

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO

JULIANO PELIÇÃO MOLINO

COMPLEXO ENZIMÁTICO EM RAÇÕES
CONTENDO FARELO DE ARROZ INTEGRAL PARA LEITÕES
DESMAMADOS PRECOCEMENTE

CAMPOS DOS GOYTACAZES
MARÇO – 2014

JULIANO PELIÇÃO MOLINO

COMPLEXO ENZIMÁTICO EM RAÇÕES
CONTENDO FARELO DE ARROZ INTEGRAL PARA LEITÕES
DESMAMADOS PRECOCEMENTE

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense como requisito para obtenção do grau de Doutor em Ciência Animal com ênfase em Produção e Nutrição de Não-Ruminantes.

ORIENTADOR (A): Prof^a. Rita da Trindade Ribeiro Nobre Soares

CAMPOS DOS GOYTACAZES
2014

JULIANO PELIÇÃO MOLINO

COMPLEXO ENZIMÁTICO EM RAÇÕES CONTENDO FARELO DE
ARROZ INTEGRAL PARA LEITÕES DESMAMADOS
PRECOCEMENTE

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense como requisito para obtenção do grau de Doutor em Ciência Animal com ênfase em Produção e Nutrição de Não-Ruminantes.

Aprovada em 24 de março de 2014.

BANCA EXAMINADORA

Prof.(a) Rita da Trindade R. N. Soares (Doutora em Zootecnia)
UENF

Prof. José Geraldo Vargas Junior (Doutor em Zootecnia) UFES

Prof. Humberto Pena Couto (Doutor em Zootecnia) UENF

Prof. Douglas Haese (doutor em Zootecnia) UVV

Prof. Ricardo Mendonça Vieira (Doutor em Zootecnia) UENF

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Molino e Iraci,
à minha companheira Priscila,
à Nana, ao Bruno e João Paulo,*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, especialmente o Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, por me acolher na realização deste trabalho.

À Prof^a Orientadora Rita da Trindade Ribeiro Nobre Soares, pela orientação, incentivo e confiança.

Ao Prof. Co-orientador José Geraldo Vargas Junior, pelo total apoio enquanto precisei, em Alegre-ES. Ao seu Orientado de Mestrado, Júlio Francisco Vailati Marin, pela grande ajuda.

Ao professor Ricardo Mendonça Vieira, por suas contribuições.

Aos professores conselheiros Douglas Haese e Humberto Pena Couto, pela amizade e contribuição.

A Matheus Abreu e ao químico do LZNA, Almir, pela amizade e contribuição nas análises bromatológicas.

Ao Prof. Antônio Albernaz e seu orientando de doutorado Anderson, pelo apoio nas análises bioquímicas.

Ao Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Alegre, especialmente Raphael Pires Bolzan e Jeromin Moulin, pela amizade e auxílio na condução do experimento de campo. Aos amigos do alojamento em Rive, Danilo Mendes e Airton (Lajinha).

Aos colegas de pós-graduação Juliana Tucci, Natália Cabra, Talita, e em especial a Edison Torres da Silva pela grande amizade e companheirismo nesta jornada.

Aos bolsistas da suinocultura, Rodrigo “Colostro”, Jaqueline e Júlia, pela ajuda no experimento e análises.

Aos amigos de todas as repúblicas onde morei durante minha vida acadêmica, em especial as de Campos - no VC: Pedro e Álvaro; República dos Morantes: Lucas Faustino, Léo Demier, Hilde Souza, Paulo Fosse, João Fosse, Marcelo Polese, Jonas Castro, ao Churrasco.

Aos grandes amigos do Campos Rugby Clube, em especial a Augusto Arruda (Guto) – “Sozinhos vamos mais rápido. Juntos vamos mais longe.”

À minha viola companheira de muitas horas.

Agradeço finalmente a todos os meus familiares, especialmente meus pais e minha irmã, por acreditarem e me encorajarem, desde sempre, e a minha querida Priscila, pelo amor e apoio em mais esses quatro anos de doutorado.

E todos que, de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Amanhecer é uma lição do universo,
Que nos ensina que é preciso renascer.

O novo amanhece!

Trecho da música 'Raízes',
de Renato Teixeira.

BIOGRAFIA

Juliano Pelicão Molino, filho de José Amauri Molino e Iraci Maria Pelicão Molino, nasceu em Colatina, ES, em 15 de julho de 1981.

Em setembro de 1999, iniciou no centro de Ciências Agrárias do Espírito Santo (CCA-UFES), o curso de Zootecnia, concluindo-o em outubro de 2004, com monografia intitulada “Rastreamento e Certificação de Origem de Produtos de Origem Animal”.

De 2004 até 2007, atuou como Zootecnista credenciado pela Vitória Certificadora – VCB, como inspetor de campo no rastreamento e certificação de origem de bovinos. Em Março de 2005, foi contratado pela Escola Família Agrícola do Bley – MEPES, em São Gabriel da Palha, como Professor/Monitor.

Em março de 2005, ingressou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), obtendo o título de Mestre em Zootecnia em julho de 2009, com dissertação intitulada *Lactose e Glutamina mais Ácido Glutâmico em Rações para leitões Desmamados aos 21 Dias de Idade*.

Em março de 2010, ingressou no Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, submetendo-se à defesa de tese em março de 2014.

RESUMO

MOLINO, JULIANO PELIÇÃO, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Março de 2014. Complexo enzimático em rações contendo farelo de arroz integral para leitões desmamados precocemente; Professora Orientadora: Rita da Trindade Ribeiro Nobre Soares.

Foram realizados dois experimentos objetivando-se estudar os efeitos da inclusão de farelo de arroz integral (FAI), da adição do complexo enzimático exógeno (SSF) e da alteração conjunta dos níveis de energia metabolizável e fósforo disponível (EM.Pd) em leitões recém desmamados na fase de creche. Para avaliar a digestibilidade e metabolizabilidade das rações, realizou-se o ensaio de metabolismo no Setor de Produção de Suínos da Unidade de Apoio à Pesquisa do Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, em Campos dos Goytacazes, RJ. Foram utilizados 24 suínos, híbridos comerciais, machos castrados, com peso médio de 19 kg. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas individuais, distribuídos em blocos casualizados, com oito tratamentos e três repetições no tempo. Neste experimento objetivou-se determinar os coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade das rações experimentais que consistiram em rações com 0 ou 10% de inclusão de farelo de arroz integral; 0 ou 0,02% de adição de complexo enzimático SSF; e com níveis normais de energia metabolizável (3350 kcal/kg) e fósforo disponível (0,45%) ou reduzidos (3300 kcal/kg e 0,35%, respectivamente). O ensaio de desempenho zootécnico foi conduzido no Setor de Produção de Suínos do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Alegre, ES, utilizando-se 160 leitões híbridos comerciais, machos castrados e fêmeas, com idade de 21 dias e 6,78 kg de peso. Os leitões foram alojados em baias suspensas, distribuídos em blocos casualizados, com oito tratamentos e seis repetições no tempo, com quatro animais por baia nas repetições um e dois, e três animais por baia nas demais repetições. Os tratamentos foram idênticos aos utilizados para o ensaio de metabolismo, seguindo as recomendações nutricionais para leitões dos 21 aos 35 e dos 36 aos 49 dias de idade, exceto para energia metabolizável e fósforo disponível. Ao final do período experimental foi sacrificado um animal de cada

unidade experimental para análise bioquímica, peso dos órgãos e pH intestinal. Os resultados evidenciaram que a inclusão de FAI diminuiu os coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade das rações, enquanto que a adição de SSF proporcionou melhora desses índices. O ensaio de desempenho revelou que a inclusão de FAI piorou ($P < 0,05$) a eficiência alimentar ao mesmo tempo em que modificou ($P < 0,01$) o perfil bioquímico para Ca, P e fosfatase alcalina, aumentando ($P < 0,01$) o nível de cálcio e diminuindo ($p < 0,05$) o nível de fósforo sérico. Observou-se interação ($P < 0,05$) tripla (FAI x SSF x EM.Pd) para o peso relativo do pâncreas, enquanto os demais órgãos não foram afetados ($P > 0,05$). A redução dos níveis de EM e P elevou ($P < 0,05$) o pH do ceco, mas não dos demais segmentos. Conclui-se que o complexo multienzimático melhorou a digestibilidade e a metabolizabilidade das rações experimentais, entretanto não influenciou significativamente o desempenho dos suínos na fase de creche.

Palavras-chave: Alimentos alternativos. Enzimas exógenas. Leitões desmamados. PH gastrointestinal.

ABSTRACT

MOLINO, JULIANO PELIÇÃO, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; March, 2014. Full fat rice and multienzymatic complex in early weaned piglet diet; Advisor: Rita da Trindade Ribeiro Nobre Soares.

Two experiments aiming to study the effects of inclusion of full fat rice bran (FAI), the addition of the multienzyme complex (SSF) and joint changing levels of metabolizable energy and available phosphorus (EM.Pd) rations were performed to newborn weaned piglets in nursery phase. In order to evaluate the digestibility and metabolization of rations, it was held the metabolism trial in Swine Production Sector from the Support Unit of Laboratory Animal Science and Animal Nutrition Research at State university of North Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), in Campos dos Goytacazes, RJ. Twenty four commercial hybrid barrows pigs with an average weight of 19 kg were used. The animals were housed in individual metabolic cages, distributed in a randomized block designed with eight treatments and three replications in time. On this experiment, it was aimed to determine the ratios of digestibility and metabolization of the experimental rations which were consisted of rations with 0 or 10% of inclusion of full fat rice bran; 0 or 0.02% of the enzymatic complex SSF; and with normal levels metabolizable energy (3350 kcal / kg) and available phosphorus (0.45%) or reduced (3300 kcal / kg and 0.35%, respectively). The growth performance test was conducted at the Division of Swine Production at Federal Institute of Espírito Santo, Campus Alegre, ES, using 160 commercial hybrid barrows and females pigs, that were 21 days old and 6.78 kg . The pigs were housed in suspended bays, distributed in a randomized block design with six replications of eight treatments over time, with four animals per stall in replicates one and two, and three animals per stall in the other replications. The treatments were identical to those used for the metabolism trial, following the nutritional recommendations for piglets from 21 to 35 and from 36 to 49 days of age, except for metabolizable energy and available phosphorus. At the end of the experimental period it was sacrificed one animal of each experimental unit for biochemical analysis, organ weight and intestinal pH. The results showed that the inclusion of FAI decreased

digestibility and metabolization rations, while the addition of SSF determined improvement of these ratios. The performance test showed that the inclusion of FAI worsened ($P < 0.05$) the feed efficiency at the same time that changed ($P < 0.01$) the biochemical profile to Ca, P, and serum alkaline phosphatase, increasing ($P < 0.01$) the calcium level and decreasing ($p < 0.05$) the levels of serum phosphorus. It was observed the triple (FAI x x EM.Pd SSF) interaction ($P < 0.05$) to the relative weight of the pancreas, while other organs were not affected ($P > 0.05$). The reduced levels of AT and P increased ($P < 0.05$) the pH of the cecum, but not the other segments. It is concluded that the multienzymatic complex improved the digestibility and metabolization of the experimental rations, but it did not influence significantly the performance of pigs in nursery phase.

Keywords: Exogenous enzymes. Gastrintestinal pH. Weaning piglets. Alternative feedstuffs.

Lista de Tabelas:

- Tabela 1** – Solubilidade das moléculas de inositol fosfato do quimo de suínos após várias hidrólises.....25
- Tabela 2** – Ingredientes das rações experimentais no ensaio de metabolismo.....32
- Tabela 3** – Composição nutricional calculada das rações no ensaio de metabolismo.....33
- Tabela 4** – Ingredientes das rações¹ experimentais no ensaio de desempenho zootécnico, fornecida aos leitões dos 21 aos 35 dias de idade.....36
- Tabela 5** – Composição nutricional calculada das rações no ensaio de desempenho zootécnico, fornecida aos animais dos 21 aos 35 dias de idade 37
- Tabela 6** – Ingredientes das rações¹ experimentais no ensaio de desempenho zootécnico, fornecida aos leitões dos 21 aos 35 dias de idade.....38
- Tabela 7** – Composição nutricional calculada das rações no ensaio de desempenho zootécnico, fornecida aos animais dos 21 aos 35 dias de idade.39
- Tabela 8** – Energias bruta, digestível e metabolizável das rações experimentais, e seus respectivos coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade.....47
- Tabela 9** - Valores de probabilidade *P* encontrados para as variáveis de desempenho analisadas para o efeito da inclusão de FAI, da adição de SSF e da redução dos teores de EM e P, e suas possíveis interações, utilizando análise univariada e multivariada dos fatores.....49
- Tabela 10** - Médias estimadas de ganho de peso e consumo de ração diário e eficiência alimentar¹ na fase obtidos em função da inclusão de FAI, da adição do complexo enzimático SSF e da redução dos valores de exigência de EM e

Pd das rações.....51

Tabela 11 - Médias estimadas das variáveis canônicas¹ bruta e padronizada do desempenho em função da inclusão de FAI, da adição do complexo enzimático SSF e da redução dos valores de exigência de EM e Pd das rações.....53

Tabela 12 - Valores de probabilidade P encontrados para as variáveis canônicas e univariadas analisadas para o efeito da inclusão de FAI, da adição do complexo enzimático SSF e da redução dos valores de exigência de EM e Pd das rações.....54

Tabela 13 - Médias estimadas de Ca, P e fosfatase alcalina encontrados no soro dos suínos em função da inclusão de FAI, da adição do complexo enzimático SSF e da redução dos valores de exigência de EM e Pd das rações.....55

Tabela 14 - Valores de probabilidade P para os parâmetros de rendimento de carcaça¹ e do comprimento dos intestinos em função da inclusão de FAI, da adição do complexo enzimático SSF e da redução dos valores de exigência de EM e Pd das rações.....56

Tabela 15 – Médias estimadas dos parâmetros de rendimento de carcaça, do peso relativo dos intestinos e do comprimento dos intestinos em função da inclusão de FAI, da adição do complexo enzimático SSF e da redução dos valores de exigência de EM e Pd das rações.....57

Tabela 16 – Valores de probabilidade P do pH dos diferentes segmentos do trato gastrointestinal dos leitões em função da adição do complexo enzimático SSF e da interação segmento x redução dos valores de exigência de EM e Pd das rações.....62

Tabela 17 - Médias estimadas de pH dos diferentes segmentos do trato gastrointestinal (TGI) dos leitões em função da adição do complexo enzimático SSF e da interação segmento x redução dos valores de exigência de EM e Pd

das rações.....62

Tabela 18 – Índice de Temperatura, Globo Negro e Umidade (ITGU) registrados às 7:00h, 12:30h e 17:30.....78

Tabela 19 - Médias das temperaturas máxima e mínima registradas diariamente às 7:00 horas.....78

Tabela 20 – Estruturas de covariância utilizadas para análise dos parâmetros avaliados, adotando o critério de AKAIKE para seleção de modelos.....80

Lista de Figuras:

Figura 1 – Componentes do grão de arroz21

Figura 2 - Estrutura do fitato e possíveis ligações26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	18
2. OBJETIVOS.....	20
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	21
3.1. FARELO DE ARROZ INTEGRAL.....	21
3.2. CONSIDERAÇÕES SOBRE AS MOLÉCULAS DE FITATO E ÁCIDO FÍTICO DOS ALIMENTOS.....	24
3.2. UTILIZAÇÃO DE ENZIMAS EXÓGENAS.....	27
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
4.1. ENSAIO DE METABOLISMO.....	31
4.2. ENSAIO DE DESEMPENHO ZOOTÉCNICO.....	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
6. CONCLUSÕES.....	65
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
ANEXO I – REGISTRO DA TEMPERATURA E ÍNDICE BIOCLIMÁTICO.....	78
ANEXO II – AS ESTRUTURAS DE VARIÂNCIA E COVARIÂNCIA.....	79

1. INTRODUÇÃO

A alimentação de suínos criados em sistema intensivo tem sido feita, em geral, com rações formuladas utilizando-se milho e farelo de soja como principais ingredientes. O milho é o ingrediente utilizado em maior volume, provendo, principalmente, parte do suprimento de energia necessária aos animais.

No entanto, Zani, (2011) relatam de acordo com o estoque do cereal para abastecimento nacional, a flutuação no preço do milho onera substancialmente o custo das rações. O recente aumento da utilização, tanto do milho quanto da soja, para produção de biocombustíveis, inflacionou o mercado de alimentos em todo o mundo, e elevou o preço destes ingredientes das rações (Fialho *et al.* 2009). É notório, portanto, que aspectos agronômicos e/ou mercadológicos podem influenciar o custo de produção das rações para suínos e, inevitavelmente, o custo de produção do suíno vivo. A importância do milho e do farelo de soja na produção de suínos é destacada por Bellaver e Ludke, (2004) que afirmaram que, economicamente, a suinocultura depende essencialmente da disponibilidade local e regional de ingredientes que tenham preços compatíveis com os preços pagos por quilograma de suíno.

Neste contexto, a busca por alimentos que possam substituir, ainda que parcialmente, o milho das rações sem o comprometimento do desempenho ou da saúde dos animais, tem sido o objeto de estudo de muitos pesquisadores. No entanto, a utilização de ingredientes alternativos em rações encontra alguns obstáculos, definida por Fialho *et al.* (2009) como “fatores antinutricionais”. Estes fatores podem ser simplesmente o elevado teor de fibra de um alimento (ex.: farelo de trigo, forragem verde) ou mesmo a presença de alguma substância tóxica (ex.: ácido cianídrico presente na mandioca *in natura*). A opção pelo uso de ingredientes alternativos na composição das rações deve passar, ainda, pela criteriosa análise da disponibilidade deste ingrediente na região, visto que o aumento da sua demanda tende a elevar seu preço no mercado, passando a perder a vantagem diferencial que teriam pela falta ou aumento de preço dos ingredientes tradicionais (Araújo, 2007).

O farelo de arroz integral, um subproduto do processamento do grão de arroz para consumo humano e apresenta, como fatores antinutricionais, os elevados teores de fibra bruta e fósforo fítico, que resultam em baixa disponibilidade nutricional e alto custo relativo. No entanto, a adição de enzimas exógenas, produto do desenvolvimento da indústria de aditivos alimentares, pode ser uma forma eficaz de otimizar o emprego deste tipo de alimento, como tem sido demonstrado por Fireman *et al.* (2000). Além da possível redução no custo das rações, o melhor aproveitamento de subprodutos pelo suíno pode consolidar-se como uma estratégia inteligente para mitigar a excreção de nutrientes para o ambiente, principalmente fósforo e nitrogênio (Ferket, 2002).

2. OBJETIVOS

- Determinar os coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade para suínos das rações na presença e ausência do farelo de arroz integral, com adição de complexo multienzimático e com os níveis nutricionais reduzidos de energia metabolizável e fósforo disponível;
- Verificar o efeito da adição do complexo multienzimático na valorização de rações para leitões contendo farelo de arroz e com níveis nutricionais reduzidos de energia metabolizável e fósforo disponível, sobre o desempenho e parâmetros fisiológicos dos animais; e
- Avaliar os efeitos da inclusão do farelo de arroz em rações para leitões desmamados aos 21 dias de idade, sobre o desempenho e parâmetros fisiológicos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Farelo de arroz

O farelo de arroz integral é subproduto do processamento do grão de arroz para consumo humano. O arroz é um dos cereais mais cultivados em todo o mundo, sendo que seu beneficiamento consiste na limpeza e polimento dos grãos. Seu processamento industrial consiste em várias etapas, as quais definem o produto final (quirera de arroz, farelo de arroz integral, farelo de arroz desengordurado, óleo de arroz). O grão de arroz, na unidade de processamento, passa pelos processos de secagem, descascamento, brunição (separação do farelo) e, finalmente, o polimento. O arroz destinado ao consumo humano é composto, basicamente, de amido. A casca tem emprego útil na produção de energia na forma de queima em caldeiras e o farelo de arroz geralmente é utilizado na indústria de rações e constitui-se de uma mistura de diversas frações, entre eles o pericarpo, tegumento, capas aleurônicas e pequenas porções de endosperma. Na figura 1 estão apresentados os componentes do grão de arroz.

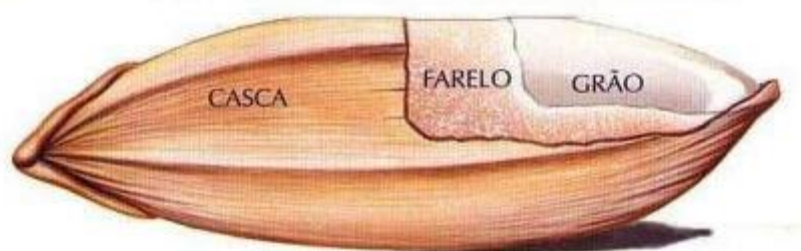


Figura 1 – Componentes do grão de arroz (Disponível em http://www.ufrgs.br/alimentus/terradearroz/grao/gr_divisao.htm Fonte da imagem: Josapar).

Consistindo numa fonte razoável de proteína bruta (13,13 kg/100 kg) e energia metabolizável (3111 kcal/kg), o farelo de arroz integral possui elevado teor de fósforo total (1,67 kg/100kg), embora sua maior porção (1,43 kg/100 kg) se encontre complexado na forma de ácido fítico (Rostagno *et al.* 2011). Além disso, de acordo com os mesmos autores, contém 8,07 kg/100 kg de fibra bruta. Destaca-se, também, a considerável quantidade de matéria graxa (14,49 kg/100 kg) (Rostagno *et al.* 2011), o que segundo Barreto (1987) e Cavalcanti (2000), implica na dificuldade de conservação desta matéria prima por períodos maiores devido à sua susceptibilidade à rancificação. Alguns autores (Barreto, 1987; Cavalcanti, 2000; e Andrigueto *et al.*, 2002) afirmam que o alto teor de gordura presente no farelo de arroz integral seja sua principal característica, o que o torna suscetível à rancificação. Apesar da grande quantidade de óleo, a análise qualitativa da gordura presente no arroz revelou propriedades hipocolesterolêmica (Gerhardt e Gallo, 1998) de alta atividade enzimática e a presença de muitas substâncias antioxidantes, entre elas o γ -orizanol, encontrado apenas no óleo obtido a partir do farelo de arroz e não em outros óleos vegetais (Paucar-Menacho *et al.* 2007).

A inclusão de farelo de arroz em rações para suínos é prática comum na suinocultura, geralmente em rações para animais em crescimento e terminação ou reprodutores. As recomendações de Fialho (2009) e de Calvert *et al.* (1985) para a inclusão de farelo de arroz integral em rações para suínos em crescimento e terminação são de 30% e 25%, respectivamente. As limitações do uso do farelo de arroz integral nas rações baseiam-se nos seus altos teores de fibra, fósforo fítico e extrato etéreo (potencialmente rancificável). Devido a estes fatores, a utilização em rações para leitões não tem sido recomendada. Em adição, outros autores (Ribeiro *et al.* 2010) afirmam que os fatores que limitam o uso do farelo de arroz integral na alimentação de suínos são a presença de casca que possui altos teores de celulose e sílica, os oxalatos e fitatos, que são fatores antinutricionais, além do alto teor de fósforo e baixos teores de treonina e lisina - dois aminoácidos fundamentais na nutrição de suínos e nutricionalmente essenciais.

Alguns trabalhos de pesquisa (Robles e Ewan, 1982; Che *et al.* 2007; Vicente *et al.* 2008) utilizando subprodutos do processamento industrial do grão de arroz para consumo humano têm mostrado seu potencial de utilização em rações para suínos. Avaliando o aproveitamento da energia do farelo de arroz por suínos jovens, com peso médio de 5,7kg, Robles & Ewan, (1982), verificaram que o aumento do nível de farelo de arroz foi capaz de aumentar o ganho de peso dos animais, sem alterar a eficiência alimentar. Segundo os autores a digestibilidade e a metabolizabilidade das rações experimentais diminuiriam linearmente com o aumento dos níveis de farelo de arroz para os leitões. Por outro lado, Vicente *et al.* (2008) constataram que a substituição do milho pelo farelo de arroz em dietas para leitões desmamados aos 21 dias de idade e com peso médio de 6,5kg aumentou digestibilidade dos nutrientes e o desempenho dos animais, e que o tratamento térmico do farelo de arroz, com calor moderado melhorou a digestibilidade dos nutrientes, embora com pouco efeito sobre o desempenho. O farelo de arroz, comparado ao milho, cevada e aveia em flocos, proporcionou melhor desempenho de leitões desmamados aos 21 dias de idade na fase de creche, o que foi atribuído à melhora da saúde dos animais (Che *et al.* 2007).

A quirera de arroz, outro subproduto da indústria do grão de arroz, substituiu totalmente o milho da ração para suínos nas fases de crescimento e terminação e foi capaz de reduzir efetivamente o custo da ração (Kiefer & Quadros, 2006). Testando rações contendo 50% de farelo de arroz integral em rações para suínos nas fases de crescimento e terminação, Fireman *et al.* (2000) constataram que a conversão alimentar dos animais não foi afetada independentemente da adição de celulase e/ou fitase, sugerindo que sua utilização em rações pode estar em função da disponibilidade e do custo deste ingrediente na região. Subsidiando a pesquisa feita por Fireman (2000), os resultados obtidos por Calvert *et al.* (1985) sugerem que a inclusão de 40% de farelo de arroz reduziu o ganho de peso e o consumo de ração dos suínos nas fases de crescimento e terminação, mas não alterou significativamente a eficiência alimentar. Além disso, esses autores acrescentam que o processamento para estabilização do farelo de arroz integral, que foi a extração

dos ácidos graxos livres do farelo, potenciais oxidantes, proporcionou diminuição mais severa do ganho de peso e do consumo de ração diários, quando comparados ao ingrediente cru. O farelo de arroz desengordurado, adicionado em 30% em rações isentas de fosfato bicálcio para leitões na saída de creche, com aproximadamente 21 kg de peso vivo, é capaz de suprir as necessidades de fósforo dos animais, independente da adição de fitase (Ludke *et al.* 2002).

Os trabalhos supracitados mostraram as possibilidades de utilização do farelo de arroz integral como ingrediente de rações, para substituir principalmente o milho. Entretanto, o efeito do farelo de arroz em dietas para suínos, especialmente leitões desmamados não está bem elucidado, assim como a digestibilidade deste ingrediente quando componente de ração contendo um complexo de enzimas exógenas. Com os avanços tecnológicos da indústria de aditivos nutricionais, como complexos enzimáticos assim com os avanços no processamento de matérias primas de rações, o farelo de arroz pode se consolidar como alternativa para a alimentação dos suínos na fase de creche.

3.2 Considerações sobre as moléculas de fitato e ácido fítico dos alimentos

O fósforo está presente nos vegetais nos fosfolipídeos ou armazenado sob a complexa forma orgânica do fitato (Ruiz *et al.* 2011). A molécula de fitato (mio-inositol hexafosfato - IF6) é o maior componente fosfórico de sementes de plantas e de muitas raízes e tubérculos, sendo encontrado também em solos orgânicos e eritrócitos de pássaros (Oberleas & Harland, 2010). No entanto, a concentração de fitato nos vegetais é função de diversos fatores atuando ao mesmo tempo, tais como a espécie vegetal, a qualidade do solo, a quantidade e época de aplicação de fertilizantes, etc (Ruiz *et al.* 2011).

A molécula de inositol é um isômero de açúcar e quando fosforilada, ou seja, complexada na forma de fitato, contém seis ésteres de fosfato. Uma

desfosforilação do inositol-6- fosfato (IP6) produz uma molécula de inositol-5- fosfato (IP5) e libera um éster, e assim sucessivamente até que o inositol seja totalmente livre de ésteres de fosfato. De acordo com Cowieson *et al.* (2011), a cada hidrólise da molécula de inositol-fosfato sua solubilidade é alterada drasticamente, influenciando a solubilidade do conteúdo do lúmen intestinal como um todo (Tabela 1 - Schlemmer *et al.* (2001), citado e adaptado por Cowieson *et al.*, 2011).

Devido à diminuição da solubilidade da digesta, alguns nutrientes podem ter sua eficiência de utilização seriamente comprometida, o que traz indícios para a necessidade nutricional de que o fitato seja totalmente hidrolisado. Esta informação justifica o fato de que alguns ótimos resultados em desempenho são obtidos quando o teor de fitase em FTU (FTU = Unidades de Fitase, definido como a quantidade de fosfato inorgânico, em micromol, liberado por minuto em solução com 0,0051 mol/L de fitato de sódio em pH 5,5 e 37°C de temperatura) por quilo de ração foi extrapolado (Pirgozliev *et al.*, 2009; Bedford *et al.*, 2012; Gharhi *et al.*, 2012)

Tabela 1 – Solubilidade das moléculas de inositol fosfato do quimo de suínos após várias hidrólises

IP ester	Intestino delgado (ph	Intestino grosso (ph
	6,6)	6,2)
IP6	2%	2%
IP5	7%	3%
IP4	8%	0%
IP3	31%	6%
IP2	75%	24%

O fitato também pode ser encontrado na forma de ácido fítico, ou seja, livre dos ésteres de fosfato. Nas plantas, o fitato (Figura 2 - Kornegay, 2001) é a molécula de mio-inositol hexafosfato ligado aos minerais cálcio, magnésio e ferro, enquanto que a denominação ácido fítico determina a forma livre da

molécula, o que o torna um potente agente quelante (Pereira *et al.*, 2012), especialmente quando ingerido por animais não ruminantes.

A função do ácido fítico e seus sais nos vegetais é de armazenamento de minerais. É armazenado rapidamente durante o amadurecimento das sementes, período em que outros nutrientes metabolicamente essenciais para a planta, como as reservas de amido e lipídeos também estão sendo estocados (Urbano *et al.*, 2000). Durante a germinação das sementes, por ação desencadeada pela enzima fitase, a molécula de fitato é hidrolisada a inositol e fosfato, liberando o fósforo e outros minerais para o crescimento da planta.

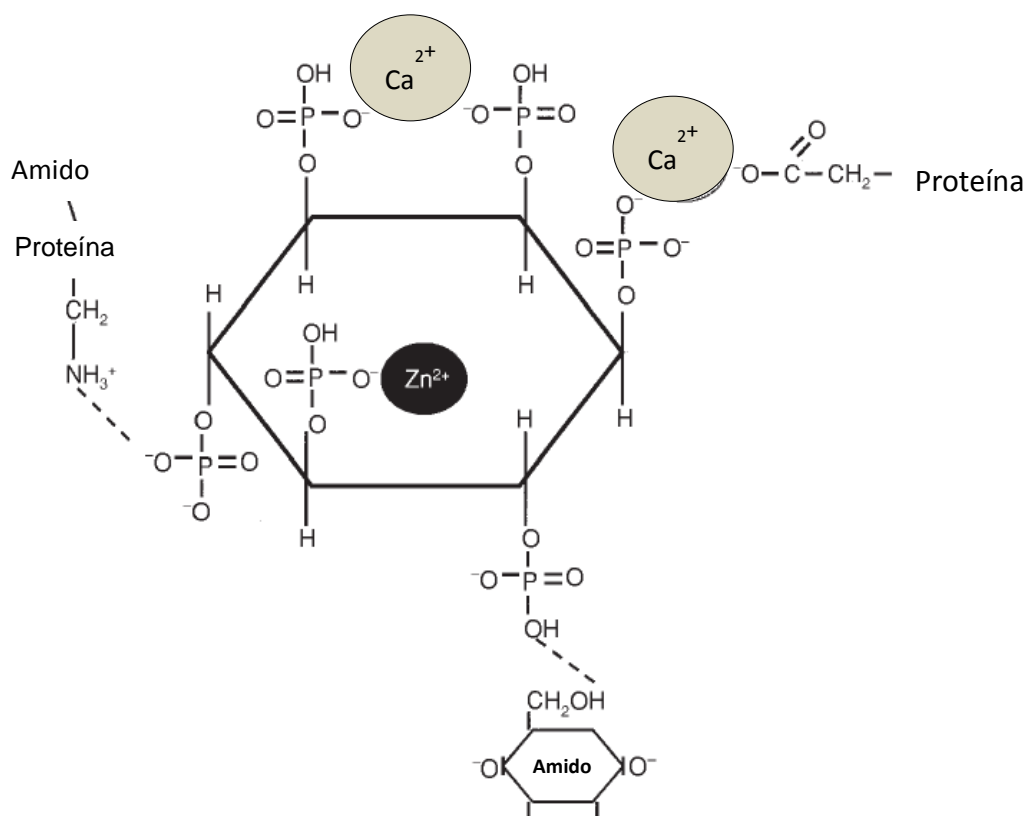


Figura 2 - Estrutura do fitato e possíveis ligações

Outros processos também podem reduzir ou eliminar o conteúdo de fitato dos grãos. De acordo com os estudos de Urbano *et al.* (2000), apresentados em forma de revisão, os processos de fermentação ou de imersão de grãos e subprodutos para rações podem reduzir o seu conteúdo de fitato, respectivamente, pela produção de fitase e pela autólise do fitato. Durante a

fermentação, a levedura adicionada pode produzir fitase reduzindo o fósforo fítico e aumentando proporcionalmente a concentração de fósforo inorgânico. O processo de imersão, por sua vez, é dependente do tempo de imersão, da temperatura e do pH. Além disso, a resposta à imersão também pode variar conforme a espécie em questão.

Numa abordagem feita sob o paradigma nutricional, o mio-inositol hexafosfato, seja na forma de sal ou ácido, é qualificado com fator antinutricional, ou seja, algo indesejável que precisa ser evitado ou eliminado das rações. No entanto, alguns estudos sobre o mecanismo de fosforilação e desfosforilação do inositol fosfato mostraram que estes podem funcionar como sinalizadores e reguladores de importantes funções celulares, como, por exemplo, a mitose celular via mobilização intracelular de cálcio, a afinidade por oxigênio da hemoglobina de aves e, surpreendentemente, apresentando ação anticarcinogênica (Kennedy, 1995). A revisão apresentada por Urbano *et al.* (2000) relata efeitos anticolesterolêmicos e antineoplástica atribuídas ao inositol hexafosfato.

Embora ainda não totalmente elucidado, o fitato afeta a dinâmica do aproveitamento das proteínas. O mecanismo de interação entre fitato e proteína, em concentrações intermediárias, parece alterar a termodinâmica da água no lúmen intestinal, estimulando as ligações proteína-proteína e, por fim, reduzindo a solubilidade protéica da dieta (Cowieson *et al.*, 2011). A solubilidade da digesta é de extrema importância nutricional, já que os nutrientes são absorvidos quando solubilizados. As alterações na solubilidade são capazes de influenciar as concentrações de substâncias funcionais secretadas no trato intestinal como Na, mucina, bile, bicarbonato, e ácido clorídrico (Cowieson & Cowieson, 2011; Cowieson & Ravindran, 2007)

3.3 Utilização de enzimas exógenas pelos suínos

A dinâmica dos processos digestivos enzimáticos dos leitões é conhecida há algum tempo. O perfil enzimático digestivo dos suínos, sobretudo leitões

recém desmamados, possui uma peculiaridade: a capacidade de digerir o alimento ainda em desenvolvimento. Isto ocorre porque enquanto a enzima lactase, responsável pela digestão da lactose, principal carboidrato do leite, está em declínio, outras enzimas como a maltase, amilase, proteases e lipase estão em ascensão (Bird *et al.*, 1995). Isto foi verificado mesmo com adição de lactose na dieta, como é possível constatar nos trabalhos de Leichter *et al.* (1973) e Ekstrom *et al.* (1975). Com a mudança da alimentação com base no leite da porca para ração seca a base de cereais, é possível que o perfil enzimático digestivo não esteja adequadamente ajustado para o alimento fornecido, o que pode ser a causa de distúrbios alimentares refletidos em piora do desempenho zootécnico.

Além dessa peculiaridade de suínos jovens, os animais adultos também apresentam limitações digestivas devido ao perfil enzimático endógeno que apresentam. Embora os suínos sejam capazes de ingerir uma imensa variedade de alimentos, não são capazes de produzir enzimas endógenas para digerir as ligações β -1-4 da celulose, carboidrato predominante da parede celular dos vegetais, bem como a hemicelulose, a lignina e outros carboidratos. A digestão da celulose em animais não ruminantes só é possível quando em associação com microorganismos no intestino grosso, na porção final do trato gastrointestinal. Isto limita a utilização de alguns alimentos fibrosos em rações.

O avanço na indústria de aditivos alimentares disponibilizou no mercado uma série de enzimas para serem adicionadas em rações para animais. Essas enzimas vêm sendo estudadas e têm-se mostrado bastante eficientes, trazendo benefícios como o melhor aproveitamento dos alimentos e menor excreção de nutrientes nos dejetos. Inúmeros trabalhos científicos (Rodrigues *et al.*, 2002; Omogbenigun *et al.*, 2004; Teixeira *et al.*, 2005; Ruiz *et al.*, 2008) comprovam a eficácia da utilização de enzimas em rações para suínos.

O efeito benéfico da adição de enzimas exógenas na ração de suínos tem sido atribuído, sobretudo, ao aumento da digestibilidade dos alimentos da ração (Rodrigues *et al.*, 2002). Possivelmente, isto ocorre devido à ruptura da parede celular das fibras, liberando seu conteúdo, redução da viscosidade intestinal provocada pelos polissacarídeos não amiláceos (PNA), eliminação de

fatores e propriedades antinutricionais e melhora na digestão do amido e proteínas (Cantor *et al.*, 1995).

No entanto, Rodrigues *et al.* (2002), que compararam o efeito da adição de enzimas exógenas em rações a base de milho ou sorgo, verificaram efeito da suplementação enzimática sobre a digestibilidade dos dois tipo de rações e apenas sobre o desempenho dos animais alimentados com ração a base de milho. Os autores sugerem, no entanto, que o nível de suplementação das dietas a base de sorgo pode não ter sido suficiente para proporcionar melhora do desempenho dos animais, embora a digestibilidade da ração tenha sido aumentada. A hipótese de que o nível de suplementação com enzimas e o perfil de carboidratos da ração pode influenciar na efetividade da ação das enzimas foi testada por Teixeira *et al.* (2005) e Moreira *et al.* (2009).

Os resultados obtidos por Teixeira *et al.* (2005) comprovaram que os níveis crescentes de suplementação enzimática em rações à base de milho e farelo de soja proporcionaram melhor desempenho dos leitões. Estudando o efeito da casca de soja, alimento pouco convencional na alimentação de leitões, Moreira *et al.* (2009) verificaram melhora linear na conversão alimentar dos animais dos 15 aos 30 kg, embora a digestibilidade das dietas não tenha sido afetada significativamente. Estes resultados apontam para afirmação de que os animais respondem de forma diferente à suplementação enzimática, certamente devido ao perfil de carboidratos presentes na ração. Além disso, é presumível que haja um nível ideal de suplementação com enzimas que pode variar em função da idade dos animais e do nível de inclusão do alimento nas formulações.

Trabalhando com leitões jovens, Kiarie *et al.* (2007) ponderam sobre a utilização de enzimas exógenas para leitões desmamados, afirmando que, além dos benefícios advindos do aumento da digestibilidade dos alimentos, deve-se considerar parâmetros de saúde intestinal como a produção de *Lactobacillus* spp. e concentração de amônia intestinal.

Como a indigestibilidade da maior porção da fibra dos alimentos, a disponibilidade do P nos vegetais é baixa. Isto ocorre porque grande parte do P dos alimentos encontra-se sob a forma de ácido fítico. O P fítico – assim chamado o fósforo na forma de ácido fítico – representa, em média,

aproximadamente 67% do P dos alimentos vegetais. Ao alcançar o trato gastrointestinal dos animais, o P fítico interage com outras moléculas nutrientes, como amido, cálcio, proteínas ou mesmo aminoácidos, formando complexas moléculas as quais recebem o nome de fitato. O fitato é indigestível para animais não ruminantes, que não produzem naturalmente a enzima fitase, capaz de hidrolisar a molécula de fitato liberando o P fítico e os nutrientes a ele complexado.

Os animais ruminantes conseguem utilizar o P fítico dos alimentos pois, por associação com fungos do gênero *Aspergillus* spp., que produzem fitase naturalmente, eliminam as ligações do fitato com outras moléculas. Por esse motivo, as rações para animais não ruminantes são suplementadas com fontes de P inorgânica, como o fosfato bicálcico. Entretanto, sabendo-se da indisponibilidade do P fítico das rações e desconsiderando-o na composição das rações, pode-se afirmar que as rações para animais não ruminantes podem estar desbalanceadas em P. O excesso de P, não disponível, é excretado nas fezes dos animais, contribuindo enormemente para o impacto negativo dos dejetos de suínos no ambiente.

Por meio de ferramentas de biotecnologia é possível a produção em escala industrial da enzima fitase a partir de microorganismos. Adicionada às rações, a enzima fitase é capaz de “quebrar” a molécula de fitato liberando tanto o P que estava indisponível quanto os nutrientes ligados à molécula.

Várias pesquisas demonstram o potencial da enzima fitase para a redução da quantidade de P excretado nas fezes de suínos. Em rações para suínos com baixo teor de P inorgânico e níveis crescentes de unidades de fitase por kg de ração, Harper *et al.* (1997) verificaram que a adição de fitase reduziu a quantidade de P excretado nas fases de crescimento e terminação. Entretanto, a redução na quantidade de P excretada foi mais expressiva nos animais na fase de crescimento. Os estudos de Ludke *et al.* (2002) contribuíram para a consolidação do efeito da adição de fitase sobre a excreção de P e N, mas sugerem a necessidade de mais estudos sobre o mecanismos de ação da fitase.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Ensaio de metabolismo

O experimento foi realizado no Setor de Suinocultura da Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ. Foi adotada a metodologia de coleta total de excretas (Matterson *et al.*, 1976), descrita por Sakomura e Rostagno (2007). Utilizou-se 24 leitões machos castrados com aproximadamente 60 dias de idade e peso médio de 19 kg, provindos de matrizes comerciais homogêneas. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso (DBC) com oito tratamentos, três repetições no tempo e um animal por unidade experimental. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas, as quais constituíram as unidades experimentais. Foi utilizado o modelo de gaiola metabólica proposto por Pekas (1968).

As rações experimentais (Tabelas 2 e 3), fareladas, foram formuladas para atender as recomendações contidas em Rostagno *et al.* (2011), exceto para energia metabolizável e fósforo disponível nos tratamentos a serem testados.

Os animais permaneceram por período de sete dias em adaptação às gaiolas e às dietas experimentais. O período de coleta de excretas foi de cinco dias. O consumo de ração diário foi medido durante todo o período de adaptação, de modo que durante a fase de coleta não ocorresse sobra ou falta de ração para os animais. Determinado o consumo de ração de cada animal, o arraçoamento foi realizado duas vezes ao dia, fazendo 60% no arraçoamento da manhã (8:30h) e o restante no arraçoamento da tarde (4:30h). Após 40 minutos do trato, os cochos foram limpos e permaneceram com água até o próximo arraçoamento. Os animais tiveram livre acesso à água durante todo o período experimental.

No oitavo dia, foi calculado o peso metabólico ($P^{0,75}$) de todos os animais. Com base no menor consumo/peso metabólico obtido entre os animais da repetição, foi determinada a quantidade de ração fornecida durante o período de coleta de fezes e urina (05 dias).

Tabela 2 – Ingredientes das rações¹ experimentais no ensaio de metabolismo.

Ingredientes	Tratamentos											
	0 % FAI ¹					10 % FAI						
	0 % SSP ²		0,02 % SSP			0 % SSP		0,02 % SSP				
	↑EM ³	↑Pd ⁴	↓EM	↓Pd	↑EM	↑Pd	↓EM	↓Pd	↑EM	↑Pd	↓EM	↓Pd
Milho	66,322	66,302	67,7840	67,7640	61,322	61,322	62,590	62,570				
Farelo de Soja	24,692	24,692	24,692	24,692	19,350	19,330	19,350	19,350				
Farelo de Arroz Integral	-	-	-	-	10,000	10,000	10,000	10,000				
Allzyme SSF ²	-	0,020	-	0,020	-	0,020	-	0,020				
Óleo de soja	3,800	3,800	2,610	2,610	3,900	3,900	2,900	2,900				
Fosfato bicálcico	2,53	2,53	1,810	1,810	2,456	2,456	1,747	1,747				
Calcário	0,310	0,310	0,7730	0,7730	0,366	0,366	0,825	0,825				
Sal	0,538	0,538	0,533	0,533	0,538	0,538	0,530	0,530				
L-lisina.HCl 78%	0,754	0,754	0,751	0,751	0,881	0,881	0,879	0,879				
DL-metionina 99%	0,272	0,272	0,268	0,268	0,314	0,314	0,310	0,310				
L-treonina 98,%	0,312	0,312	0,309	0,309	0,379	0,379	0,376	0,376				
L-triptofano 98%	0,070	0,070	0,070	0,070	0,094	0,094	0,093	0,093				
Supl. Vit.Min.	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400				
APC ⁵	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025				
Antioxidante ⁶	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010				
Total	100	100	100	100	100	100	100	100				

¹ FAI = Farelo de Arroz integral,

² Complexo multienzimático Allzyme SSF contendo pectinase (4000 u/g), protease (700 u/g), fitase (300 u/g), betaglucanase (200 u/g), xilanase (100 u/g), celulase (40 u/g) e amilase (30 u/g);

³ Energia Metabolizável

⁴ Fósforo Disponível

⁵ Antibiótico Promotor de Crescimento Ciprofloxacina;

⁶ BHT – β-hidroxitolueno.

Tabela 3 – Composição nutricional calculada das rações no ensaio de metabolismo.

	Tratamentos							
	0 % FAI ¹				10 % FAI			
	0 % SSP ²		0,02 % SSP		0 % SSP		0,02 % SSP	
	↑EM ³ ↑Pd ⁴	↓EM ↓Pd	↑EM ↑Pd	↓EM ↓Pd	↑EM ↑Pd	↓EM ↓Pd	↑EM ↑Pd	↓EM ↓Pd
Energia Metabolizável para suínos, kcal/kg	3355	3355	3305	3305	3355	3355	3305	3305
Proteína bruta g / 100 kg	17,561	17,561	17,669	17,669	16,281	16,281	16,373	16,373
Amido, g /100 kg	44,614	44,614	45,530	45,530	43,089	43,089	43,884	43,884
Fibra bruta, g /100 kg	2,456	2,456	2,481	2,481	2,893	2,893	2,915	2,915
Fibra em Detergente Neutro, g /100 kg	11,317	11,317	11,491	11,491	12,137	12,137	12,288	12,288
Fibra em Detergente Ácido, g /100 kg	4,234	4,234	4,283	4,283	4,892	4,892	4,935	4,935
Lisina digestível., g /100 kg	1,330	1,330	1,330	1,330	1,329	1,329	1,330	1,330
Metionina digestível, g / 100 kg	0,497	0,497	0,495	0,495	0,519	0,519	0,517	0,517
Meionina + Cistina Digestível, g /100 kg	0,745	0,745	0,745	0,745	0,746	0,746	0,745	0,745
Treonina Digestível, g /100 kg	0,837	0,837	0,838	0,838	0,837	0,837	0,838	0,838
Triptofano Digestível, g /100 kg	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239
Cálcio, g /100 kg	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825	0,826	0,826
FósforoTtotal, g /100 kg	0,772	0,772	0,642	0,642	0,883	0,883	0,755	0,755
Fósforo Disponível., g /100 kg	0,450	0,450	0,350	0,350	0,449	0,449	0,350	0,350
Sódio, g /100 kg	0,231	0,231	0,230	0,230	0,233	0,233	0,239	0,239
Gordura g /100 kg	6,600	6,600	5,475	5,475	7,875	7,875	6,931	6,931

¹ FAI = Farelo de Arroz integral,

² Complexo multienzimático Allzyme SSF contendo pectinase (4000 u/g), protease (700 u/g), fitase (300 u/g), betaglucanase (200 u/g), xilanase (100 u/g), celulase (40 u/g) e amilase (30 u/g);

³ Energia Metabolizável

⁴ Fósforo Disponível

Foram adicionados no arraçoamento da manhã, no oitavo e décimo quarto dias de experimentação, 2% de óxido férrico (Fe_2O_3) como marcador fecal para determinar, respectivamente, o início e o final do período de coleta. Foi utilizada a metodologia de coleta total das excretas, as quais foram armazenadas em freezer a 0°C. Posteriormente, as fezes totais de cada parcela foram descongeladas, homogeneizadas e pesados 200 g para análises bromatológicas. As amostras de fezes foram secas em estufa de circulação forçada a 55 °C durante 72 horas, e moídas em moinho Willey, em peneira de 1 mm, para análise de matéria seca, energia bruta, fibra em detergente neutro, gordura bruta e cinzas.

A urina dos animais foi coletada em baldes plásticos e após a coleta o volume foi completado para três litros com água destilada, padronizando o volume para todos os animais. Desse volume foi retirada, para armazenamento, uma alíquota de 250 ml e armazenada a freezer a 0°C, sendo posteriormente utilizada para determinação da energia bruta.

As análises bromatológicas das rações e das excretas foram realizadas no Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro (LZNA/CCTA/UENF).

Para estudo da composição nutricional das rações testadas, foram realizadas análises para estimar os valores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), gordura bruta (GB) e cinzas, de acordo com os procedimentos descritos pela AOAC 967.03; AOAC 1990.

As análises de energia bruta foram realizadas no Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), utilizando bomba calorimétrica IKA WORKS® C2000.

Os resultados das análises laboratoriais das rações e das excretas foram utilizados para determinação dos valores de energia digestível (ED) e energia metabolizável aparente (EMA) das rações, expressas em kcal/kg de ração, utilizando as equações propostas por Matterson *et al.* (1965) e descritas por Sakomura e Rostagno (2007), as quais:

$$ED \text{ ração} = \frac{EB \text{ ingerida} - EB \text{ excretada nas fezes}}{MS \text{ ingerida}}$$

$$EMA = \frac{EB \text{ ingerida} - EB \text{ excretada nas fezes} - EB \text{ excretada na urina}}{MS \text{ ingerida}}$$

Em que:

ED = Energia Digestível

EB = Energia Bruta

MS = Matéria Seca

EMA = Energia Metabolizável Aparente

4.2 Ensaio de desempenho zootécnico

O experimento foi realizado no Setor de Suinocultura do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Alegre, ES.

Foram utilizados 160 leitões (híbridos comerciais, machos castrados e fêmeas) desmamados com 21 ± 2 dias de idade e peso médio de 6,89 kg, distribuídos em delineamento de blocos ao acaso (DBC), com oito tratamentos e seis repetições no tempo. Foram utilizados quatro animais por parcela nas repetições 1 e 2 e três animais por parcela nas demais repetições. O peso dos animais à desmama foi utilizado como critério para a seleção e uniformização do peso e para a formação dos blocos. A baia foi considerada a unidade experimental.

As rações experimentais (Tabelas 4, 5, 6 e 7) fareladas, foram formuladas para atender as recomendações de exigências nutricionais dos suínos nas fases pré-inicial e inicial, de acordo com os valores de exigências encontrados nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição dos Alimentos e Exigências Nutricionais (Rostagno *et al.*, 2011), exceto para energia metabolizável e fósforo disponível nos tratamentos que tiveram seus níveis

Tabela 4 – Ingredientes das rações¹ experimentais no ensaio de desempenho zootécnico fornecidos aos leitões dos 21 aos 35 dias de idade.

Ingredientes	Tratamentos														
	0 % FAI ¹					10% FAI									
	0 % SSF ²		0,02 % SSF			0 % SSF		0,02 % SSF							
	↑EM ³	↑Pd ⁴	↓EM	↓Pd	↑EM	↑Pd	↓EM	↓Pd	↑EM	↑Pd	↓EM	↓Pd			
Milho	58,549		58,529		59,632		59,612		49,244		49,224		50,354		50,334
Farelo de Soja	18,000		18,000		18,000		18,000		17,00		17,00		17,00		17,00
Farelo de Arroz Integral	-		-		-		-		10,00		10,00		10,00		10,00
Leite em pó desn.	15,690		15,690		15,690		15,690		15,690		15,690		15,690		15,690
Allzyme SSF	-		0,020		-		0,020		-		0,020		-		0,020
Óleo de soja	3,289		3,289		2,345		2,345		3,650		3,650		2,670		2,670
Fosfato bicálcico	2,180		2,180		1,820		1,820		2,068		2,068		1,710		1,710
Calcário	0,155		0,155		0,385		0,385		0,211		0,211		0,449		0,449
Sal	0,505		0,505		0,505		0,505		0,502		0,502		0,502		0,502
L-lisina.HCl	0,610		0,610		0,608		0,608		0,606		0,606		0,603		0,603
DL-metionina	0,266		0,266		0,263		0,263		0,269		0,269		0,266		0,266
L-treonina	0,289		0,289		0,286		0,286		0,294		0,294		0,291		0,291
L-triptofano	0,067		0,067		0,066		0,066		0,066		0,066		0,065		0,065
Supl. Vit. Min.	0,400		0,400		0,400		0,400		0,400		0,400		0,400		0,400
APC	0,025		0,025		0,025		0,025		0,025		0,025		0,025		0,025
Antioxidante	0,010		0,010		0,010		0,010		0,010		0,010		0,010		0,010
Total	100		100		100		100		100		100		100		100

¹ FAI = Farelo de Arroz integral,

² Complexo multienzimático Allzyme SSF, contendo pectinase (4000 u/g), protease (700 u/g), fitase (300 u/g), betaglucanase (200 u/g), xilanase (100 u/g), celulase (40 u/g) e amilase (30 u/g);

³ Energia Metabolizável

⁴ Fósforo Disponível

⁵ Antibiótico Promotor de Crescimento Ciprofloxacina;

⁶ BHT – β-hidroxitolueno.

Tabela 5 – Composição nutricional calculada das rações no ensaio de desempenho zootécnico fornecida aos animais dos 21 aos 35 dias de idade.

	Ingredientes							
	0 % FAI ¹				10% FAI			
	0 % SSF ²		0,02 % SSF		0 % SSF		0,02 % SSF	
	↑EM ³ ↑Pd ⁴	↓EM ↓Pd	↑EM ↑Pd	↓EM ↓Pd	↑EM ↑Pd	↓EM ↓Pd	↑EM ↑Pd	↓EM ↓Pd
Energia Metabolizável para suínos, kcal / kg	3400	3400	3350	3350	3400	3400	3350	3350
Proteína bruta g /100 kg	18,780	18,780	18,861	18,861	18,911	18,911	18,991	18,991
Amido, g /100 kg	38,91	38,915	39,593	39,593	35,230	35,230	35,926	35,926
Lactose, g / 100 kg	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Fibra bruta, g /100 kg	1,966	1,966	1,985	1,985	2,559	2,559	2,579	2,579
Fibra em Detergente Neutro, g /100 kg	9,467	9,467	9,596	9,596	10,372	10,372	10,504	10,505
Fibra em Detergente Ácido, g /100 kg	3,431	3,431	3,4682	3,468	4,294	4,294	4,331	4,331
Lisina digestível., g /100 kg	1,450	1,450	1,450	1,450	1,451	1,451	1,450	1,450
Metionina digestível, g /100 kg	0,575	0,575	0,573	0,573	0,577	0,577	0,576	0,576
Meionina + Cistina Digestível, g /100 kg	0,811	0,811	0,812	0,812	0,812	0,812	0,812	0,812
Treonina Digestível, g /100 kg	0,914	0,914	0,914	0,914	0,914	0,914	0,914	0,914
Triptofano Digestível, g /100 kg	0,261	0,261	0,261	0,261	0,261	0,261	0,261	0,261
Cálcio, g /100 kg	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,853	0,853
Fósforo Total, g /100 kg	0,768	0,768	0,704	0,704	0,885	0,885	0,822	0,822
Fósforo Disponível., g /100 kg	0,499	0,499	0,449	0,449	0,500	0,500	0,450	0,450
Sódio, g /100 kg	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280	0,281	0,281
Gordura g /100 kg	5,811	5,811	4,916	4,916	7,261	7,261	6,332	6,332

¹ FAI = Farelo de Arroz integral

² SSF = Complexo multienzimático Allzyme SSF, contendo pectinase (4000 u/g), protease (700 u/g), fitase (300 u/g), betaglucanase (200 u/g), xilanase (100 u/g), celulase (40 u/g) e amilase (30 u/g);

³ Energia Metabolizável

⁴ Fósforo Disponível

Tabela 6 – Ingredientes das rações¹ experimentais no ensaio de desempenho zootécnico dos 36 aos 49 dias de idade.

Ingredientes	Tratamentos											
	0 % FAI ¹					10 % FAI						
	0 % SSP ²		0,02 % SSP			0 % SSP		0,02 % SSP				
	↑EM ³	↑Pd ⁴	↓EM	↓Pd	↑EM	↑Pd	↓EM	↓Pd	↑EM	↑Pd	↓EM	↓Pd
Milho	66,322	66,302	67,7840	67,7640	61,322	61,322	62,590	62,570				
Farelo de Soja	24,692	24,692	24,692	24,692	19,350	19,330	19,350	19,350				
Farelo de Arroz Integral	-	-	-	-	10,000	10,000	10,000	10,000				
Allzyme SSF ²	-	0,020	-	0,020	-	0,020	-	0,020				
Óleo de soja	3,800	3,800	2,610	2,610	3,900	3,900	2,900	2,900				
Fosfato bicálcico	2,53	2,53	1,810	1,810	2,456	2,456	1,747	1,747				
Calcário	0,310	0,310	0,7730	0,7730	0,366	0,366	0,825	0,825				
Sal	0,538	0,538	0,533	0,533	0,538	0,538	0,530	0,530				
L-lisina.HCl 78%	0,754	0,754	0,751	0,751	0,881	0,881	0,879	0,879				
DL-metionina 99%	0,272	0,272	0,268	0,268	0,314	0,314	0,310	0,310				
L-treonina 98,%	0,312	0,312	0,309	0,309	0,379	0,379	0,376	0,376				
L-triptofano 98%	0,070	0,070	0,070	0,070	0,094	0,094	0,093	0,093				
Supl. Vit.Min.	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400				
APC ⁵	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025				
Antioxidante ⁶	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010				
Total	100	100	100	100	100	100	100	100				

¹ FAI = Farelo de Arroz integral,

² Complexo multienzimático Allzyme SSF contendo pectinase (4000 u/g), protease (700 u/g), fitase (300 u/g), betaglucanase (200 u/g), xilanase (100 u/g), celulase (40 u/g) e amilase (30 u/g);

³ Energia Metabolizável

⁴ Fósforo Disponível

⁵ Antibiótico Promotor de Crescimento Ciprofloxacina;

⁶ BHT – β-hidroxitolueno.

Tabela 7 – Composição nutricional calculada das rações no ensaio de desempenho zootécnico fornecida aos animais dos 21 aos 35 dias de idade.

	Tratamentos							
	0 % FAI ¹				10 % FAI			
	0 % SSP ²		0,02 % SSP		0 % SSP		0,02 % SSP	
	↑EM ³ ↑Pd ⁴	↓EM ↓Pd	↑EM ↑Pd	↓EM ↓Pd	↑EM ↑Pd	↓EM ↓Pd	↑EM ↑Pd	↓EM ↓Pd
Energia Metabolizável para suínos, kcal/kg	3355	3355	3305	3305	3355	3355	3305	3305
Proteína bruta g /100 kg	17,561	17,561	17,669	17,669	16,281	16,281	16,373	16,373
Amido, g /100 kg	44,614	44,614	45,530	45,530	43,089	43,089	43,884	43,884
Fibra bruta, g /100 kg	2,456	2,456	2,481	2,481	2,893	2,893	2,915	2,915
Fibra em Detergente Neutro, g /100 kg	11,317	11,317	11,491	11,491	12,137	12,137	12,288	12,288
Fibra em Detergente Ácido, g /100 kg	4,234	4,234	4,283	4,283	4,892	4,892	4,935	4,935
Lisina digestível, g /100 kg	1,330	1,330	1,330	1,330	1,329	1,329	1,330	1,330
Metionina digestível, g /100 kg	0,497	0,497	0,495	0,495	0,519	0,519	0,517	0,517
Meionina + Cistina Digestível, g /100 kg	0,745	0,745	0,745	0,745	0,746	0,746	0,745	0,745
Treonina Digestível, g /100 kg	0,837	0,837	0,838	0,838	0,837	0,837	0,838	0,838
Triptofano Digestível, g /100 kg	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239
Cálcio, g /100 kg	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825	0,826	0,826
Fósforo Total, g /100 kg	0,772	0,772	0,642	0,642	0,883	0,883	0,755	0,755
Fósforo Disponível, g /100 kg	0,450	0,450	0,350	0,350	0,449	0,449	0,350	0,350
Sódio, g /100 kg	0,231	0,231	0,230	0,230	0,233	0,233	0,239	0,239
Gordura g /100 kg	6,600	6,600	5,475	5,475	7,875	7,875	6,931	6,931

¹ FAI = Farelo de Arroz integral,

² Complexo multienzimático Allzyme SSF contendo pectinase (4000 u/g), protease (700 u/g), fitase (300 u/g), betaglucanase (200 u/g), xilanase (100 u/g), celulase (40 u/g) e amilase (30 u/g);

³ Energia Metabolizável

⁴ Fósforo Disponível

202 reduzidos. As rações foram produzidas tendo milho e farelo de soja como principais
203 ingredientes. O leite em pó integral foi utilizado como fonte de lactose apenas na
204 primeira fase (21 – 35 dias de idade).

205 Os animais foram alojados em sala de creche, dotadas de gaiolas suspensas,
206 com pisos parcialmente ripados, comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo
207 chupeta, em galpão de alvenaria, com piso de concreto e telhas de amianto.

208 A temperatura da sala foi registrada durante todo o período experimental,
209 diariamente, três vezes ao dia (8, 12 e 17 horas) por meio de termômetro de bulbo
210 seco e bulbo úmido e termômetro de globo negro. As temperaturas máxima e
211 mínima foram registradas diariamente às 8 horas. Os dados de temperatura, bulbo
212 seco e bulbo úmido e globo negro foram posteriormente utilizados para o cálculo do
213 Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), conforme proposto por
214 Buffington *et al.* (1981).

215 Para avaliação do desempenho, os animais foram pesados no início (21 dias),
216 aos 35 dias e ao final do período experimental (49 dias), e as sobras de ração foram
217 coletadas diariamente e pesadas ao final de cada período, para determinação do
218 consumo de ração, do ganho de peso e da eficiência alimentar. A eficiência
219 alimentar foi calculada pela ração entre a quantidade de ração ingerida e o ganho de
220 peso dos animais, como segue:

221

$$Ef. Alim. = \frac{Ganho\ de\ Peso}{Consumo\ de\ ração}$$

222

223 Ao final do período experimental, aos 49 dias de idade, um animal de cada
224 unidade experimental, com peso mais próximo do peso médio da baia, foi
225 selecionado para coleta de sangue, e foi abatido para mensurações do pH intestinal,
226 peso dos órgãos e retirada do fêmur direito. O procedimento do abate foi realizado
227 por dessensibilização, seguido do sangramento.

228 Aproximadamente 4 mL de sangue dos leitões foram coletados e
229 imediatamente centrifugados. Obtido o soro, as amostras foram armazenadas em
230 freezer -70°C, e posteriormente procedeu-se às análises bioquímicas para
231 mensuração dos níveis de cálcio, fósforo e fosfatase alcalina circulantes. As análises
232 dos níveis Ca, P e fosfatase alcalina séricos foram feitas por meio de kits comerciais
233 (Labtest®).

234 Imediatamente após o abate, foi feita a evisceração e avaliado o pH dos
235 conteúdos da digestão nas regiões do estômago, duodeno, jejuno, íleo, ceco e
236 cólon, por meio de incisão na parte ventral dos órgãos. Para essa avaliação, foi
237 utilizado o medidor de pH da marca Hannam[®], modelo HI99161, com eletrodo F-202,
238 introduzido através de incisão nas regiões determinadas previamente.

239 Após evisceração, foram retirados fígado, pâncreas, rins, baço, intestinos
240 delgado e grosso e ceco, separadamente. A mensuração do comprimento dos
241 intestinos delgado e grosso também foi computada.

242 Os dados foram analisados através do programa Statistical Analysis Systems
243 (SAS, Versão 9.1) com o uso do procedimento Proc Mixed utilizando o método de
244 estimação por máxima verossimilhança. Nestas análises de medidas repetidas foram
245 testadas as estrutura de covariância VC (Componentes de Variância), CS (Simetria
246 Composta), AR(1) (autorregressiva de ordem 1) e UN (Não Estruturada) (Littell *et al.*,
247 2006). A verossimilhança das diferentes estruturas de variância-covariância testadas
248 foi avaliada utilizando o Critério de Akaike para seleção de modelos, como sugerido
249 por Burnham & Anderson (2004).

250 Os dados de desempenho foram submetidos à análise de correlação
251 canônica e posteriormente analisados estatisticamente pela obtenção das variáveis
252 canônicas bruta e padronizada (análise multivariada) obtidas com auxílio do
253 programa Statistical Analysis Systems (SAS, Versão 9.1), com os seguintes
254 coeficientes canônicos:

255

$$Z \text{ padronizada} = 0,2187Y_1 + 0,0934Y_2$$

256

$$Z \text{ bruta} = 1,3606Y_1 + 0,8880Y_2$$

257

258 sendo:

259 Y_1 = ganho de peso

260 Y_2 = consumo de ração

261

262 O ganho de peso e o consumo de ração também foram analisados
263 individualmente (univariada). A Eficiência Alimentar foi analisada pela sua função e
264 logarítmica e posteriormente função exponencial para recuperação das estimativas

265 das médias ($\text{Exp}(\ln \mu)$). O modelo utilizado para ganho de peso e consumo de ração
 266 foi:

267

$$268 \quad Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_l + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + \alpha\delta_{il} + \beta\delta_{jl} + \gamma\delta_{kl} + \alpha\beta\delta_{ijl} + \alpha\gamma\delta_{ikl} \\ 269 \quad + \beta\gamma\delta_{jkl} + \alpha\beta\gamma\delta_{ijkl} + B_m + e_{ijklm}$$

270

271 Sendo:

272 Y_{ijkl} = valor observado para a variável peso relativo dos órgãos da combinação do i-
 273 étimo fator α com o j-ésimo fator β e com o k-ésimo fator γ ;

274 m = média das unidades experimentais para a variável em estudo;

275 α_i = efeito do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral;

276 β_j = efeito do j-ésimo nível do fator complexo enzimático;

277 γ_k = efeito do k-ésimo nível do fator níveis nutricionais de EM e P;

278 δ_l = efeito da l-ésima idade;

279 $\alpha\beta_{ij}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral com o j-
 280 étimo nível do fator complexo enzimático;

281 $\alpha\gamma_{ik}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral com o k-
 282 étimo nível do fator níveis nutricionais de EM e P;

283 $\beta\gamma_{jk}$ = efeito da interação do j-ésimo nível do fator complexo enzimático com o
 284 k-ésimo nível do fator níveis nutricionais de EM e P;

285 $\alpha\beta\gamma_{ijk}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral com o j-
 286 étimo nível do fator complexo enzimático e com o k-ésimo nível do fator níveis
 287 nutricionais de EM e P;

288 $\alpha\delta_{il}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral com a da l-
 289 étima idade;

290 $\beta\delta_{jl}$ = efeito da interação do j-ésimo nível do fator complexo enzimático com a
 291 l-ésima idade;

292 $\gamma\delta_{kl}$ = efeito da interação do k-ésimo nível do fator níveis nutricionais de EM e P com
 293 a l-ésima idade;

294 $\alpha\beta\delta_{ijl}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral com o j-
 295 étimo nível do fator complexo enzimático e com a l-ésima idade;

296 $\alpha\gamma\delta_{ikl} = \alpha\gamma_{ik}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral com
 297 o k-ésimo nível do fator níveis nutricionais de EM e P e com a l-ésima idade;

298 $\beta\gamma\delta_{jkl}$ = efeito da interação do j-ésimo nível do fator complexo enzimático com o
 299 k-ésimo nível do fator níveis nutricionais de EM e P e com a l-ésima idade;
 300 $\alpha\beta\gamma\delta_{ijkl}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral com o j-
 301 ésimo nível do fator complexo enzimático e com o k-ésimo nível do fator níveis
 302 nutricionais de EM e P e com a l-ésima idade;
 303 B_m = efeito do m-ésimo bloco no valor observado; e
 304 e_{ijklm} = erro associado à observação.

305

306 Os dados obtidos das análises bioquímicas do sangue foram submetidos à
 307 análise de correlação canônica e posteriormente analisados para obtenção das
 308 variáveis canônicas bruta e padronizada (multivariada) obtidas com auxílio do
 309 programa Statistical Analysis Systems (SAS, Versão 9.1), com os seguintes
 310 coeficientes canônicos:

311

$$Z \text{ padronizada} = 0,1817Y_1 - 0,1932Y_2 - 0,003Y_3$$

312

$$Z \text{ bruta} = 1,498Y_1 - 0,3272Y_2 - 0,2863Y_3$$

313

314 sendo:

315

316 Y_1 = Cálcio sérico317 Y_2 = Fósforo sérico318 Y_3 = Fosfatase Alcalina sérica

319

320 Os dados de Ca, P e fosfatase alcalina também foram analisados
 321 individualmente (análise univariada). O modelo estatístico utilizado para as variáveis
 322 da bioquímica sérica foi:

323

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + B_l + e_{ijkl}$$

325

326 Sendo:

327 Y_{ijk} = valor observado para a variável peso relativo dos órgãos da combinação do i-
 328 ésimo fator α com o j-ésimo fator β e com o k-ésimo fator γ ;

329 m = média das unidades experimentais para a variável em estudo;

- 330 α_i = efeito do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral;
 331 β_j = efeito do j-ésimo nível do fator complexo enzimático;
 332 γ_k = efeito do k-ésimo nível do fator níveis nutricionais de EM e P;
 333 $\alpha\beta_{ij}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral com o j-
 334 éximo nível do fator complexo enzimático;
 335 $\alpha\gamma_{ik}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral com o k-
 336 éximo nível do fator níveis nutricionais de EM e P;
 337 $\beta\gamma_{jk}$ = efeito da interação do j-ésimo nível do fator complexo enzimático com o
 338 k-ésimo nível do fator níveis nutricionais de EM e P;
 339 $\alpha\beta\gamma_{ijk}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral com o j-
 340 éximo nível do fator complexo enzimático e com o k-ésimo nível do fator níveis
 341 nutricionais de EM e P;
 342 B_l = efeito do l-ésimo bloco no valor observado; e
 343 e_{ijkl} = erro associado à observação.

344

345 Os pesos relativos do fígado, rins, baço, pâncreas, intestinos delgado e
 346 grosso, foram analisados pela sua função logarítmica e posteriormente as
 347 estimativas das médias foram recuperadas pela sua função exponencial ($\text{Exp}(\ln \mu)$).

348

$$349 \quad Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + B_l + e_{ijkl}$$

$$350 \quad Y = \log (Y_{ijkl}/w)$$

351 Sendo:

- 352 Y_{ijkl} = valor observado para a variável peso relativo dos órgãos da combinação do i-
 353 éximo fator α com o j-ésimo fator β e com o k-ésimo fator γ ;
 354 m = média das unidades experimentais para a variável em estudo;
 355 α_i = efeito do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral;
 356 β_j = efeito do j-ésimo nível do fator complexo enzimático;
 357 γ_k = efeito do k-ésimo nível do fator níveis nutricionais de EM e P;
 358 $\alpha\beta_{ij}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral com o j-
 359 éximo nível do fator complexo enzimático;
 360 $\alpha\gamma_{ik}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral com o k-
 361 éximo nível do fator níveis nutricionais de EM e P;
 362 $\beta\gamma_{jk}$ = efeito da interação do j-ésimo nível do fator complexo enzimático com o
 363 k-ésimo nível do fator níveis nutricionais de EM e P;

364 $\alpha\beta\gamma_{ijk}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral com o j-
 365 éximo nível do fator complexo enzimático e com o k-ésimo nível do fator níveis
 366 nutricionais de EM e P;

367 B_l = efeito do l-ésimo bloco no valor observado; e

368 e_{ijkl} = erro associado à observação.

369 w = peso vivo (kg)

370

371 O modelo estatístico utilizado para a análise do pH intestinal nos diferentes
 372 segmentos (estômago, duodeno, jejuno, íleo, cólon e ceco) foi:

373

$$374 Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_l + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + \alpha\delta_{il} + \beta\delta_{jl} + \gamma\delta_{kl} + \alpha\beta\delta_{ijl} + \alpha\gamma\delta_{ikl} \\ 375 + \beta\gamma\delta_{jkl} + \alpha\beta\gamma\delta_{ijkl} + B_m + e_{ijklm}$$

376

377 Sendo:

378 Y_{ijkl} = valor observado para a variável peso relativo dos órgãos da combinação do i-
 379 éximo fator α com o j-ésimo fator β e com o k-ésimo fator γ ;

380 m = média das unidades experimentais para a variável em estudo;

381 α_i = efeito do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral;

382 β_j = efeito do j-ésimo nível do fator complexo enzimático;

383 γ_k = efeito do k-ésimo nível do fator níveis nutricionais de EM e P;

384 δ_l = efeito do l-ésimo segmento do TGI;

385 $\alpha\beta_{ij}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral com o j-
 386 éximo nível do fator complexo enzimático;

387 $\alpha\gamma_{ik}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral com o k-
 388 éximo nível do fator níveis nutricionais de EM e P;

389 $\beta\gamma_{jk}$ = efeito da interação do j-ésimo nível do fator complexo enzimático com o
 390 k-ésimo nível do fator níveis nutricionais de EM e P;

391 $\alpha\beta\gamma_{ijk}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral com o j-
 392 éximo nível do fator complexo enzimático e com o k-ésimo nível do fator níveis
 393 nutricionais de EM e P;

394 $\alpha\delta_{il}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral com o l-
 395 éximo segmento do TGI;

396 $\beta\delta_{jl}$ = efeito da interação do j-ésimo nível do fator complexo enzimático com o l-ésimo
 397 segmento do TGI;

398 $\gamma\delta_{kl}$ = efeito da interação do k-ésimo nível do fator níveis nutricionais de EM e P com
399 o l-ésimo segmento do TGI;
400 $\alpha\beta\delta_{ijl}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral com o j-
401 éximo nível do fator complexo enzimático e com o l-ésimo segmento do TGI;
402 $\alpha\gamma\delta_{ikl} = \alpha\gamma_{ik}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral com
403 o k-ésimo nível do fator níveis nutricionais de EM e P e com o l-ésimo segmento do
404 TGI;
405 $\beta\gamma\delta_{jkl}$ = efeito da interação do j-ésimo nível do fator complexo enzimático com o
406 k-ésimo nível do fator níveis nutricionais de EM e P e o l-ésimo segmento do TGI;
407 $\alpha\beta\gamma\delta_{ijkl}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator farelo de arroz integral com o j-
408 éximo nível do fator complexo enzimático, com o k-ésimo nível do fator níveis
409 nutricionais de EM e P e com o l-ésimo segmento do TGI;
410 B_m = efeito do m-ésimo bloco no valor observado; e
411 e_{ijklm} = erro associado à observação.
412
413

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

414

415

416 Os valores de energia metabolizável aparente das rações (Tabela 8),
 417 determinados por meio de análise bromatológica e pela aplicação das equações
 418 propostas por Materrson, (1965), revelaram valores de energia, em kcal/kg, acima
 419 dos níveis de 3355 e 3305 kcal/kg propostos nos tratamentos com níveis normais e
 420 reduzidos de energia metabolizável (EM) e fósforo disponível (Pd), respectivamente.
 421 No entanto, as reduções nos valores de EM pretendidas nas rações foi de 45,5
 422 kcal/kg nas rações sem adição de farelo de arroz integral (FAI) e de 143,5kcal/kg
 423 nas rações com inclusão de 10% de FAI.

424

425 Os resultados do ensaio de metabolismo das rações testadas (Tabela 8)
 426 indicam, de forma consistente, a piora da qualidade das rações com inclusão de
 427 10% de FAI, para os quais os coeficientes de digestibilidade e de metabolizabilidade
 428 foram, respectivamente, 4,13 e 4,03 pontos percentuais inferiores às rações sem
 429 inclusão de FAI. A adição do complexo enzimático Allzyme SSF melhorou os
 430 coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade das rações, com exceção
 431 daquelas em que o FAI foi incluído em 10% e mantidos os níveis de EM (3355
 432 kcal/kg) e Pd (0,45%), recomendados por Rostagno *et. al* (2011).

432

Tabela 8 – Energias bruta, digestível e metabolizável das rações experimentais, e seus respectivos coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade.

	0%FAI ¹				10%FAI			
	0%SSP ²		0,02%SSP		0%SSP		0,02%SSP	
	↑EM ³ ↑Pd ⁴	↓EM ↓Pd	↑EM ↑Pd	↓EM ↓Pd	↑EM ↑Pd	↓EM ↓Pd	↑EM ↑Pd	↓EM ↓Pd
EB	4117	4098	4050	4074	4124	4136	4053	4039
ED	3531	3522	3435	3504	3490	3313	3249	3276
EMA	3498	3486	3414	3479	3458	3300	3217	3254
Coef. Dig	85,77	85,95	84,83	86,01	84,65	80,11	80,18	81,11
Coef. Met	84,99	85,07	84,31	85,41	83,87	79,81	79,39	80,57

¹ FAI = Farelo de Arroz integral,

² Complexo multienzimático Allzyme SSF contendo pectinase (4000 u/g), protease (700 u/g), fitase (300 u/g), betaglucanase (200 u/g), xilanase (100 u/g), celulase (40 u/g) e amilase (30 u/g);

³ Energia Metabolizável

⁴ Fósforo Disponível

EB = Energia Bruta

ED = Energia Digestível

EMA = Energia Metabolizável Aparente

433

434 A redução da qualidade da ração, intencionalmente produzida visando desafiar
435 o nível de adição do complexo enzimático, foi obtida pela diminuição dos níveis
436 calculados de EM e Pd, que pode ser constatado por meio das determinações dos
437 coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade das rações, exceto, novamente,
438 nas rações em que o FAI foi incluído em 10% e os teores de EM = 3355 kcal/kg e Pd
439 = 0,45%, recomendados por Rostagno *et. al* (2011), que foram mantidos.

440 As alterações observadas na digestibilidade e metabolizabilidade das rações,
441 por meio da redução dos teores de EM e P, no entanto, não foram suficientes para
442 influenciar significativamente o ganho de peso (GPD) e consumo de ração (CRD)
443 diários (Tabela 9). A redução dos níveis de EM e Pd, assim como a adição do
444 complexo enzimático não influenciaram ($P>0,05$) o desempenho dos leitões em
445 nenhuma das idades avaliadas.

446 A inclusão de 10% de FAI nas dietas, no entanto, piorou a eficiência alimentar
447 dos leitões independentemente da idade dos animais ou da adição do complexo
448 enzimático e redução dos níveis de EM e Pd, revelando forte evidência ($P=0,012$) de
449 que sua incorporação em 10% na dieta pode interferir no desempenho.

450 As variáveis canônicas bruta e padronizada também não foram influenciadas
451 ($P>0,05$) pela inclusão de farelo de arroz, pela adição do complexo enzimático ou
452 pela redução dos níveis nutricionais de energia metabolizável e fósforo. As variáveis
453 canônicas, assim como a eficiência alimentar, são variáveis que exprimem variáveis
454 que são correlatas, como neste caso o consumo de ração e o ganho de peso. No

Tabela 9 - Valores de probabilidade P encontrados para as variáveis de desempenho analisadas para o efeito da inclusão de FAI, da adição de SSF e da redução dos teores de EM e P, e suas possíveis interações, utilizando análise univariada e multivariada dos fatores.

Variáveis	Valores de P associado a efeito do modelo estatístico utilizado														
	FAI	SSF	FAI x SSF	EM.P	FAI x EM.P	SSF x EM.P	FAI x SSF x EM.P	Idade	FAI x Idade	SSF x Idade	FAI x SSF x idade	EM.P x Idade	FAI x EM.P x Idade	SSF x EM.P x Idade	FAI x SSF x EM.P x Idade
Análise univariada															
CRD	0,687	0,598	0,715	0,492	0,471	0,473	0,876	<0,001	0,230	0,185	0,502	0,763	0,560	0,883	0,721
GPD	0,273	0,655	0,212	0,325	0,861	0,594	0,932	<0,001	0,171	0,520	0,710	0,719	0,192	0,942	0,659
Eficiência alimentar ¹	0,012	0,574	0,121	0,683	0,253	0,704	0,595	0,485	0,102	0,310	0,687	0,894	0,952	0,838	0,480
Análise multivariada ²															
Z*	0,547	0,680	0,680	0,393	0,577	0,362	0,651	<0,001	0,216	0,197	0,543	0,562	0,239	0,884	0,586
Z**	0,620	0,664	0,764	0,432	0,562	0,380	0,668	<0,001	0,229	0,191	0,554	0,545	0,334	0,805	0,586

¹Valores obtidos pela função logarítmica de ganho de peso/consumo de ração.

² Correlação canônica = 0,91

* Variável canônica bruta padronizada obtida a partir dos coeficientes canônicos: $Z = 0,2187xY1 + 0,0924xY2$, sendo Y1 = ganho de peso e Y2 = ganho de peso

** Variável canônica padronizada obtida a partir dos coeficientes canônicos: $Z = 1,3606xY1 + 0,8880xY2$, sendo Y1 = ganho de peso e Y2 = consumo de ração.

456 entanto, a aceitação da variável de eficiência alimentar pressupõe o mesmo peso
457 para consumo e ganho na formação do índice, o que não se observa na variável
458 canônica em que os diferentes coeficientes canônicos são utilizados para o ganho
459 de peso e para o consumo de ração, atribuindo a importância adequada a cada uma
460 das variáveis correlatas.

461 Os valores de probabilidade para as variáveis de desempenho (Tabela 9)
462 revelara efeito da idade, independentemente dos demais fatores, tanto na análise
463 univariada quanto na multivariada, o que, obviamente, faz sentido quando os
464 animais estudados estão em fase de crescimento e possuem, para tanto, suas
465 exigências nutricionais segmentadas por fases nas recomendações nutricionais
466 encontradas em tabelas de exigência. Embora irrelevante no que se refere à
467 confirmação ou não da hipótese, este dado nos permite verificar que tanto o efeito
468 da inclusão de farelo de arroz quanto à ausência de significância dos demais
469 tratamentos ocorreram de forma independente da fase.

470 Independentemente da adição de enzimas na ração ou dos níveis nutricionais
471 de EM e Pd, os animais alimentados com ração contendo 10% de FAI apresentaram
472 média de eficiência alimentar 9,5% inferior ($P < 0,05$) ao dos animais alimentados
473 com ração sem inclusão de FAI (Tabela 8). Muito embora não tenha sido verificado
474 efeito da inclusão de FAI nas rações sobre o GPD e o CRD dos leitões, os valores
475 numéricos médios constatados (Tabela 10) contribuem para a afirmação de que a
476 inclusão deste alimento, incomum para suínos jovens, pode ser prejudicial para o
477 seu desempenho. Este tipo de inferência, embora fundamentada em valores
478 numéricos e não significativos, se faz importante devido o alcance e significado dos
479 resultados para a nutrição de leitões no período pós desmame.

480 As médias das variáveis canônicas (Tabela 11), referentes à inclusão de FAI,
481 à adição de complexo enzimático SSF ou aos níveis nutricionais de EM e Pd, estão
482 associadas aos valores de P encontrados nas análises estatísticas e, para os quais
483 não se verificou efeito ($P > 0,05$), exceto para a idade dos animais. No entanto,
484 embora as diferenças entre as médias em função das rações experimentais não seja
485 significativa, a observação dos coeficientes canônicos das variáveis Y_1 = ganho de
486 peso e Y_2 = consumo de ração, obtidos pelas análises estatísticas, mostraram que o
487 consumo de ração tem maior influência (0,2187 e 1,3606 para as variáveis

Tabela 10 – Médias estimadas de ganho de peso e consumo de ração diária e eficiência alimentar¹ na fase, obtidos em função da inclusão de FAI, da adição do complexo enzimático SSF e da redução dos valores de exigência de EM e Pd das rações.

Variáveis	0% FAI				10% FAI				Média	
	0% SSF		0,02% SSF		0% SSF		0,02% SSF			
	↑EM	↑Pd	↓EM	↓Pd	↑EM	↑Pd	↓EM	↓Pd		
21-35 dias										
GPD (kg/animal/dia)	0,20 ±0,05	0,18 ±0,05	0,18 ±0,06	0,15 ±0,05	0,13 ±0,05	0,15 ±0,05	0,16 ± 0,04	0,15 ±0,04	0,16 ±0,02	
CRD (kg/animal/dia)	0,27 ±0,05	0,25 ±0,05	0,26 ±0,05	0,22 ±0,05	0,23 ±0,05	0,25 ±0,05	0,24 ±0,04	0,24 ±0,04	0,25±0,02	
Eficiência alimentar	0,71 ±0,11	0,69 ±0,11	0,66 ±0,12	0,73 ±0,12	0,56 ±0,09	0,54 ±0,09	0,66 ±0,10	0,61 ±0,09	0,64±0,04	
36-49 dias										
GPD (kg/animal/dia)	0,38 ±0,04	0,39 ±0,04	0,39 ±0,06	0,38 ±0,04	0,39± 0,04	0,36 ±0,05	0,42 ±0,04	0,38 ±0,04	0,39 ±0,02	
CRD (kg/animal/dia)	0,56 ±0,07	0,56 ±0,07	0,61 ±0,09	0,57 ±0,07	0,59 ±0,07	0,59 ±0,08	0,62 ±0,07	0,60 ±0,07	0,59 ±0,03	
Eficiência alimentar	0,68 ±0,10	0,70 ±0,10	0,64 ±0,11	0,66 ±0,10	0,66 ±0,10	0,61 ±0,10	0,67 ±0,10	0,64 ±0,9	0,66 ±0,04	
Eficiência alimentar ²	0,68 ± 0,04 a				0,62 ± 0,03 b					

¹ Valores obtidos pela função exponencial do logaritmo de ganho de peso/consumo utilizado para análise da eficiência alimentar no programa SAS (univariada).

² Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste F (P<0,012).

488 canônicas bruta e padronizada, respectivamente) na composição da variável
489 canônica do que o ganho de peso (0,0924 e 0,8880 para as variáveis canônicas
490 bruta e padronizada, respectivamente). Além disso, a alta correlação canônica
491 observada, de 0,91, indica a existência de intensa associação entre as variáveis
492 ganho de peso e consumo de ração (Trujillo *et al.*, 2003).

493 Os valores de Probabilidade P associados aos efeitos da inclusão do farelo de
494 arroz integral, da adição do complexo enzimático e dos níveis nutricionais reduzidos
495 de energia metabolizável e fósforo sobre os parâmetros sanguíneos cálcio, fósforo e
496 fosfatase alcalina séricos (Tabela 12) evidenciaram efeito ($P < 0,01$) da inclusão de
497 FAI sobre as variáveis canônicas bruta e padronizada, verificando-se, além disso,
498 maior peso do componente Ca sérico, para ambas. A análise dos parâmetros isolados
499 confirmou os resultados da análise multivariada, de que a inclusão de FAI alterou as
500 concentrações de Ca sérico ($P < 0,01$) e de P séricos ($P < 0,05$), mas não interferiu na
501 concentração de fosfatase alcalina sérica ($P > 0,05$). Por outro lado, a interação entre
502 a inclusão de farelo de arroz integral e a redução dos níveis de energia e fósforo
503 (FAI x EM.P) mostrou evidência de significância, com valores $P = 0,087$ e $P = 0,051$,
504 respectivamente.

505 As médias estimadas de Ca, P e fosfatase alcalina séricos (Tabela 13) em
506 função da inclusão de FAI nas rações permitem inferir que as rações com inclusão
507 de FAI aumentaram ($P < 0,01$) substancialmente o valor de Ca sérico, que foi
508 constatado mais de duas vezes maior do que o valor encontrado nos animais que
509 receberam rações que não continham FAI, em mg/dL. As médias da variável
510 canônica acompanharam os resultados da análise univariada com aumento ($P < 0,01$)
511 no valor das variáveis Z na presença de FAI nas rações.

512 A correlação canônica calculada foi de 0,79. Numa abordagem tradicional,
513 como relata Hair *et al.*, (2007), a interpretação da variável canônica levando em
514 consideração a magnitude e o sinal dos coeficientes canônicos revelam ser o cálcio
515 (Y1) o parâmetro com maior peso na variável, e que este está inversamente
516 relacionado com o fósforo sérico e com a fosfatase alcalina (Y3), tanto para a
517 variável canônica bruta quanto para a variável canônica padronizada.

518

Tabela 11 - Médias estimadas das variáveis canônicas¹ bruta e padronizada do desempenho em função da inclusão de FAI, da adição do complexo enzimático SSF e da redução dos valores de exigência de EM e Pd das rações.

Parâmetros	0% FAI				10% FAI				Média	
	0% SSF		0,02% SSF		0% SSF		0,02% SSF			
	↑EM ↑Pd	↓EM ↓Pd	↑EM ↑Pd	↓EM ↓Pd	↑EM ↑Pd	↓EM ↓Pd	↑EM ↑Pd	↓EM ↓Pd		
21 - 35 dias										
Z* bruta	0,068 ±0,015	0,062 ±0,015	0,062 ±0,017	0,054 ±0,015	0,049 ±0,015	0,055 ±0,015	0,058 ±0,014	0,056 ±0,014	0,058 ±0,005	B
Z** padronizada	0,512 ±0,097	0,466 ±0,097	0,468 ±0,108	0,405 ±0,097	0,374 ±0,097	0,421 ±0,096	0,436 ±0,088	0,422 ±0,088	0,438 ±0,034	b
36-49 dias										
Z* bruta	0,136 ±0,014	0,138 ±0,014	0,143 ±0,017	0,137 ±0,014	0,141 ±0,014	0,133 ±0,015	0,149 ±0,014	0,140 ±0,014	0,140 ±0,005	A
Z** padronizada	1,019 ±0,118	1,034 ±0,118	1,080 ±0,145	1,029 ±0,118	1,059 ±0,118	1,012 ±0,130	1,125 ±0,118	1,059 ±0,118	1,052 ±0,044	a

¹ Não significativo (P>0,05)

² Correlação canônica = 0,91

* Variável canônica bruta padronizada obtida a partir dos coeficientes canônicos: $Z = 0,2187xY1 + 0,0924xY2$, sendo Y1 = ganho de peso e Y2 = consumo de ração

** Variável canônica bruta padronizada obtida a partir dos coeficientes canônicos: $Z = 1,3606xY1 + 0,8880xY2$, sendo Y1 = ganho de peso e Y2 = consumo de ração

Tabela 12 - Valores de probabilidade encontrados para as variáveis canônicas e univariadas analisadas para o efeito da inclusão de FAI, da adição do complexo enzimático SSF e da redução dos valores de exigência de EM e Pd das rações sobre os níveis de cálcio, fósforo e fosfatase alcalina séricos.

Parâmetros	Valores de P associado a efeito do modelo estatístico utilizado						
	FAI	SSF	EM.Pd	FAI x SSF	FAI x EM.Pd	SSF x EM.Pd	FAI x SSF x EM.Pd
Variáveis independentes							
Ca	<.001	0.598	0.932	0.557	0.087	0.939	0.144
P	0.031	0.597	0.948	0.284	0.511	0.859	0.145
Fosfatase alcalina	0.5860	0.351	0.231	0.242	0.051	0.648	0.277
Variáveis canônicas¹							
Z* bruta	<.001	0.926	0.816	0.217	0.177	0.914	0.113
Z* padronizada	0.004	0.421	0.230	0.161	0.143	0.654	0.531

¹Correlação canônica = 0,79; significativo (P<0,001) para os critérios de Pillai, Hotelling-Lawley e Roy's Greatest para a variável FAI;

* Variável canônica bruta padronizada obtida a partir dos coeficientes canônicos: $Z = 0,1817xY1 - 0,1932xY2 - 0,003xY3$, sendo $Y1 = Ca$, $Y2 = P$ e $Y3 = fosfatase alcalina$.

** Variável canônica bruta padronizada obtida a partir dos coeficientes canônicos: $Z = 1,498xY1 - 0,3272xY2 - 0,2863xY3$, sendo $Y1 = Ca$, $Y2 = P$ e $Y3 = fosfatase alcalina$.

519

520 As possíveis alterações na relação entre o peso dos órgãos digestivos do
521 trato gastrointestinal dos leitões em função das rações experimentais propostas
522 também foram estudadas. O peso relativo dos órgãos digestivos, expressado em
523 kg/100 kg de peso vivo foi analisado nos leitões, assim como o comprimento dos
524 intestinos delgado e grosso. Os valores de *P* (Tabela 14) evidenciaram, de forma
525 interessante, o efeito ($P<0,05$) da interação tripla entre a inclusão de FAI, adição de
526 complexo enzimático e alteração dos níveis nutricionais de EM e P sobre o peso
527 relativo do pâncreas.

528 No entanto, o desdobramento desta interação não foi significativo ($P>0,05$). O
529 teste F para o peso relativo dos órgãos e comprimento dos intestinos resultou ainda
530 na fraca evidência de efeito ($0,05<p<0,10$) das interações FAI x SSF e SSF x
531 EM.Pd, respectivamente, sobre o comprimento do intestino delgado e sobre o peso
532 relativo do baço. Isoladamente, os ingredientes de ração testados assim como os
533 níveis nutricionais de EM e Pd testados não modificaram significativamente o peso

Tabela 13 - Médias estimadas de Ca, P e fosfatase alcalina encontrados no soro dos suínos em função da inclusão de FAI, da adição do complexo enzimático SSF e da redução dos valores de exigência de EM e Pd das rações.

	0% FAI	10% FAI	Valores de referência**
Análise Univariada			
Ca ¹ (mg/dL)	11,417 ± 0,755	23,718 ± 3,214	8,64 a 13,2
P ² (mg/dL)	12,690 ± 0,865	11,625 ± 0,511	
Fosfatase alcalina (UI/L)	397,170 ± 40,825	382,33 ± 40,36	141 – 813
Variáveis canônicas*			
Z Bruta ³	- 0,169 ± 0,276	0,916 ± 0,551	
Z padronizada ⁴	- 100,760 ± 10,774	- 77,736 ± 10,776	

¹Significativo pelo teste F (P=0,001);

²Significativo pelo teste F (P=0,031);

³ Significativo pelo teste F (P=0,001) Variável canônica bruta obtida a partir dos coeficientes canônicos: $Z = 0,1817xY1 - 0,1932xY2 - 0,003xY3$, sendo Y1 = Ca, Y2 = P e Y3 = fosfatase alcalina; Significativo pelo teste F (P<0,001);

⁴ Significativo pelo teste F (P=0,004). Variável canônica padronizada obtida a partir dos coeficientes canônicos: $Z = 1,498xY1 - 0,3272xY2 - 0,2863xY3$, sendo Y1 = Ca, Y2 = P e Y3 = fosfatase alcalina; Significativo pelo teste F (P=0,004);

* Correlação canônica = 0,79;

** Intervalo de normalidade apresentado por Matos *et al* (2008);.

Tabela 14 - Valores de probabilidade P para os parâmetros peso relativo dos órgãos¹ e do comprimento dos intestinos em função da inclusão de FAI, da adição do complexo enzimático SSF e da redução dos valores de exigência de EM e Pd das rações.

Parâmetros	Valores de P associado a efeito do modelo estatístico utilizado						
	FAI	SSF	EM.Pd	FAI x SSF	FAI x EM.Pd	EP x SSF	FAI x SSF x EM.Pd
Peso							
Peso vivo	0,381	0,892	0,218	0,408	0,336	0,538	0,647
Carcaça	0,345	0,346	0,353	0,405	0,341	0,370	0,298
Órgãos	0,315	0,335	0,370	0,642	0,273	0,417	0,171
Fígado	0,593	0,929	0,996	0,625	0,692	0,535	0,278
Rins	0,624	0,544	0,646	0,526	0,429	0,736	0,641
Baço	0,753	0,651	0,363	0,491	0,379	0,064	0,695
Pâncreas	0,595	0,111	0,725	0,232	0,179	0,747	0,028
Int.delgado	0,389	0,324	0,476	0,318	0,444	0,225	0,337
Int. grosso	0,672	0,708	0,480	0,263	0,584	0,751	0,829
Ceco	0,682	0,297	0,934	0,546	0,702	0,661	0,163
Comprimento							
Int. delgado	0,267	0,530	0,491	0,701	0,947	0,890	0,585
Int. grosso	0,121	0,864	0,608	0,094	0,931	0,764	0,289

¹ Análise realizada utilizando o logaritmo do peso do órgão em função do peso vivo, no programa SAS.

534

535 dos órgãos e o comprimento dos intestinos.

536 Os valores médios estimados do peso vivo e dos pesos relativos da carcaça,
537 órgãos, fígado, rins, baço, pâncreas, intestinos delgado, grosso e ceco, assim como
538 os comprimentos dos intestinos delgado e grosso estão apresentados na Tabela 15.

539 Os tratamentos também influenciaram os valores de pH mensurados nos
540 diferentes segmentos do trato gastrointestinal (Tabela 16). Os valores de *P*
541 associados aos efeitos da inclusão do farelo de arroz integral, da adição do
542 complexo enzimático e dos níveis nutricionais reduzidos de energia metabolizável e
543 fósforo sobre o pH no estômago, duodeno, jejuno, íleo ceco e cólon dos leitões
544 evidenciaram efeito do segmento intestinal avaliado sobre o pH. Dadas as
545 características fisiológicas de cada segmento, a amplitude de pH observada, com
546 $P < 0,001$, já era esperada, não sendo nenhuma surpresa. Em adição, assim como as

547 diferenças de desempenho obtidas em função do fator idade, esta informação é
548 consistente, porém, substancialmente irrelevante. Foi verificado efeito ($P < 0,05$) da
549 interação entre os níveis nutricionais de EM e Pd e o segmento intestinal. O
550 desdobramento da interação (Tabela 17) apontou para o aumento ($P < 0,05$) do pH de
551 5,34 para 5,46 no ceco mas não nos demais segmentos. Alguma evidência de efeito
552 ($P = 0,07$) foi verificada para a adição de 0,02% do complexo enzimático SSF,
553 independentemente do segmento. A adição de enzimas nas rações elevou o valor
554 médio estimado do pH intestinal dos animais de 5,14 para 5,24.

555

556

557

558

Tabela 15 – Médias estimadas dos parâmetros de rendimento de carcaça, do peso relativo dos intestinos e do comprimento dos intestinos em função da inclusão de FAI, da adição do complexo enzimático SSF e da redução dos valores de exigência de EM e Pd das rações.

Parâmetros	0% FAI				10% FAI			
	0% SSF		0,02% SSF		0% SSF		0,02% SSF	
	↑ EM e ↑Pd	↓ EM e ↓Pd	↑ EM e ↑Pd	↓ EM e ↓Pd	↑ EM e ↑Pd	↓ EM e ↓Pd	↑ EM e ↑Pd	↓ EM e ↓Pd
Peso ¹								
Peso vivo (kg)	15,29 ± 1,87	15,45 ± 2,79	14,77 ± 2,10	14,76 ± 1,52	14,42 ± 1,17	14,03 ± 1,21	15,74 ± 2,22	14,19 ± 2,11
Carcaça (kg/100 kg)	72,19 ± 2,58	70,04 ± 3,00	71,09 ± 4,34	71,34 ± 0,90	48,08 ± 6,33	71,01 ± 3,60	71,72 ± 1,32	70,48 ± 3,13
Órgãos (kg/100 kg)	27,69 ± 2,54	29,80 ± 2,96	28,57 ± 4,21	28,64 ± 0,90	35,83 ± 1,21	28,75 ± 3,67	28,25 ± 1,32	29,36 ± 2,94
Fígado (kg/100 kg)	3,09 ± 0,63	3,00 ± 0,63	3,09 ± 0,63	3,11 ± 0,63	3,16 ± 0,63	3,21 ± 0,48	3,03 ± 0,44	3,01 ± 0,44
Rins (kg/100 kg)	0,54 ± 0,16	0,56 ± 0,16	0,57 ± 0,16	0,58 ± 0,18	0,58 ± 0,18	0,62 ± 0,14	0,58 ± 0,14	0,56 ± 0,14
Baço (kg/100 kg)	0,18 ± 0,05	0,18 ± 0,05	0,17 ± 0,05	0,18 ± 0,06	0,19 ± 0,06	0,20 ± 0,06	0,21 ± 0,05	0,24 ± 0,10
Pâncreas (kg/100kg)	0,20 ± 0,04	0,22 ± 0,04	0,21 ± 0,06	0,19 ± 0,06	0,24 ± 0,03	0,19 ± 0,02	0,20 ± 0,02	0,20 ± 0,03
Int. delgado (kg/100kg)	4,70 ± 0,62	4,27 ± 0,20	3,03 ± 3,75	3,03 ± 0,18	4,74 ± 0,50	4,65 ± 0,92	4,37 ± 0,36	4,65 ± 0,46
Int. grosso (kg/100kg)	1,87 ± 0,21	1,96 ± 0,21	1,86 ± 0,20	2,02 ± 0,22	1,92 ± 0,21	1,95 ± 0,21	1,83 ± 0,20	1,88 ± 0,21
Ceco (kg/100kg)	0,26 ± 0,05	0,28 ± 0,06	0,26 ± 0,03	0,25 ± 0,06	0,27 ± 0,04	0,26 ± 0,05	0,23 ± 0,02	0,27 ± 0,09
Comprimento								
Intestino delgado (m)	14,05 ± 0,61	14,46 ± 2,25	13,79 ± 1,48	13,64 ± 1,32	13,51 ± 1,54	13,53 ± 1,40	13,37 ± 1,45	13,72 ± 1,20
Intestino grosso (m)	2,71 ± 0,30	3,02 ± 0,48	2,88 ± 0,23	2,92 ± 0,28	2,72 ± 0,26	2,80 ± 0,31	2,58 ± 0,31	2,81 ± 0,52

¹ Valores obtidos pela função exponencial do logaritmo de ganho de peso/consumo utilizado para análise da eficiência alimentar no programa SAS (univariada).

559 Alguns autores (Fireman *et al.*, 2000; Campos *et al.*, 2006; Calvert *et. all.*,
560 1985; Chae & Lee, 2002; Robles & Ewan, 1982) relataram a possibilidade de
561 utilização do farelo de arroz integral para suínos. Para animais terminados, a
562 substituição do milho por 50 e 60% de farelo de arroz integral, sem
563 comprometimento do desempenho, foi verificada por Conci *et al.* (1995) e por
564 Fireman *et al.* (2000), respectivamente. No entanto, são escassos os estudos
565 científicos para leitões desmamados, devido, possivelmente, à exigência desses
566 animais por rações mais complexas e alimentos de maior qualidade. Chae & Lee,
567 (2002) observaram que, por tratamento térmico, a qualidade nutricional do farelo de
568 arroz e sua alta quantidade de gordura facilmente rancificável foi mantida. Isto pode
569 explicar a melhora global no desempenho de leitões alimentados com ração
570 contendo farelo de arroz integral, em comparação com rações tendo cevada ou
571 aveia em flocos como principais ingredientes, verificada no estudo de Che *et. al.*
572 (2007), em que as rações foram fornecidas na forma física de micro-pellets. Os
573 autores sugerem que o farelo de arroz pode ser utilizado como atrativo para leitões
574 nas primeiras semanas pós desmame.

575 Neste estudo, observou-se piora ($P < 0,01$) da eficiência alimentar dos leitões
576 quando a ração fornecida continha 10% de farelo de arroz integral. As rações
577 utilizadas no presente trabalho foram rações fareladas, ou seja, sem o tratamento
578 térmico necessário para interromper o processo de rancificação oxidativa a qual os
579 alimentos ricos em gordura são mais suscetíveis, e que oxida também as substâncias
580 antioxidantes naturais presentes no alimento, como a vitamina E (Chae e Lee,
581 2002). Dada a disponibilidade do farelo de arroz integral em algumas regiões, o
582 estudo futuro da sua inclusão, previamente enriquecido com antioxidantes, pode
583 contribuir para a obtenção de alimentos alternativos ao milho e ao farelo de soja
584 quando o custo destes alimentos estiver elevado, como sugerido por Lopes *et al.*
585 (2011).

586 Outras características do farelo de arroz integral são a sua elevada quantidade
587 de fósforo total (1,67%) e fósforo fítico (1,43%) - que são valores maiores do que os
588 teores desses nutrientes encontrados no principal ingrediente de rações - de milho,
589 com 0,25% de fósforo total e 0,19% de fósforo disponível (Rostagno *et al.* 2011).
590 Também o elevado teor de fibra insolúvel é relatado por Conci *et al.* (1995), muito
591 embora amostras diferentes de farelo de arroz podem apresentar composição
592 nutricional significativamente diferentes (Tan *et al.*, 2000).

593 São consistentes os resultados obtidos por muitos pesquisadores (Bedford,
594 2012; Harland & Oberleas, 2010) mostrando os efeitos deletérios do ácido fítico da
595 dieta sobre a digestibilidade de todos os nutrientes, mas especialmente do cálcio. Os
596 efeitos prejudiciais à dieta, provenientes da presença do ácido fítico podem estar
597 relacionados à sua influência na superfície absorptiva e produção de mucina no
598 intestino delgado (Moran, 2010), ao impacto negativo do fitato na utilização das
599 proteínas (Selle & Cowieson, 2010); à disponibilidade e digestibilidade de alguns
600 microminerais (Jongbloed, 2010); na homeostase do zinco (Harland & Oberleas,
601 2010); à atividade do pepsinogênio (Liu & Cowieson, 2010) e entre outros fatores
602 (Woyengo & Nyachoty, 2010).

603 A adição de um determinado grupo de enzimas digestivas exógenas em rações
604 contendo farelo de arroz integral poderia incorrer na melhora do aproveitamento dos
605 nutrientes e, por consequência direta, do desempenho, o que não foi verificado
606 (Tabela 9). A adição de complexos enzimáticos em rações para suínos adultos têm
607 melhorado o aproveitamento da porção indigestível de alguns alimentos (Pierce &
608 Stevenson, 2008; Akitunde *et al.*, 2011; Kerr & Shurson, 2013). No entanto, para
609 suínos jovens, recém-desmamados principalmente, o ácido fítico atua de forma
610 ainda mais grave como fator antinutricional (Cowieson *et al.*, 2011) e o efeito da
611 adição de complexo enzimático contendo fitase em rações contendo alimentos ricos
612 em ácido fítico pode não corresponder ao esperado.

613 No presente estudo, além da inclusão ou não do farelo de arroz integral e da
614 adição ou não do complexo enzimático contendo fitase e outras enzimas digestivas,
615 o teor de energia metabolizável e de fósforo disponível foi diminuído das dietas, no
616 intuito de desafiar a ação do complexo enzimático SSF, que em sua matriz
617 nutricional preconiza 50 kcal de EM e 0,1% de Pd para a adição de 0,02% do
618 complexo enzimático. As dietas foram calculadas para redução de 50 kcal de EM/kg
619 de ração, fornecendo 3400 kcal/kg de ração, atendendo as recomendações
620 sugeridas nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno *et al.*, 2011), para
621 leitões de alto potencial genético na fase pré-inicial. No entanto, as análises
622 bromatológicas (Tabela 8) revelaram valores de energia metabolizável para os
623 tratamentos sem inclusão de farelo de arroz, acima do valor contido nas tabelas,
624 mesmo quando o teor de EM foi intencionalmente reduzido. Ao supormos que a
625 exigência de EM foi atendida nos tratamentos que não continham farelo de arroz
626 integral, isto pode ter suprimido o efeito do complexo enzimático. Por outro lado, nos

627 tratamentos com inclusão de 10% de farelos de arroz integral, este valor de energia
628 metabolizável ficou abaixo dos valores recomendados – exceto para os animais que
629 receberam ração com 10% de FAI, sem adição de SSF e sem redução dos níveis
630 nutricionais de EM e Pd.

631 Os resultados de digestibilidade e metabolizabilidade da energia das rações
632 (Tabela 8) associados ao resultado de eficiência alimentar encontrado (Tabelas 9 e
633 10) permitem inferir que a inclusão de 10% de FAI nas rações influenciou
634 negativamente o desempenho dos leitões, independentemente da adição de
635 enzimas ou do nível de energia da dieta.

636 Além da eficiência alimentar, a inclusão de FAI influenciou os valores de Ca,
637 P e fosfatase alcalina séricas, expressadas de forma correlata pela variável canônica
638 Z (Tabela 12). Os coeficientes canônicos evidenciaram maior influência do Ca na
639 variável Z, o que foi subsidiado pelo teor de Ca observado quando a variável foi
640 analisada individualmente (Tabela 12). A inclusão de farelo de arroz integral nas
641 rações resultou em aumento ($P < 0,01$) da quantidade de Ca sérico e diminuição
642 ($P < 0,05$) na quantidade de P sérico. Conjecturando a elevada quantidade de fitato
643 presente no farelo de arroz integral, é possível que o requerimento de P não tenha
644 sido atendido.

645 Estes resultados conferem com os resultados encontrados por Dantas *et al.*
646 (2010) que verificaram que o aumento do teor de P dietético altera a bioquímica do
647 sangue, diminuindo a quantidade de Ca sérico e aumentando a quantidade de P
648 sérico. Os mesmos autores sugerem que o fornecimento de dietas ricas em fósforo
649 pode influenciar a absorção de Ca. É possível que este antagonismo ocorra devido à
650 alta afinidade que o ácido fítico dos vegetais possui com o Ca da dieta ou, como
651 afirmou Cruz, (2009) o excesso de fosfatos precipita o Ca na forma de fosfato
652 tricálcio. O fosforo fítico complexado com o Ca é carregado pelo intestino e implica em
653 aumento da excreção de P e Ca na fezes, tornando o suíno um potente poluidor
654 ambiental.

655 A enzima fitase tem sido amplamente estudada em rações como atenuador
656 do potencial poluidor da suinocultura, como revelou o estudo bibliométrico realizado
657 por Molino *et al.* (2013).

658

659

Tabela 16 – Valores de probabilidade P do pH dos diferentes segmentos do trato gastrointestinal dos leitões em função da adição do complexo enzimático SSF e da interação segmento x redução dos valores de exigência de EM e Pd das rações.

	FAI	SSF	FAI x SSF	EM.P	FAI x EM.P	SSF x EM.P	FAI x SSF x EM.P	seg.	FAI x segmento	SSF x segmento	FAI x SSF x segmento	EM.P x segmento	FAI x EM.P x segmento	SSF x EM.P x segmento	FAI x SSF x EM.P x segmento
pH	0.760	0.071	0.438	0.825	0.743	0.253	0.182	<.001	0.941	0.852	0.851	0.041	0.405	0.597	0.536

660

Tabela 17 - Médias de pH dos diferentes segmentos do trato gastrointestinal (TGI) dos leitões em função da adição do complexo enzimático SSF e da interação segmento x redução dos valores de exigência de EM e Pd das rações.

Parâmetros	SSF ¹		Interação Segmento x EM.P ²	
	- 0,02 SSF	+ 0,02 SSF	↑EM e Pd	↓ EM e Pd
pH				
TGI	5,14B	5,24A	-	-
Estômago	-	-	2,98 ± 0,29 d	2,87 ± 0,29 d
Duodeno	-	-	5,80 ± 0,14 a	5,78 ± 0,14 a
Jejuno	-	-	5,88 ± 0,12 a	5,82 ± 0,12 a
Íleo	-	-	5,99 ± 0,25 a	5,91 ± 0,25 a
Cólon	-	-	5,23 ± 0,07 c	5,28 ± 0,07 c
Ceco	-	-	5,34 ± 0,08 bB	5,46 ± 0,08 bA

¹ P=0,07² P<0,05

661

662

663 Para leitões na fase de creche, no entanto, os estudos mais recentes
664 apontam para a necessidade de se elevar a dose da enzima visando a máxima
665 descomplexação possível do fitato presente na dieta, o que alguns autores
666 denominaram de “superdosagens de fitase” (Walk *et al.*, 2013; Bedford, 2012; Toplis
667 & Wellock, 2010; Augspurger *et al.*, 2004).

668 O aumento ($P < 0,01$) do Ca sérico observado neste trabalho pode ser
669 atribuído à resposta do organismo à sua baixa absorção, devido, possivelmente, ao
670 aumento do teor de Ptotal das rações com FAI e aumento da quantidade de Pfitico
671 complexado com o Ca. Cruz (2009) explica que na resposta à hipocalcemia ocorre
672 aumento da secreção de paratormônio e, rapidamente, ocorre mobilização do Ca
673 ósseo, aumentando o fluxo de Ca do osso para a circulação sanguínea, ao mesmo
674 tempo em que é reduzida a sua excreção renal, numa ação conjunta.

675 A fosfatase alcalina sérica não foi influenciada ($P > 0,05$) pelos tratamentos,
676 assim como a adição de enzimas ou a redução dos níveis nutricionais de EM e P. A
677 fosfatase alcalina tem sido relacionada à deposição óssea de P (Teixeira, 2005),
678 muito embora a utilização como indicador bioquímico de remodelação óssea seja
679 contestada.

680 O tamanho dos órgãos dos suínos, de modo geral, não foi influenciado pelas
681 rações experimentais oferecidas aos animais, exceto pelo tamanho do pâncreas,
682 que resultou na interação tripla entre inclusão de farelo, adição de complexo
683 enzimático e níveis de energia e fósforo disponível. O desdobramento da interação,
684 porém, não revelou efeito ($p > 0,05$) algum sobre o peso relativo do pâncreas. O peso
685 relativo do pâncreas foi estudado por Junqueira *et al.* (2008) que salienta que o
686 desenvolvimento do pâncreas dos suínos ocorre em função da dieta ao desmame,
687 embora também não tenha encontrado efeito das diferentes fontes protéicas sobre o
688 peso deste órgão.

689 O desenvolvimento e maturação do pâncreas de leitões podem ser atribuídos
690 a três fatores, os quais: 1º) a presença de alimento sólido no estômago; 2º) a
691 remoção do leite da dieta e 3º) a liberação de glicocorticoides por ocasião do
692 estresse pós-desmama (Pierzynowski *et al.*, 1993). Estes autores reforçam que é a
693 dieta dos leitões, e não a idade, o fator fundamental para o desenvolvimento e
694 maturação do pâncreas, quando a desmama é realizada precocemente até a 4ª
695 semana de vida dos suínos. Embora o desdobramento da interação não tenha
696 revelado efeito ($P > 0,05$), outros estudos visando esclarecer a influência dos

697 aspectos qualitativos da ração de leitões desmamados precocemente podem ser
698 interessantes do ponto de vista nutricional, já que no desmame aos 21 dias de
699 idade, os leitões apresentam produção enzimática digestiva ainda insuficiente e,
700 além disso, apresentam baixo consumo de ração na primeira semana.

701 Os valores de probabilidade associada a efeito para a interação entre inclusão
702 de farelo de arroz e adição de enzimas para o comprimento do intestino delgado e
703 da interação entre adição de enzimas e os níveis de energia metabolizável e fósforo
704 para o peso do baço revelaram haver alguma evidência de efeito, o que pode vir a
705 ser o objeto de pesquisa em investigações futuras.

706 Com relação ao pH do TGI dos leitões, a adição do complexo enzimático
707 proporcionou fraca evidência de aumento ($P=0,07$) de 5,14 para 5,24, considerando
708 todo o trato TGI, independente do segmento. A interação entre o segmento do trato
709 gastrointestinal e o nível nutricional da EM e Pd foi influenciada ($P<0,05$) pela dieta,
710 sendo que no ceco e não nos demais segmentos, o pH foi aumentado de 5,34 para
711 5,46.

712 O pH intestinal dos leitões pode ser um indicativo de saúde intestinal, já que
713 algumas cepas de bactérias de potencial patogênico não toleram a redução do pH
714 do meio (Pierce *et al.*, 2006). Os alimentos de menor digestibilidade podem não ser
715 digeridos completamente pelas enzimas pancreáticas ao longo do intestino delgado,
716 e servirão de substrato para microorganismos que fermentam no intestino grosso
717 (Williams *et al.*, 2001), sendo o ceco o local de maior fermentação. De acordo com o
718 substrato fermentado, geralmente a porção fibrosa do alimento do intestino, o pH
719 pode ser alterado. Os animais alimentados com as rações experimentais que foram
720 formuladas contendo níveis de EM e P mais baixos continham, além de menor
721 quantidade óleo de soja para reduzir o teor de energia, também menor quantidade
722 de fosfato bicálcio para redução do teor de fósforo.

723 Assim, uma maior quantidade de calcário foi inserida na fórmula para atender
724 a exigência de cálcio, o que pode ter contribuído para o aumento significativo do pH
725 no ceco. Morgan *et al.*, (2014), concluíram que o pH intestinal de aves tende a ser
726 maior quando as dietas contêm alta inclusão de fonte inorgânica de cálcio, o que
727 pode ser prejudicial, também, para a viscosidade da digesta, o que também pode ser
728 confirmado no estudo de Selle (2010).

729

730

731 **6 - CONCLUSÕES**

732

733 A inclusão de 10% de farelo de arroz influencia negativamente os coeficientes
734 de digestibilidade e metabolizabilidade das rações. Esta inclusão reduz a eficiência
735 alimentar, independentemente da idade, aumenta o nível de cálcio e reduz o nível de
736 fósforo séricos.

737 A adição do complexo multienzimático às rações não influencia
738 significativamente o desempenho zootécnico e os parâmetros fisiológicos
739 analisados, mas melhora os coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade das
740 rações.

741 A redução dos níveis de energia metabolizável e fósforo disponível da dieta
742 eleva o pH no ceco, mas não nos demais segmentos do trato gastrointestinal dos
743 leitões.

744 A interação entre a inclusão de farelo de arroz integral, adição de complexo
745 enzimático e redução dos níveis nutricionais de energia metabolizável e fósforo
746 disponível influencia o peso relativo do pâncreas dos leitões.

747

748

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKINTUNDE, A.O.; OMOLE, C.A.; SOKUNBI, O.A.; LAWAL, T.T.; ALABA, O. Response of Growing Pigs to Diet Physical Form and Allzyme® SSF Supplementation in a Palm Kernel Meal-Based Diet. **Animal Production**, 13 (2):69-75, 2011.
- AMBORT, D.; JOHANSON, M.E.V.; GUSTAFSSON, J.K.; NILSSON, H.E.; ERMUND, A.; JOHANSSON, B.R.; KOECK, P.J.B.; HEBERT, H.; HANSON, G.C. Calcium and pH-dependent packing and release of the gel-forming MUC2 mucin. **PNAS, Earlier edition**, 2012.
- ANDRIGUETO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J.S.; SOUSA, G.A.; BONA FILHO, A. **Nutrição Animal: Os alimentos**. Volume 1, Editora Nobel, 395p. 2002.
- APPLEGATE, T.J.; ANGEL, R.; CLASSEN, H.L. Effect of Dietary Calcium, 25-Hydroxicolecalciferol, or BIRD strain on small intestinal phytase activity in broiler chickens. **Poultry Science**, 82:1140-1148, 2003.
- AUGSPURGER, N.R.; BAKER, D.H. High dietary phytase levels maximize phytate-phosphorus utilization but do not affect protein utilization in chicks fed phosphorus or amino acid deficient diets, **Journal of Animal Science**, 82:1100-1107, 2004.
- BARRETO, G.B. **Curso de Suinocultura**. 5ª edição, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 295p. 1987.
- BEDFORD, M.R. Alternate uses of phytases – Superdosing. **Asian Poultry Magazine**, p.8-11, 2012.
- BEDFORD, M.R.; WYATT, C.; KNOX, A.; SANTOS, T.T. Turkey performance between 0 and 84 days when diets supplemented with high doses of phytase, **International Poultry Symposium, Atlanta**, 2011.
- BELLAVER, C. LUDKE, J.V. Considerações sobre os alimentos alternativos em dietas para suínos, Enipec - Encontro internacional de negócios da pecuária, **Anais...**, Cuiabá, MT, 2004.
- BINFDELLE, J.; LETERME, P.; BULDGEN, A. Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pig nutrition: a review. **Biotechnol. Agron. Soc. Environ**, 12(1), 69-8 2008.
- BIRD, P.H., ATWOOD, C.S. HARTMANN, P.E. The responses of blood galactose to oral doses of lactose, galactose plus glucose and milk to piglets. **British Journal of Nutrition** 73, 753–761, 1995.
- BRAÑA, D.V.; ELLIS, E.; CASTAÑEDA, E.O.; SANDS, J.S.; BAKER, D.H. Effect of a novel phytase on growth performance, bone ash, and mineral digestibility in nursery and grower-finisher pigs, **Journal of Animal Science**, 84:1839-1849, 2006.

- BRUMM, M.C. Efecto of a low phytate, nutriente dense cor and pig performance. In: **Nebraska Swine Report**, p.26-29, 2003.
- BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H. et al., Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, v.24, p.711-714, 1981.
- CALVERT, C.; PARKER, K.; PARKER, J.; SAYRE, R.N.; SAUNDERS, R.M. Rice bran in swine rations: Too much in growing-finishing rations can retard growth. **California Agriculture**, may-june, p.19-20, 1985.
- CAMARINHA FILHO, J.A. **Modelos lineares mistos: Estruturas de matrizes de variância e covariâncias e seleção de modelos**. Piracicaba, SP, Agosto de 2002, Tese de Doutorado.
- CAMPOS, J.A.; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C.; SILVA, J.N.; CARVALHO, C.S.; MAUIRI, A.L. Ambiente térmico e desempenho de suínos em dois modelos de maternidade e creche. **Revista Ceres**, 55(3): 187-193, 2008.
- CANTOR, A. Enzimas usadas na Europa, Estados Unidos e Ásia. Possibilidades para uso no Brasil. In: RONDA LATINO AMERICANA DE BIOTECNOLOGIA, 5, 1995, Curitiba, **Anais...** Curitiba: Alltech, 1995, p. 31-
- CARVALHO, P.L.O.; MOREIRA, I.; PAIANO, D. Desempenho e características de carcaça de suínos em terminação alimentados com casca de café ensilada. In: Abraves 2007. **Anais...** Florianópolis, SC, 2007.
- CAVALCANTI, S.S. **Suinocultura Dinâmica**. 2ª edição, FEP-MVZ Editora, 494p. 2000.
- CHAE, B.J.; LEE, S.K. Rancid Rice Bran Affects Growth Performance and Pork Quality in Finishing Pigs. **Asian-Australian Journal of Animal Science**. Vol 15, No. 1 : 94-101), 2002.
- CHE, M.T., PEREZ-MENDOZA, V.G., PETTIGREW, J.E. **Rice Provides Attractive Feedstuff for Young Pigs**. Disponível em: <http://nationalhogfarme r.com/nutrition/requirements/rice-feedstuff-young-pigs/>, 2007, Acessado em janeiro de 2014.
- CONCI, V.A.; MAGALHÃES, P.R.M.; , BENDER, P.E.; WIEDERICEHR, N.A.; OLIVEIRA, M.F.G.; COSTA, M.S. Avaliação de subprodutos do arroz na alimentação de suínos. I ii. O farelo integral de arroz nas fases de recria e terminação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.1, n. I, p.69-77, 1995.
- COUSINS, B. Enzimas na nutrição de aves In: I Simpósio Internacional ACAV—Embrapa sobre Nutrição de Aves, **Anais...** 17 e 18 de novembro de 1999 – Concórdia, SC p. 118-132, 1999
- COWIESON, A.J. and COWIESON, N.P. Phytate and the thermodynamics of water. **Proceedings of the Australian Poultry Science Symposium**, p.22-25, 2011.
- COWIESON, A.J. and RAVINDRAN, V. Effect of phytic acid and microbial phytase on the flow and amino acid composition of endogenous protein at

- the terminal ileum of growing broiler chickens. **British Journal of Nutrition** 98: 745-752, 2007
- COWIESON, A.J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M.R. Phytic Acid and Phytase: Implications for Protein Utilization by Poultry. **Poultry Science** 85:878–885, 2006.
- COWIESON, A.J.; WILCOCK, P.; BEDFORD, M.R. Super-dosing effects of phytase in poultry and other monogastrics. **World's Poultry Science Journal**, 67: 225-236, 2011.
- CRUZ, S.C.S. Digestibilidade do cálcio de alimentos avaliada em frangos de corte e em suínos por diferentes métodos. **Dissertação de Mestrado**, UFV, 2009.
- DANTAS, Waleska de Melo Ferreira et al. Perfil eletrolítico e peso corporal em suínos submetidos a dietas com diferentes teores de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. , vol.45, n.10, pp. 1205-1210, 2010
- DeCAMP, S.A.; HILL, B.; HANKINS, S.L.; HERR, et al.. Effects of Soybean Hulls on Pig Performance, Manure Composition, and Air Qualit. **Swine Research Report**. Purdue University, 2001.
- DELCENSERIE, V.; MARTEL, D.; LAMOUREUX, M. et al. Immunomodulatory Effects of Probiotics in the Intestinal Tract **Current Issues Molecular Biology** 10: 37-54. 2008.
- DILGER, R.N.; ADEOLA, O. Estimation of true phosphorus digestibility and endogenous phosphorus loss in growing pigs fed conventional and low-phytate soybean meals. **Journal of Animal Science**, vol. 84 no. 3 627-634, 2006.
- DVORAKOVA, J. Phytase: Sources, Preparation and Exploitation **Folia Microbiologica**, 43 (4), 323-338, 1998.
- EKSTROM,K.E.; BENEVENGA, N.J.; GRUMMER, R.H. Changes in the intestinal lactase ativity in the small intestine of two breeds os swine from birth to 6 weeks of age. **Journal of Nutrition**, 105: 1032-1038, 1975.
- FIALHO, E.T.; SILVA, H.O.; ZANGERÔNIMO, M.G.; AMARAL, N;O.; RODEIGUES, P.B.; CANTARELLI, V.S. **Alimentos alternativos para suínos**. Editora UFLA/Faepe, Lavras, MG, p. 232, 2009.
- FIREMAN, F.A.T.; LÓPEZ, J.; BARBOSA, A.K.; FIREMA A.T. Desempenho e custo de suínos alimentados com dietas contendo 50% de farelo de arroz integral suplementados com fitase e/ou células. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, 8(1): 18-23, 2000.
- GERHARDT, A.L.; GALLO, N. Full-Fat Rice Bran and Oat Bran Similarly Reduce Hypercholesterolemia in Humans. **Journal of Nutrition**, May 1, vol. 128 no. 5 865-869, 1998.
- GHAHRI, H.; ROSTAMI,D.; ZANDIYEH, M.A.; ABBASI, R.H. The Effects of Phytase on Performance, Serum Mineral Levels, Enzyme Activities and Immune Function of Broilers Fed Nutritionally Marginal Diets. **Middle-East Journal of Scientific Research** 11 (11): 1481-1490, 2012

- GOMES, G. A. Últimos avanços na utilização de enzimas para suínos. Disponível em: <http://www.pecnordeste.com.br/wp-content/uploads/2012/06/Gomes-GA-%C3%9Altimos-avan%C3%A7os-na-utiliza%C3%A7%C3%A3o-de-enzimas-para-su%C3%ADnos.pdf>, acessado em 09/10/2012.
- GOMES, J.D.F.; BLAZQUEZ, F.J.H.; FUKUSHIMA, R.S.; UTIYAMA, C.E.; OETTING, L.L.; LIMA, G.J.M.M. Efeitos do incremento da fibra em detergente neutro na ração de suínos sobre a histologia de segmentos do trato intestinal. *Braz. J. vet. Research Animal Science*, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 210-219, 2006.
- GÓMEZ-CONDE, M. S.; GARCÍA, J.; CHAMORRO, S.; EIRAS, P.; REBOLLAR, P.G.; PÉREZ DE ROZAS A.; BADIOLA, I.; BLAS, C.; CARABAÑO, R. Neutral detergent-soluble fiber improves gut barrier unction in twenty-five-day-old weaned rabbits. *Journal of Animal Science*, 85:3313-3321. 2007.
- GREINER, R.; KONIENTSNY, U.; JANY, K-I. D. Characterizations and purification of two phytases of escherichia coli. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, vol. 303, No.1, May, 15, PP.107-113, 1993.
- HAIR, J.F.; TATHAM, R.L.; ANTERSON, R.E.; BLACK, W.; **Análise multivariada dos dados**. Ed. Bookman, 5ª edição, 1998.
- HARLAND, B.F.; OBERLEAS, D. Phytate and phytase in zinc homeostasis **Proceedings Of The 1st International Phytase Summit**, Washington DC, p.128-139, 2010.
- HARPER, A. F.; KORNEGAY, E. T.; SCHELL; T. C. Phytase Supplementation of Low-Phosphorus Growing-Finishing Pig Diets Improves Performance, Phosphorus Digestibility, and Bone Mineralization and Reduces Phosphorus Excretion. *Journal of Animal Science*, 75:3174–3186, 1997.
- JIANG, W.-D., FENG, L., LIU, Y., JIANG, J., HU, K., LI, S.-H. AND ZHOU, X.-Q. Effects of graded levels of dietary *myo*-inositol on non-specific immune and specific immune parameters in juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). *Aquaculture Research*, 41: 1413–1420, 2010.
- JIANG, W.-D., KUANG, S.-Y., LIU, Y., JIANG, J., HU, K., LI, S.-H., TANG, L., FENG, L. AND ZHOU, X.-Q. Effects of *myo*-inositol on proliferation, differentiation, oxidative status and antioxidant capacity of carp enterocytes in primary culture. *Aquaculture Nutrition*. 2012.
- JIN, L.; REYNOLDS, L.P.; REDMER, D.L.; CATON, J.S.; CRENSHAW, J.D. Effects of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation, and morphology in growing pigs *Journal of Animal Science*. 1994, 72:2270-2278.
- JOHANSEN, H.N.; KNUDSEN, K.E.B.; SANDSTROM, B.; SKJOTH, F. Effects of varying content of soluble dietary fibre from wheat flour and oat milling fractions on gastric emptying in pig. *British Journal of Nutrition* (1996), 75, 339-351.

- JONGBLOED, A.W.; BIKKER, P. Meta-analysis to quantify the effect of microbial phytase on the digestibility and bioavailability of several macro and micro minerals in growing pigs and broilers. **Proceedings Of The 1st International Phytase Summit**, Washington DC, p.105-127, 2010.
- JUNQUEIRA, O.M.; SILZ, L.Z.T.; ARAÚJO L.F.; PEREIR, A.A. LAURENTIZ, A.C.; FILARDI, R.S. Avaliação de níveis e fontes de proteína na alimentação de leitões na fase inicial de crescimento **Revista Brasileira Zootecnia**, v.37, n.9, p.1622-1627, 2008.
- KARADAS, F. PIRGOZLIEV, V.; PAPPAS, V.C.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M.R. Effects of different dietary phytase activities on the concentration of antioxidants in the liver of growing broilers **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** 94 (2010) 519–526, 2009.
- KARADAS, F.; PIRGOZLIEV, V.; PAPPAS, A.C.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M.R. Effectsof different dietary phytase activities on the concentration of antioxidants in the liver ofgrowing broilers **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** . 94: 519-526, 2010.
- KENNEDY, A.R. The evidence for soybean products as cancer preventive agents. **Journal of Nutrition**, 125: 733S-743S, 1995.
- KERR, B.J.; SHURSON, G.; Strategies to improve fiber utilization in swine. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, 4:11, 2013.
- KIARIE, E.; NYACHOTI, C.M.; SLOMINSKI, B.A.; BLANK, G. Growth performance gastrointestinal microbial activity and nutriente digestiibility in early-weaned pigs fed diets containing flaxseed and carbohydrase enzyme. **Journal of Animal Science**, 85:2982-2993, 2007.
- KIEFER, C.; QUADROS, A.R.B. Avaliação técnico-econômica da substituição do milho pela quirera de arroz em dietas de suíno **Revista Ceres**, 53(305):31-37, 2006.
- KIES, A.K.; KEMME, P.A.; SEBEK, L.B.J.; VAN DIEPEN J.TH.M.; JONGBLOED A.W. Effect of graded doses and a high dose of microbial phytase on the digestibility of various minerals in weaner pigs. **Journal of Animal Science**, 84:1169-1175, 2006.
- KORNEGAY, E.T. Digestion of phosohorus and other nutrients: The role of Phytases and factors influencing their activity. In **Enzymes in farm animal nutrition**, BEDFORD, M.R.; PATRIDGE, G.G. Cabi International, p.237-272, 2001.
- KUNRATH, M.A.; KESSLER, A.M.; RIBEIRO, A.M.L.; VIEIRA, M.M. SILVA, G.L.; PEIXOTO, F.D.; Metodologias de avaliação do valor nutricional do farelo de arroz desengordurado para suíno. **Pesquisa Bgropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.10, p.1172-1179, out. 2010.
- LEI, X.G.; KU, P.K.; MILLER, E.R.; YOKOHAMA, M.T.; ULLREY, D.E. Calcium levels affects the efficacy of supplemental microbialphytase in corn-soybean meal diets of weaned pigs. **Journal of Animal Science**, 72:139-143, 1994.

- LEICHTER, J. Effect of dietary lactose on intestinal activity in young rats. **Journal of Nutrition**, v.103, p. 392-396, 1973.
- LÉTOURNEAU-MONTMINY, M. P.; NARCY, A.; MAGNIN, M.; SAUVANT, D.; BERNIER, J. F.; POMAR, C.; JONDREVILLE, C. Effect of reduced dietary calcium concentration and phytase , supplementation on calcium and phosphorus utilization in weanling pigs with modified mineral status. **Journal of Animal Science**, 88:1706-1717, 2010.
- LIMA, M.L.M. **Análise comparativa da efetividade da fibra de volumosos e de subprodutos**. Tese de Doutorado. Unesp/SP, 2003, Piracicaba, 2002, p.121.
- LITTELL, R.C.; HENRY, P.R.; AMMERMAN, C.B. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. **Journal of Animal Science**, 76: 1216-1231, 1998.
- LIU N.; COWIESON, A.J. The effect of phytic acid on the activity of chicken pepsinogen. **Proceedings Of The 1st International Phytase Summit**, Washington DC, p.140-145, 2010.
- LIU, J.; BOLLINGER, J.W.; LEDOUX, D.R.; VEUM, T.L. Lowering the dietary calcium to total phosphorus ratio increases phosphorus utilization in low-phosphorus corn-soybean meal diets supplemented with microbial phytase for growing-finishing pigs. 76:808-813. **Journal of Animal Science**, 1998.
- LIU, N., RU, Y.J., LI, F.D. and COWIESON, A.J. Effect of diet containing phytate and phytase on the activity and messenger ribonucleic acid expression of carbohydrase and transporter in chickens. **Journal of Animal Science** 86: 3432-3439, 2008.
- LIZARDO, R.; TORRALLARDONA, D.; BRUFAU, J. Zinc oxide in phytase-low phosphorus diets impairs performance of weanling pigs. **55nd Annual Meeting of EAAP**. Bled, 5-8 September, Commission of Pig Production - session, p.4-9, 2004
- LOPES, I.R.V.; FREITAS, E.R.; LIMA, J.R.; VIANA NETO, J.L.; BEZERRA, R.M.; LIMA, R.C. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo farelo de coco tratado ou não com antioxidante. **Revista brasileira de Zootecnia**, v.40, n.11, p.2431-2438, 2011.
- LUCHESE, F.C.; CECIM, M.; SOARES, M. Avaliação de óleos essenciais de orégano e alecrim na prevenção da diarreia neonatal em leitões. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.78, n.1, p.17-2
- LUDKE, M.C.M.M.; LUDKE, J.V.; NICOLAIEWSKY, S. Utilização da Fitase em Dietas com ou sem Farelo de Arroz Desengordurado para Suínos em Crescimento/Terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.2002-2010, 2002.
- LUDKE, M.C.M.M.; LÓPEZ, J.; LUDKE, J.V.; Fitase em dietas para suínos em crescimento: (i) impacto ambiental. **Ciencia Rural Brasileira**, vol.32 no.1 Santa Maria Jan./Feb. 2002

- MAENZ, D.D. Enzymatic Characteristics of Phytases as they Relate to Their Use in Animal Feeds, In: **Enzymes in farm animal nutrition**, BEDFORD, M.R.; PATRIDGE, G.G. Cabi International, p.237-272, 2001.
- MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, vol.80, N7, 1997.
- METZLER, B.U.; MOSENTHIN, R. A Review of Interactions between Dietary Fiber and the Gastrointestinal Microbiota and Their Consequences on Intestinal Phosphorus Metabolism in Growing Pigs. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, Vol. 21, No. 4 : 603 – 615 April 2008
- MOLINO, J.P.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; FERREIRA, A.S.; MORAES, C.A.; HAESE, D.; SARAIVA, A.; OLIVEIRA, J.P. Lactose levels in diets for piglets weaned at 21 days of age. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.6, p.1233-1241, 2011.
- MOLINO, J.P.; SOARES, R.T.R.N.; COUTO, H.P. Estudo Bibliométrico em Nutrição de Suínos. In: XVI Congresso ABRAVES, 2013, Cuiabá, MT. **Anais do XVI Congresso Abraves**, 2013.
- MORAN, E. Absorptive surface, mucin and phytin in: **Proceedings Of The 1st International Phytase Summit**, Washington DC, p.91-99, 2010.
- MOREIRA, I. et al. Avaliação nutricional da casca de soja com ou sem complexo enzimático na alimentação de leitões na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2009, vol.38, n.12 [citado 2011-09-19], pp. 2408-2416
- MORGAN, N.K.; WALK, C.L.; BEDFORD, M.R.; BURTON, E.J. The effect of dietary calcium inclusion on broiler gastrointestinal pH: Quantification and method optimization. **Poultry Science** 93:354-363, 2014.
- NOBLET, J.; PEREZ, J.M. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pigs diets from chemical analysis. **Journal of Animal Science**, v.71, 3389-3398, 1993.
- OBERLEAS, D.; HARLAND, B.F.. Strengths and weaknesses of current phytate analytical methods in: **Proceedings Of The 1st International Phytase Summit**, Washington DC, p.7-13, 2010.
- OMOGBENIGUN, F. O., C. M. NYACHOTI, AND B. A. SLOMINSKI. 2004. Dietary supplementation with multi-enzyme preparations improves nutrient utilization and growth performance in weaned pigs. **Journal Animal Science**, 82:1053–1061.
- PALLAUF, J.; RIMBACH, G. Recent results on phytic acid and phytase. **Proceedings of 5th Forum Animal Nutrition**. May 4–5. BASF, p. 43, 1995.
- PAUCAR-MENACHO, L.M. SILVA, L.H.; SANT'ANA, A.S.; L.A.G. GONÇALVES. Refino de óleo de farelo de arroz (*Oryza sativa* L.) em condições brandas para preservação do \bar{U} -orizanol. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 27(supl.): 45-53, ago. 2007.

- PEKAS, J.C. Versatile Swine Laboratory Apparatus for Physiologic and Metabolic Studies, **Journal of Animal Science**, 27:1303-1306., 1968.
- PEREIRA, R. et al . Eficiência de uma fitase bacteriana na liberação de fósforo fítico em dietas de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 64, n. 1, Feb. 2012 .
- PEREZ-MENDOZA, V.G. Effects of distillers dried grains with solubles and dietary fiber on the intestinal health of young pigs and chicks **Tese de Doutorado**: University of Illinois at Urbana-Champaign, 2010.
- PIERCE, J.; STEVENSON Z. Nutrition and gut microbiology. In: TAYLOR-PICKARD, J.A.& SPRING, P. **Gut efficiency; The key ingrediente in poultry and pig production: Elevating the animal performance and health**. Wageningen Academic Publish, The Netherlands, 2008.
- PIERCE, K.M.; SWEENEY, T.; BROPHY, P.O. et al. The effect of lactose and inulin on intestinal morphology, selected microbial populations and volatile fatty acid concentrations in the gastro-intestinal tract of the weanling pig. **Animal Science**, v.82, n.3, p.311-318, 2006.
- PIERZYNOWSKI, S.G.; WESTRÖM, B.R. ; ERLANSON-ALBERTSSON, C. et al. Induction of exocrine pancreas maturation at weaning in young developing pigs. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, v.16, p.287-293, 1993.
- PIRGOZLIEV, V. BEDFORD, M. R., ODUGUWA, O.; ACAMOVIC, T.; ALLYMEHR, M. The effect of supplementary bacterial phytase on dietary metabolisable energy, nutrient retention and endogenous losses in precision fed broiler chickens. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** 96 (2012) 52–57, 2011.
- PIRGOZLIEV, V.; ODUGUWA, O.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M.R. Diets Containing *Escherichia coli*-Derived Phytase on Young Chickens and Turkeys: Effects on Performance, Metabolizable Energy, Endogenous Secretions, and Intestinal Morphology. **Poultry Science**, 86:705–713, 2007.
- PIRGOZLIEV, V; ODUGUWA, O.; ACAMOVIC, T.;BEDFORD, M. Effects of dietary phytase on performance and nutrient metabolism in chickens. **British Poultry Science** 49, 02 144-154, 2009.
- PLAYNE, M.J. Determination of ethanol, volatile fatty acids, lactic acid, and succine acids in fermentation liquids by gás chromatography. **Journal of Science and Food Agriculture**, 36:638, 1985.
- POND W.G.; VAREL, V.H.; DICKSON, J.S.; I-LASCHEK, W.M. Comparative response of swine and rats to high-fiber or high-protein diets. **Journal Animal Science**, 1989. 67:716-723.
- PUIMAN, P.J.; JENSEN,M.; STOLL, B.; RENES, I.B.; BRUIJN, A.C.J.M.; DORST, K.; SCHIERBEEK, H.; SCIMIDT, M.; BOEHM, G.; BURRIN, D.; SANGILD, P.T.; Van GOUDOEVERS, J.B. Intestinal Threonine Utilization

- for Protein and Mucin Synthesis Is Decreased in Formula-Fed Preterm Pigs. **Journal of Nutrition**, 141: 1306–1311, 2011.
- QIAN, H.; KORNEGAY, E.T.; CONNER, JR., D.E. Adverse effects of wide calcium:phosphorus ratios on supplemental phytase efficacy for weanling pigs fed two dietary phosphorus levels. **Journal of Animal Science**, 74:1288-1297, 1996.
- RAVINDRAN, R. ADEOLA, O. What is the future of phytase and where do we go next. **Proceedings Of The 1st International Phytase Summit**, Washington DC, p.146-167, 2010.
- RIBEIRO, A.M.L.; HENN, J.D.; SILVA, GL. Alimentos alternativos para suínos em crescimento e terminação. **Acta Scientiae Veterinariae**. 38(Supl 1): s61-s71, 2010.
- ROBLES, A. EWAN, R.C. Utilization of Energy of Rice and Rice Bran by Young Pigs. **Journal of Animal Science**, 55:572-577, 1982.
- RODRIGUES, P.B. FREITAS, R.T.F.; FIALHO, E.T.; SILVA, H.O.; GONÇALVES, T.M. Digestibilidade dos nutrientes e desempenho de suínos em crescimento e terminação alimentados com rações à base de milho e sorgo suplementadas com enzimas, **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.2, p.91-100, 2002.
- ROOPESH, K.; RAMACHANDRAN, S.; NAMPOOTHIRI, K.M.; SOCCOL, C.R.; PANDEY, A. Phytase. In: PANDEY, A.; WEBB, W.; SOCCOL, C.R.; LAROCHE, C. **Enzyme Technology**. Springer Science, New York, 2006.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011, 252p.
- RUIZ, J.H.A. **Uso de altas doses de fitase para melhor aproveitamento da ração** Disponível em: <http://www.porkworld.com.br/artigos/post/uso-de-altas-doses-de-fitase-para-melhor-aproveitamento-da-racao>. Publicado em 16.09.11, Acessado em: 01/10/2012.
- RUIZ, U.S.; THOMAZ, M.C.; HANNAS, M.I. et al. Complexo enzimático para suínos: digestão, metabolismo, desempenho e impacto ambiental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.458 - 468, 2008.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de Pesquisa em nutrição de Monogástricos**. Jaboticabal, SP, Funep, 2007, 283p.
- SALLES, M.S.V.; LUCCI, C.S. Monensina para bezerros ruminantes em crescimento acelerado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p.573-581, 2000.
- SANTORO, K.R.; BARBOSA, S.B.P.. Influência da estrutura da matriz de covariâncias na classificação de reprodutores caprinos. **Archivos de Zootecnia** [online]., vol.59, n.227, 2010.
- SANTOS, T.T.; Utilização de fitases na suinocultura. Disponível em: Engormix, Artigo técnico, <http://pt.engormix.com/MA-suinocultura/nutricao/artigos/fit>

[ase-suinos-t153/141-p0.htm](#). Publicado em 11/05/2009. Acesso em 23/11/2012.

- SARAIVA, A.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; ABREU, M.L.T.; OLIVEIRA, F.C.; HAESE, D. Níveis de fósforo disponível em rações para suínos de alto potencial genético para deposição de carne dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2009, vol.38, n.7, p.1279-1285.
- SELLE, P.H.; COWIESON, A.J. The negative impact of phytate on protein utilisation. **Proceedings Of The 1st International Phytase Summit, Washington DC**, p.100-104, 2010.
- SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V. Microbial phytase in poultry nutrition. **Animal Feed Science and Technology** 135, 1–41, 2007.
- SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V.; COWIESON, A.J.; BEDFORD, M.R. Phytate and Phytase. In: BEDFORD, M.R.; PATRIDGE, G. **Enzymes in farm animal nutrition**. CAB International, 2^a edition, 2010.
- SHEPPY, C. The current feed enzyme market and likely trends. In: **Enzymes in Farm Animal Nutrition**. M. R. Bedford and G. G. Patridge, ed. CABI Publishing, New York, p.145–160, 2001.
- SHRIVER, J. A., S. D. CARTER, A. L. SUTTON, B. T. RICHERT, B. W. SENNE, AND L. A. PETTEY. Effects of adding fiber sources to reduced-crude protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen excretion, growth performance, and carcass traits of finishing pigs. **Journal of Animal Science**. 81:492–50, 2003.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3^a edição, Viçosa/UFV, 2002, 235p.
- SIMON, O.; IGBASAN, F. In vitro properties of phytases from various microbial origins. **International Journal of Food Science and Technology**. 37, 813–822 813, 2002.
- STAHLMAN, M.; MCCANN, L.M.J. Technology characteristics, choice architecture, and farmer knowledge: the case of phytase. **Agriculture Hum Values**, 29:371–379, 2012.
- TAN, S.H.; THOMAS, D.V.; CAMDEN, B.J.; KADIN, I.T.; MOREL, P.C.H.; PLUSKE, J.R. Improving the nutritive value of full-fat rice bran for broiler chickens using a lipase-based enzyme preparation. **Asian-Australian Journal of Animal Science**. Vol 13, No. 3 : 360-368), 2000.
- TEIXEIRA, A.O.; LOPES, D.C.; FERREIRA, V.P.A. et al. Utilização de enzimas exógenas em dietas com diferentes fontes e níveis de proteína para leitões na fase de creche. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.900-906, 2005.
- TOPLIS, P.; WELLOCK, I. The British experience of Quantum superdosing in commercial piglet starter feeds. in: **Proceedings Of The 1st International Phytase Summit**, Washington DC, p.184-188, 2010.

- TRINDADE NETO, M.A.; PETELINCAR, I.M.; BERTO, D.A. Resíduo de polpas de frutas desidratadas na alimentação de leitões na fase de creche. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1254-1262, 2004.
- TRUGILHO, P.F. LIMA, J.T.; MORI, F.A. Correlação canônica das características químicas e físicas da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, v.9, n.1, p.066-080, 2003
- URBANO, G.; LÓPEZ-JURADO, M.; ARANDA, P.; VIDAL-VALVERDE, C.; TENÓRIO, E.; PORRES, J. The role of phytic acid in legumes: antinutrient or beneficial function? **Journal of Physiology and Biochemistry**, 56 (3), 283-294, 2000.
- VICENTE, B.; VALENCIA, D.G.; PÉREZ-SERRANO, M. LÁZARO, R.; MATEOS, G. G. The effects of feeding rice in substitution of corn and the degree of starch gelatinization of rice on the digestibility of dietary components and productive performance of young pigs. **Journal of Animal Science** j.86:119-126. 2008.
- WALK, C.L.; BEDFORD, M.R.; MCELROOY, A.P. Intestinal pH, protein Digestibility and quantum phytase in broilers. in: **Proceedings Of The 1st International Phytase Summit**, Washington DC, p.7-13, 2010.
- WALK, C.L.; BEDFORD, M.R.; SANTOS, T.S.; PAIVA, D.; BRADLEY, J.R.; WLADECKI, H.; HONAKER, C.; MCELROYA.P. Extra-phosphoric effects of superdoses of a novel microbial phytase. **Poultry science**, v. 92, n. 3, p. 719-725, 2013.
- WILLIAMS, B.A.; VERSTEGEN, M.W.A.; TAMMINGA, S. Fermentation in the large intestine and its relationship to animal health. **Nutrition Research Review**, v.14, n.2, p.207-228, 2001.
- WOYENGO, T.A.; NYACHOTI, C.M. Phytic acid as an anti-nutritional factor in diets for pigs and poultry. **Proceedings Of The 1st International Phytase Summit**, Washington DC, p.146-167, 2010.
- WU, G.; BRYANT, M.M.; VOITTE, R.A. et al. Effects of β -mannanase in corn-soy diets on commercial leghorns in second-cycle hens. **Poultry Science**, v.84, p.894-897, 2005.
- YU, S.; COWIESON, A.; GILBERT, C.; PLUMSTEAD, P. DALSGAARD, S. Interactions of phytate and myo-inositol phosphate esters (IP₁₋₅) including IP₅ isomers with dietary protein and iron and inhibition of pepsin. **Journal of Animal Science**, June vol. 90 no. 6 1824-1832, 2012.
- ZAKI, M.I.; HELAL, A.M.; FARRAG, F.H.; KHALIL, F.F.M.; RAFAEY, M.M.A. Impact of different levels of dietary myo-inositol on the growth performance, histological structure of gonads and liver of red tilapia reared in brackish water. **African Journal of Biotechnology**, Vol. 9(30), pp. 4808-4817, 26 July, 2010.
- ZANI, A. Indústria de rações cresceu mais de 5% em 2010, Setor de Alimentação Animal, Boletim Informativo do Setor. **Sindirações**, São Paulo, SP, março, 2011.

- ZIJLSTRA, R.T.; LI, S.; OWUSU-ASIEDU, A.; SIMMINS, P.H.; PATIENCE, J.F. Effect of carbohydrase supplementation of wheat- and canola-meal-based diets on growth performance and nutrient digestibility in group-housed weaned pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, 84: 689–69, 2004.
- ZOIOPOULOS, P.P. **Effects of feeding high fibre feeds to pigs**. Feedstuffs Control Laboratory Ministry of Agriculture – Greece, Disponivel em: <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/s20/CI010923.pdf>.

ANEXO I

REGISTRO DA TEMPERATURA E ÍNDICE BIOCLIMÁTICO

Os valores de ITGU registrados durante todo o período experimental nas seis repetições (Tabela 18) encontram-se dentro da faixa de temperatura que caracteriza “zona de conforto térmico” para suínos, de acordo com os relatos de Campos *et al.* (2008).

Tabela 18 – Índice de Temperatura, Globo Negro e Umidade (ITGU) registrados às 7:00h, 12:30h e 17:30h nas seis repetições

Hora	Blocos / Repetições					
	1	2	3	4	5	6
07:00	69,08	69,89	66,75	67,28	69,56	73,44
12:30	75,29	78,11	75,60	75,71	75,40	80,39
17:00	75,29	74,51	73,79	72,22	73,65	78,40

O delineamento foi distribuído em blocos no tempo, e cada repetição teve período experimental de 28 dias.

As temperaturas máxima e mínima (Tabela 19), registradas todos os dias às 7:00 horas estão apresentadas na tabela 15

Tabela 19 - Médias das temperaturas máxima e mínima registradas diariamente às 7:00 horas.

Blocos/ repetições	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)
1	27,6	18,7
2	30,5	19,8
3	27,6	17,0
4	27,4	16,8
5	28,5	18,4
6	32,1	21,3

O delineamento foi distribuído em blocos no tempo, e cada repetição teve período experimental de 28 dias.

ANEXO II

AS ESTRUTURAS DE VARIÂNCIA E CO-VARIÂNCIA

Os recursos computacionais atuais permitem a análise estatística dos resultados experimentais pela metodologia dos modelos lineares mistos, em detrimento dos modelos aleatórios, de forma segura (Camarinha Filho, 2002). As análises executadas por meio do *proced mixed* do programa computacional estatístico SAS permitiram identificar, para cada parâmetro avaliado, qual a estrutura de covariância que melhor se adequou à distribuição dos dados (Tabela 20), fazendo valer, para tanto, o critério de Akaike de verossimilhança. As estruturas de covariância testadas, quando os dados se apresentavam de forma homogênea, foram Componente de Variância (VC), Simétrica Composta (CS), Autorregressiva de primeira ordem (AR(1) e Não-estruturada (UN). Os agrupamentos dos fatores também foram testados para os dados heterogêneos, que foram as interações duplas (FAIxSSF; SSFxEM.Pd; FAIxEM.Pd) e a interação tripla (FAIxSSFxEM.Pd). A seleção do melhor modelo pela maior verossimilhança, numa fase anterior à análise de variância dos dados coletados propriamente dita é recomendado por *Littel et al.* (1998), para aumento da validade e eficiência da análise estatística.

A pressuposição de que a matriz de covariâncias possua, por exemplo, estrutura CS, quando outro tipo seria mais plausível, poderia conduzir a aceitação de inverdades ou erros de estimação e predição de valores futuros. Além disso, a não observação das possíveis estruturas conduz para a utilização da estrutura VC, mais simples que a CS, por considerar as covariâncias como nulas e todas variâncias tendo o mesmo valor (Santoro & Barbosa, 2010).

Tabela 20 – Estruturas de covariância utilizadas para análise dos parâmetros avaliados, adotando o critério de AKAIKE para seleção de modelos.

Parâmetro	Estruturas de Co-variância ¹	Wr
Análises univariadas do desempenho		
GPD	CS	0,561
CRD	UM	0,951
Eficiência alimentar	VC	0,599
Variáveis canônicas de desempenho		
Z bruta	CS	0,588
Z padronizada	CS	0,539
pH	UN	1,000
Análises bioquímicas do sangue (univariada)		
Z bruta	Diagonal (FAIxSSF)	0,593
Z padronizada	Diagonal (FAIxSSF)	0,975
Peso relativo dos órgãos (univariada)		
Pvivo	VC	0,703
Carcaça	Diagonal (FAIxSSFxEM.Pd)	0,999
Órgãos	Diagonal (FAIxSSFxEM.Pd)	0,999
Fígado	VC	1,000
Rins	VC	1,000
Baço	VC	1,000
Pâncreas	VC	0,232
Intestino delgado	Diagonal (FAIxSSFxEM.Pd)	1,000
Intestino grosso	VC	1,221
Ceco	VC	2,225
Comprimento dos intestinos (univariada)		
Intestino delgado	VC	0,704
Intestino grosso	VC	0,695

¹VC = componentes de variância; CS = Simétrica composta; UN = não-estruturada; AR(1) = autoregressiva de primeira ordem; Diagonal = grupos