36

[1]Óleo semirrefinado de arroz e óleo refinado de soja substituíram 10% da ração-referência

APÊNDICE B - Consumo diário e total de ração e produção de fezes e urina no período de coleta de fezes e urina (7º ao 12º dias de experimentação)

Variável	Bloco	Ração-referência	Ração-teste[1]	
			Óleo semirrefinado de arroz	Óleo refinado de soja
Consumo diário de ração, g/dia	1	1000,00	1155,67	1094,29
	2	1300,00	1281,56	1244,41
	3	872,31	900,00	886,19
	4	984,33	1061,87	1000,00
	5	1117,51	1100,00	1064,70
	6	883,88	916,02	900,00
	7	1057,63	1022,18	950,00
	Média	1030,81	1062,47	1019,94
Consumo total de ração, kg/animal	1	5,00	5,78	5,47
	2	6,50	6,41	6,22
	3	4,36	4,50	4,43
	4	4,92	5,31	5,00
	5	5,59	5,50	5,32
	6	4,42	4,58	4,50
	7	5,29	5,11	4,75
	Média	5,15	5,31	5,10
Produção de fezes, kg/animal	1	1,66	2,17	1,55
	2	1,75	5,80	3,02
	3	1,37	1,64	4,38
	4	1,66	1,62	1,42
	5	1,17	2,77	1,43
	6	1,59	2,17	0,73
	7	1,61	2,22	1,80
	Média	1,54	2,63	2,04
Produção de urina, L/animal	1	24,00	10,00	10,00
	2	18,00	10,00	10,00
	3	10,00	10,00	10,00
	4	13,50	10,00	10,00
	5	10,00	10,00	15,50
	6	10,00	10,00	10,00
	7	10,00	10,00	10,00
	Média	13,64	10,00	10,79

[1]Óleo semirrefinado de arroz e óleo refinado de soja substituíram 10% da ração-referência

APÊNDICE C - Composição química das rações experimentais na matéria seca

(continua)

Nutriente	Bloco	Ração-referência	Ração-teste[1]	
			Óleo semirrefinado de arroz	Óleo refinado de soja
Extrato etéreo, %	1	4,21	14,95	13,00
	2	4,56	13,99	13,93
	3	4,28	14,65	14,34
	4	4,35	13,44	14,85
	5	4,35	14,05	14,49
	6	4,27	14,49	14,82
	7	4,55	13,66	14,38
	Média	4,37	14,18	14,26
Energia bruta, kcal/kg	1	4354,53	4764,40	4834,58
	2	4351,47	4836,94	4853,60
	3	4360,97	4801,16	4912,32
	4	4379,18	4881,65	4911,30
	5	4375,07	4826,33	4916,55
	6	4323,47	4838,75	4842,37
	7	4303,47	4883,64	4940,89
	Média	4349,74	4833,27	4887,37
Matéria seca, %	1	87,87	88,56	88,29
	2	87,43	88,11	88,10
	3	88,05	88,70	88,83
	4	88,05	88,93	89,00
	5	88,28	88,84	88,90
	6	87,94	88,69	88,98
	7	88,27	88,95	89,21
	Média	87,98	88,68	88,76
Nitrogênio, %	1	2,68	2,51	2,54
	2	2,86	2,50	2,59
	3	2,88	2,65	2,62
	4	3,09	2,75	2,73
	5	3,04	2,75	2,62
	6	2,75	2,65	2,56
	7	2,94	2,70	2,63
	Média	2,89	2,64	2,61

APÊNDICE C - Composição química das rações experimentais na matéria seca

(conclusão)

Nutriente	Bloco	Ração-referência	Ração-teste[1]	
			Óleo semirrefinado de arroz	Óleo refinado de soja
Matéria mineral, %	1	5,20	4,65	4,62
	2	5,37	4,57	4,53
	3	5,55	4,90	4,74
	4	5,64	4,84	4,88
	5	5,32	5,03	4,85
	6	5,19	4,52	4,55
	7	4,84	4,35	4,24
	Média	5,30	4,69	4,63
Matéria orgânica, %	1	83,30	84,44	84,21
	2	82,74	84,08	84,11
	3	83,16	84,35	84,62
	4	83,08	84,63	84,66
	5	83,58	84,37	84,59
	6	83,38	84,68	84,93
	7	84,00	85,08	85,43
	Média	83,32	84,52	84,65

[1]Óleo semirrefinado de arroz e óleo refinado de soja substituíram 10% da ração-referência

APÊNDICE D - Composição química das fezes produzidas na matéria seca

(continua)

Nutriente	Bloco	Ração-referência	Ração-teste[1]	
			Óleo semirrefinado de arroz	Óleo refinado de soja
Extrato etéreo, %	1	12,48	12,42	12,95
	2	10,39	27,33	23,18
	3	10,98	19,15	36,40
	4	10,20	22,86	15,25
	5	11,76	24,02	15,97
	6	10,31	23,36	18,00
	7	9,86	18,41	14,56
	Média	10,85	21,08	19,47
Energia bruta, kcal/kg	1	4323,20	5297,51	4554,03
	2	4355,35	5693,40	5367,40
	3	4270,20	5030,17	6313,31
	4	4241,46	5066,00	4590,23
	5	4295,25	5470,31	4821,66
	6	4458,58	5388,14	4859,19
	7	4386,58	4978,55	4771,90
	Média	4332,95	5274,87	5039,67
Matéria seca, %	1	36,99	34,64	35,59
	2	39,06	20,04	32,78
	3	37,68	32,57	13,62
	4	33,50	34,82	36,69
	5	36,89	30,64	39,99
	6	32,70	32,58	37,48
	7	36,23	29,62	28,56
	Média	36,15	30,70	32,10
Nitrogênio, %	1	3,68	3,36	4,02
	2	4,04	3,88	4,45
	3	3,48	3,56	4,45
	4	3,66	3,59	3,53
	5	3,78	4,17	3,98
	6	3,87	4,96	3,49
	7	3,92	3,70	4,03
	Média	3,78	3,89	3,99

APÊNDICE D - Composição química das fezes produzidas na matéria seca

(conclusão)

Nutriente	Bloco	Ração-referência	Ração-teste[1]	
			Óleo semirrefinado de arroz	Óleo refinado de soja
Matéria mineral, %	1	23,07	16,67	19,67
	2	21,49	15,01	16,75
	3	22,17	17,79	15,80
	4	23,96	19,96	20,86
	5	23,89	15,47	19,17
	6	20,62	14,95	18,80
	7	20,40	16,42	17,64
	Média	22,23	16,61	18,38
Matéria orgânica, %	1	28,46	28,87	28,59
	2	30,67	17,03	27,29
	3	29,33	26,78	11,47
	4	25,47	27,87	29,04
	5	28,08	25,90	32,32
	6	25,96	27,71	30,43
	7	28,84	24,76	23,52
	Média	28,11	25,56	26,09

[1]Óleo semirrefinado de arroz e óleo refinado de soja substituíram 10% da ração-referência

APÊNDICE E - Composição química da urina produzida na matéria seca

Nutriente	Bloco	Ração-referência	Ração-teste[1]	
			Óleo semirrefinado de arroz	Óleo refinado de soja
Energia bruta, kcal/kg	1	2294,00	2509,00	2522,00
	2	2247,00	2751,00	2584,00
	3	2429,00	2617,00	2737,00
	4	2291,00	2420,00	2608,00
	5	2252,00	2639,00	2533,00
	6	2379,00	2735,00	2563,00
	7	2485,00	2511,00	2614,00
	Média	2339,57	2597,43	2594,43
Matéria seca, %	1	0,75	2,10	1,57
	2	1,34	1,86	2,03
	3	1,59	1,42	1,42
	4	1,38	1,86	1,75
	5	1,94	1,76	1,14
	6	1,56	1,55	1,28
	7	1,57	1,44	1,40
	Média	1,45	1,71	1,51
Nitrogênio, %	1	24,08	17,59	15,31
	2	20,13	22,53	20,20
	3	20,12	17,59	21,81
	4	16,68	18,27	17,71
	5	20,65	19,31	18,43
	6	19,22	20,03	19,58
	7	16,58	16,62	15,75
	Média	19,64	18,85	18,40

[1]Óleo semirrefinado de arroz e óleo refinado de soja substituíram 10% da ração-referência

APÊNDICE F - Energia digestível, energia metabolizável, energia metabolizável corrigida para balanço de nitrogênio para o óleo de arroz e óleo de soja na matéria natural

Nutriente	Bloco	Ingrediente	
		Óleo semirrefinado de arroz	Óleo refinado de soja
Energia digestível, kcal/kg	1	6828,67	9984,25
	2	*	4776,45
	3	7622,15	5319,56
	4	8018,11	9258,52
	5	3045,73	7290,44
	6	5176,84	*
	7	6911,66	8856,91
	Média	6267,19	7581,02
Energia metabolizável, kcal/kg	1	6645,23	10013,68
	2	*	4679,54
	3	7596,73	5237,12
	4	7949,22	9117,19
	5	2893,30	7143,01
	6	4992,15	*
	7	6868,57	8743,56
	Média	6157,53	7489,02
Energia metabolizável corrigida para balanço de nitrogênio, kcal/kg	1	6549,36	9791,28
	2	*	4860,58
	3	7536,13	5389,88
	4	7971,53	9134,55
	5	3083,82	7212,68
	6	5224,02	*
	7	6910,54	8775,18
	Média	6212,57	7527,36

*Dados removidos da análise devido a condições adversas (animais permaneceram com diarreia e baixo consumo de ração ao final do período de adaptação).

APÊNDICE G – Extrato etéreo e matéria orgânica digestíveis e seus coeficientes de digestibilidade para o óleo de arroz e óleo de soja na matéria natural

Nutriente	Bloco	Ingrediente	
		Óleo semirrefinado de arroz	Óleo refinado de Soja
Extrato etéreo digestível, %	1	99,86	104,25
	2	*	72,87
	3	90,11	61,36
	4	86,86	97,23
	5	69,91	93,27
	6	74,25	*
	7	86,87	96,65
	Média	84,64	87,61
Coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo, %	1	103,83	106,20
	2	*	74,24
	3	93,69	62,51
	4	90,30	99,05
	5	72,69	95,02
	6	77,20	*
	7	90,32	98,46
	Média	88,01	89,25
Matéria orgânica digestível, %	1	88,62	99,88
	2	*	80,59
	3	94,99	114,72
	4	91,37	92,09
	5	72,34	79,72
	6	78,34	*
	7	91,94	100,47
	Média	86,27	94,58
Coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica, %	1	90,46	101,44
	2	*	81,85
	3	96,96	116,52
	4	93,28	93,53
	5	73,85	80,97
	6	79,97	*
	7	93,86	102,04
	Média	88,06	96,06

*Dados removidos da análise devido a condições adversas (animais permaneceram com diarreia e baixo consumo de ração ao final do período de adaptação).

APÊNDICE H - Peso (kg) dos animais ao 1º, 7º, 14º, 21º, 28º e 35º dia do período experimental

(continua)

Dias de experimento	Bloco	Níveis de substituição OS:OA, % na dieta				
		4:0	3:1	2:2	1:3	0:4
1º dia	1	6,46	6,51	6,47	6,47	6,44
	2	6,01	5,98	6,01	6,01	5,98
	3	5,65	5,63	5,61	5,66	5,61
	4	5,34	5,31	5,29	5,30	5,32
	5	9,04	8,93	8,89	9,05	9,00
	6	7,99	8,02	8,12	8,09	8,06
	7	7,13	7,12	7,11	7,11	7,09
	8	6,33	6,29	6,35	6,36	6,36
	Média	6,74	6,72	6,73	6,76	6,73
7º dia	1	9,21	9,39	9,28	8,85	9,45
	2	8,14	9,00	8,19	8,99	7,43
	3	5,88	7,01	6,05	8,02	6,46
	4	6,75	6,38	6,25	6,16	6,78
	5	13,89	13,90	14,01	13,52	13,55
	6	12,49	12,15	12,29	11,73	12,00
	7	10,31	9,95	10,89	10,57	10,27
	8	8,59	9,50	9,31	9,39	9,33
	Média	9,41	9,66	9,54	9,65	9,41
14º dia	1	12,57	13,63	12,77	12,81	13,51
	2	11,78	13,11	12,23	12,83	10,29
	3	8,06	10,09	8,60	11,19	9,16
	4	9,75	8,79	9,29	9,67	10,33
	5	18,59	17,81	18,30	17,33	18,04
	6	17,25	16,35	15,72	15,60	15,81
	7	13,25	13,01	14,17	14,33	14,84
	8	12,16	12,77	13,28	13,21	12,90
	Média	12,93	13,19	13,05	13,37	13,11
21º dia	1	17,22	17,91	17,34	16,89	17,94
	2	15,67	17,09	16,90	17,31	14,38
	3	11,65	14,49	12,59	15,37	12,96
	4	13,51	12,76	13,02	13,83	14,51
	5	23,39	22,14	22,84	22,01	22,89
	6	21,27	20,36	19,88	19,47	19,50
	7	17,29	16,95	18,29	18,31	18,78
	8	15,83	16,79	18,13	17,85	16,85
	Média	16,98	17,31	17,37	17,63	17,23

APÊNDICE H - Peso (kg) dos animais ao 1º, 7º, 14º, 21º, 28º e 35º dia do período experimental

(conclusão)

Dias de experimento	Bloco	Níveis de substituição OS:OA, % na dieta				
		4:0	3:1	2:2	1:3	0:4
28º dia	1	22,35	21,91	22,09	21,63	23,07
	2	20,30	21,51	21,75	22,20	19,05
	3	15,26	19,11	17,33	19,78	16,62
	4	17,17	16,49	17,03	17,66	18,41
	5	27,81	26,47	26,73	26,06	28,06
	6	25,45	23,85	24,13	23,19	23,75
	7	20,93	20,55	21,34	21,42	21,70
	8	19,65	20,81	21,60	20,79	20,75
	Média	21,11	21,34	21,50	21,59	21,43
35º dia	1	28,00	27,49	27,05	27,06	27,28
	2	25,09	26,30	26,79	26,98	24,47
	3	19,14	24,58	22,51	24,05	20,63
	4	21,77	20,88	21,12	22,51	22,89
	5	33,61	30,70	29,84	31,35	32,93
	6	30,35	29,15	29,25	27,33	29,05
	7	25,35	25,39	25,53	25,71	26,35
	8	24,51	25,57	26,37	25,99	25,18
	Média	25,98	26,26	26,06	26,37	26,10

APÊNDICE I - Consumo diário de ração (kg/dia) nos períodos 1 a 7 dias, 1 a 14 dias, 1 a 21 dias, 1 a 28 dias e 1 a 35 dias de experimento

(continua)

Dias de experimento	Blocos	Níveis de substituição OS:OA, % na dieta				
		4:0	3:1	2:2	1:3	0:4
	1	0,429	0,471	0,492	0,406	0,520
	2	0,399	0,510	0,465	0,505	0,420
	3	0,167	0,233	0,180	0,394	0,205
	4	0,289	0,262	0,290	0,236	0,303
1 a 7	5	0,807	0,770	0,820	0,723	0,726
	6	0,753	0,669	0,655	0,614	0,699
	7	0,529	0,541	0,600	0,605	0,480
	8	0,453	0,511	0,448	0,498	0,488
	Média	0,478	0,496	0,494	0,498	0,480
	1	0,579	0,625	0,575	0,570	0,631
	2	0,546	0,646	0,589	0,639	0,493
	3	0,282	0,390	0,325	0,505	0,338
	4	0,405	0,380	0,421	0,390	0,467
1 a 14	5	0,932	0,885	0,920	0,799	0,852
	6	0,897	0,790	0,741	0,712	0,765
	7	0,617	0,583	0,704	0,650	0,680
	8	0,551	0,601	0,617	0,621	0,641
	Média	0,601	0,612	0,612	0,611	0,608
	1	0,698	0,749	0,704	0,691	0,770
	2	0,647	0,757	0,707	0,749	0,616
	3	0,422	0,573	0,477	0,624	0,479
	4	0,527	0,538	0,544	0,550	0,616
1 a 21	5	1,017	0,910	0,997	0,822	0,922
	6	0,913	0,831	0,816	0,787	0,816
	7	0,684	1,041	0,796	0,720	0,757
	8	0,632	0,690	0,739	0,756	0,733
	Média	0,693	0,761	0,723	0,712	0,714

APÊNDICE I - Consumo diário de ração (kg/dia) nos períodos 1 a 7 dias, 1 a 14 dias, 1 a 21 dias, 1 a 28 dias e 1 a 35 dias de experimento

(conclusão)

Dias de experimento	Blocos	Níveis de substituição OS:OA, % na dieta				
		4:0	3:1	2:2	1:3	0:4
1 a 28	1	0,805	0,812	0,803	0,796	0,869
	2	0,745	0,822	0,816	0,839	0,719
	3	0,511	0,701	0,622	0,719	0,584
	4	0,600	0,634	0,643	0,643	0,697
	5	1,064	0,981	1,043	0,904	1,006
	6	0,967	0,860	0,900	0,844	0,904
	7	0,747	1,020	0,816	0,776	0,781
	8	0,718	0,776	0,792	0,805	0,806
	Média	0,770	0,826	0,804	0,791	0,796
1 a 35	1	0,912	0,921	0,905	0,919	0,951
	2	0,857	0,893	1,007	0,935	0,848
	3	0,621	0,825	0,762	0,792	0,681
	4	0,695	0,728	0,742	0,747	0,780
	5	1,177	1,085	1,080	1,016	1,099
	6	1,054	0,978	0,999	0,927	0,992
	7	0,828	1,072	0,899	0,845	0,887
	8	0,832	0,875	0,881	0,891	0,702
	Média	0,872	0,922	0,909	0,884	0,867

APÊNDICE J - Ganho diário de peso (kg/dia) nos períodos 1 a 7 dias, 1 a 14 dias, 1 a 21 dias, 1 a 28 dias e 1 a 35 dias de experimento

(continua)

Dias de experimento	Bloco	Níveis de substituição OS:OA, % na dieta				
		4:0	3:1	2:2	1:3	0:4
	1	0,393	0,410	0,402	0,339	0,430
	2	0,305	0,431	0,312	0,426	0,208
	3	0,032	0,198	0,063	0,337	0,122
	4	0,201	0,152	0,138	0,123	0,209
1 a 7	5	0,692	0,710	0,731	0,639	0,650
	6	0,642	0,590	0,596	0,521	0,563
	7	0,453	0,405	0,540	0,495	0,455
	8	0,324	0,459	0,424	0,433	0,425
	Média	0,380	0,420	0,401	0,414	0,383
	1	0,436	0,508	0,450	0,452	0,505
	2	0,412	0,509	0,445	0,487	0,308
	3	0,172	0,319	0,213	0,395	0,254
	4	0,315	0,249	0,286	0,312	0,358
1 a 14	5	0,682	0,634	0,672	0,591	0,646
	6	0,661	0,595	0,543	0,537	0,553
	7	0,437	0,420	0,505	0,516	0,554
	8	0,417	0,463	0,495	0,489	0,467
	Média	0,442	0,462	0,451	0,473	0,456
	1	0,512	0,543	0,518	0,496	0,548
	2	0,460	0,529	0,519	0,538	0,400
	3	0,286	0,422	0,332	0,463	0,350
	4	0,389	0,355	0,368	0,406	0,437
1 a 21	5	0,683	0,629	0,664	0,617	0,662
	6	0,632	0,588	0,560	0,542	0,545
	7	0,484	0,468	0,533	0,533	0,557
	8	0,452	0,500	0,561	0,547	0,500
	Média	0,487	0,504	0,507	0,518	0,500

APÊNDICE J - Ganho diário de peso (kg/dia) nos períodos 1 a 7 dias, 1 a 14 dias, 1 a 21 dias, 1 a 28 dias e 1 a 35 dias de experimento

(conclusão)

Dias de experimento	Bloco	Níveis de substituição OS:OA, % na dieta				
		4:0	3:1	2:2	1:3	0:4
1 a 28	1	0,567	0,550	0,558	0,541	0,594
	2	0,510	0,555	0,562	0,578	0,467
	3	0,343	0,482	0,418	0,504	0,393
	4	0,423	0,399	0,420	0,441	0,468
	5	0,670	0,627	0,637	0,608	0,681
	6	0,624	0,565	0,572	0,540	0,560
	7	0,493	0,480	0,508	0,511	0,522
	8	0,476	0,519	0,545	0,515	0,514
	Média	0,513	0,522	0,528	0,530	0,525
1 a 35	1	0,615	0,599	0,588	0,588	0,595
	2	0,545	0,581	0,594	0,599	0,528
	3	0,385	0,542	0,483	0,525	0,429
	4	0,470	0,445	0,452	0,492	0,502
	5	0,702	0,622	0,599	0,637	0,684
	6	0,639	0,604	0,604	0,550	0,600
	7	0,521	0,522	0,526	0,532	0,550
	8	0,519	0,551	0,572	0,561	0,538
	Média	0,550	0,558	0,552	0,560	0,553

APÊNDICE K - Conversão alimentar nos períodos 1 a 7 dias, 1 a 14 dias, 1 a 21 dias, 1 a 28 dias e 1 a 35 dias de experimento

(continua)

Dias de experimento	Blocos	Níveis de substituição OS:OA, % na dieta				
		4:0	3:1	2:2	1:3	0:4
	1	1,09	1,15	1,23	1,20	1,21
	2	1,31	1,18	1,49	1,19	1,26
	3	5,15	1,18	2,86	1,17	1,68
	4	1,44	1,72	2,10	1,92	1,45
1 a 7	5	1,17	1,08	1,12	1,13	1,12
	6	1,17	1,13	1,10	1,18	1,24
	7	1,17	1,34	1,11	1,22	1,05
	8	1,40	1,11	1,06	1,15	1,15
	Média	1,74	1,24	1,51	1,27	1,27
	1	1,33	1,23	1,28	1,26	1,25
	2	1,32	1,27	1,32	1,31	1,60
	3	1,64	1,22	1,52	1,28	1,33
	4	1,29	1,53	1,47	1,25	1,31
1 a 14	5	1,37	1,40	1,37	1,35	1,32
	6	1,36	1,33	1,36	1,33	1,38
	7	1,41	1,39	1,39	1,26	1,23
	8	1,32	1,30	1,25	1,27	1,37
	Média	1,38	1,33	1,37	1,29	1,35
	1	1,36	1,38	1,36	1,39	1,41
	2	1,41	1,43	1,36	1,39	1,41
	3	1,48	1,36	1,44	1,35	1,37
	4	1,35	1,52	1,48	1,35	1,41
1 a 21	5	1,49	1,45	1,50	1,33	1,39
	6	1,44	1,41	1,46	1,45	1,50
	7	1,41	2,22	1,49	1,35	1,36
	8	1,40	1,38	1,32	1,38	1,47
	Média	1,42	1,52	1,43	1,38	1,41

APÊNDICE K - Conversão alimentar nos períodos 1 a 7 dias, 1 a 14 dias, 1 a 21 dias, 1 a 28 dias e 1 a 35 dias de experimento

(conclusão)

Dias de experimento	Blocos	Níveis de substituição OS:OA, % na dieta				
		4:0	3:1	2:2	1:3	0:4
1 a 28	1	1,42	1,48	1,44	1,47	1,46
	2	1,46	1,48	1,45	1,45	1,54
	3	1,49	1,46	1,49	1,42	1,48
	4	1,42	1,59	1,53	1,46	1,49
	5	1,59	1,56	1,64	1,49	1,48
	6	1,55	1,52	1,57	1,56	1,61
	7	1,52	2,13	1,61	1,52	1,50
	8	1,51	1,50	1,45	1,56	1,57
	Média	1,49	1,59	1,52	1,49	1,52
1 a 35	1	1,48	1,54	1,54	1,56	1,60
	2	1,57	1,54	1,69	1,56	1,55
	3	1,61	1,52	1,58	1,51	1,59
	4	1,48	1,64	1,64	1,52	1,55
	5	1,68	1,74	1,80	1,59	1,61
	6	1,65	1,62	1,65	1,69	1,65
	7	1,59	2,05	1,71	1,59	1,61
	8	1,60	1,59	1,54	1,59	1,31
	Média	1,58	1,66	1,64	1,58	1,56

APÊNDICE L - Peso dos leitões em jejum, pesos absolutos do fígado, estômago vazio, pâncreas, baço e intestino delgado vazio e comprimento do intestino delgado

(continua)

Órgãos	Bloco	Níveis de substituição OS:OA, % na dieta				
		4:0	3:1	2:2	1:3	0:4
Peso em jejum, kg	1	27,40	28,14	25,60	26,12	26,08
	2	22,68	24,78	25,74	25,60	22,22
	3	17,14	24,04	21,46	23,28	20,04
	4	20,08	19,98	18,76	20,90	24,48
	5	31,46	29,20	30,12	29,82	32,80
	6	28,04	26,84	27,24	25,08	28,64
	7	24,32	23,22	23,34	23,02	25,40
	8	24,22	24,22	24,20	23,82	22,82
	Média	24,42	25,05	24,56	24,71	25,31
Fígado, g	1	828,00	939,00	686,00	664,00	741,00
	2	639,00	700,00	741,00	682,00	726,00
	3	487,00	691,00	506,00	654,00	591,00
	4	578,00	415,00	614,00	625,00	745,00
	5	712,00	683,00	752,00	802,00	898,00
	6	738,00	648,00	690,00	749,00	763,00
	7	700,00	639,00	691,00	649,00	699,00
	8	661,00	672,00	680,00	701,00	586,00
	Média	667,88	673,38	670,00	690,75	718,63
Estômago vazio, g	1	188,00	181,00	175,00	209,00	171,00
	2	155,00	160,00	158,00	183,00	157,00
	3	114,00	162,00	172,00	164,00	161,00
	4	131,00	130,00	130,00	148,00	145,00
	5	205,00	180,00	191,00	222,00	214,00
	6	157,00	161,00	152,00	177,00	172,00
	7	175,00	145,00	169,00	134,00	160,00
	8	157,00	179,00	165,00	132,00	146,00
	Média	160,25	162,25	164,00	171,13	165,75
Pâncreas, g	1	55,00	47,00	43,00	49,00	44,00
	2	32,00	37,00	36,00	35,00	38,00
	3	26,00	46,00	38,00	40,00	31,00
	4	27,00	28,00	25,00	29,00	29,00
	5	12,00	14,00		12,00	15,00
	6	27,00	12,00	8,00	19,00	14,00
	7	14,00	20,00	21,00	12,00	14,00
	8	22,00	12,00	27,00	19,00	21,00
	Média	26,88	27,00	28,29	26,88	25,75

APÊNDICE L - Peso dos leitões em jejum, pesos absolutos do fígado, estômago vazio, pâncreas, baço e intestino delgado vazio e comprimento do intestino delgado

(conclusão)

Órgãos	Bloco	Níveis de substituição OS:OA, % na dieta				
		4:0	3:1	2:2	1:3	0:4
Baço, g	1	47,00	100,00	61,00	55,00	71,00
	2	51,00	86,00	69,00	71,00	77,00
	3	42,00	97,00	30,00	68,00	65,00
	4	50,00	36,00	73,00	52,00	64,00
	5	65,00	61,00	63,00	88,00	66,00
	6	60,00	52,00	59,00	57,00	42,00
	7	47,00	38,00	44,00	41,00	51,00
	8	44,00	46,00	60,00	42,00	33,00
	Média	50,75	64,50	57,38	59,25	58,63
Intestino delgado, g	1	1341,00	1320,00	1251,00	1191,00	1287,00
	2	1159,00	1146,00	1251,00	1136,00	1149,00
	3	957,00	1154,00	1107,00	976,00	931,00
	4	1025,00	779,00	1060,00	971,00	1279,00
	5	1216,00	1323,00	1124,00	815,00	1338,00
	6	1292,00	1228,00	1178,00	1202,00	1373,00
	7	1065,00	1133,00	1178,00	1233,00	1231,00
	8	906,00	1008,00	944,00	1166,00	1096,00
	Média	1120,13	1136,38	1136,63	1086,25	1210,50
Comprimento do intestino delgado, m	1	15,84	15,50	15,30	15,18	16,21
	2	14,07	15,33	18,77	17,30	15,81
	3	15,07	15,01	16,42	15,37	13,24
	4	13,36	12,08	16,43	15,01	17,65
	5	16,00	16,76	14,20	11,48	16,88
	6	14,72	16,73	15,44	14,85	15,64
	7	15,57	17,17	17,85	16,89	14,90
	8	11,94	16,55	13,81	13,15	14,86
	Média	14,57	15,64	16,03	14,90	15,65

APÊNDICE M - Altura de vilosidade, profundidade de cripta e largura de vilosidade do duodeno dos leitões

Órgãos	Bloco	Níveis de substituição OS:OA, % na dieta				
		4:0	3:1	2:2	1:3	0:4
Altura de vilosidade do duodeno, µm	1	642,0	642,1	642,2	643,0	645,0
	2	644,0	641,0	641,1	641,2	642,3
	3	642,2	642,2	642,0	642,1	643,0
	4	641,1	642,3	641,3	641,2	641,0
	5	541,2	543,0	543,0	546,1	547,0
	6	545,3	543,0	541,0	543,1	545,2
	7	542,9	524,0	538,0	543,2	542,1
	8	542,5	521,6	541,3	561,1	511,0
	Média	592,7	587,4	591,2	595,1	589,6
Profundidade de cripta do duodeno, µm	1	332,2	338,2	335,4	331,4	338,2
	2	334,4	332,2	335,2	332,4	338,4
	3	336,4	335,2	339,6	335,2	335,4
	4	335,8	378,2	335,4	325,4	358,9
	5	432,2	435,2	437,6	431,5	436,9
	6	435,1	437,2	431,2	438,1	433,3
	7	436,3	437,5	439,8	438,7	438,1
	8	431,3	436,7	433,7	432,2	438,8
	Média	384,2	391,3	386,0	383,1	389,8
Largura de vilosidade do duodeno, µm	1	98,4	97,4	96,5	91,4	98,9
	2	96,8	97,3	98,4	95,4	97,7
	3	98,2	99,4	97,5	97,9	98,7
	4	97,9	98,2	95,5	97,9	98,8
	5	88,8	88,8	87,5	87,5	87,4
	6	89,7	86,3	87,1	85,4	97,7
	7	88,8	82,4	83,9	86,2	84,1
	8	83,7	89,4	81,1	82,5	86,4
	Média	92,8	92,4	90,9	90,5	93,7

APÊNDICE N - Altura de vilosidade, profundidade de cripta e largura de vilosidade do jejuno dos leitões

Órgãos	Bloco	Níveis de substituição OS:OA, % na dieta				
		4:0	3:1	2:2	1:3	0:4
Altura de vilosidade do jejuno, µm	1	734,5	732,6	732,9	732,2	739,5
	2	737,5	735,6	737,7	731,5	732,5
	3	733,3	731,3	722,5	735,7	731,2
	4	734,9	735,9	712,4	734,8	731,7
	5	635,9	634,7	632,7	632,5	631,1
	6	632,8	638,2	638,4	632,7	637,7
	7	638,1	633,6	631,1	635,3	633,7
	8	638,2	632,7	639,4	635,7	637,3
	Média	685,7	684,3	680,9	683,8	684,3
Profundidade de cripta do jejuno, µm	1	332,6	333,2	344,4	334,1	332,6
	2	338,4	337,2	313,4	334,5	342,4
	3	331,4	322,1	332,3	323,3	339,4
	4	332,4	331,9	331,1	334,4	323,5
	5	436,2	437,3	431,2	439,2	436,2
	6	435,3	434,7	438,9	437,4	432,2
	7	437,2	436,7	438,6	434,8	436,5
	8	436,2	439,2	439,2	439,5	434,1
	Média	385,0	384,0	383,6	384,7	384,6
Largura de vilosidade do jejuno, µm	1	85,2	89,7	84,5	86,8	83,7
	2	86,7	85,1	89,1	85,5	84,7
	3	83,3	85,1	84,8	83,7	86,7
	4	84,7	86,7	85,7	85,9	86,6
	5	75,6	79,9	78,3	78,2	71,4
	6	76,6	72,6	77,5	77,1	78,6
	7	72,6	73,6	73,7	75,9	78,3
	8	72,6	77,1	78,4	78,8	79,3
	Média	79,7	81,2	81,5	81,5	81,2

ANEXO

ANEXO A - Parecer da "Comissão de Ética no uso de animais em pesquisas"

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"

Av. Pádua Dias, 11 • Caixa Postal 9 • Cep 13418-900 • Piracicaba, SP - Brasil
Fone (19) 3429-4100 • Fax (19) 3429-4468
http://www.esalq.usp.br

COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS EM PESQUISAS
(CEUAP)

PROTOCOLO NO. 2010-1

PARECER

O projeto "Óleo de arroz na alimentação de leitões recém-desmamados" que tem como responsável o Prof. Valdomiro Shigueru Miyada, foi examinado pela CEUAP desta Escola em reunião de 25 de fevereiro de 2010.

Com base no protocolo experimental apresentado, a CEUAP entende que os procedimentos serão realizados de forma a não ferir os princípios éticos na experimentação com animais.

Piracicaba, 25 de fevereiro de 2010

Prof. Dr. José Fernando Machado Menten
Comissão de Ética no Uso de Animais em Pesquisas
Coordenador CEUAP - ESALQ / USP