

**FITASE EM RAÇÕES PARA SUÍNOS EM
CRESCIMENTO: DIGESTIBILIDADE
TOTAL, ILEAL E DESEMPENHO**

HUNALDO OLIVEIRA SILVA

2003

HUNALDO OLIVEIRA SILVA

**FITASE EM RAÇÕES PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO:
DIGESTIBILIDADE TOTAL, ILEAL E DESEMPENHO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como exigência do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Elias Tadeu Fialho

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2003**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Silva, Hunaldo Oliveira

Fitase em rações para suínos em crescimento: Digestibilidade total, ileal e desempenho / Hunaldo Oliveira Silva. -- Lavras : UFLA, 2003.

198p. : il.

Orientador: Elias Tadeu Fialho.

Dissertação (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Aminoácidos. 2. Digestibilidade. 3. Fitase. 4. Minerais. 5. Suínos.
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.4085

HUNALDO OLIVEIRA SILVA

**FITASE EM RAÇÕES PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO:
DIGESTIBILIDADE TOTAL, ILEAL E DESEMPENHO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como exigência do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 30 de Abril de 2003.

Profa. Priscila Vieira Rosa Logato – DZO/UFLA

Prof. José Augusto de Freitas Lima – DZO/UFLA

Prof. Dalton de Oliveira Fontes – DZO/EV/UFMG

Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – DZO/UFLA

**Prof. Elias Tadeu Fialho
(Orientador)**

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

Aos meus pais, Felix e Helia;

À minha esposa Ana Lúcia;

Aos meus filhos André Luís e Lucas;

A todos familiares e amigos.

DEDICO ESTE TRABALHO

AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre iluminar o meu caminho.

À Escola Agrotécnica Federal de São Cristóvão (SE) pela concessão da liberação para a realização deste treinamento.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade concedida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Professor Elias Tadeu Fialho pela amizade, orientação, confiança e garantia de infra-estrutura para a realização do trabalho.

À BASF pela doação das enzimas para realização deste trabalho.

Aos professores José Augusto de Freitas Lima, Priscila Vieira Rosa Logato, Rilke Tadeu Fonseca de Freitas e Dalton de Oliveira Fontes pela amizade, críticas e sugestões valiosas.

Ao Professor Leonardo Augusto Lopes Muzzi, do DMV/UFLA, pela realização da cirurgia de implantação das cânulas nos animais.

Ao Professor Raimundo Vicente de Sousa, do DMV/UFLA, pela amizade e sugestões valiosas.

Ao Prof. Ricardo Alves da Fonseca da UNICENTRO/PR pela amizade e incentivo.

Aos estudantes de graduação Vinícius de Souza Cantarelli, José Vieira Neto, Daniela Oliveira Carneiro, Érika da Rocha e Leandro Batista por todo o auxílio prestado em todas as fases de execução do trabalho.

Ao colega de Doutorado Leonardo Bôscoli Lara pelo auxílio nas análises dos aminoácidos.

Aos funcionários do Setor de suinocultura do DZO-UFLA, Hélio Rodrigues e Marcelo Silva, pelo grande apoio na fase de experimentação de campo.

A todos os colegas do curso de Pós-graduação em Zootecnia do DZO-UFLA.

Aos técnicos do DZO-UFLA, José Geraldo Vilas Boas, Márcio Nogueira, Gilberto Alves, José Virgílio, Eliana Santos, Keila Oliveira, Carlos Henrique e Pedro Adão, pelo apoio no que foi necessário.

Em especial à minha esposa Ana Lúcia Resende Feitosa Silva e aos meus filhos André Luís e Lucas por todo apoio, estímulo e compreensão acima de tudo, sem os quais nada teria sido possível.

A todos que ajudaram, direta ou indiretamente, para que se concluísse esse trabalho.

Os mais sinceros agradecimentos!

BIOGRAFIA

Hunaldo Oliveira Silva, filho de Felix Moura da Silva e Helia de Oliveira Silva, nasceu na cidade de Propriá - SE em 14 de abril de 1957. Diplomou-se em Medicina Veterinária em agosto de 1980 pela Universidade Federal Rural de Pernambuco e licenciou-se em Ciências Agrícolas em fevereiro de 1984 pela mesma Universidade.

Foi contratado pela Escola Agrotécnica Federal de São Cristóvão - SE em maio de 1983, onde exerce a função de Professor de Zootecnia (suinocultura) até a presente data. Em julho de 1996 concluiu o curso de Pós-graduação em Teoria e Prática Pedagógica do Ensino Tecnológico, promovido pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET). Em abril de 1998 concluiu o curso de Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba. Em maio de 1999 ingressou no curso de Doutorado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição Animal – Monogástricos na Universidade Federal de Lavras, concluindo-o em maio de 2003.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	iv
CAPÍTULO 1	1
1 INTRODUÇÃO GERAL	2
2 REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1 A molécula de fitato.....	5
2.2 O ácido fítico.....	7
2.3 Fósforo fítico como agente poluidor.....	9
2.4 Fitase.....	9
2.5 Unidade de fitase.....	11
2.6 Fatores que afetam a atividade da fitase.....	12
2.7 Digestibilidade de aminoácidos.....	13
2.8 Expressão da digestibilidade ileal.....	14
2.9 Fatores que afetam a digestibilidade dos aminoácidos.....	15
2.10 Farelo de arroz.....	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
CAPÍTULO 2: EFEITO DA FITASE SOBRE A DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES E EXCREÇÃO DE MINERAIS EM SUÍNOS NA FASE DE CRESCIMENTO	28
RESUMO	29
ABSTRACT	30
1 INTRODUÇÃO	32
2 REFERENCIAL TEÓRICO	34
2.1 Complexo fitato/minerais.....	34
2.2 Efeitos da adição de fitase em rações de suínos.....	36
3 MATERIAL E MÉTODOS	40
3.1 Local e período experimental.....	40

3.2 Animais experimentais	40
3.3 Análises laboratoriais.....	40
3.4 Rações experimentais	41
3.5 Enzima utilizada	44
3.6 Metodologia usada na coleta total de fezes e urina	44
3.7 Delineamento experimental e análise estatística	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 Digestibilidade dos nutrientes	47
4.2 Teores de cinzas, cálcio, fósforo nas fezes.....	53
4.3 Teores de zinco, manganês e magnésio nas fezes	58
5 CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
CAPÍTULO 3: INFLUÊNCIA DA FITASE SOBRE A DIGESTIBILIDADE ILEAL APARENTE DA PROTEÍNA, AMINOÁCIDOS E ABSORÇÃO DE MINERAIS EM SUÍNOS NA FASE DE CRESCIMENTO.....	69
RESUMO.....	70
ABSTRACT.....	71
1 INTRODUÇÃO.....	72
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	74
2.1 Complexo fitato/proteína	74
2.2 Fitase e disponibilidade de proteínas e aminoácidos	76
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	81
3.1 Local e período experimental.....	81
3.2 Animais experimentais	81
3.3 Cirurgia para Implantação da Cânula	81
3.4 Descrição da Cânula	83
3.5 Coleta da digesta.....	84
3.6 Rações experimentais e tratamentos	84
3.7 Análises laboratoriais.....	90
3.8 Enzima utilizada	91
3.9 Delineamento experimental e análise estatística	91
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	93

4.1 Coeficiente de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta.....	93
4.2 Digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos.....	96
4.3 Lisina	98
4.4 Metionina	102
4.5 Valina.....	105
4.6 Treonina	108
4.7 Arginina	110
4.8 Absorção de cálcio e fósforo.....	114
5 CONCLUSÕES	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	120
CAPÍTULO 4: EFEITO DA FITASE SOBRE O DESEMPENHO, PARÂMETROS SANGUÍNEOS E TEOR DE MINERAIS NOS OSSOS DE SUÍNOS NA FASE DE CRESCIMENTO.....	128
RESUMO.....	129
ABSTRACT.....	130
1 INTRODUÇÃO.....	131
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	133
2.1 Efeito da fitase sobre a mineralização óssea	133
2.2 Teor de uréia no plasma	134
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	136
3.1 Local	136
3.2 Animais experimentais	136
3.3 Rações experimentais	136
3.4 Enzima utilizada	139
3.5 Instalações e manejo	139
3.6 Análises laboratoriais.....	140
3.7 Delineamento experimental e análise estatística	141
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	143
4.1 Ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e teor de uréia no plasma.....	143
4.2 Teores de cinzas, cálcio e fósforo no osso metacarpo	148
4.3 Teores de zinco, manganês e magnésio no osso metacarpo.....	153
5 CONCLUSÕES	157

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	158
ANEXOS.....	165

RESUMO

Silva, Hinaldo Oliveira. **Fitase em rações para suínos em crescimento: Digestibilidade total, ileal e desempenho.** Lavras: UFLA, 2003. 198p.(Tese-Doutorado).¹

Três experimentos foram conduzidos no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras- UFLA, em Lavras-MG, Brasil. O experimento I foi um ensaio de metabolismo com objetivo de verificar o efeito de quatro níveis de fitase sobre a digestibilidade total dos nutrientes, energia e excreção de minerais. Foram utilizados 12 suínos na fase de crescimento ($30 \pm 4,1$ kg/PV), mestiços (LD x LW), machos castrados, alojados individualmente em gaiolas de metabolismo e distribuídos em blocos casualizados. Os tratamentos consistiram de uma ração de crescimento à base de milho, farelo de soja e farelo de arroz desengordurado (FAD), suplementada com quatro níveis de fitase (0, 400, 800 e 1200 FTU/kg). A ração foi formulada de acordo com Rostagno et al. (2000), exceto para cálcio e fósforo disponível cujos níveis foram 0,64 e 0,23 %, respectivamente. A enzima fitase utilizada foi a Natuphos 5000 e a metodologia empregada foi a da coleta total de fezes e urina e o óxido férrico foi utilizado como marcador fecal. A utilização de fitase melhorou os valores de digestibilidade dos nutrientes e diminuiu a excreção de nitrogênio, mas não afetou os valores energéticos das rações. Os níveis de 860 e 880 FTU/kg de proporcionaram os menores teores de nitrogênio nas fezes e na urina, respectivamente. A fitase reduziu de forma linear a excreção fecal de manganês e de forma quadrática excreção fecal de cálcio e fósforo, mas não afetou a excreção de zinco e magnésio nas fezes dos suínos. Os níveis de 775 e 850 FTU/kg de fitase proporcionaram as menores taxas de excreção de cálcio e fósforo, respectivamente. Conclui-se que a suplementação com fitase em rações para suínos em crescimento melhorou a digestibilidade dos nutrientes e diminuiu a excreção de minerais nas fezes, contribuindo para a redução do impacto ambiental provocado pelos dejetos dos suínos. O experimento II teve como objetivo verificar o efeito dos níveis de fitase sobre a digestibilidade ileal aparente da proteína, aminoácidos e absorção de minerais em rações de suínos. Os tratamentos consistiram de quatro rações, T1- milho+f.soja+FAD; T2- milho+f. de soja; T3- f. de soja+FAD e T4 - F. de soja, suplementadas com

¹ Comitê Orientador: Prof. Elias Tadeu Fialho - UFLA (Orientador); Profª. Priscila Vieira Rosa Logato - UFLA; Prof. José Augusto de Freitas Lima - UFLA; Prof. Dalton de Oliveira Fontes – UFMG; Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA.

quatro níveis de fitase (0, 400, 800 e 1200 FTU/kg). Foram utilizados oito suínos canulados com cânula T simples, distribuídos em um Delineamento em Quadrado Latino (DQL) 4 x 4. Foi adicionado 0,25% de óxido crômico em todas as rações como indicador de digestibilidade. A suplementação com níveis de fitase melhorou o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta das rações, tendo o nível de 483 FTU/kg de fitase proporcionado a melhor digestibilidade. A fitase melhorou o coeficiente de digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos das rações. Os níveis situados entre 440 e 900 FTU/kg de fitase foram os que proporcionaram os melhores resultados de digestibilidade ileal. Nas rações formuladas com farelo de arroz desengordurado foram observados os menores valores de digestibilidade ileal dos aminoácidos e menores taxas de absorção ileal de cálcio e fósforo. A utilização da enzima fitase aumentou a absorção ileal de cálcio e fósforo das rações tendo os níveis situados entre 440 e 900 FTU/kg de fitase proporcionado as melhores taxas de absorção. Conclui-se que a suplementação com fitase melhorou o coeficiente de digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos essenciais e melhora a taxa de absorção de cálcio e fósforo em rações para suínos em crescimento. O experimento III teve como objetivo verificar o efeito da fitase sobre o desempenho, mineralização óssea e teor de uréia no plasma de suínos em crescimento. Foram utilizados 80 suínos em fase de crescimento ($30 \pm 3,1$ kg/PV), mestiços (LD x LW) machos e fêmeas, distribuídos em um delineamento em blocos casualizados (DBC), quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram de uma ração de crescimento à base de milho, farelo de soja e farelo de arroz desengordurado (FAD), suplementada com quatro níveis de fitase (0, 400, 800 e 1200 FTU/kg). A ração foi formulada de acordo com Rostagno et al. (2000), exceto para cálcio e fósforo disponível cujos níveis foram 0,64 e 0,23 %, respectivamente. A enzima fitase utilizada foi a Natuphos 5000. Durante o período experimental, a cada oito dias foi coletado sangue de dois animais por bloco, através de uma punção no *sinus orbital*. Ao final de cada bloco, dois animais foram abatidos para coleta do osso metacarpo. A suplementação com a enzima fitase até o nível de 1200 FTU/kg para suínos em crescimento melhorou de forma linear a conversão alimentar, e o teor de cálcio e fósforo no osso. Os níveis de fitase proporcionaram um efeito quadrático sobre a uréia plasmática, sendo o nível de 750 FTU/kg o que proporcionou o menor teor de uréia no plasma. O teor de zinco e magnésio no osso metacarpo não foi afetado pelos níveis de fitase, mas foi observado um efeito quadrático sobre o teor de manganês no osso metacarpo dos suínos, tendo o nível de 666 FTU/kg proporcionado o maior teor de manganês no osso. Conclui-se que a suplementação com a enzima fitase em rações para suínos em crescimento melhorou a conversão alimentar, diminuiu o teor de uréia no plasma e aumentou os teores de cálcio, fósforo e manganês no osso. Em todos os experimentos realizados, os resultados obtidos indicam que a utilização da enzima fitase em rações para suínos em crescimento pode ser

benéfica para a digestibilidade dos nutrientes, retenção de nitrogênio, digestibilidade ileal dos aminoácidos, desempenho e mineralização óssea, podendo contribuir para a redução do impacto ambiental provocado pelos dejetos dos suínos.

ABSTRACT

Silva, Hunaldo Oliveira. **Phytase growing swine diets: total, ileal digestibility and performance.** Lavras: UFLA, 2003. 198p. (Thesis – Doctorate).¹

Three experiments were conducted in the Swine Production Sector of the Animal Science Department of the Universidade Federal de Lavras - UFLA, in Lavras -MG, Brazil. In the experiment I one metabolism trial was conducted with the objective to determine the effect of four levels of phytase in pigs diets on the total digestibility of nutrients, energy and excretion of minerals in the growing pigs. A total of 12 growing pigs (30 ± 4.1 kg/LW), crossbred (LD x LW) and barrows were housed individually in metabolism cages and allocated in a randomized blocks design. The treatments consisted of a growing diets based in corn, soybean meal and defatted rice bran (DRB) supplemented with four levels of phytase (0, 400, 800 and 1200 FTU/kg). The diet was formulated according to Rostagno et al. (2000), except for available calcium and phosphorus, the levels of which were 0.64 and 0.23%, respectively. The enzyme phytase utilized was Natuphos 5000 and the methodology utilized was a total collection of feces and urine and ferric oxide was utilized as the fecal marker. The use of phytase shown higher digestibility values of nutrients and decreased nitrogen excretion, but it did not affect the energetic values of the diets. The levels of 775 and 850 FTU/kg of phytase shown the lowest rates of calcium and phosphorus excretion, respectively. These results shown that the phytase supplementation in growing pig's diets improved the digestibility of the nutrients and decreased the excretion of minerals in the feces, contributing to the reduction of the environmental impact caused by swine's excrements. In the experiment II was designed to determine the effect of the levels of phytase on the apparent ileal digestibility of protein, amino acids and absorption of minerals in pig's diets. The treatments consisted of four diets, T1- corn + soybean meal +DRB; T2 – corn + meal soybean; T3 – soybean meal +DRB and T4 – soybean meal supplemented with four levels of phytase (0, 400, 800 and 1200 FTU/kg). Eight cannulated pigs with a simple T cannula were utilized. The pigs were allocated to a 4 x 4 Latin Square design (LSD). 0.25% of chromic oxide was added to all diets as an indicator. The supplementation with levels of phytase shown a higher apparent ileal digestibility coefficient of the crude protein of the diets, the level of 483 FTU/kg of phytase shown higher CP digestibility values.

¹ Guidance Committee Elias Tadeu Fialho - UFLA (Advisor); Priscila Vieira Rosa Logato - UFLA; José Augusto de Freitas Lima - UFLA; Dalton de Oliveira Fontes – UFMG; Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA.

Phytase improved also the apparent ileal digestibility coefficient of the amino acids of the diets. The levels between 440 and 900 FTU/Kg of phytase shown the best results on the ileal AA digestibility. The results also shown that diets formulated with defatted rice bran , shown the lowest values of ileal digestibility of AA as well as the lowest ileal absorption rates of calcium and phosphorus. These data shown that phytase supplementation in the range of 440 and 900 FTU\Kg shown to be consistent to improved the apparent ileal AA digestibility coefficient as well as calcium and phosphorus in growing pigs diets. In the experiment III was designed to verify the effect of phytase on performance, bone mineralization and plasma urea content of growing pigs. A total of 80 growing pigs (30 ± 3.1 kg/LW), crossbred (LD x LW) barrows and females were allocated in a randomized block design (RBD), with four treatments and five replications. The treatments consisted of a growing pigs diets based in a corn, soybean meal and defatted rice bran (DRB) supplemented with four levels of phytase (0, 400, 800 and 1200 FTU/Kg). The diets were formulated according to Rostagno et al. (2000) except for available calcium and phosphorus, the levels of which were 0.64% and 0.23%, respectively. The enzyme phytase utilized was Natuphos 5000. Over the experimental period, every eight days, blood of two animals per block was collected, through the puncture in the *sinus orbital*. At the end of each block, two animals were slaughtered for the collection of the metacarpus bone. Supplementation with the enzyme phytase up to the level of 1200 FTU/kg for growing pig's diets shown a linear improved feed conversion and the content of calcium and phosphorus in the bone. The phytase diets supplementation shown a quadratic effect on plasma urea, the level of 755 FTU/kg being the one that shown the lowest plasma urea concentration. The zinc and magnesium content in the metacarpus bone of pigs was not affected by the phytase levels. Therefore the results shown a quadratic effect on the manganese content in the pigs metacarpus bone. The data shown that the level of 666 FTU/kg provided the highest content of manganese in the pig's bone. Accord to the results it was concluded that the supplementation with the enzyme phytase in growing pig's diets should be beneficial since shown improved pig's performance as well as increased the bone mineralization and improve the contents of calcium, phosphorus and manganese in the pig's bone. Over all experiments conducted these results shown that the utilization of the enzyme phytase in the growing pigs diets shown to be beneficial to the nutrient digestibility, nitrogen retention, ileal AA digestibility, pigs performance and bone mineralization as well as contributing to the reduction of the environmental impact caused by pig's excrements.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

A alimentação de suínos e aves baseia-se em ingredientes de origem vegetal, em especial o milho e o farelo de soja. Estes ingredientes apresentam cerca de dois terços do seu teor de fósforo complexado na molécula de ácido fítico, não podendo, portanto, ser utilizados pelos animais monogástricos porque estes não sintetizam a enzima fitase, necessária para hidrolisar este complexo. A molécula de fitato é um composto orgânico de ocorrência natural que pode influenciar as propriedades nutricionais dos alimentos. O seu grupo ortofosfato é altamente ionizado e complexa com uma variedade de cátions e a fração protéica do alimento. Este complexo incluiu o fitato como um fator antinutricional por diminuir, além da disponibilidade dos minerais (Ca, P, Zn, Mn e Mg), também a das proteínas e moléculas de glicose conjugadas. Em muitos países, as recentes restrições ambientais fizeram com que os nutricionistas se voltassem para um cuidadoso manejo da nutrição protéica e mineral para a obtenção de níveis mais baixos de excreção de nitrogênio e minerais sem, contudo, prejudicar o desempenho dos animais.

A ocorrência do fitato como fator antinutricional para os não ruminantes provoca a necessidade de suplementação de fósforo como fonte inorgânica, que em geral é onerosa, além de estar presente nas dietas em quantidades acima das exigências dos animais. Como consequência, o fósforo fítico, por ser de baixa disponibilidade, juntamente com o excesso de fósforo inorgânico adicionado às rações, é eliminado nas fezes dos animais. O excesso desses nutrientes no solo traz sérios problemas para o meio ambiente devido à ocorrência dos processos de eutroficação e nitrificação que provocam uma diminuição da quantidade de oxigênio existente nas águas dos rios e lagos, além de contaminarem o solo e as águas subterrâneas.

A enzima fitase, produzida pelo microorganismo *Aspergillus niger*, tem sido utilizada com sucesso nas rações de suínos e aves para liberar parte do fósforo complexado na forma de fitato e melhorar a digestibilidade da proteína bruta e dos aminoácidos e a absorção de minerais.

A importância de determinar a disponibilidade dos aminoácidos vem se tornando, a cada dia, mais evidente. A análise fecal, aplicada conforme a metodologia clássica, considera a ingestão de alimentos e as fezes produzidas sem levar em conta a fermentação e a síntese de aminoácidos pelos microorganismos do intestino.

Os valores mais adequados com relação à utilização dos nutrientes são obtidos pela digestibilidade ileal, uma vez que a maior parte da absorção dos nutrientes ocorre no intestino delgado e os valores de digestibilidade dos aminoácidos obtidos pelo método de coleta total das fezes são significativamente maiores do que os obtidos pela coleta da digesta ileal.

O arroz é um dos grãos mais produzidos no mundo, sendo utilizado principalmente para consumo humano. Devido ao seu custo de produção ser, em geral, maior que o do milho, apenas os subprodutos de seu beneficiamento são utilizados na alimentação animal. O farelo de arroz desengordurado é um subproduto resultante da extração por solvente da gordura do farelo de arroz integral para produção de óleo comestível. Apesar de conter quantidades significativas de fósforo, na maior parte indisponível, justifica-se avaliar o efeito da fitase em dietas contendo estes alimentos, visando tornar o nitrogênio, o fósforo e outros minerais mais disponíveis para os suínos, com diminuição dos custos e da poluição ambiental.

Diante do exposto, os objetivos do presente estudo foram:

Verificar a influência da adição da enzima fitase sobre a digestibilidade total dos nutrientes, energia e excreção de minerais nos dejetos de suínos em crescimento;

Determinar o efeito da adição da enzima fitase sobre a digestibilidade ileal da proteína, aminoácidos e absorção de minerais em rações à base de milho, farelo de soja e farelo de arroz desengordurado;

Avaliar o efeito dos níveis de fitase sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos e a mineralização óssea de suínos na fase de crescimento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A molécula de fitato

O fitato praticamente não é hidrolisado pelos animais monogástricos devido a essas espécies possuírem a enzima fitase em quantidades muito pequenas no trato intestinal, não conseguindo liberar todo o fósforo das plantas, necessário para ser absorvido. Além do fósforo, o fitato dificulta a utilização ou reduz a retenção de cátions como cálcio, ferro, manganês, magnésio e zinco, causando os efeitos antinutricionais e interferindo na disponibilidade de proteína e energia.

As indústrias de rações têm procurado utilizar fitases exógenas, geneticamente modificadas, industrialmente produzidas por fungos, bactérias e leveduras; a estabilidade e a atividade da fitase sobre o fitato permitem sua utilização nos diversos programas de alimentação.

Uma alta proporção molar de cálcio e fósforo na dieta pode levar à formação de complexos cálcio-fitato altamente insolúveis, fazendo com que a molécula de fitato se torne inacessível à fitase. A aparente inatividade da fitase em rações ricas em cálcio pode ser explicada pela presença desses complexos cálcio - fitato, e não através da inibição direta da enzima pelo íon cálcio (Fitase... 1999).

As plantas, para o seu desenvolvimento normal, retiram nutrientes minerais do solo; na fase de maturação do grão há uma translocação destes elementos para as sementes, entre os quais o fósforo é translocado na forma de hexafosfato de inositol ou ácido fítico. Assim, a maior parte do fósforo nas rações compostas de grãos de cereais encontra-se na forma de fósforo fítico. Os sais de ácido fítico são descritos como fitato, e correspondem a

aproximadamente 2/3 do total presente nas plantas (NRC, 1994; Mcknight, 1996 e Rostagno e Silva, 1998). A quantidade de ácido fítico varia entre as diversas fontes alimentares vegetais; por exemplo, o milho possui 65,6 a 67%; o farelo de soja de 58 a 60,6%; o farelo de arroz, de 81,2 a 86%; e o trigo, de 68,5 a 70,7% (Nelson et al., 1967; Jongbloed et al., 1997).

Fósforo fítico é a designação dada ao fósforo que faz parte da molécula do ácido fítico (Hexafosfato de inositol ou fitato) que é encontrado nos vegetais. A molécula de fitato apresenta alto teor de fósforo (28,2%), com alto potencial de quelação. O ácido fítico pode formar uma ampla variedade de sais insolúveis com cátions di e trivalentes, tais como cálcio, zinco, cobre, cobalto, manganês, ferro e magnésio e influencia negativamente a digestão de proteínas, aminoácidos e energia da ração (Keshavarz, 1999).

Numerosos hexafosfatos de inositol podem ser encontrados na natureza e, dependendo do complexo formado, resultam em uma grande variedade de compostos, freqüentemente chamados de fitatos. Estas substâncias constituem por volta de 1 a 2% do peso de muitos cereais e leguminosas, embora quantidades maiores, como 3 a 6% tenham sido encontradas em alguns produtos como farelo de colza e farelo de algodão (Cheryan, 1980). No arroz, Assada & Kasai (1962) observaram que no estágio inicial do amadurecimento, a maior porção de mioinositol se apresenta no estado livre, mas que no final do amadurecimento está na forma de éster-fosfato, que representa 80% do total do fósforo na planta. No grão de arroz o ácido fítico é encontrado principalmente no pericarpo.

Estudos feitos em sistemas de misturas contendo proteínas, sais e outros componentes e com a adição de ácido fítico são de difícil interpretação devido à habilidade do ácido fítico em interagir fortemente com íons carregados positivamente e grupos funcionais (Cheryan, 1980). Ainda de acordo com este

autor, a solubilidade do ácido fítico é muito diferente na presença ou ausência de proteína. Quando na presença de proteína, sua solubilidade tem um comportamento paralelo ao da proteína, sugerindo uma possível interação entre fitato e proteína. Os dados disponíveis indicam que o complexo fitato-proteína ocorre em presença de um cátion multivalente, segundo a equação: proteína + cátion + ácido fítico = proteína - cátion - ácido fítico.

2.2 O ácido fítico

O ácido fítico ocorre naturalmente em complexos orgânicos de plantas (Sebastian et al., 1997). Constitui a maior parte do fósforo total, por volta de dois terços em ingredientes de origem vegetal (Simons & Versteegh, 1990). Nos grãos está presente fundamentalmente sob a forma de fitatos. Sua função fisiológica na semente do vegetal é servir de estoque de fósforo e outros minerais, além de energia, que são liberados pela ação da fitase endógena à medida que ocorre a germinação (Borges, 1997).

A concentração de fitato varia em função da espécie, idade e estágio de maturação, cultivar, clima, disponibilidade de água, grau de processamento e a quantidade de fósforo no solo, que a planta absorve e armazena, complexando-o com o inositol para formar o ácido fítico (Roberson, 2000).

O ácido fítico é formado por seis grupos fosfato ligados a uma molécula de seis carbonos com baixo peso molecular. A estrutura do ácido fítico que ocorre naturalmente em muitas sementes foi motivo de controvérsia. Com base na estrutura proposta por Anderson (1914), citado por Sebastian et al. (1998), o nome sistemático do ácido fítico é mio-inositol-1-2-3-4-5-6-hexa (dihidrogênio fosfato). Em pH neutro o ácido fítico apresenta um ou dois átomos de oxigênio carregados negativamente; conseqüentemente, vários cátions podem ser forte ou

fracamente quelatados entre dois grupos fosfatos e com um grupo fosfato, respectivamente.

Há nove isômeros possíveis de inositol, um dos quais o mio-inositol é o mais importante na natureza. O hexafosfato de inositol, dependendo do complexo formado, pode originar uma grande variedade de compostos. Os sais de ácido fítico são denominados fitato.

Por um lado, o fitato é reconhecido como nutriente devido ao seu conteúdo de fósforo; por outro lado, é considerado tóxico devido à fixação de vários elementos essenciais, reduzindo a sua disponibilidade (Reddy et al. 1982).

A estrutura do hexafosfato de inositol ($C_6H_{18}O_{24}P_6$) proposta por Anderson (1914) e do ácido fítico quelatado com alguns minerais, proposta por Erdman (1979), citados por Sebastian et al. (1998), bem aceitos atualmente, são mostradas na Figura 1.1.

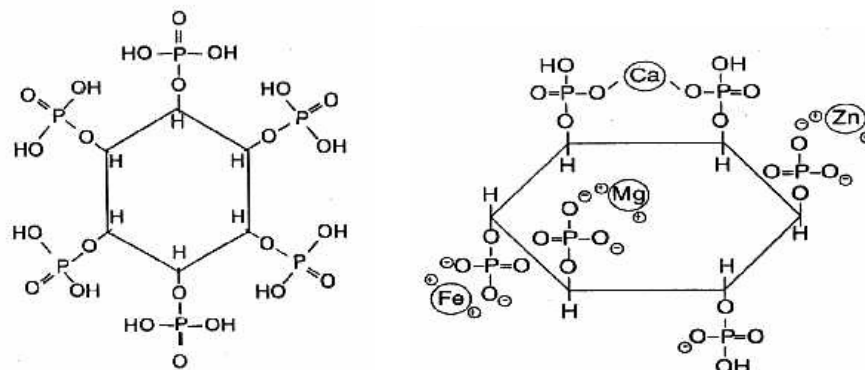


FIGURA 1.1. Estrutura do ácido fítico proposta por Anderson (1914) e do ácido fítico quelatado com Zn, Ca, Fe e Mg proposta por Erdman (1979).

2.3 Fósforo fítico como agente poluidor

O fósforo de fontes vegetais é pouco utilizado por animais não ruminantes. Desta maneira, as fezes excretadas por aves e suínos contêm altos teores de fósforo fítico. Segundo Cromwell & Coffey (1991), nos Estados Unidos da América, cerca de 13,4 milhões de toneladas de fezes são excretadas pelos suínos anualmente, representando por volta de 12% do total; as aves contribuem com 6,8 milhões de toneladas, o que representa em torno de 6,1% do total. Aves e suínos somados são responsáveis por 18% do total de excrementos, e como estes resíduos possuem, em média, 1,55% de fósforo, o total deste elemento excretado por aves e suínos anualmente é de 320 mil toneladas, correspondendo a 1/3 de todo o fósforo excretado pelas várias espécies de exploração doméstica. Grande parte destes resíduos é utilizado na adubação de plantações em geral. A lixiviação do fósforo a partir de excretas para a água de superfície e lençóis freáticos é um grave problema de poluição ambiental, por isso um número crescente de países implantou medidas legislativas exigindo o manejo dos excrementos. A adição de fitase microbiana em rações de suínos reduz a excreção de fósforo nas fezes de 20 a 50% (Fitase...1999), além de diminuir a quantidade de nitrogênio devido ao melhor aproveitamento das proteínas (Ravindran et al., 1999).

2.4 Fitase

É uma enzima normalmente encontrada em grande quantidade na natureza (sementes de plantas, fungos, bactérias, leveduras e microorganismos do rúmen), quando incubada com fitato de sódio (substrato sintético), hidrolisa o fósforo do fitato presente nos grãos de cereais, liberando fósforo inorgânico.

A presença e a atividade da fitase variam dentro de uma mesma ordem botânica e espécie, podendo esta perder atividade em pH ácido ou pelo processamento (Sauvers, 1990, citado por Borges, 1997). A atividade da fitase pode variar nos diferentes grãos de cereais; por exemplo, aveia, cevada trigo e centeio possuem maior atividade quando comparadas ao milho e sorgo (Mollgaard 1946, citado por Nelson et al, 1968).

Segundo Warden & Schaible (1962), Maddaiah et al. (1964) e Bitar & Reinhold (1972), citados por Vieira (1999), o fitato pode ser degradado pela ação de fitases presentes nos ingredientes, sintetizadas nas microvilosidades intestinais ou originadas de uma bactéria resistente, mas existem controvérsias quanto à possibilidade da presença de atividade de fitase na secreção intestinal e/ou de bactérias intestinais. Alimentos como trigo, cevada, farelo de trigo e arroz são ricos em atividade de fitase; entretanto, milho e farelo de soja, ingredientes mais utilizados na fabricação de rações, contêm pouca ou nenhuma atividade (Selle, 1997).

A mio-inositol hexafosfato fosfohidrolase (EC3.1.3.8), nome sistemático da fitase, é uma enzima que hidrolisa o fitato do inositol removendo o ortofosfato inorgânico.

A fitase é produzida por muitos fungos, bactérias e leveduras e catalisa a clivagem hidrolítica dos ésteres de ácido fosfórico do inositol, liberando fósforo, que pode então ser absorvido. Assim, outros minerais e aminoácidos que estão ligados também podem tornar-se disponíveis para absorção. Em escala comercial, a fitase é produzida por microorganismos, principalmente fungos do gênero *Aspergillus* (*Aspergillus niger* e *Aspergillus ficuum*), por intermédio de técnicas de recombinação de DNA (Inbarr et al. 1991 e Vanbelle 1992; citados por Borges, 1997).

Segundo esses autores, os passos para o desenvolvimento de uma enzima consistem em selecionar a enzima, o organismo produtor e o melhoramento das cepas, assegurando uma estabilidade apropriada no processo de fabricação e compatibilidade com outras enzimas e substâncias químicas presentes no alimento e/ou animal.

A fitase presente no trato digestivo dos animais pode ser originada de diferentes fontes, como: fitase das secreções do intestino, fitase produzida por microorganismos residentes no trato digestivo, fitase endógena presente no alimento e fitase exógena produzida por microorganismos. Nos animais, há controvérsia quanto à capacidade de produção da fitase endógena; alguns trabalhos afirmam que as aves possuem pequena capacidade para produzir fitase, já outros não a confirmam. Os dados disponíveis sugerem que a presença de fitase endógena nas secreções intestinais de não ruminantes não é conclusiva e é extremamente baixa, principalmente em aves jovens (Sebastian, 1998). Para Campbell & Bedford (1992), pesquisas com rações suplementadas com fitase mostraram ser esta uma alternativa ao uso de fontes de fósforo inorgânico em regiões com densas populações e intensiva produção de animais domésticos.

Após a produção industrial, a atividade da fitase se mantém por no mínimo três meses após misturada às rações (Cowan, 1993).

2.5 Unidade de fitase

Uma unidade de fitase (UF) ou (FTU) é definida, segundo Engelen et al. (1994), como a quantidade de enzima que libera 1 micromol (μmol) de fósforo inorgânico por minuto, proveniente do fitato de sódio $0.0015 \text{ mol.L}^{-1}$ a pH 5,5 e 37°C

2.6 Fatores que afetam a atividade da fitase

A capacidade de hidrolisar o fitato no trato digestivo dos animais monogástricos pode ser influenciada por vários fatores, entre os quais destacam-se a variação do pH, da umidade, da temperatura, a presença de certos minerais como o cálcio e de outras enzimas, além do tempo de passagem da digesta. Kornegay & Yi (1966) observaram que a acidificação da ração com ácido orgânico, bem como a capacidade tamponante dos ingredientes diminuem a atividade da fitase. A presença de certos minerais como flúor, cobre, mercúrio e ferro também inibe a atividade da fitase (Leeson 1999); entretanto, o cálcio parece ser o fator chave que influencia a atividade da fitase no trato gastrointestinal de monogástricos (Wise, 1983).

A habilidade da fitase em melhorar a disponibilidade do fósforo fítico é reduzida em rações que apresentam níveis normais de cálcio, comparadas às dietas com abaixo teor de cálcio. Lei et al. (1994) comprovaram este afirmativa ao fornecer, para leitões desmamados, rações à base de milho e farelo de soja com níveis baixos (0,4) e normal (0,8%) de Ca e suplementadas com fitase (750 e 1200 FTU/kg) derivada do *Aspergillus ficuum*. Os autores observaram efeito depressivo no desempenho dos animais que consumiram rações com níveis normais de cálcio suplementadas com fitase, comparadas às com baixo nível de cálcio. Adicionando 1000 FTU/kg (*Aspergillus niger*) em rações de suínos em crescimento, efeitos semelhantes também foram encontrados por Lantzch et al. (1995), citados por Ludke (1999), que observaram redução na absorção aparente do fósforo quando os níveis de cálcio aumentaram de 5 para 8g/kg.

Segundo McKnight (1977), níveis de cálcio acima de 0,70% em pH 6,0 permitem a reação do cálcio e ácido fítico, formando o fitato de cálcio, que é um complexo inacessível à fitase, pela competição do cálcio pelos sítios ativos da enzima (Wise, 1983). Assim, para o desarranjo máximo do fitato, é necessário

que os níveis de cálcio mantenham uma relação de Ca:P total entre 1,7:1 e 3:1 (Beers & Jongbloed 1992), embora Kornegay & Yi (1966) mencionem que não é conhecido se o fósforo disponível influencia a atividade da fitase.

A capacidade da fitase de hidrolisar o fitato nos animais monogástricos diminuiu com o aumento da velocidade de passagem da digesta (Liebert et al. 1993; citados por Fireman 1999), enquanto seu uso combinado com a outra enzima pode apresentar efeito sinérgico ou negativo. Wenk (1993) verificou que a atividade da fitase em uma mesma dieta com carboidrase foi menor do que quando esta foi usada separadamente. O tipo do alimento (quantidade e origem do fitato) a dose de fitase empregada e a idade do animal também influenciam a atuação da fitase, (Jongbloed et al. 1997).

2.7 Digestibilidade de aminoácidos

O desenvolvimento de técnicas de fistulação tem permitido estudar a digestão e absorção de nutrientes dos alimentos nos diferentes segmentos do tubo digestivo. Sauer & Ozimek (1986) mencionam que a digestibilidade pode ser definida como a diferença entre a quantidade de aminoácidos presente na dieta e a presente na digesta ileal ou fecal, dividida pela quantidade de aminoácidos na dieta. O método ileal deve ser o método de escolha para determinação de digestibilidade em alimentos e parece ser apropriado para digestibilidade de aminoácidos em termos de seus valores aparentes (Li et al. 1999). Segundo Laplace (1986), a digestibilidade ileal elimina o efeito da flora microbiana do intestino grosso, que constitui uma fonte de erros quando se estima a digestibilidade dos nutrientes, principalmente dos aminoácidos. O método de coleta total, por sua vez, não leva em consideração a ação da microflora existente no intestino grosso (Willians 1995) e as proteínas e aminoácidos digeridas neste compartimento do trato digestivo não contribuem

ou pouco contribuem para deposição de proteínas nos suínos (Shi & Noblet, 1993). Devido à atividade da microflora no intestino grosso, principalmente ceco e cólon, o perfil de aminoácidos da digesta coletado no íleo não é igual ao das fezes. Serrano (1989) verificou que os valores de digestibilidade da proteína bruta e aminoácidos obtidos pelo método de coleta total de fezes foram significativamente maiores do que os obtidos pela coleta da digesta no íleo. A digestibilidade ileal pode ser determinada a partir da recuperação do fluxo ileal de suínos submetidos à anastomose íleo retal ou em uma amostra de digesta ileal em suínos com cânulas. A comparação das duas técnicas mostrou resultados diferentes (Kohler et al., 1992 e Laplace, 1994) ou dados muitos semelhantes (Yin et al., 1993). Desta maneira, para obter um perfil de aminoácidos ileais, o sistema digestivo do animal deve passar por modificações cirúrgicas (Willians (1995). Embora os efeitos da fermentação microbiana no intestino grosso não sejam os mesmos para os diversos tipos de alimentos, Imbeah et al. (1988) mencionaram que as rações podem ser calculadas com base na digestibilidade ileal de aminoácidos, determinada nos ingredientes.

2.8 Expressão da digestibilidade ileal

A fração endógena originária dos sucos gástricos, da destruição de células da borda em escova ou das secreções enzimáticas, representa de 10 a 80% do nitrogênio presente no suco ileal (Grala, 1999). A expressão da digestibilidade ileal depende do modo como essa fração endógena é considerada nos cálculos. A digestibilidade aparente não leva em consideração a origem endógena ou exógena do nitrogênio ou dos aminoácidos. Nesse tipo de digestibilidade, ou o nitrogênio ou o aminoácido total não digestível relacionado a um ingrediente ou ração são tidos como proporcionais à ingestão de matéria seca deste ingrediente ou ração (Fan et al., 1994).

A digestibilidade ileal verdadeira é determinada ao se substituir o valor da digestibilidade aparente obtido pelos os aminoácidos endógenos encontrados nas digestas de animais alimentados com dietas isentas de proteína ou em jejum. Entretanto, o uso de uma dieta isenta de proteína tem sido criticado com base no fato de que esta poderia subestimar as perdas endógenas basais e que a subnutrição poderia limitar a secreção de proteínas e, portanto, as perdas endógenas.

2.9 Fatores que afetam a digestibilidade dos aminoácidos

Vários fatores são responsáveis pela variação no valor dos nutrientes dos alimentos, como: variações de amostragem, idade do animal, raça e linhagem e níveis nutricionais da ração. Segundo Sibbald (1987), a qualidade da proteína afeta os valores de energia metabolizável e uma das causas de sua variação entre os animais é a atividade do lúmen do intestino. A concentração de aminoácidos nos alimentos varia profundamente em razão de vários fatores. Em grãos, ocorrem variações entre espécies e às vezes, dentro da espécie (Rostagno et al. 1996). Com relação à fração protéica, a concentração de aminoácidos também pode variar entre cultivares de grãos e, às vezes, dentro da mesma espécie, sendo influenciada pelo estado fisiológico da planta, solo, estação do ano, estrutura tridimensional das proteínas (Macari et al., 1994), teor de fibra do alimento, fatores antinutricionais e condições de processamento (Parsons & Baker 1994). A disponibilidade de aminoácidos nos grãos de cereais depende também da localização no grão.

As proteínas localizadas no endosperma da cevada e do trigo apresentam melhor digestibilidade que as localizadas na camada aleurona multicelular, na qual as proteínas se encontram firmemente ligadas à matriz de celulose (Sauer et al., 1991). Parsons & Baker (1994) constataram que os valores de digestibilidade

variam entre os aminoácidos e que a digestibilidade da cistina e lisina é geralmente menor dentre os aminoácidos essenciais, sendo a digestibilidade da cistina menor em muitas farinhas de origem animal e da lisina freqüentemente baixa nos grãos de cereais e subprodutos. Além do teor de fibra, a digestibilidade de aminoácidos é também influenciada pela proteína da dieta e pelos fatores antinutricionais (Sauer & Ozimek 1986).

Imbeah et al. (1988), citando Corring & Saucier (1972), ressaltaram que a presença de inibidores de tripsina no farelo de soja não tostado aumenta a secreção de proteínas pancreáticas, enquanto Maynard et al. (1984) relataram que os inibidores de tripsina e quimiotripsina prejudicam a digestibilidade das proteínas, tendo sido observadas hipertrofia do pâncreas e redução da energia disponível do alimento.

2.10 Farelo de arroz

No processo de beneficiamento, o arroz é descascado e polido originando como subproduto o farelo de arroz integral (FAI), que é constituído da camada intermediária entre a casca e o endosperma de pericarpo, embrião, aleurona e gérmen, além de ter quantidade variável de amido, dependendo do grau de polimento.

Numa segunda etapa é feito o polimento, através do qual a camada marrom (pericarpo, embrião e aleurona) e o gérmen são removidos para obtenção do arroz branco (Fugino, 1978). Estas camadas removidas constituem o farelo de arroz. A operação de beneficiamento do arroz com casca para obtenção do arroz branco produz em média 8% de farelo de arroz, podendo variar, segundo relatos de Domene (1996), de 4 a 12% do peso do grão.

Na safra 99/00, o Brasil produziu 11.533.800 toneladas de arroz em casca (AGRIANUAL..., 2002). A maior parte da produção brasileira é oriunda da região Sul, com 6 milhões de toneladas, seguida pela região Centro Oeste com 2,4 milhões de toneladas.

Considerando um rendimento médio por volta de 8% de farelo de arroz resultante do processo de beneficiamento podemos estimar uma disponibilidade anual, no Brasil, de cerca de 920 mil toneladas. Os preços deste subproduto nas regiões produtoras são normalmente muito inferiores aos preços do milho; portanto, este poderia constituir uma boa fonte alternativa de alimento para redução dos custos de produção de suínos.

Uma técnica que permite uma melhor conservação do FAI consiste na extração de sua gordura. Esta operação permite a obtenção de um óleo comestível de boa qualidade para população humana e ao mesmo tempo proporciona uma conservação mais prolongada do subproduto obtido que é o farelo de arroz desengordurado (FAD). Este subproduto é resultante da extração por solvente da gordura do farelo de arroz integral para produção de óleo comestível, podendo conter no máximo 2% de óleo residual (Conci et al. 1995) e 82% do peso total do farelo de arroz integral, deferindo deste por ter baixo teor de gordura e altas concentrações de substâncias fibrosas (Velloso, 1962).

Segundo Torin (1991), o aminoácido limitante na proteína do farelo de arroz é a lisina, como também ocorre em outros cereais. Com relação à composição mineral, o farelo de arroz é extremamente rico em fósforo e manganês, além de ter níveis de cobre, ferro e zinco superiores aos do milho.

A biodisponibilidade dos minerais no farelo de arroz é afetada pela presença do ácido fítico, que mantém complexados aproximadamente 90% do fósforo total, o que o torna altamente indisponível para não ruminantes. A presença de fibra, em grande parte solúvel, parece afetar a energia metabolizável

e reduzir a absorção dos nutrientes, entre eles os minerais e proteínas. A disponibilidade do fósforo no FAD foi estimada por Gomes et al. (1989), que encontraram coeficiente de digestibilidade aparente e verdadeira em suínos de 47,4 e 54,08 %, respectivamente. Estes mesmos autores também analisaram a disponibilidade relativa do fósforo no farelo de soja (45,60%) e no farelo de girassol (35,4%) e concluíram que esta é semelhante e inferior, respectivamente, em relação ao FAD (45,61%).

Com o objetivo de avaliar o desempenho de suínos na fase de terminação alimentados com rações contendo diferentes níveis (0, 15, 30 45,%) de FAD em substituição ao milho, Santos (1971) realizou um experimento com suínos (LD x LW), machos castrados e fêmeas com peso médio inicial de $23,7 \pm 2,20$ kg. O autor concluiu que é possível incluir até 30% de FAD em rações de suínos sem prejudicar o desempenho dos animais. Ferreira et al. (1984), ao incluírem 25% de FAD nas rações de suínos em crescimento e terminação, também não constataram prejuízos no ganho de peso dos animais. Resultados idênticos foram encontrados por Borin Júnior et al. (1988) e Warren & Farrel (1990), que mostraram ser aceitável o desempenho de suínos em crescimento com dietas contendo até 30 ou 40% de FAD, respectivamente.

Para avaliar os efeitos dos níveis crescentes de fitase (0, 253, 759, 1265 e 1748 FTU/kg de ração) sobre os parâmetros de desempenho, cinzas e teor de fósforo nos ossos, Moreira et al. (2001) realizaram um experimento com suínos na fase de crescimento. As rações foram à base de milho e farelo de soja com 17% de FAD, sendo somente a testemunha suplementada com fosfato bicálcico para ajustar o fósforo disponível às exigências dos animais. Os autores concluíram que é possível substituir as fontes de fósforo inorgânico nas rações com o uso de 17% de FAD, adicionando-se 759 FTU/kg de ração, sem afetar a performance e as características dos ossos dos suínos.

Visando verificar se adição de fitase apresenta tanta eficiência quanto o fósforo inorgânico no desempenho e características ósseas, Ludke (1999) realizou um experimento com suínos na fase de crescimento, para avaliar rações à base de milho e farelo de soja com e sem a inclusão de 30% de FAD suplementadas ou não com 3 níveis de fitase, 0, 750 e 1000 FTU/kg (*Aspergillus niger*), comparadas com tratamentos também sem e com suplemento inorgânico. Observou-se que rações suplementadas com fitase sem FAD tiveram a mesma eficiência das suplementadas com fosfato inorgânico sobre o desempenho dos animais. O autor concluiu que as rações com fitase apresentaram a vantagem de proporcionar redução na excreção de cálcio e fósforo nas fezes dos animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2002 – **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP/Editora Argos, 2002.

ASADA, K.; KASAI, Z. Formation of myo-inositol and phytin in ripening rice grain. **Plant Cell Physiology**, Kyoto, v. 3, n. 4, 1962, p. 397-406, 1962.

BEERS, S.; JONGBLOED, A. W. Effect *Aspergillus niger* phytase in diets for piglets on their performance and apparent digestibility of phosphorus. **Animal Production**, East Lothian, v. 55, n. 3, p. 425-430, Dec. 1992.

BORGES, F. M. O. Utilização de enzimas em dietas avícolas. **Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG**, Belo Horizonte, n. 20, p. 5-30, jun. 1997.

BORIN JÚNIOR, H.; GAI, J. N.; SILVEIRA, J. C. G. L. Efeitos da adição de diferentes níveis de farelo de arroz desengordurado em rações para suínos em crescimento e terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 17, n. 6, p. 552-561, nov. /dez. 1988.

CAMPBELL, G. L.; BEDFORD, M. R.; Enzymes applications for monogastric feeds: a review. **Canadian Journal of Animal Science**. Ottawa, v. 72, n. 2, p. 446-449, June. 1992.

CHERYAN, M. Phytic acid interactions in foods systems. **CRC Critical reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 13, n. 4, p. 296-335, 1980.

CONCI, V. A.; MAGALHÃES, R. M.; BENDER, P. E. et al. Avaliação de subprodutos do arroz na alimentação de suínos. A quífera de arroz na fase de recria e terminação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 1 n. 1. p. 22-29, 1995.

COWAN, W. D. Understanding the manufacturing distribution, application, and overall quality of enzymes in poultry feeds. **Journal Applied Poultry Research**, Athens, v. 1, p. 93-99, 1993.

CROMWELL, G. L.; COFFEY, R. D. Phosphorus - A key essential nutrient, yet a possible major pollutant - its central role in animal nutrition. In: ALLTECH'S ANNUAL SYMPOSIUM OF BIOTECHNOOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 7, 1991, Nicholasville. **Proceedings...** Nicholasville: Alltech Technical Publications, 1991. p. 133-145.

DOMENE, S. M. A. **Estudo do valor nutritivo mineral do farelo de arroz. Utilização do zinco, ferro cobre, e cálcio pelo rato em crescimento.** 1996. 104 p. Tese (Doutorado em Ciência da Nutrição) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

ENGELN, A. J.; HEEFT, F. C.; VAN DER.; RANDSDORP, P. H. G.; SMIT, E. L. C. Simple and rapid determination of phytase activity. **Journal of AOAC International**, Washington, v. 77, n. 3, p. 760-764, May/June 1994.

EUROLYSINE – ITCF. **Digestibilidade ileal estandarizada de aminoácidos em ingredientes para rações de suínos.** França, 2000. 49 p.

FAN, M. Z.; SAUER, W. C.; HARDIN, R. T. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in pigs: effect dietary amino acid level. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 11, p. 2851-2859, Nov. 1994.

FERREIRA, C. L.; NICOLAIEWSKY, S.; PRATES, E. R.; LOPES, J. Níveis crescentes de farelo de arroz desengordurado em rações para suínos em crescimento e terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 13, n. 3, p. 426-432, out. /dez. 1984.

FIREMAN, F. A. T. **Efeito de dietas com 50% de farelo de arroz integral suplementadas com fitase e/ou celulase para suínos em crescimento e terminação.** 1999. 203p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

FITASE, a enzima milagrosa. **Aves e Ovos**, São Paulo v. 8, n. 9, p. 24-28, jul. 1999.

FUGINO, Y. Rice Lipids. **Cereal Chemical**, Minnesota, v. 55, n. 5, p. 559-571, 1978.

GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S.; COSTA, P. M. A.; FERREIRA, J. A. A.; LIMA, J. A. F. Disponibilidade de fósforo no farelo de soja, arroz desengordurado e de girassol para suínos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 18, n. 1, p. 54-63, jan. /fev. 1989.

GRALA, W.; VERSTEGEN, M. W. A.; JANSMAN, A. J. M.; HUISMAN, J. V. et al. Effects of ileal endogenous losses and dietary amino acid supplementation on nitrogen retention in growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 80, n. 3/4, p. 207-222, Aug. 1999.

IMBEAH, M.; SAUER, W. C.; MOSENTHIN, R. The prediction of the amino acid supply in barley-soybean meal or canola meal diets and pancreatic enzyme secretion in pigs. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 66, n. 6, p. 1409-1417, June 1988.

JONGBLOED, A. W.; MROZ, Z.; KEMME, P. A.; KIES, A. K. Phytate, phytase, phosphorus, protein and performance in pigs In: BASF FORUM ON ANIMAL NUTRITION, 6., 1997, Ludwigshafen, Germany. **Proceedings....** Ludwigshafen, Germany: BASF, 1997.

JONGBLOED, A. W.; MROZ, Z.; KEMME, P. A.; KIES, A. K. Phytate, phytase, phosphorus, protein and performance in pigs In: BASF FORUM ON ANIMAL NUTRITION, 6., 1997, Ludwigshafen, Germany. **Proceedings....** Ludwigshafen, Germany: BASF, 1997.

KESHAVARZ, K. Por que "es necesario emplear la fitasa en la dieta de las ponedoras? **Indústria Avícola**, Mount Morris, v. 46, n. 10, p. 13-14, Oct. 1999.

KOHLER, T.; MOSENTHIN, R.; VERSTEGEN, M. W. A.; HUISMAN, J.; HARTOG, L. A.; AHRENS, F. Effect of ileo-rectal anastomosis and pos-valve T caecum cannulation on growing pigs. 1. Growth performance, N-balance and intestinal adaptation. **British Journal of Nutrition**, London, v. 68, n. 1, p. 293-303, July 1992.

KORNEGAY, E. T.; YI, Z. Sites of phytase activity in gastrointestinal tract of swine and poultry. In: COELHO, M. C.; KORNEGAY, E. T. **Phytase in Animal nutrition and waste management: a BASF reference manual 1996**. New Jersey: BASF, 1996. p. 241-248b.

LAPLACE, J. P. Amino acid availability in pig feeding. In: WORLD CONGRESS OF ANIMAL FEEDING, 4., 1986, Madrid. **Proceedings...** Madrid, 1986. v. 9, p. 109-129.

LAPLACE, J. P. Measurement of pre-caecal dietary protein and plant cell wall digestion in pigs: comparison of four surgical procedures for ileo-rectal anastomosis. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 40, n. 3, p. 313-328, Dec. 1994.

LEESSON, S. Enzimas para aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1999, Campinas, SP. **Anais. . .** Campinas, SP: FACTA, 1999. p. 173-185.

LEI, X. G.; KU, P. K.; MILLER, E. R. et al. Calcium level affects the efficacy of supplementation microbial phytase in corn-soybean meal diets weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 1, p. 139-143, Jan. 1994.

LI, DEFA.; CHE, XR.; WANG, YQ.; QIAO, SY.; CAO, H.; JOHNSON, W.; THACKER, P. The effect of calcium level on microbial phytase activity and nutrient balance in swine. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**, Suweon, v. 12, n. 2, p. 197-202, Mar. 1999.

LUDKE, M. C. M. **M O efeito da fitase sobre a disponibilidade do nitrogênio, fósforo e cálcio em dietas para suínos**. 1999. 233 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZÁLES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. São Paulo: FUNEP/UNESP, 1994. 226 p.

MAYNARD, L. A.; LOOSLI, J. K.; HINTZ, H. F.; WARNER, R. G. **Nutrição animal**. 3. ed. Biblioteca Freitas Bastos, 1984. 726 p.

McKNIGHT, W. F. Phytase technical specifications and properties In: SHORT COURSE ON FEED TECHNOLOGY, 7 , 1997, Korea: Korean Society of Animal Nutrition and Feedstuffs, 1997.

McKNIGHT, W. F. Technical specifications and properties of phytase. In: COELHO, M. C.; KORNEGAY, E. T. **Phytase in animal nutrition and waste management**: A BASF reference manual 1996. New Jersey: BASF, 1996. p. 1-15.

MOREIRA, J. A.; VITTI, D. M. S. S.; TRINDADE NETO, M. A.; LOPES, J. B. Enzima fitase e farelo de arroz desengordurado para suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 703-705.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9. ed. Washington, DC: National Academy of Science, 1994. 155 p.

NELSON, T. S. The utilization of phytate phosphorus by poultry: a review. **Poultry Science**, Champaign, v. 46, n. 4, p. 862-871, July 1967.

NELSON, T. S.; FERRARA, L. W.; STORER, N. L. Phytate phosphorus content of feed ingredients derived from plants. **Poultry Science**, Champaign, v. 47, n. 6, p. 1372-1374, Nov. 1968.

PARSONS, C. M.; BAKER, D. H. The concept and use of ideal proteins in the feeding of non-ruminants. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. **Anais. . .** Maringá: SBZ, 1994. p. 120-128.

RAVINDRAN, V.; CABAHUG, S.; RAVINDRAN, G.; BRYDEN, W. L. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, n. 4, p. 699-706, Apr. 1999.

REDDY, N. R.; SATHE, S. K.; SALUNKHE, K. K. Phytase in legumes and cereals. **Advances Food Research**, San Diego, v. 28, n. 1, p. 1, 1982.

ROBERSON, K. D. Estimation of the phosphorus requirement of weanling pigs fed supplemental phytase. **Animal Feed Science and Technology**. Amsterdam, v. 80, n. 2, p. 91-100, Aug. 1999.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2000. 141 p.

ROSTAGNO, H. S.; BARBARINO Jr, P.; BARBOZA, W A. Exigências nutricionais das aves determinadas no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS NO BRASIL, 1996, Viçosa. **Anais...** Viçosa - MG, 1996. p. 361-388.

ROSTAGNO, H. S.; SILVA, M. A. Exigências nutricionais e biodisponibilidade de fósforo para frangos de corte. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1998. p. 1-27.

SANTOS, C. A. Níveis de farelo de arroz desengordurado para suínos em crescimento e terminação. 1971. 57 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Nutrição Animal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

SAUER, W. C.; MOSENTHIN, R.; AHRENS, F.; DEN HARTOG, L. A. The effect of source of fiber on ileal and fecal amino acid digestibility and bacterial nitrogen excretion in growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 10, p. 4070-4077, Oct. 1991.

SAUER, W. C.; OZIMEK, L. Digestibility of amino acid in swine: results and their practical applications: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 15, n. 4, p. 367-388, Nov. 1986.

SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S. P.; CHAVEZ, E. R. Implications of fitic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition: a review. **World's Poultry Science Journal**, Wageningen, v. 54, n. 1, p. 27-47, Mar. 1998.

SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S. P.; CHAVEZ, E. R. .; LAGUE, P. C. Apparent digestibility of protein and amino acids in broiler chickens fed a corn-soybean diet supplemented with microbial phytase. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, n. 12, p. 1760-1769, Dec. 1997.

SELLE, P. H. **The potential of microbial phytase the sustainable production of pigs and poultry**. Korea: Korean Society of Animal Nutrition and Feedstuffs, 1997. p. 124. (7th Short Course and Feed Technolog).

SERRANO, V. O. S. **Digestibilidade dos aminoácidos de suplementos protéicos em suínos, submetidos ou não a anastomose íleo-retal**. 1989. 55 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SHI, X. S.; NOBLET, J. Effect of body weight and feed composition on the contribution of hindgut to digestion of energy and nutrients in pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 38, n. 3, p. 225-235, Apr. 1993.

SIBBALD, I. R. Estimation of bioavailable amino acid in feedingstuffs for poultry and pigs: a review with emphasis on balance experiments. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 67, n. 2, p. 221-300, 1987.

SIMONS, P. C. M.; VERSTEEGH, H. A. J. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. **British Journal of Nutrition**, London, v. 64, n. 3, p. 525-540, Nov. 1990.

TORIN, H. R. **Utilização do farelo de arroz industrial. Composição e valor nutritivo em dietas recuperativas**. 1991. 147 p. Tese (Doutorado em Ciência da Nutrição) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

VELLOSO, K. P. Óleo de farelo de arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 16, n. 182, p. 16-52, mar. 1962.

VIEIRA, R. S. A. **Efeito de níveis de fitase e tipos de ração sobre o desempenho e qualidade de ovos de poedeiras mudadas**. 1999. 75 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, MG.

WARREN, B. E.; FARREL, D. J. The nutritive value of full-fat and defatted Australian rice bran. II Growth studies with chickens, rats and pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 27, n. 3, p. 229-246, Jan. 1990.

WENK, C. Phytase in rations for growing pigs: Influence on the nutrient utilization: In: SYMPOSIUM OF ENZYMES IN ANIMAL NUTRITION, 1993, Kartause. **Proceedings...** Zurich: Institu fur Nuzchaften, 1993. p. 226-230.

WILLIAMS, P. E. V. Digestible amino acid for non – ruminant animals: theory and recent challenges. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 53, n. 2, p. 173-187, June. 1995.

WISE, A. Dietary factors determining the biological activities of phytate. **Nutrition Abstract Review**, Aberdeen, v, 53, n. 9, p. 791-806, Sept. 1983.

YIN, Y. L.; HUANG, R. L.; ZHONG, H. Y. Comparison of ileorectal anastomosis and the conventional method for measurement of ileal digestibility of protein sources and mixed diets in growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 42, n. 3/4, p. 297-308, July. 1993.

CAPÍTULO 2

EFEITO DA FITASE SOBRE A DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES E EXCREÇÃO DE MINERAIS EM SUÍNOS NA FASE DE CRESCIMENTO

RESUMO

Silva, Hunaldo Oliveira. Influência da fitase sobre a digestibilidade de nutrientes e excreção de minerais em suínos na fase de crescimento. In: _____ **Fitase em rações para suínos em crescimento: Digestibilidade total, ileal e desempenho.** Lavras: UFLA, 2003. p.28-68.(Tese- Doutorado).¹

Objetivou-se, com o presente trabalho, verificar o efeito de quatro níveis de fitase sobre a digestibilidade total dos nutrientes, valores energéticos e excreção de minerais em suínos na fase de crescimento. Foram utilizados 12 suínos ($30 \pm 4,1$ kg/PV) mestiços (LD x LW) e machos castrados, alojados individualmente em gaiolas de metabolismo e distribuídos em blocos casualizados. Os tratamentos consistiram de uma ração de crescimento à base de milho, farelo de soja e farelo de arroz desengordurado (FAD), suplementada com quatro níveis de fitase (0, 400, 800 e 1200 FTU/kg). A ração foi formulada de acordo com Rostagno et al. (2000), exceto para cálcio e fósforo disponível cujos níveis foram 0,64 e 0,23 %, respectivamente. A enzima fitase utilizada foi a Natuphos 5000, a metodologia empregada foi a da coleta total de fezes e urina e o óxido férrico foi utilizado como marcador fecal. As variáveis analisadas foram: matéria seca digestível (MSD), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), balanço energético (BE), nitrogênio excretado nas fezes (NEF), nitrogênio excretado na urina (NEU), retenção de nitrogênio (RN) e teor de cinzas e minerais nas fezes. A utilização de fitase melhorou os valores de digestibilidade dos nutrientes e diminuiu a excreção de nitrogênio, mas não afetou os valores energéticos das rações. Os níveis de 860 e 880 FTU/kg proporcionaram os menores teores de nitrogênio nas fezes e na urina, respectivamente. A fitase reduziu de forma linear a excreção fecal de manganês e de forma quadrática excreção fecal de cálcio e fósforo, mas não afetou a excreção de zinco e magnésio nas fezes dos suínos. Os níveis de 775 e 850 FTU/kg de fitase proporcionaram as menores taxas de excreção de cálcio e fósforo, respectivamente. Conclui-se que a suplementação com fitase em rações para suínos em crescimento melhorou a digestibilidade dos nutrientes e diminuiu a excreção de minerais nas fezes, contribuindo para a redução do impacto ambiental provocado pelos dejetos dos suínos.

¹ Comitê Orientador: Elias Tadeu Fialho - UFLA (Orientador); Priscila Vieira Rosa Logato - UFLA; José Augusto de Freitas Lima - UFLA; Dalton de Oliveira Fontes – UFMG; Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA.

ABSTRACT

Silva, Hinaldo Oliveira. Influence of phytase on the digestibility of nutrients and excretion of minerals in growing swine. **In: _____ Phytase growing swine diets: total, ileal digestibility and performance** Lavras: UFLA, 2003. p.28-68. (Thesis- Doctorate).¹

This experiment was conducted in order to determine the effect of four levels of phytase supplementation in growing pig's diets, on the total digestibility of nutrients, energy and excretion of minerals. 12 growing swine ($30 \pm 4.1\text{kg/LW}$), crossbred (LD x LW) and barrows housed individually in a metabolism cages and allocated into a randomized blocks design. The treatments consisted of a growing pigs diets based on corn, soybean meal and defatted rice bran (DRB) supplemented with four levels of phytase (0, 400, 800 and 1200 FTU/kg). The diet was formulated according to Rostagno et al. (2000), except for available calcium and phosphorus, the levels of which were 0.64 and 0.23%, respectively. The enzyme phytase utilized was Natuphos 5000 and the methodology was the total collection of feces and urine and ferric oxide was utilized as a fecal marker. The variables analyzed were: digestible dry matter (DDM), coefficient of digestibility of crude protein (CDCP), digestible protein (DE), metabolizable energy (ME), energetic balance (EB), feces-excreted nitrogen (FEN), urine-excreted nitrogen (UEN), nitrogen retention (NR) and content of ashes and minerals in the feces. The supplementation of phytase improved the digestibility values of nutrients and decreased nitrogen excretion, therefore the energetic values of the diets were not affected by any level of fitase supplementation. The levels of 860 and 880 FTU/kg provided the lowest contents of nitrogen in the feces and urine, respectively. Phytase reduced linearly fecal excretion of manganese and quadratically fecal excretion of calcium and phosphorus. Therefore the zinc and manganese excretion were not affected by any level of fitase supplementation. The levels of 775 and 850 FTU/kg of phytase shown the lowest rates of calcium and phosphorus excretion, respectively. Accord to these results the phytase supplementation in growing pigs diets should be beneficial by the improved the digestibility of nutrients and decreased excretion of minerals and nitrogen in the feces, as well as

¹ Comitê Orientador: Elias Tadeu Fialho - UFLA (Orientador); Priscila Vieira Rosa Logato - UFLA; José Augusto de Freitas Lima - UFLA; Dalton de Oliveira Fontes – UFMG; Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA.

contributing toward reduction of the environmental impact caused by pig's excrements.

1 INTRODUÇÃO

A preocupação atual em relação ao meio ambiente tem levado todos os setores produtivos a buscar alternativas que possibilitem um menor impacto ambiental proveniente dos dejetos de animais. Estima-se que somente 35 a 45% do nitrogênio protéico consumido pelos suínos é realmente aproveitado, evidenciando, assim, a ineficiência destes animais em transformar os nutrientes em proteína de alta qualidade. Por outro lado, o NRC (1998) menciona que de 45 a 60% do nitrogênio, 50 a 80% do cálcio e fósforo e 70 a 95% do potássio, sódio, magnésio, cobre, zinco, manganês e ferro consumidos são excretados pelos suínos.

As rações dos animais monogástricos consistem basicamente de grãos de cereais, seus subprodutos e farelos de sementes de oleaginosas. Estes ingredientes têm no fósforo fítico a maior porção do fósforo total, sendo aproximadamente dois terços na forma de fitato. Esta forma não é disponível para estes animais, já que a enzima fitase necessária para hidrólise deste complexo em fósforo inorgânico não está presente no trato gastrointestinal em quantidades suficientes. Várias revisões têm relatado uma ação redutora do fitato sobre a atividade das enzimas proteolíticas (pepsina, tripsina) e amilolíticas (α -amilase), afetando a digestibilidade e disponibilidade da proteína, amido e, conseqüentemente, da energia (Sebastian et al, 1998). Mroz et al (1994) relacionaram um efeito negativo do ácido fítico sobre a disponibilidade do fósforo e um comprometimento na absorção de cálcio e outros microminerais (Zn, Mn, Cu e Mg). Em vários países, a legislação tem forçado a indústria de rações a buscar alternativas que tornem o fósforo fítico mais disponível aos animais, levando-as ao uso da enzima fitase, o que pode reduzir a suplementação com fósforo inorgânico, reduzindo custo e melhorando a utilização do fósforo e

outros nutrientes presentes nos alimentos. Objetivou-se, com o presente trabalho, verificar a influência de diferentes níveis da enzima fitase sobre a digestibilidade total dos nutrientes e os valores energéticos de rações à base de milho, farelo de soja e farelo de arroz desengordurado e excreção de minerais em suínos na fase de crescimento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Complexo fitato/minerais

A determinação das constantes de dissociação do hexafosfato de inositol demonstrou que, dos seus doze prótons intercambiáveis, seis estão fortemente dissociados em pH fisiológico. Isso demonstrou que este composto apresenta um enorme potencial de complexar proteínas carregadas positivamente e cátions inorgânicos em ampla faixa de pH, tornando os minerais indisponíveis para absorção (Domene, 1996; Lundeen, 2000).

Vohra et al. (1965), Oberleas (1973) e Morris (1986) citados por Yi et al. (1996a), e Erdman (1979) citado por Sebastian (1996a), afirmam que o fitato tem potencial para se complexar com diversos cátions, como Ca, Mg, Zn, Fe, K e Cu, formando sais insolúveis. Sebastian (1996a) menciona que a fixação mais forte do Zn, Ca e Cu ao fitato ocorre em pH 6,0 que é o pH normal do duodeno, onde a absorção de cátions divalentes é máxima.

A seqüência de força de quelatação do ácido fítico com os cátions é a seguinte: $\text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Co}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Fe}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ (Vohra et al., 1965; citados por Sebastian, 1998). Este mesmo autor menciona que o mecanismo pelo qual o fitato afeta a nutrição mineral ainda não está claramente entendido. Embora o cálcio apresente menor afinidade de fixação no fitato, sofre grande impacto na sua biodisponibilidade, semelhante ao do fósforo, o que foi verificado em trabalho de Nelson et al. (1968). Muitos quelatos são formados por acidente e não têm nenhum propósito biológico útil (Scott et al., 1973).

Existem evidências de que algumas fontes de fibra influenciam na utilização do fitato, conforme relato de Ballam et al. (1984); no entanto, mais pesquisa são necessárias para estabelecer claramente a influência da fibra do

alimento na utilização do fósforo fítico. O ácido fítico, quando presente nos alimentos dos animais, reduz a absorção de fósforo, cálcio, zinco, magnésio, manganês e outros nutrientes. A utilização do ácido fítico depende da espécie, tipo e idade do animal, concentração de fitase, cálcio e fósforo inorgânico na ração, vitamina D₃, ingredientes da ração e processamento dos alimentos (Sebastian, 1998). O fitato em seu estado natural pode complexar-se com vários cátions (Ca, Mg, Zn, Mn), proteínas e lipídeos (Baker, 1998). O aumento da exigência de zinco na dieta pode ser evidenciado pela formação do complexo fitato-zinco-proteína (O'Dell & Deboland 1976). Em ratos, Atwal et al. (1980) observaram uma diminuição acentuada nos teores de zinco no fêmur ao aumentarem a quantidade de ácido fítico de 0,01 para 1,24% nas dietas.

Em suínos, incidências de paraqueratose foram observadas por Oberleas et al., (1962) quando altos níveis de cálcio em combinação com o fitato diminuíram a disponibilidade de zinco. O alto teor de fitato também interfere na absorção de manganês. Em aves, Davis et al. (1961) observaram uma redução na disponibilidade de manganês quando ministraram rações contendo proteína da soja isolada com fitato. A molécula de ácido fítico possui seis resíduos de fósforo fítico e estes podem apresentar uma alta afinidade para vários cátions. Um mol de ácido fítico pode se ligar de 3 a 6 moles de cálcio.

Revisando a literatura, Ravindran et al. (1995), citados por Leske & Coon (1999), notaram uma grande diferença entre o fósforo fítico disponível para aves. Esta grande diferença foi atribuída a muitos fatores que podem influenciar a disponibilidade do fósforo do fitato, como a fonte de fitato, idade do animal, nível de cálcio na ração e as diferenças no protocolo experimental.

2.2 Efeitos da adição de fitase em rações de suínos

Vários trabalhos de pesquisa relatam que a fitase melhora a digestibilidade e a disponibilidade de minerais dos vegetais, diminuindo a excreção de minerais nas fezes, como os de Nelson et al. (1971), Simons & Versteegh (1990) e Leske & Coon (1999). Mroz et al. (1994), trabalhando com suínos fistulados submetidos a rações suplementadas com diferentes níveis de fitase proveniente do *Aspergillus niger* (0, 300, 600, FTU/kg de ração), verificaram que os níveis crescentes de suplementação melhoraram significativamente a digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e disponibilidade de minerais, principalmente cálcio e fósforo total. Concentrações menores de fósforo total no íleo e nas fezes de suínos, também foram verificadas por Jongbloed et al. (1992) ao suplementarem rações com 1500 FTU/kg de proveniente do *Aspergillus niger*. A disponibilidade de fósforo no íleo com e sem fitase foi de 18,5 e 29,7%, respectivamente, enquanto, em todo o trato digestivo, foi de 27 e 29%, respectivamente, para as rações sem e com fitase. Da mesma forma, Bruce & Sundsfl (1995), ao suplementaram rações com 487 FTU/kg em suínos canulados, verificaram que a absorção do fósforo na digesta ileal aumentou de 19,4 para 26,8% em virtude da suplementação, o mesmo ocorrendo para a absorção nas fezes que foi de 18,3 para 23,6 respectivamente.

Com relação à disponibilidade do cálcio na digestibilidade ileal, verificaram que foi maior nas rações suplementadas com fitase, não sendo observado o mesmo comportamento na digestibilidade total. Estes mesmos autores observaram que a fitase não afetou a absorção do magnésio. Ketaren et al. (1993) verificaram que a retenção de energia (MJ de EB/MJ de ED) melhorou de 0,36 para 0,38 com a suplementação de 1000 FTU/kg de ração e que a retenção de fósforo aumentou de 0,11 para 0,69, embora não tenha sido encontrado efeito na digestibilidade nas fezes.

Por outro lado, Bruce & Sundstfl (1995) verificaram que a fitase não afetou a excreção de Ca, Mg e N e a retenção de Mg e N. Esses autores observaram que houve uma resposta relacionada com o tempo e pH da digesta ileal que ficou entre 7,1 e 5,9 em medições de hora em hora para as dietas usadas.

Lei et al. (1993a), trabalhando com leitões desmamados submetidos a rações suplementadas com 627 e 750 FTU/kg de ração, concluíram que os níveis de fitase elevaram a digestibilidade aparente e a porcentagem de retenção de fósforo em 24%. Estes mesmos autores também observaram que a excreção nas fezes foi reduzida em 24%. Em outro experimento, Lei et al. (1993b) constataram uma redução de 42% na quantidade de fósforo excretado nas fezes dos animais ao consumirem dietas suplementadas com fitase nos níveis de 0, 250, 500 e 750 FTU/kg de ração proveniente do *Aspergillus ficuum*. Observaram, também, resposta significativa no ganho de peso e conversão alimentar. Dois experimentos para determinar os efeitos da suplementação de fitase (*Aspergillus ficuum*) nos níveis de 0 e 1350 FTU/kg de ração, na utilização de zinco para suínos em crescimento, foram conduzidos por Lei et al. (1993c). Em ambos os experimentos, os autores observaram que a suplementação com fitase proporcionou aumento na disponibilidade do zinco, além de melhor desempenho e retenção de fósforo e cálcio.

Murray et al. (1997) observaram aumento no ganho de peso dos leitões que consumiram rações suplementadas com 700 e 1000 FTU/kg (*Aspergillus niger*) e com baixo nível de fósforo disponível. Aumento linear sobre o ganho de peso diário e eficiência alimentar de suínos em crescimento foi constatado por Liu et al. (1997) ao suplementarem rações com fitase nos níveis de 0, 250 e 500 FTU/kg, proveniente do *Aspergillus niger*.

Estudos com suínos canulados indicam que a hidrólise do ácido fítico pela ação da fitase ocorre principalmente no estômago (Jongbloed et al. 1992). Trabalhando com rações suplementadas com 0 e 800 FTU/kg (*Aspergillus niger*) em suínos canulados ou não, Mroz et al. (1991) observaram que a suplementação com fitase melhorou a digestibilidade do N de 0,55 a 0,58% e de 0,81 a 0,86 na digestibilidade total do nitrogênio. Ao suplementar rações à base de sorgo e farelo de soja com 0, 300 e 500 FTU/kg (*Aspergillus niger*) para suínos em terminação, O'Quinn et al. (1997) constataram que a fitase proporcionou redução na quantidade de fósforo excretado nas fezes, como também melhora no desempenho e características ósseas dos animais. Para verificar o efeito de rações com 50% de farelo de arroz integral suplementadas com fitase (1000 FTU/kg de ração) e celulase, ou a combinação das duas enzimas, Fireman et al. (2000) realizaram um experimento com suínos nas fases de crescimento e terminação. Foi observado, pelos autores, que o uso da fitase combinada ou não com celulase melhorou a digestibilidade dos nutrientes e reduziu a excreção de nitrogênio e fósforo nas fezes dos animais. Com o objetivo de determinar o nível adequado de fitase (0, 300, 600 e 900 FTU/kg) a ser adicionado em rações à base de milho e farelo de soja com dois níveis de proteína bruta (16 e 18%), Ludke et al. (2000) realizaram um experimento com suínos em crescimento. Os autores concluíram que a suplementação melhorou a biodisponibilidade dos nutrientes e o desempenho dos animais e que a eficiência da enzima foi melhor quando adicionada em rações com níveis mais baixos de proteína (16% de PB).

Empregando a técnica de diluição isotópica para verificar a ação da fitase (1250 FTU/kg de ração) Natuphos 5000, Figueiredo et al. (2000) utilizaram 12 leitões alojados em gaiola de metabolismo. Os tratamentos consistiram de duas rações com e sem farelo de arroz integral e dois níveis de fósforo total (0,34 e 0,56 %), suplementadas ou não com fitase. Os autores

concluíram que a fitase reduziu o fósforo excretado nas fezes e melhorou a biodisponibilidade do fósforo das rações com farelo de arroz integral.

Objetivando verificar a influência da fitase sobre a digestibilidade dos nutrientes, a retenção de nitrogênio (RN) e os valores energéticos de rações, Fialho et al. (2000) realizaram um experimento com suínos na fase de crescimento. Os tratamentos consistiram de rações contendo níveis crescentes de fitase (0, 400 e 800 FTU/kg de fitase). Os autores observaram que a adição da fitase melhorou ($P < 0,01$) a digestibilidade da matéria seca, da proteína bruta e os valores de energia digestível e energia metabolizável das rações.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e período experimental

O experimento foi conduzido durante o mês de maio de 2002, no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada no município de Lavras, região sul do Estado de Minas Gerais, latitude 21° 14' 30''(S), longitude 45° (O) e altitude de 910 metros. O clima da região segundo a classificação Köppen é do tipo CWB, tropical úmido, com duas estações definidas: chuvosa (novembro/abril) e seca (maio/outubro) (Ometo,1981).

3.2 Animais experimentais

Foram utilizados 12 suínos machos castrados mestiços (Large White x Landrace) com peso médio inicial de 30 kg \pm 4,5.

3.3 Análises laboratoriais

Os ingredientes, rações, fezes e urinas foram analisados de acordo com os métodos descritos pela A.O.A.C. (1990), no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA. A solução mineral para determinação do fósforo e cálcio foi obtida das cinzas por via seca, sendo a determinação do fósforo realizada pelo método de fotometria e a do cálcio, por permanganatometria, segundo Silva (1998).

Para determinação do zinco, manganês e magnésio, a solução mineral foi obtida por via úmida e a determinação, feita pelo método de espectrofotometria

de absorção atômica, em aparelho modelo Varian SpectrAA-100. Os valores de nitrogênio total e proteína bruta foram determinados pelo método Kjeldahl. A energia bruta das fezes e urina, foi determinada utilizando-se bomba calorimétrica modelo Parr (Parr Instrument Co.). Para os cálculos de digestibilidade, foi empregado o método de Matterson et al. (1965).

3.4 Rações experimentais

Os tratamentos experimentais consistiram de rações suplementadas com 0, 400, 800 e 1200 FTU/kg de fitase, formuladas à base de milho, farelo de soja e farelo de arroz desengordurado (FAD) e suplementadas com vitaminas e minerais para atender às recomendações de Rostagno et al. (2000) para a fase de crescimento, exceto para cálcio e fósforo disponível que foram 0,54% e 0,25%, respectivamente.

A composição dos ingredientes usados nas rações e a composição percentual das rações experimentais encontram-se nas Tabelas 2.1 e 2.2, respectivamente.

TABELA 2.1. Composição dos ingredientes utilizados nas rações.

Ingrediente¹	MS (%)²	PB (%)²	ED (Kcal/kg)³	FB (%)²	Ca (%)²	P_t (%)²
Milho	89,93	8,60	3476	1,95	0,03	0,21
Farelo de Soja	89,91	46,86	3421	5,94	0,27	0,47
FAD. ⁴	89,93	16,31	2531	9,86	0,07	1,91
Amido	91,34	-	4124	-	-	-
Óleo de Soja	99,90	-	8469	-	-	-
Fosfato bicálcico	-	-	-	-	22,04	18,04
Calcário	-	-	-	-	38,54	-

¹ Valores expressos com base na matéria natural.

² Valores segundo análises realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO - UFLA.

³ Valores segundo Rostagno et al. (2000).

⁴ Farelo de arroz desengordurado

TABELA 2.2. Composição das rações utilizadas no experimento.

INGREDIENTE (%)	T1	T2	T3	T4
Milho	65,00	65,00	65,00	65,00
Farelo de soja	18,63	18,63	18,63	18,63
FAD ¹	12,50	12,50	12,50	12,50
Fosfato bicálcico	0,70	0,70	0,70	0,70
Calcário calcítico	1,00	1,00	1,00	1,00
Sal iodado	0,47	0,47	0,47	0,47
Suplemento mineral ²	0,10	0,10	0,10	0,10
Suplemento vitamínico ³	0,10	0,10	0,10	0,10
Caulim	0,50	0,42	0,35	0,26
Fitase	0,00	0,08	0,16	0,24
VALORES CALCULADOS				
Energia Digestível (Kcal/kg)	3374	3374	3374	3374
Proteína bruta (%)	16,20	16,20	16,20	16,20
Cálcio (%)	0,54	0,54	0,54	0,54
Fósforo total (%)	0,57	0,57	0,57	0,57
Fósforo disponível (%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Lisina (%)	0,82	0,82	0,82	0,82
Metionina+cistina (%)	0,62	0,62	0,62	0,62
Metionina (%)	0,27	0,27	0,27	0,27
Triptófano (%)	0,16	0,16	0,16	0,16

¹Farelo de arroz desengordurado.

²Suplemento Mineral: Cobre (30.000mg), Zinco (160.000mg), Iodo (1.900mg), Fe (100.000mg), Mn (70.000mg), Selênio (500mg), Zinco (80.000 mg), Ferro (70.000 mg), Cobalto (500 mg)

³ Suplemento Vitamínico: Vit. A (8.000.000 UI), Vit.D₃ (1.200.000 UI), Vit.E (20.000 mg), Vit. K₃ (2500mg) Vit. B₁₂ (20.000), Tiamina B₁ (1.000mg), Riboflavina B₂ (4.000mg), Pirodoxina B₆ (2.000mg), Niacina (25.000mg), Ac. Pantoténico (10.000mg), Biotina (50mg), Ac Fólico (600mg), Antioxidante (125mg).

3.5 Enzima utilizada

Neste experimento foi utilizada a enzima fitase Natuphos G 5000[®], lote 0000301053, fornecida pela BASF Corporation, obtida através da recombinação gênica de fungos *Aspergillus niger* e *Aspergillus ficuum*. Este produto comercial é um pó, com atividade preconizada pelo fabricante de 5000 unidades de fitase/g (FTU/g).

3.6 Metodologia usada na coleta total de fezes e urina

Os animais foram alojados em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968). As gaiolas estavam localizadas em sala de metabolismo equipada com ar condicionado, permitindo o controle parcial da temperatura interna da sala. Os ensaios de metabolismo foram repetidos em 2 períodos consecutivos. Cada período teve duração de 12 dias, sendo sete dias destinados à adaptação dos animais às gaiolas, às rações experimentais e ao ajuste voluntário do consumo. Os cinco dias restantes foram destinados à coleta total de fezes e urina. Para determinar o início e o final da coleta de fezes e urina, utilizou-se o óxido férrico (Fe₂O₃) como marcador fecal.

Durante o ensaio, as rações foram fornecidas aos suínos com base no peso metabólico (PV^{0,75}), divididas em dois arraçoamentos, às 8 e às 16 horas, e umedecidas para evitar perdas e facilitar a ingestão. A água foi fornecida à vontade. As fezes foram coletadas diariamente e acondicionadas em sacos plásticos mantidos em congelador (-10° C). A urina foi também coletada diariamente em balde plástico com filtro, a fim de prevenir contaminações. Ao balde foram adicionados 20 ml de ácido clorídrico (HCl) para evitar as proliferações bacterianas e possíveis perdas de nitrogênio. Foi adicionada água destilada na urina, objetivando a padronização do volume coletado em 3000 ml.

Desse total, foi retirada uma alíquota de 300 mL por animal, posteriormente armazenada em congelador (-10°C). Ao final do período de coleta, as fezes e a urina foram homogeneizadas para posteriores análises laboratoriais. Os demais procedimentos utilizados foram de acordo com a metodologia para estudo de metabolismo descrita por Fialho et al. (1979).

3.7 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 4 tratamentos em 2 blocos com 3 repetições (animais), sendo a unidade experimental representada por 1 animal (gaiola de metabolismo).

O modelo estatístico adotado para análise foi:

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + B_j + e_{ijk},$$

Em que:

Y_{ijk} = observação da repetição “k” (animal) submetido ao tratamento i, no bloco j;

μ = média geral;

F_i = efeito do tratamento “i”, sendo i = 1, 2, 3 e 4

B_k = efeito do bloco “j”, sendo j = 1 e 2;

e_{ijk} = erro experimental associado a cada observação, independentemente distribuído, com média 0 e variância δ^2 .

As variáveis analisadas foram: matéria seca digestível (MSD) coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), balanço energético (BE), nitrogênio excretado nas fezes (NEF), nitrogênio excretado na urina (NEU), retenção de nitrogênio (RN) e teor de cinzas e minerais nas fezes.

As análises estatísticas dos resultados obtidos foram realizadas segundo programa estatístico SISVAR (Sistema para análise de variância de dados balanceados), desenvolvido por Ferreira (2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Digestibilidade dos nutrientes

Os valores de matéria seca digestível (MSD), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), balanço energético (BE), nitrogênio excretado nas fezes (NEF), nitrogênio excretado na urina (NEU) e retenção de nitrogênio (RN) das rações em função dos níveis de fitase, são apresentados na Tabela 2.3.

TABELA 2.3. Matéria seca digestível (MSD), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), balanço de energia (BE), nitrogênio excretado nas fezes (NEF), urina (NEU) e retenção de nitrogênio (RN) dos suínos em função dos níveis de fitase¹.

Variável	Nível de fitase (FTU /Kg)				
	0	400	800	1200	CV (%)
MSD (%) ²	85,16	85,33	85,83	86,00	1,54
CDPB (%) ³	82,33	83,33	83,66	85,00	1,79
ED (kcal/kg) ²	3840	3791	3873	3824	1,89
EM (kcal/kg) ²	3735	3698	3794	3716	1,98
BE (kcal/dia) ²	4398	4167	4284	4265	5,47
NEF (g/dia) ⁴	7,33	6,33	6,33	6,16	12,87
NEU (g/dia) ⁴	9,33	6,00	6,16	6,33	30,30
RN (g/dia) ³	24,00	26,33	27,00	27,50	10,64

¹Valores expressos na base da matéria seca.

²Não significativo ($p>0,05$).

³Efeito linear ($p<0,05$)

⁴Efeito quadratico ($p<0,05$).

O desdobramento da análise de variância em polinômios ortogonais indicou um efeito linear ($P < 0,05$) para as variáveis coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), nitrogênio excretado nas fezes (NEF), nitrogênio excretado na urina (NEU) e retenção de nitrogênio (RN), em função dos níveis de fitase nas rações (Figuras 2.1., 2.2 e 2.3). Foi observado um aumento no CDPB à medida que se elevaram os níveis de fitase. Estes resultados podem ser explicados em função da possível liberação do complexo fitato/proteína das rações, conforme constatado por Selle et al. (1997), que também verificaram melhora nos valores de digestibilidade dos nutrientes ao utilizarem 625 FTU/kg de fitase nas rações de suínos.

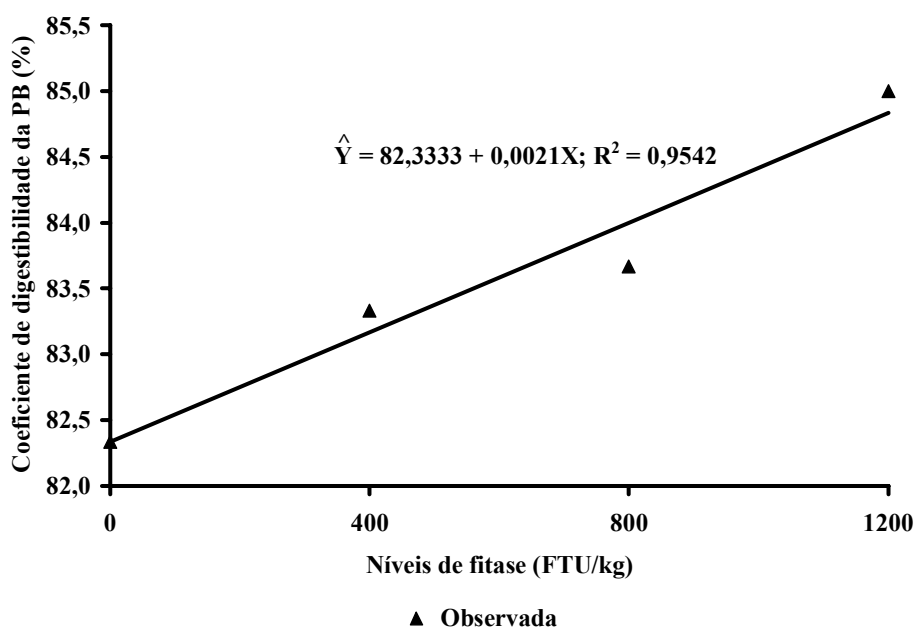


FIGURA 2.1. Efeito dos níveis de fitase na ração sobre o coeficiente de digestibilidade da proteína bruta.

Considerando que o ácido fítico pode complexar-se com enzimas como tripsina e pepsina (Mroz et al.,1994), podendo interferir na digestibilidade da proteína das rações, a redução na sua concentração no sistema digestivo, devida à ação da fitase, pode ter se constituído em outro fator que também contribuiu para os resultados obtidos.

Entretanto, Ketaren et al. (1993) não verificaram efeito da suplementação da enzima sobre a digestibilidade aparente da proteína em material coletado nas fezes, apesar de terem registrado aumento na digestibilidade da proteína e retenção de energia pela adição de fitase, em material coletado no íleo. Fialho et al. (2000), utilizando rações à base de milho e farelo de soja, também suplementadas com 0, 400 e 800 FTU/kg de fitase, verificaram aumento no CDPB em função da suplementação, resultados semelhantes aos observados no presente experimento.

Como pode ser observado nas Figuras 2.2 e 2.3, houve efeito quadrático sobre a retenção de nitrogênio nas fezes e urina em função da ação da fitase, sendo os níveis de 860 e 880 FTU/kg de fitase os que proporcionaram os menores teores nitrogênio nas fezes e na urina, respectivamente.

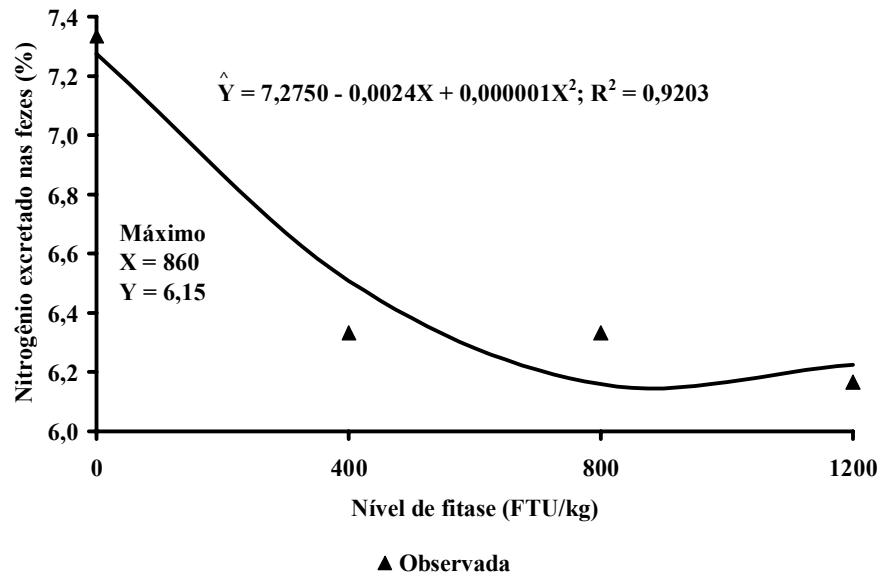


FIGURA 2.2. Efeito dos níveis de fitase na ração sobre o teor de nitrogênio excretado nas fezes.

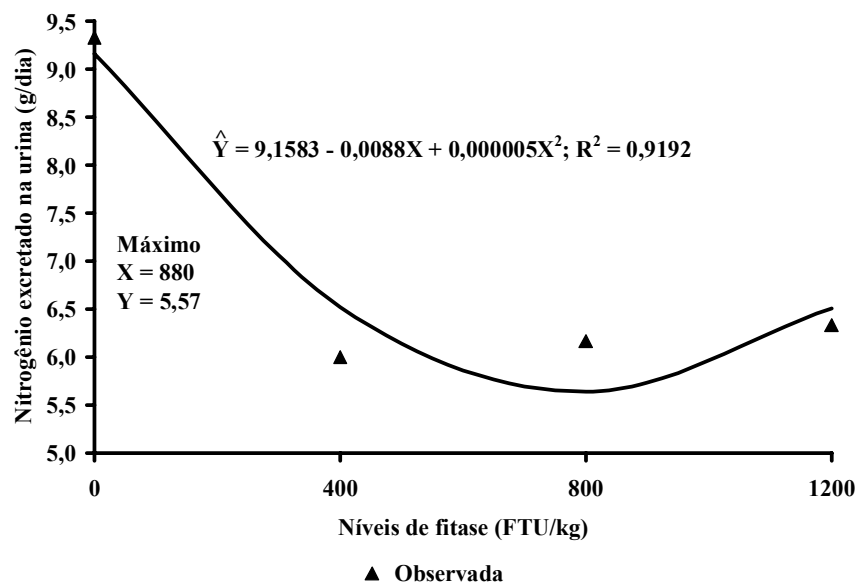


FIGURA 2.3. Efeito dos níveis de fitase na ração sobre o teor de nitrogênio excretado na urina.

De acordo com Quian et al. (1996), a suplementação com fitase em rações para suínos deve ocorrer quando esta apresentar uma relação Ca:P mais baixa possível, próxima a 1,2:1. Quando a relação molar de cátions (cálcio e fósforo) estiver acima de 2:1 ou 3:1, a formação do complexo insolúvel é muito maior. Segundo Oberleas & Harland (1996), como o fitato se liga a aminoácidos básicos da proteína, esta não será liberada se estiver ligada a um complexo mais resistente à ação da fitase.

A enzima atua liberando o fósforo fítico e, por extensão, o nitrogênio do grupo amina de algum aminoácido ligado ao fósforo fítico. As rações utilizadas no presente experimento apresentaram uma relação Ca:P próxima de 2:1 o que pode ter proporcionado uma ação da fitase sobre o fósforo fítico liberando nitrogênio para absorção. Resultados semelhantes também foram verificados por Bruce & Sundst (1995), que observaram menor excreção de nitrogênio em dietas suplementadas com 375 e 750 FTU/kg de fitase com a mesma relação Ca:P. Murray et al. (1997) encontraram redução na quantidade de nitrogênio excretado e também tendências em aumentar a retenção de nitrogênio ao adicionarem 0, 700 e 1000 FTU/kg de fitase em rações de suínos em crescimento. Resultados semelhantes aos encontrados no presente experimento também foram verificados por Fialho et al. (2000), que constataram redução na excreção de nitrogênio ao adicionarem fitase (0, 400 e 800 FTU/kg) para suínos em crescimento, e Grandhi (2001), que verificando o efeito da fitase (500 FTU/kg) sobre a excreção N em suínos na fase de terminação submetidos a rações à base de cevada e farelo de trigo, constatou que a suplementação com fitase diminuiu em 44% a excreção de N nas fezes.

No presente experimento foi constatado um efeito linear na retenção de nitrogênio, conforme ilustra a Figura 2.4.

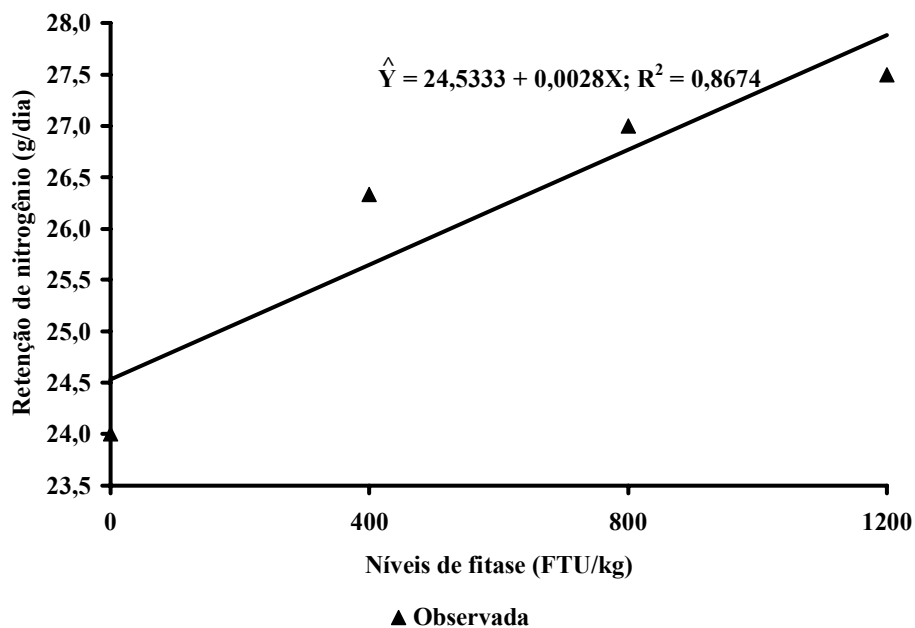


FIGURA 2.4. Efeito dos níveis de fitase na ração sobre a retenção de nitrogênio durante o ensaio de metabolismo.

Resultados semelhantes foram observados por Selle et al. (1996), que verificaram maior retenção de nitrogênio ao utilizarem 625 FTU/kg de fitase em rações de suínos em crescimento e por Ludke et al. (2000b), que também verificaram efeito linear na RN em animais que consumiram rações suplementadas com níveis de 220 a 508 FTU/kg de fitase. Resultados diferentes foram encontrados por Fialho et al. (2000), que não constataram influência da fitase sobre a retenção de nitrogênio em rações para suínos durante a fase de crescimento.

Não houve efeito dos níveis de fitase sobre a digestibilidade da matéria seca e valores de energia digestível e metabolizável das rações. Estes resultados diferem dos encontrados por Mroz et al. (1994), Ludke et al. (2000a) e Fialho et

al. (2000), que constataram aumento da digestibilidade da matéria seca e energia ao adicionarem enzimas em rações de suínos. Todavia, O'Quinn et al. (1997), trabalhando com suínos em crescimento submetidos a rações à base de sorgo e farelo de soja, também não encontraram efeito da fitase (0, 300 e 500 FTU/kg) sobre os valores de ED e EM, resultados semelhantes aos observados no presente experimento. A influência dos níveis de fitase sobre os valores de ED e EM, era esperado em virtude das rações utilizadas serem isoenergéticas. Dudley-Cash (1999) afirmam que grande parte dos efeitos do ácido fítico sobre a utilização dos nutrientes são associados à formação de complexos com o fitato, incluindo o amido e ácidos graxos. Como as demais variáveis de metabolismo estudadas neste trabalho tiveram melhora linear, é provável que sejam necessários níveis mais altos de enzima para melhor aproveitamento da energia das rações.

4.2 Teores de cinzas, cálcio, fósforo nas fezes

Os teores de médios de cinzas, cálcio e fósforo excretados nas fezes dos suínos encontram-se na Tabela 2.4.

TABELA 2.4. Teores médios de cinza, cálcio e fósforo excretados nas fezes dos suínos durante o experimento de digestibilidade total, em função dos diferentes níveis de fitase (%)*.

Nível de fitase (FTU/kg)	FATORES ANALISADOS		
	Cinza**	Cálcio**	Fósforo**
0	18,72	2,83	2,95
400	17,33	1,72	2,01
800	16,46	1,59	1,93
1200	16,99	1,61	1,86
Média geral	17,37	1,94	2,19
CV (%)	6,14	16	11,4

*Na base da matéria seca.

**Efeito Quadrático ($P < 0,05$).

O desdobramento da análise de variância em polinômios ortogonais indicou um efeito quadrático ($P < 0,05$) para todas as variáveis em função dos níveis de fitase nas rações (Figuras 2.5, 2.6. e 2.7). O nível de 850 FTU/kg proporcionou os menores teores de cinzas, fósforo e 775 FTU/kg o menor teor de cálcio nas fezes. A suplementação com fitase reduziu em 88, 56 e 65%, a excreção fecal de cinza, cálcio e fósforo, respectivamente. Ao verificar a diminuição da excreção de fósforo com a utilização da fitase em rações apresentando o mesmo teor de fósforo total, pode-se mensurar o efeito da enzima na diminuição da excreção desse elemento. A redução da excreção de fósforo total é resultado de uma maior absorção desse elemento, indicando mais uma vez o efeito da fitase em hidrolisar o fósforo fítico contido nos ingredientes vegetais. Os resultados do presente trabalho são condizentes com os citados por diversos autores.

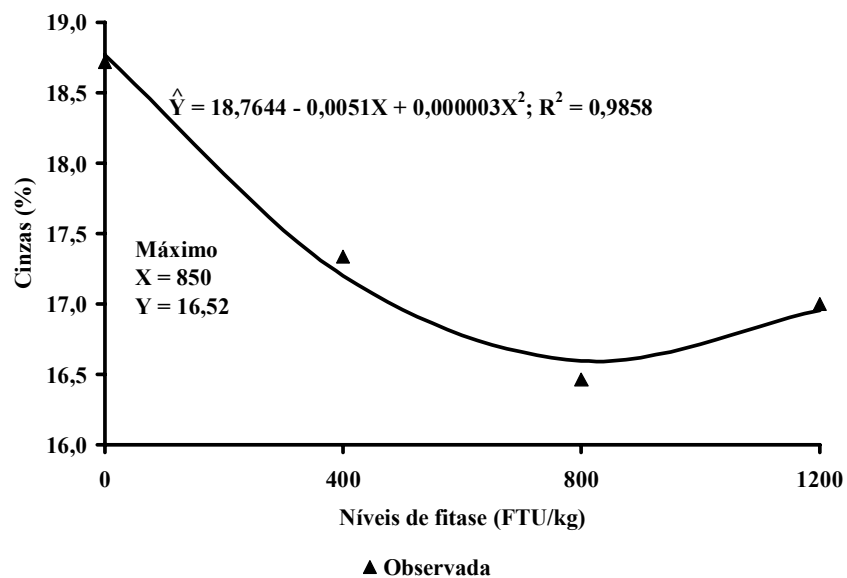


FIGURA 2.5. Efeito dos níveis de fitase sobre o teor de cinzas nas fezes dos suínos durante o ensaio de digestibilidade total.

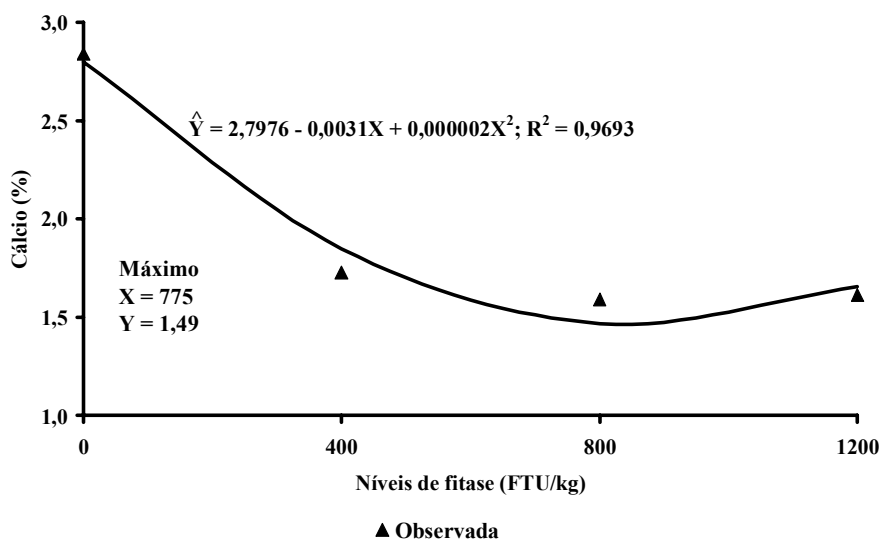


FIGURA 2.6. Efeito dos níveis de fitase sobre o teor de cálcio nas fezes dos suínos durante o ensaio de digestibilidade total.

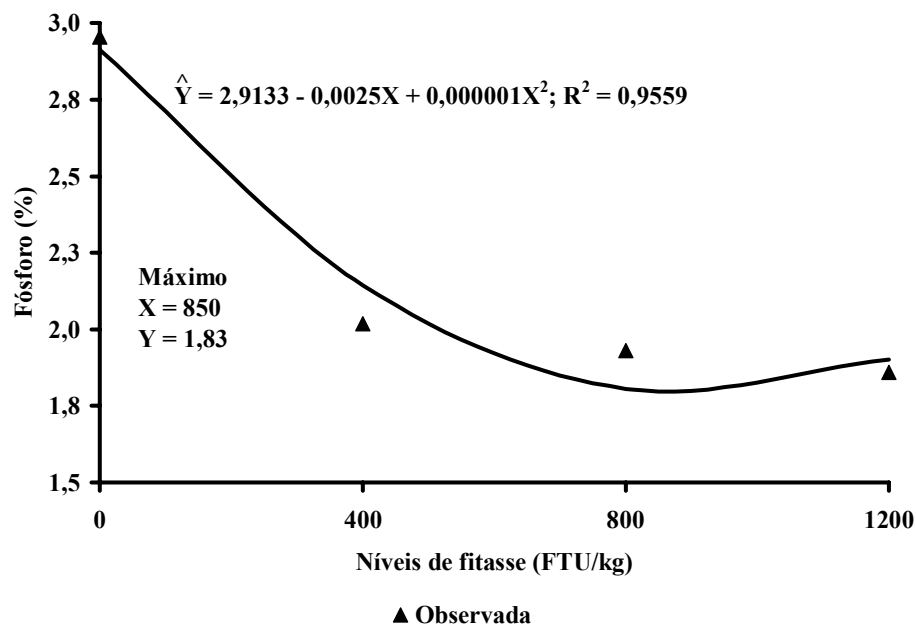


FIGURA 2.7. Efeito dos níveis de fitase sobre o teor de fósforo nas fezes dos suínos durante o ensaio de digestibilidade total.

Mroz et al. (1994), trabalhando com suínos submetidos a rações suplementadas com diferentes níveis de fitase proveniente do *Aspergillus niger* (0, 300, 600, FTU/kg de ração), verificaram que os níveis crescentes de suplementação melhoraram significativamente a disponibilidade de minerais, principalmente o cálcio e o fósforo total. Estes autores também observaram que a adição de fitase melhorou a retenção (g/dia) de cálcio e fósforo, diminuindo sua excreção para 2,2 e 1,9 g/dia, respectivamente.

Resultados semelhantes aos observados no presente trabalho foram verificados por Jongbloed et al. (1992). Estes autores constataram concentrações menores de fósforo total nas fezes de suínos em crescimento ao suplementarem rações com 1500 FTU/kg de proveniente do *Aspergillus niger*. A

disponibilidade de fósforo com e sem fitase foi de 18,5 e 29,7%, enquanto em todo trato o digestivo foi de 27 e 29%, respectivamente, para as rações sem e com fitase. Avaliando níveis de fitase Cromwell et al. (1995) observaram que a absorção diária de fósforo aumentou linearmente com o aumento dos níveis de fitase (250, 500, 1000 FTU/kg) para suínos em crescimento. A excreção fecal de fósforo com relação ao fósforo consumido diminuiu linearmente com o aumento de fitase e com a diminuição de fósforo na ração, reduzindo em 31% em comparação com a ração com nível adequado de fósforo. Semelhantemente aos tratamentos utilizados no presente experimento, esses autores também utilizaram rações com níveis de fósforo disponível abaixo dos níveis de requerimento.

Por outro lado, Bruce & Sundst (1995) verificaram que a fitase não afetou a excreção de cálcio, ao utilizarem níveis de fitase (0 a 400 e 800 FTU/kg) para suínos em crescimento. Efeitos contrários foram observados por Murray et al. (1997), que utilizando rações tanto com níveis baixos de fósforo como em níveis adequados, suplementadas com 0, 700, e 1000 FTU/kg de fitase, observaram, em todos os tratamentos, redução linear na quantidade de fósforo excretado nas fezes. Efeitos da fitase sobre a diminuição na excreção de fósforo e cálcio também foram observados por Lei et al. (1993a), trabalhando com leitões desmamados submetidos a rações suplementadas com 627 e 750 FTU/kg. Os autores observaram que a ação da fitase proporcionou uma redução na excreção de fósforo nas fezes de 24%. Resultados semelhantes foram observados por Grandhi (2001), que verificando efeito da fitase (500 FTU/kg) sobre a excreção de fósforo e em suínos na fase de crescimento submetidos a rações à base de cevado e farelo de trigo, observou que a suplementação com fitase reduziu a excreção de fósforo nas fezes em até 28%.

Ao suplementar rações à base de sorgo e farelo de soja com 0, 300 e 500 FTU/kg (*Aspergillus niger*) para suínos em terminação, O'Quinn et al. (1997) constataram que a fitase proporcionou redução na quantidade de fósforo e cálcio

excretado nas fezes. Utilizando níveis semelhantes de cálcio e fósforo (0,60 e 0,50%) em rações à base de milho e farelo de soja suplementadas com 300 FTU/kg de fitase para suínos em crescimento, Roberson et al. (2000) constataram um efeito quadrático na excreção destes minerais nas fezes dos animais. Estes autores sugerem que os níveis de cálcio podem ser reduzidos quando se utiliza fitase na ração. Os níveis de fitase mais altos necessários para disponibilizar este minerais no presente trabalho, em comparação com os citados na literatura, deve-se, provavelmente, à presença do farelo de arroz desengordurado (FAD) nas rações utilizadas. Isto ocorreu devido ao fato do FAD apresentar maior concentração de fósforo fítico.

Estes resultados são semelhantes aos observados por Figueiredo et al. (2000), que também trabalhando com níveis altos de fitase em rações com e sem farelo de arroz integral com dois níveis de fósforo total (0,34 e 0,56 %) suplementadas ou não com fitase (1250 FTU/kg), para leitões em crescimento, concluíram que a enzima reduziu o fósforo excretado nas fezes e melhorou a biodisponibilidade do fósforo das rações, com conseqüente redução da poluição ambiental.

4.3 Teores de zinco, manganês e magnésio nas fezes

Os teores de médios de zinco, manganês e magnésio excretados nas fezes dos suínos encontram-se na Tabela 2.5.

TABELA 2.5. Teores médios de zinco, manganês e magnésio excretados nas fezes dos suínos durante o experimento de digestibilidade total, em função dos diferentes níveis de fitase (ppm)*.

Nível de fitase (FTU/kg)	FATORES ANALISADOS		
	Zinco ^{Ns}	Manganês ^{**}	Magnésio ^{Ns}
0	161,72	478,21	0,865
400	158,99	441,74	0,851
800	165,73	435,31	0,883
1200	160,96	419,24	0,856
Média geral	161,83	443,62	0,864
CV (%)	5,29	4,28	4,73

*Na base da matéria seca.

**Efeito linear (P < 0,05).

Ns - Não significativo (P > 0,05).

O desdobramento da análise de variância em polinômios ortogonais indicou um efeito linear (P<0,05) sobre o teor de manganês nas fezes (Figura 2.8), não tendo sido afetada a excreção de zinco e magnésio. Tais resultados indicam que a fitase, pelo seu efeito sobre a hidrólise do fósforo fítico, tem ação importante na liberação do manganês. A deficiência de manganês é mais acentuada em rações com alto teor de fitato. Davies & Nightingale (1975), citados por Domene (1996), em estudos com ratos verificaram que níveis crescentes de fitato nas dietas influenciaram a absorção e excreção de manganês, enquanto Davis et al. (1961) mencionam que rações contendo proteína de soja com alto fitato reduziu a disponibilidade de manganês para aves.

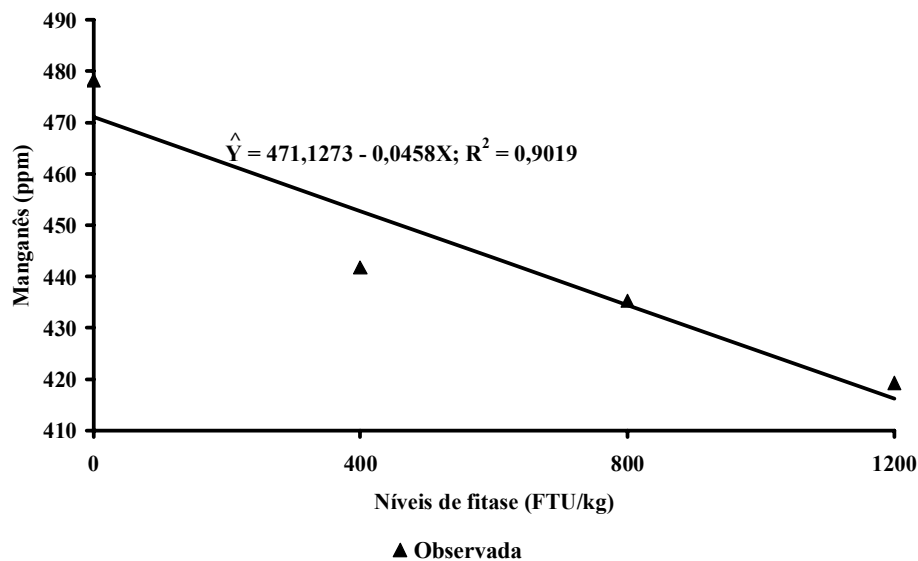


FIGURA 2.8. Efeito dos níveis de fitase sobre o teor de manganês nas fezes dos suínos durante o ensaio de digestibilidade total.

Resultados semelhantes aos encontrados no presente trabalho foram verificados por Hohler (1992), que observou a influência da suplementação com fitase sobre a absorção de manganês em suínos na fase de crescimento. Os baixos níveis de cálcio nas rações utilizadas no presente trabalho também devem ter contribuído para melhor absorção do manganês. Sebastian et al. (1996a) verificaram que níveis baixos de cálcio em rações suplementadas com fitase proporcionaram melhor absorção de manganês. Os níveis de fitase não influenciaram a excreção de zinco nas fezes dos suínos. O'Dell & Deboland (1962) mencionam que o complexo zinco-fitato-proteína é responsável pelo aumento da exigência de zinco nas rações. Os resultados encontrados no presente trabalho são diferentes dos encontrados em aves por Sebastian et al.

(1996b), que utilizando 600 FTU/kg de fitase em rações à base de milho e farelo de soja, observaram aumentos na retenção de zinco.

Esses resultados também foram observados por Lei et al. (1993c), que em dois experimentos para determinar os efeitos da fitase (*Aspergillus ficuum*) nos níveis de 0 e 1350 FTU/kg sobre a digestibilidade e retenção de zinco para suínos em crescimento, verificaram que a suplementação proporcionou aumento na disponibilidade do zinco. Menciona-se, entretanto, que ao contrário ao do presente trabalho, esses autores formularam as rações com baixos níveis de zinco. Os níveis de fitase não influenciaram a excreção de magnésio nas fezes dos suínos. Esses resultados são semelhantes aos observados por Hohler (1992) e Bruce & Sundst (1995), que não verificaram influência da suplementação com fitase sobre a absorção de magnésio em suínos na fase de crescimento. Da mesma forma, em aves, Sebastian et al. (1996b) não verificaram influência dos níveis de fitase sobre a absorção de magnésio.

Os resultados encontrados no presente experimento indicam que a fitase pode ser efetiva na redução da poluição ambiental através da redução da excreção e, conseqüentemente, da maior digestibilidade dos minerais das rações.

5 CONCLUSÕES

A utilização de fitase em rações para suínos em crescimento melhorou os valores de digestibilidade dos nutrientes e diminuiu a excreção de nitrogênio, mas não afetou os valores energéticos das rações.

Os níveis de 860 e 880 FTU/kg de fitase proporcionaram os menores teores de nitrogênio nas fezes e na urina, respectivamente.

A fitase reduziu de forma linear a excreção fecal de manganês e de forma quadrática excreção fecal de cálcio e fósforo, mas não afetou a excreção de zinco e magnésio nas fezes dos suínos.

Os níveis de 775 e 850 FTU/kg de fitase proporcionaram as menores taxas de excreção de cálcio e fósforo, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Agricultural chemicals, contaminants and drugs. In: _____. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 15. ed. Arlington, 1990. v. 1, 684 p. 1990.

ATWALL, A. S.; ESKIN, N. A. M.; McDONALD, B. E.; ISMAIL, F. The effect of phytate on nitrogen utilization and zinc metabolism in young rats. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v. 21, n. 2, p. 257-267, 1980.

BAKER, D. H. Beyond phosphorus: phytase effects on protein, energy and trace-mineral utilization of swine and poultry. BASF TECHNICAL SYMPOSIUM: Carolina Swine Nutrition Conference, 7, 1998, Durham. **Proceedings....** Durham, NC, 1998. p. 48-62.

BALLAM, G. C.; NELSON, T. S.; KIRBY, L. K. Effect of fiber and phytate source and of calcium and phosphorus level on phytate hydrolysis in the chick. **Poultry Science**, Champaign, v. 63, n. 2, p. 333-338, Feb. 1984.

BRUCE, J. A. M.; SUNDST, F. The effect of microbial phytase in diets for pigs on apparent ilea and faecal digestibility, pH and flow digesta measurements in growing pigs fed a high-fiber diet. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 75, n. 1, p. 121-127, Jan. 1995.

CROMWELL, G. L.; COFFEY, R. D.; PARKER, G. R. Efficacy of a recombinant-derived phytase in improving the bioavailability of phosphorus in corn-soybean meal diets for pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 7, p. 2000-2008, July 1995.

DAVIS, P. N.; NORRIS, L. C.; KRATZER, F. H. Interference of soybean meal and corn-soybean meal diets pigs. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 77, n. 2, p. 217-223, June. 1962.

DOMENE, S. M. A. **Estudo do valor nutritivo mineral do farelo de arroz. Utilização do zinco, ferro cobre, e cálcio pelo rato em crescimento.** 1996. 104 p. Tese (Doutorado em Ciência da Nutrição) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

DUDLEY-CASH W. A. Phytase improves amino acid digestibility of feed ingredients. **Feedtuffs**, Minneapolis, v. 71, n. 23, p. 15-18, June. 1999.

FERREIRA, D. F. **Sistema de análise de variância para dados balanceados: SISVAR.** Lavras: UFLA, 2000.

FIALHO, E. T.; LIMA, J. A. F.; SILVA, H. O.; OLIVEIRA, V.; SOUSA, R. V. Efeito da fitase sobre a digestibilidade dos nutrientes e energia em rações de suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000. Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. CD-ROM.

FIALHO, E. T.; ROSTAGNO, H. S.; FONSECA, J. B.; SILVA, M. A. Efeito do peso vivo sobre o balanço energético e protéico de rações à base de milho e de sorgos com diferentes conteúdos de tanino para suínos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 8, n. 3, p. 386-397, maio/jun. 1979.

FIGUEIREDO, A. V.; FIALHO, E. T.; VITTI, D. M. S. S. et al. Ação da fitase sobre a biodisponibilidade biológica do fósforo por intermédio da técnica de diluição isotópica em dietas com farelo de arroz integral para suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 177-182, jan./fev. 2000.

FIREMAN, F. A. T.; LOPEZ, J.; BARBOSA, A. K.; FIREMAN, A. T. Desempenho e custo de suínos alimentados com dietas contendo 50% de farelo de arroz integral suplementados com fitase e/ou celulase. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, Mayaguez, v. 8, n. 1, p. 18-23, 2000.

GRANDHI, R. R. Effect of supplemental phytase and ideal dietary amino acid ratios in covered and hullless-barley-based diets on pig performance and excretion of phosphorus and nitrogen in manure. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 81, n. 1, p. 115-124, Mar. 2001.

HOHLER, D Influence of supplementing a maize-soyabean meal diet with citric and fumaric acid on the utilization of zinc and other minerals in piglets. **Institut fuer Tierernahrung**, Stuttgart, v. 1, n. 1, p. 183, 1992

JONGBLOED, A. W.; MROZ, Z.; KEMME, P. A. The effect of supplementary *Aspergillus niger* phytase in diets for pigs on concentration and apparent digestibility of dry matter, total phosphorus, and phytic acid in different sections of the alimentary tract. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 4, p. 1159-1168, Apr. 1992.

KETAREN, P. P.; BATTERHAM, E. S.; DETTMANN, E. B.; FARRELL, D. J. Phosphorus studies in pigs. 3. Effect of phytase supplementation on the digestibility and availability of phosphorus in soya-bean meal for grower pigs. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 70, n. 1, p. 289-311, July. 1993.

LEI, X. G.; KU, P. K.; MILLER, E. R.; ULLREY, D. E.; YOKOYAMA, M. T. Supplemental microbial phytase improves bioavailability of dietary zinc to weanling pigs. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 123, n. 6, p. 1117-1123, June. 1993c.

LEI, X. G.; KU, P. K.; MILLER, E. R.; YOKOYAMA, M. T. Supplementing corn-soybean meal diets with microbial phytase linearly improves phytate phosphorus utilization by weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 12, p. 3359-3367, Dec. 1993a.

LEI, X. G.; KU, P. K.; MILLER, E. R.; YOKOYAMA, M. T.; ULLREY, D. E. Supplementing corn-soybean meal diets with microbial phytase maximizes phytate phosphorus utilization by weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 12, p. 3368-3375, Dec. 1993b.

LESKE, K. L.; CONN, C. N. A. Bioassay to determine the effect of phytase on phytate phosphorus hydrolysis and total phosphorus retention of feed ingredients as determined with broilers and laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, n. 8, p. 1152-1157, Aug. 1999.

LIU, J.; BOLLINGER, D. W.; LEDOUX, D. R. et al. Soaking increases the efficacy of supplemental microbial phytase in a low-phosphorus corn-soybean meal diet for growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 5, p. 1292-1298, Dec. 1997.

LUDKE, M. C. M. M.; LOPEZ, J.; LOPEZ, J.; NICOLAIEWSKI, S. Efeito da fitase em dietas com ou sem fosfato inorgânico para suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 485-494, mar./abr. 2000b.

LUDKE, M. C. M. M.; LOPEZ, J.; BRUM, P. A. S.; LUDKE, J. V. Influência da fitase na utilização de dietas compostas por milho e farelo de soja para suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 1402-1413, set./out. 2000a.

LUNDEEN, T. Dietary phytase improves performance, mineral digestibility. **Feedstuffs**, Minneapolis, n. 24, p. 12-13, Jan. 2000.

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W. et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Research Report**, v. p. 3-11, 1965.

MROZ, Z.; JONGBLOED, A. W.; KEMME, P. A. Apparent digestibility and retention of nutrients bound to phytate complexes as influenced by microbial phytase and feeding regimen in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 1, p. 126-132, Jan. 1994.

MROZ, Z.; JONGBLOED, A. W.; KEMME, P. A. et al. Ileal and overall digestibility of nitrogen and amino acids in a diet for pigs as influenced by *Aspergillus niger* phytase and feeding frequency or levels. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM PROTEIN METABOLISM AND NUTRITION, 6, 1991, Herning. **Proceedings...** Foulum : EAAP, 1991. p. 225-227.

MURRAY, A. C.; LEWIS, R. D.; AMOS, H. E. The effect of microbial phytase in a pearl millet-soybean meal diet on apparent digestibility and retention of nutrients, serum mineral concentration and bone mineral density of nursery pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 5, p. 1284-1291, May 1997.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrients requirements of swine**. 10. ed. Washington, DC: National Academic of Science, 1998. 186 p.

NELSON, T. S.; FERRARA, L. W.; STORER, N. L. Phytate phosphorus content of feed ingredients derived from plants. **Poultry Science**, Champaign, v. 47, n. 6, p. 1372-74, Nov. 1968.

NELSON, T. S.; SHIEH, T. R.; WODZINSKI, R. J.; WARE, J. H. Effect of supplemental phytate phosphorus by chicks. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 101, n. 9, p. 1289-1294, Sept. 1971.

O'DELL, B. L.; DeBOLAND, A. Complexation of phytate with proteins and cations in corn germ and oilseeds meals. **Journal of Agriculture Food Chemistry**, Washington, v. 24, n. 4, p. 804-808, July/Aug. 1976.

O'QUINN, P. R.; KNABE, D. A.; GREZ, E. J. Efficacy of Natuphos in sorghum-based diets of finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 5, p. 1299-1307, May 1997.

OBERLEAS, D.; HARLAND, B. F. Impact of phytate on nutrient availability. In: COELHO, M. B.; KORNEGAY, E. T. (Coord.). **Phytase in animal nutrition and waste management**. Mount Olive: BASF Corporation, 1996. p. 77-84.

OBERLEAS, D.; MUHRER, M. E.; O'DELL, B. L. Effect of phytic acid on zinc availability and parakeratosis in swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 21, n. 1 p. 57-61, Feb. 1962.

OMETO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 425 p.

PEKAS, J. C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 27, n. 5, p. 1303-1306, Sept. 1968.

QUIAN, 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**, Champaign, v. 74, n. 6, p. 1288-1297, June. 1996.

ROBERSON, K. D.; STALDER, K. J.; LOVEDAY, H. D.; MASINCUPP, F. B. Effect of dietary calcium level on growth performance, phosphorus digestibility and bone mineralization of lean-type growing-finishing pigs fed a low phosphorus diet supplemented with phytase. **Journal of Applied Animal Research**, Izatnagar, v. 17, n. 1, p. 57-68, 2000.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2000. 141 p.

SCOTT, M. L.; NESHEIM, M. L.; YOUNG, R. J. **Alimentación de la aves**. Barcelona: GEA, 1973. 507 p.

SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S. P.; CHAVEZ, E. R. Implications of phytic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition: a review. **World's Poultry Science Journal**, Wageningen, v. 54, n. 1, p. 27-47, Mar. 1998.

SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S. P.; CHAVEZ, E. R.; LAGUE, P. C. The effects of supplemental microbial phytase on the performance and utilization of dietary calcium, phosphorus, copper and zinc in broiler chickens fed corn-soybean diets. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, n. 2, p. 729-736, Feb. 1996a.

SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S. P.; CHAVEZ, E. R.; LAGUE, P. C. Efficacy of supplemental microbial phytase at different dietary calcium levels on growth performance and mineral utilization of broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, n. 12, p. 1523-1769, Dec. 1996b.

SELLE, P. H. The potential of microbial phytase the sustainable production of pigs and poultry. Ansong, Korea: Korean Society of Animal Nutrition and Feedstuffs, 1997. p.124. (7th Short Course and Feed Technology).

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1998. 166 p.

SIMONS, P. C. M.; VERSTEEGH, H. A. J. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. **British Journal of Nutrition**, London, v. 64, n. 3, p. 525-540, Nov. 1990.

YI, Z.; KORNEGAY, E. T.; RAVINDRAN, V.; LINDEMANN, M. D.; WELSON, J. H. Effectiveness of Natuphos phytase in improving the bioavailability of phosphorus and other nutrients in soybean meal-based semi purified diets for young pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, n. 7, p. 1601-1611, July. 1996.

CAPÍTULO 3

INFLUÊNCIA DA FITASE SOBRE A DIGESTIBILIDADE ILEAL APARENTE DA PROTEÍNA, AMINOÁCIDOS E ABSORÇÃO DE MINERAIS EM SUÍNOS NA FASE DE CRESCIMENTO

RESUMO

Silva, Hinaldo Oliveira. Influência da fitase sobre a digestibilidade ileal aparente da proteína e aminoácidos e absorção de minerais em suínos na fase de crescimento. **In: _____ Fitase em rações para suínos em crescimento: Digestibilidade total, ileal e desempenho.** Lavras: UFLA, 2003. p.69-127. (Tese- Doutorado).¹

Objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar o efeito dos níveis de fitase sobre a digestibilidade ileal aparente da proteína, aminoácidos e absorção de minerais em rações de suínos em crescimento. Os tratamentos consistiram de quatro rações, T1- milho+farelo de soja+ farelo de arroz desengordurado (FAD); T2- milho+farelo de soja; T3- farelo de soja+FAD e T4 – farelo de soja suplementadas com quatro níveis de fitase (0, 400, 800 e 1200 FTU/kg). As rações foram formuladas de acordo com Rostagno et al. (2000), exceto para cálcio e fósforo disponível. Foram utilizados oito suínos canulados com cânula T simples, distribuídos em um Delineamento em Quadrado Latino (DQL) 4. A enzima fitase utilizada foi a Natuphos 5000, tendo sido adicionado 0,25% de óxido crômico em todas as rações como indicador de digestibilidade. A suplementação com níveis de fitase melhorou o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta das rações, tendo o nível de 483 FTU/kg de proporcionado a melhor digestibilidade. A fitase melhorou o coeficiente de digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos das rações. Os níveis situados entre 440 e 900 FTU/kg de fitase foram os que proporcionaram os melhores resultados de digestibilidade ileal. Nas rações formuladas com farelo de arroz desengordurado foram observados os menores valores de digestibilidade ileal dos aminoácidos e menores taxas de absorção ileal de cálcio e fósforo. A utilização da enzima fitase aumentou a absorção ileal de cálcio e fósforo das rações tendo os níveis situados entre 440 e 900 FTU/kg de fitase proporcionado as maiores taxas de absorção. Conclui-se a suplementação com fitase melhora o coeficiente de digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos essenciais e melhora a taxa de absorção de cálcio e fósforo em rações para suínos em crescimento.

¹ Comitê Orientador: Elias Tadeu Fialho - UFLA (Orientador); Priscila Vieira Rosa Logato - UFLA; José Augusto de Freitas Lima - UFLA; Dalton de Oliveira Fontes – UFMG; Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA.

ABSTRACT

Silva, Hinaldo Oliveira. Influence of phytase on the apparent ileal digestibility of protein and amino acids and absorption of minerals in growing swine. **In: _____ Phytase growing swine diets: total, ileal digestibility and performance.** Lavras: UFLA, 2003. p.69-127. (Thesis- Doctorate).¹

The present assay was conducted in order to evaluate the effect of phytase levels supplementation on pig's diets, on the apparent ileal digestibility of protein, amino acids and absorption of minerals on growing pigs. The treatments consisted of four diets, T1- corn + soybean meal + defatted rice bran (DRB) ; T2 – corn + soybean meal; T3- soybean meal +FRB and T4- soybean meal supplemented with four levels of phytase (0, 400, 800 and 1200 FTU/kg). The diets were formulated according to Rostagno et al (2000), except for available calcium and phosphorus. Eight cannulated swine with a simple T cannula distributed into a Latin Square design in a 4 x 4 factorial scheme (diets x phytase levels) with four replicates. The enzyme phytase utilized was Natuphos 5000, and a 0.25% of chromic oxide as indicator was used. The supplementation with levels of phytase improved the apparent ileal digestibility coefficient of crude protein of the diets, the level of 483 FTU/kg of phytase having shown the best digestibility values. Phytase improved the apparent ileal digestibility coefficient of the all amino acids in the diets. The levels between 440 and 900 FTU/kg of phytase shown the best ileal AA digestibility values. In the diets formulated with defatted rice bran were observed the lowest values of ileal digestibility of amino acids and lowest ileal absorption rates of calcium and phosphorus. The supplementation of enzyme phytase increased the ileal absorption of calcium and phosphorus of the diets, the levels between 440 and 900 FTU/kg supplementation shown the highest absorption rates. It is concluded that phytase supplementation in pigs diets shown to be beneficial by improvement on the apparent ileal absorption of all essential AA and also in the absorption rate of calcium and phosphorus in growing pigs as well as improve the reduction of the environmental impact caused by pig's excrements.

¹ Comitê Orientador: Elias Tadeu Fialho - UFLA (Orientador); Priscila Vieira Rosa Logato - UFLA; José Augusto de Freitas Lima - UFLA; Dalton de Oliveira Fontes – UFMG; Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

Aproximadamente 66% do P (fósforo) contido nos grãos dos cereais estão na forma de fitato (inositol hexafosfato), uma forma química de baixa disponibilidade biológica para aves e suínos. O fitato, além de deixar indisponível o fósforo, quelata cátions bivalentes (Ca, Fe, Mg, Zn, Mn, Cu, etc.), complexa o grupo amina de alguns aminoácidos (lisina, arginina, histidina) interferindo na absorção (Ferket 1996), como também inibindo a atividade da tripsina e pepsina (Parr 1996). A suplementação de fósforo representa o terceiro maior item do custo das rações de suínos (Lima 1995) e sua baixa disponibilidade nos alimentos vegetais torna necessária a suplementação a partir de fontes minerais, com conseqüente aumento na quantidade de fósforo nos dejetos dos animais, acarretando sérios problemas ao meio ambiente por causa do processo de eutrofização, que diminui a quantidade de oxigênio nas águas dos rios e lagos (Cromwell, 1995).

A enzima fitase é responsável pela quebra da ligação ácido fosfórico inositol, sendo que a fitase microbiana tem sido utilizada nas rações de não ruminantes com o objetivo de tornar disponível o fósforo fítico e melhorar a digestibilidade da proteína bruta e dos aminoácidos pela quebra das ligações fitato - proteína ou pela redução do nível de ácido fítico presente no trato gastrointestinal (Mroz et al., 1994). Vários trabalhos têm relatado uma ação redutora do fitato sobre a atividade das enzimas proteolíticas (pepsina, tripsina) e amilolíticas (α -amilase), afetando a digestibilidade e disponibilidade da proteína, amido e, conseqüentemente, da energia (Sebastian et al, 1998; Selle et al., 1997). Também Penz Jr. (2000) relacionou um efeito negativo do ácido fítico sobre a digestibilidade de aminoácidos e a disponibilidade do fósforo e um comprometimento na absorção de cálcio e outros microminerais (Zn, Mn, Cu e

Mg). Em vários países, a legislação tem forçado a indústria de rações a buscar alternativas que tornem o fósforo fítico mais disponível aos animais, levando-as ao uso da enzima fitase, o que pode reduzir a suplementação com fósforo inorgânico, reduzindo custo e melhorando a utilização do fósforo e outros nutrientes presentes nos alimentos.

Objetivou-se, com o presente trabalho, verificar a influência da fitase sobre a digestibilidade ileal aparente da proteína, aminoácidos e a absorção de minerais em suínos na fase de crescimento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Complexo fitato/proteína

Estudos *in vitro* indicaram efeitos positivos da suplementação de fitase na disponibilidade de aminoácidos. O complexo proteína-ácido fítico pode ser hidrolisado e/ou os efeitos inibidores do ácido fítico sobre a atividade das enzimas digestivas são reduzidos (Rodehutschord, 1998).

A determinação das constantes de dissociação do hexafosfato de inositol demonstrou que, dos seus doze prótons intercambiáveis, seis estão fortemente dissociados em pH fisiológico. Isso demonstrou que o composto apresenta um enorme potencial de complexar, além de cátions inorgânicos, também proteínas carregadas positivamente e em ampla faixa de pH, tornando os aminoácidos indisponíveis para absorção (Domene, 1996). Cheryan (1980) menciona que a solubilidade do ácido fítico é muito diferente na presença de proteínas, o que sugere uma forte interação entre fitato e proteína, sendo que esta depende do pH (DeBoland et al. 1975), do conteúdo de íons divalentes e da conformação da proteína (Okubo et al., 1976). Baker (1998) menciona que o fitato pode fixar algumas proteínas (canola, soja, trigo), mas não outras (farelo de arroz, germe de milho, algodão). Sob certas condições, vários aminoácidos também podem estar ligados ao fitato, formando complexos insolúveis (Leeson, 1999). Os complexos fitato-proteína podem ser formados no intestino após a ingestão (Jongbloed et al., 1997; citados por Baker, 1998).

Uma forte interação eletrostática entre o fitato e minerais e o grupo amina da proteína é observada em pH baixo (Figura 3.1), o que pode levar a uma inibição de enzimas proteolíticas como a pepsina, tripsina e a α -amilase

(Knuckles et al., 1989). Estes mesmos autores mencionam que o ácido fítico inibe a α -amilase salivar em humanos e a lipase pancreática em suínos.

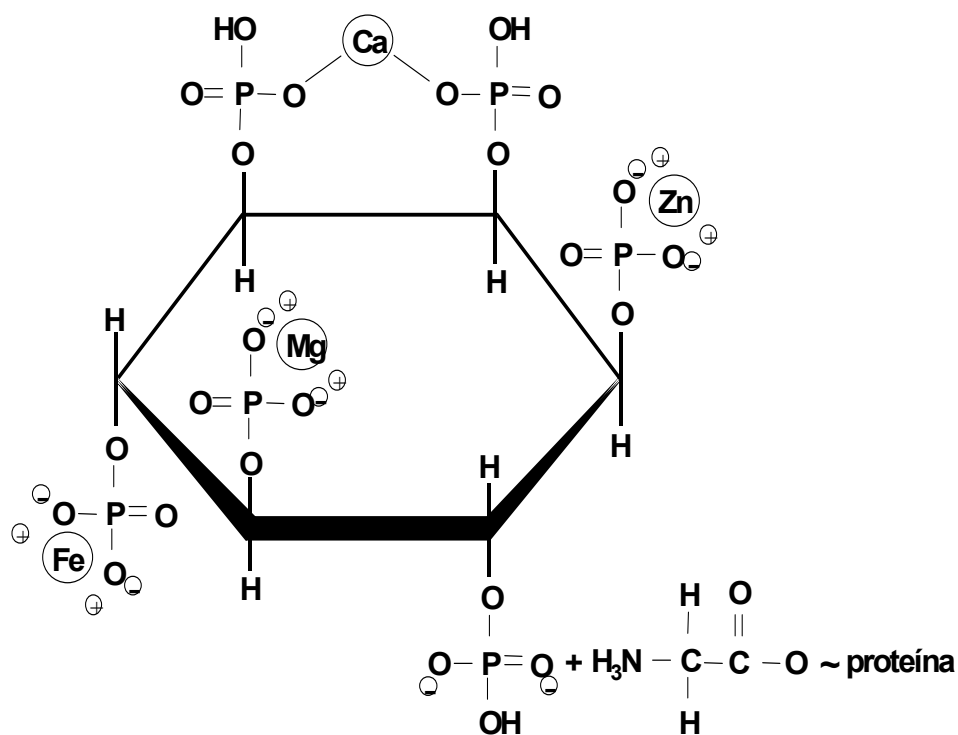


FIGURA 3.1. Exemplo de uma molécula completa de ácido fítico com cálcio (Ca), zinco (Zn), magnésio (Mg), ferro (Fe) e proteína.

Outro fator que pode estimular essa inibição é a quelação das enzimas ou dos seus substratos com os íons de cálcio (Sebastian, 1998). Entre os aminoácidos, Reddy et al. (1982) demonstraram que o sítio mais provável de ligação com o fitato foi o grupo imidazol da histidina. Ainda de acordo com

estes autores, a lisina e a metionina são os principais aminoácidos com os quais o fitato possui crescente afinidade.

Aumento de pH inibe a ação do fitato sobre a proteína e, segundo Cheryan (1980), cargas negativas nas proteínas em pH alcalino podem prevenir a formação do complexo fitato: proteína, embora a presença de cátions divalentes como Ca^{++} e Mg^{++} pode formar um complexo ternário fitato:cátion: proteína.

Complexos fitato-proteína-aminoácidos ou fitatomineral-proteína são de difícil digestão, reduzindo a utilização de proteínas. Esses complexos ocorrem naturalmente em ingredientes de rações e podem ser formados na porção inicial do trato gastrointestinal. As cargas negativas da molécula de ácido fítico, em pH ácido ou neutro, reagem com as cargas positivas de alguns aminoácidos, tais como lisina, metionina, arginina e histidina, das moléculas de proteínas, incluindo as proteases e a tripsina (enzimas envolvidas na digestão de proteínas), ligações essas que reduzem a disponibilidade dos aminoácidos (Kornegay et al., 1996; Keshavarz, 1999; Ravindran, et al. 1999; Ravindran et al. 2000). Contudo, a fitase hidrolisa a ligação de proteínas-fitato, remove os efeitos proteolíticos negativos do ácido fítico nas enzimas e aumenta a digestão e absorção de proteínas e aminoácidos (Ravindran & Bryden, 1997). O pH é um fator muito importante na determinação da solubilidade final do fitato e proteína e mudanças no pH afetam a dissociação do ácido fítico (Mroz & Jongbloed, 1998).

2.2 Fitase e disponibilidade de proteínas e aminoácidos

A disponibilidade de proteínas e aminoácidos pela ação da fitase ainda não foi largamente estudada tampouco utilizada pelas indústrias de rações. Estudos *in vitro* indicaram efeitos positivos da suplementação de fitase na disponibilidade de aminoácidos. O complexo proteína-ácido fítico pode ser

hidrolisado e/ou os efeitos inibidores do ácido fítico sobre a atividade das enzimas digestivas, reduzidos (Rodehutschord, 1998; William, 1999).

Kornegay et al. (1996c), em experimento com suínos durante a fase de crescimento, avaliaram o efeito da fitase sobre a digestibilidade da proteína bruta e de aminoácidos, utilizando quatro níveis de fitase (0, 250, 500 e 750 FTU/kg de ração) em três diferentes níveis de proteína bruta (25,5%, 22,6% e 19,4%). Os autores concluíram que a suplementação proporcionou aumento aproximado de 1% na digestibilidade dos aminoácidos. Ravindran & Bryden (1997) examinaram a influência de três níveis de fitase (0, 400 e 800 FTU/kg) sobre a digestibilidade ileal aparente de aminoácidos em rações à base de trigo-sorgo-soja para suínos contendo três níveis de ácido fítico (10,4; 13,2 e 15,7 g/kg) e dois níveis de fósforo digestível (2,3 e 4,5 g/kg). Os resultados deste ensaio demonstraram influência negativa de concentrações crescentes de ácido fítico sobre o rendimento e digestibilidade de aminoácidos, efeitos estes anulados quando da suplementação com fitase. A digestibilidade aparente de proteína bruta melhorou em aproximadamente 3% e a digestibilidade dos aminoácidos aumentou em 2% e 2,5% para lisina e treonina, respectivamente.

Sebastian et al. (1997) avaliaram a influência da fitase sobre a digestibilidade ileal aparente de proteína e aminoácidos em rações para frangos de corte contendo 0,45% de fósforo disponível e 1,0% de cálcio, 0,35% de fósforo disponível e 1,0% de cálcio e 0,35% de fósforo disponível com 0,6% de cálcio, suplementadas com fitase de 600 FTU/kg de ração. O ganho de peso e o consumo de ração para machos e fêmeas melhoraram com o uso de fitase. A digestibilidade ileal de proteína e aminoácidos (1-1,5% para proteína, lisina e metionina, 7% para metionina) melhorou, sendo seus efeitos mais pronunciados nas fêmeas. Os níveis 0,35% e 1,0% de cálcio exerceram influência negativa sobre a digestibilidade de proteína, mas nos níveis 0,35% de fósforo e 0,6% de

cálcio, observou-se um melhor desempenho das aves, com digestibilidade de proteína e aminoácidos significativamente melhoradas.

Os resultados de pesquisas demonstraram unanimidade no efeito benéfico da adição de fitase sobre a disponibilidade do fósforo; entretanto, os níveis de inclusão nas rações variam de 290 FTU/kg (Kornegay et al., 1996b) a 1146 FTU/kg (Yi et al., 1996). Essa variação pode ser explicada pelos diversos fatores que afetam diretamente a efetividade da fitase, como a presença de ácidos orgânicos na ração, a idade e o estado fisiológico do animal e tratamentos da ração (Fitase... 1999) e os métodos para avaliar o critério/respostas. A amplitude desse benefício encontra contradições devidas, provavelmente, à não uniformidade dos tratamentos a que a fitase foi submetida, tais como temperatura, pH, quantidade de fitase adicionada, tipo de ração e fonte de obtenção. A dosagem de 1200 FTU/kg de ração é a mais recomendada pelos fabricantes para assegurar uma mais alta expressão da fitase microbiana no efeito da digestibilidade dos aminoácidos (Dudley-Cash, 1999).

A presença de complexos de ácido fítico e proteína em ingredientes de origem vegetal foi detectada por Maga (1982), enquanto Jongbloed et al, (1997a) observaram a presença destes no trato gastrointestinal, formando complexos com enzimas proteolíticas. Scheuermann et al. (1988), citados por Mcknight (1998) mencionam que além de formar complexos com o cálcio, tornando o fósforo indisponível, o complexo cálcio:fitato também se complexa com ácidos graxos e inibe as enzimas α -amilase, tripsina e pepsina, diminuindo a digestibilidade do amido, lipídeos e proteínas. Han et al. (1997), verificando a digestibilidade do farelo de soja para suínos, observaram que 2-3% da proteína deste ingrediente estão complexados com fitatos; enquanto Officer e Batterhan (1992), citados por Mcknight (1998), mencionam que a digestibilidade ileal da proteína bruta e aminoácidos de várias rações à base de farelo de linhaça, melhorou de 7 a 12% na presença de fitase.

Aumento na atividade da tripsina de 4,5 a 5,0 unidades e na digestibilidade ileal de 76,5 para 79,3% das proteínas e melhora na digestibilidade de aminoácidos e desempenho de suínos foram observados por Mroz et al. (1994) e Biehl & Baker (1996), respectivamente, após a adição de fitase; enquanto Barnett & Clark (1993) ao adicionarem 1000 FTU/kg em rações práticas de suínos, verificaram aumento na digestibilidade da proteína (66-71%) e da lisina (73-77%). Ravindran et al. (1999), trabalhando com galos cecectomizados, verificaram que a suplementação de fitase (1200 FTU/kg de ração) melhorou a digestibilidade dos aminoácidos. Os resultados podem ser vistos na Tabela 3.1.

TABELA 3.1. Digestibilidade ileal aparente de aminoácidos em diferentes alimentos com adição de fitase (1200 FTU/kg)*

Ingrediente	Sem fitase (%)	Com fitase (%)
Milho	78,0	80,4
Sorgo	74,7	79,4
Trigo	77,7	84,6
Farelo de soja	82,2	85,5
Farelo de canola	78,7	80,7
Farelo de algodão	70,8	74,2
Farelo de girassol	76,7	80,2
Farelo de trigo	70,8	73,4
Farelo de arroz	62,1	66,9

*Fonte: Ravindran et al. (1999).

Mcknight (1998), menciona que, conduzindo ensaios de digestibilidade ileal em suínos, testando várias rações com diversos ingredientes e suplementando-as com fitase (1000, 800, 900 e 300 FTU/kg, respectivamente), Officer e Batterham (1992) (farelo de linhaça e farelinho de trigo); Mroz et al. (1997) (milho, farelo de soja, cevada e aveia); Jongbloed et al. (1997) (milho e farelo de soja) e Grela e Krasucki (1997) (cevada, trigo farelo de soja) e encontraram significativas melhoras na digestibilidade da proteína bruta e aminoácidos. Os resultados podem ser vistos na Tabela 3.2.

TABELA 3.2. Digestibilidade ileal aparente da proteína bruta e aminoácidos (%) em rações para suínos em crescimento em função dos níveis de fitase (FTU/kg).*

Digestibilidade ileal (%)	Autores							
	Officer & Batterhan (1992) ¹		Mroz et al. (1994) ²		Jongbloed et al. (1997) ³		Grela & Krasucki (1997) ⁴	
	Nível de fitase (FTU/kg)							
	0	1000	0	800	0	900	0	300
Proteína bruta	53	65	71,7	74,2	74,4	75,8	66,4	68,3
Lisina	59	71	71,7	74,2	74,2	75,8	66,4	68,3
Metionina	71	75	76,7	80,6	80,6	81,7	72,8	78,4
Cistina	68	81	70,5	74,1	73,4	73,0	66,7	67,7
Triptofano	-		72,4	73,6	68,3	72,7	-	-
Treonina	50	62	73,8	72,0	68,3	71,2	69,4	70,0
Valina	63	70	78,7	78,4	76,1	78,1	74,4	75,3
Isoleucina	65	72	80,1	79,8	77,9	80,0	76,3	77,1
Leucina	64	72	82,0	81,7	83,8	85,1	78,4	78,7
Fenilalanina	67	74	81,6	81,3	80,0	81,7	77,4	78,3
Histidina	57	69	76,3	77,7	81,4	82,1	71,8	71,6
Arginina	-		84,6	87,1	83,8	85,3	79,1	80,0

¹Farelo de linhaça; ²Milho, farelo de soja, cevada e aveia; ³Milho e farelo de soja; ⁴Cevada, trigo e farelo de soja.

*Fonte: Macnigh (1998).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e período experimental

Os experimentos foram conduzidos no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, durante os meses de outubro a dezembro de 2001. O município de Lavras está localizado na região sul do Estado de Minas Gerais, latitude 21° 14' 30''(S), longitude 45° (O) e altitude de 910 metros. O clima da região segundo a classificação Köppen é do tipo CWB, tropical úmido, com duas estações definidas: chuvosa (novembro/abril) e seca (maio/outubro) (Ometo,1981).

3.2 Animais experimentais

Foram utilizados oito suínos mestiços (Landrace x Large White) machos castrados. Os animais com peso médio de $30 \pm 1,5$ kg foram submetidos à cirurgia para implantação da cânula T simples segundo a técnica adaptada de Li et al. (1994).

3.3 Cirurgia para Implantação da Cânula

As cirurgias foram realizadas no centro cirúrgico de pequenos animais do DMV/UFLA. Antes da cirurgia os animais foram submetidos a 24 horas de jejum de ração e a 12 horas de jejum hídrico. Após este período, receberam medicação pré-anestésica que constituiu da administração de Acepromazina (Acepran®)¹ na dosagem de 6 mg/kg de peso e 1,5 ml de Azaperone

¹ Laboratório Univet S/A

(Stresnil®)² administrados via intramuscular profunda na dosagem de 3 mg/kg. Após 15 minutos, foi administrado o anestésico geral Tiopental sódico (Thionembital®)³ na dosagem de 10 mg/kg, aplicado lentamente na veia auricular esquerda. Feita a tricotomia e a assepsia da área cirúrgica, no lado direito posterior da parede abdominal, procedeu-se a laparotomia por meio de uma incisão de aproximadamente 7 cm distal à última costela.

Após separar o tecido subcutâneo a camada muscular, e peritônio no íleo foi executada uma incisão transversal na parede da junção íleo cecal para implantação e fixação da cânula através de uma sutura de Cushing com cat-gut 3-0. Em seguida, procedeu-se a execução de uma pequena incisão na pele a cerca de 4-5 cm de distância da última costela, por onde a cânula foi exteriorizada. Durante a cirurgia, procedeu-se a irrigação periódica do íleo com solução fisiológica para evitar desidratação. Durante o processo cirúrgico, foram monitoradas as freqüências cardíacas e respiratórias, além da temperatura retal.

Finalmente, procedeu-se a sutura simples contínua do peritônio, das camadas musculares e do tecido subcutâneo, e na pele foi feita uma sutura externa com nylon monofilamento de 0,3mm de diâmetro. Após a cirurgia, durante três dias consecutivos foram aplicadas penicilina associada a estreptomicina (pentabiótico veterinário®)⁴ na dose de 30.000UI/kg/PV via intramuscular, além de dipirona sódica (Finador)⁵ na dosagem de 25 mg/kg para prevenir infecções e facilitar a recuperação bem como foram realizados curativos diários. Neste período os animais permaneceram em observação, com restrição alimentar e água à vontade por 24 horas, e em seguida foram alojados em baias individuais, passando a receber uma ração prática de crescimento de

² Laboratório Janssen Farmacêutica

³ Laboratório Cristália

⁴ Laboratório Fortdodge

⁵ Produto Veterinário Ouro Fino LTDA

forma gradativa. A sutura externa foi removida 10 dias após a cirurgia e os animais foram transferidos para gaiolas de metabolismo.

3.4 Descrição da Cãnula

A cãnula utilizada para coleta da digesta é de aço inoxidável, com 7cm de comprimento por 6,5cm de largura na parte interna. Tem um peso de 147g e um orifício rosqueado com tampa de PVC por onde é coletada a digesta com sacos plásticos de 6,5 cm de largura e resistentes (Betan Gal 36®)⁶, fixados na abertura da cãnula por meio de elástico durante a coleta (Figura 3.2).

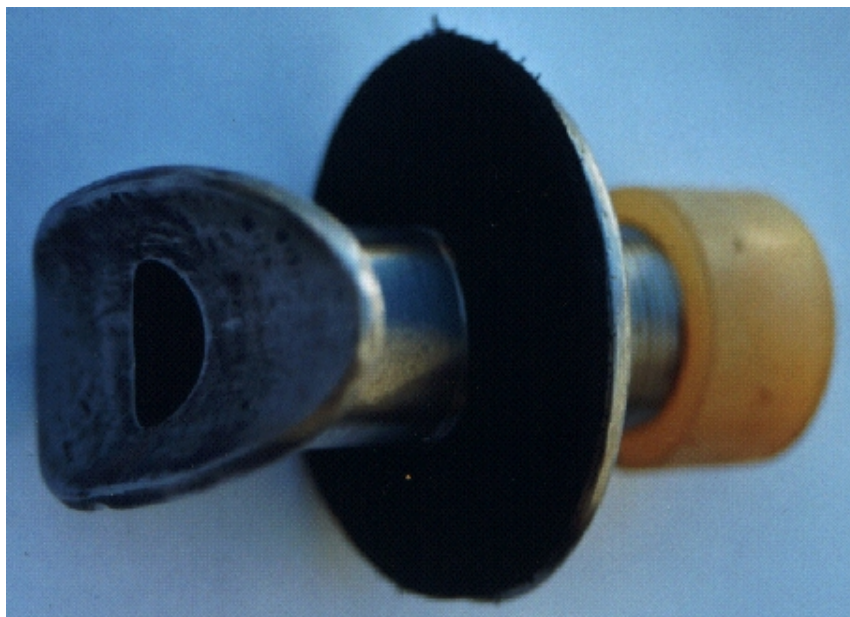


FIGURA 3.2. Demonstração da cãnula experimental.

⁶ Naturin S.A.

3.5 Coleta da digesta

Os animais foram alojados em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968). Estas gaiolas podem ser ajustadas com dimensões mínimas de 89 x 21 x 44 e máximas de 135 x 42 x 78 cm e providas, ainda, de comedouro e bebedouros na sua porção frontal; estavam localizadas em sala equipada com ar condicionado, permitindo o controle parcial da temperatura. Foram utilizados 8 suínos mestiços (Landrace x Large White), machos castrados, distribuídos em um delineamento em quadrado latino 4 x 4, (período x animal). Cada período teve uma duração de 5 dias, 4 de adaptação e um de coleta da digesta ileal sendo esta efetuada a cada 30 minutos, de maneira ininterrupta, durante 24 horas.

Após coleta, o volume total de digesta produzido foi homogeneizado e pesado, posteriormente, foi retirado um volume de 20% de cada coleta para ser armazenada a -12° C, em recipientes plásticos devidamente identificadas, para ser liofilizado e submetido às análises posteriores.

3.6 Rações experimentais e tratamentos

A composição dos ingredientes utilizados nas rações experimentais encontra-se na Tabela 3.3. Os tratamentos consistiram de quatro rações experimentais isoprotéicas, formuladas para suínos em crescimento segundo Rostagno et al. (2000), exceto para cálcio e fósforo disponível (Tabela 3.4). As rações foram formuladas à base de milho+farelo de soja+farelo de arroz desengordurado (FAD); milho + farelo de soja; farelo soja + FAD e farelo de soja suplementadas com 4 níveis de fitase (0, 400, 800 e 1200 FTU/kg). As rações foram fornecidas umedecidas (1:1) às 8 e às 16 h, sendo a quantidade em função do peso metabólico ($\text{kg}^{0,75}$). Os suínos receberam água à vontade. Foi

adicionado, em todas as rações, 0,25% de óxido crômico (Cr_2O_3), utilizado como indicador da indigestibilidade dos nutrientes. Foram determinados os valores de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta e aminoácidos, que foram calculados com base nos níveis de cromo (Cr) nas rações e nas digestas, por meio do cálculo do fator de indigestibilidade (FI), utilizando-se as seguintes fórmulas:

1 – Fator de indigestibilidade (FI)

$$\text{FI} = \left[\frac{\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{g na ração}}{\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{g na digesta ileal}} \right]$$

2 – Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB)

$$\text{CDAPB}(\%) = \left[\frac{\text{PB na ração}(\%) - \text{PB na digesta}(\%) \times \text{FI}}{\text{PB da ração}(\%)} \right] \times 100$$

3 – Coeficiente de digestibilidade aparente de aminoácidos (CDapAA) - Rostagno & Featherston (1977).

$$\text{CDapAA}(\%) = \left[\frac{\text{mg AA/g dieta} - \text{mg AA/g E}_1 \times \text{FI1}}{\text{mg AA/g dieta}} \right] \times 100$$

em que E_1 = digesta da ração testada

A composição de aminoácidos dos ingredientes e das rações utilizadas no experimento encontra-se nas Tabelas 3.5 e 3.6, respectivamente.

TABELA 3.3. Composição dos ingredientes utilizados nas rações.

Ingrediente¹	MS (%)²	PB (%)²	ED (Kcal/kg)³	FB (%)²	Ca (%)²	P_t (%)²
Milho	89,93	8,60	3476	1,95	0,03	0,21
Farelo de Soja	89,91	46,86	3421	5,94	0,27	0,47
FAD.	89,93	16,31	2531	9,86	0,07	1,91
Amido	91,34	-	4124	-	-	-
Óleo de Soja	99,90	-	8469	-	-	-
Fosfato bicálcico	-	-	-	-	22,04	18,04
Calcário	-	-	-	-	38,54	-

¹ Valores expressos com base na matéria natural.

² Valores segundo análises realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO - UFLA.

³ Valores segundo Rostagno et al. (2000).

TABELA 3.4. Composição das rações utilizadas no experimento.

INGREDIENTE (%)	M+FS+FAD¹	M+FS²	FS+FAD³	FS⁴
Milho	42,50	60,00	-	-
Farelo de soja	19,65	21,70	25,50	36,20
FAD ⁵	15,00	-	20,00	-
Amido	19,00	14,20	51,00	60,00
Fosfato bicálcico	0,50	0,77	0,58	0,95
Calcário calcítico	1,20	1,01	1,12	0,87
Sal iodado	0,45	0,45	0,45	0,45
Suplemento mineral ⁶	0,10	0,10	0,10	0,10
Suplemento vitamínico ⁷	0,10	0,10	0,10	0,10
Caulim	1,50	1,60	1,15	1,00
Óxido crômico	0,25	0,25	0,25	0,25
VALORES CALCULADOS				
Energia Digestível (Kcal/kg)	3234	3354	3270	3363
Proteína bruta (%)	15,20	15,10	15,05	15,01
Cálcio (%)	0,66	0,65	0,66	0,65
Fósforo total (%)	0,58	0,41	0,62	0,36
Fósforo disponível (%)	0,21	0,23	0,22	0,23
Lisina (%)	0,75	0,77	0,75	0,89
Metionina+cistina (%)	0,49	0,49	0,49	0,49
Metionina (%)	0,24	0,24	0,24	0,20
Triptófano (%)	0,18	0,17	0,17	0,20

¹Milho+Farelo de soja+FAD; ²Milho+Farelo de soja; ³Farelo de soja+FAD; ⁴Farelo de soja; ⁵Farelo de arroz desengordurado.

⁶Suplemento Mineral: Cobre (30.000mg), Zinco (160.000mg), Iodo (1.900mg), Fe (100.000mg), Mn (70.000mg), Selênio (500mg), Zinco (80.000 mg), Ferro (70.000 mg), Cobalto (500 mg)

⁷Suplemento Vitamínico: Vit. A (8.000.000 UI), Vit.D₃ (1.200.000 UI), Vit.E (20.000 mg), Vit. K₃ (2500mg) Vit. B₁₂ (20.000), Tiamina B₁ (1.000mg), Riboflavina B₂ (4.000mg), Pirodoxina B₆ (2.000mg), Niacina (25.000mg), Ac. Pantoténico (10.000mg), Biotina (50mg), Ac Fólico (600mg), Antioxidante (125mg).

TABELA 3.5. Composição de aminoácidos dos ingredientes em porcentagem, na matéria natural¹.

Aminoácido	Ingrediente		
	FAD	Farelo de soja	Milho
Ácido Aspártico	1,38	4,45	0,83
Ácido Glutâmico	1,51	7,61	1,15
Serina	0,82	2,58	0,41
Glicina	0,80	1,59	0,39
Histidina	0,42	1,16	0,20
Arginina	1,18	3,66	0,51
Treonina	0,55	1,75	0,32
Alanina	1,04	2,06	0,52
Prolina	0,70	2,35	0,65
Tirosina	0,43	1,78	0,29
Valina	0,63	2,15	0,39
Leucina	0,57	3,30	0,95
Isoleucina	0,44	2,12	0,30
Cistina	1,06	0,38	0,22
Fenilalanina	0,40	2,28	0,42
Metionina	0,54	0,72	0,18
Lisina	0,92	2,55	0,26
AA TOTAIS	13,39	42,21	8,04

¹Análise realizada no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA.

TABELA 3.6. Composição de aminoácidos das rações em porcentagem na matéria natural¹.

Aminoácido	Ração			
	M+FS+FAD	M+FS	FS+FAD	FS
Ácido Aspártico	2,042	1,487	2,402	1,331
Ácido Glutâmico	1,851	3,283	2,103	3,394
Serina	0,752	0,759	0,732	0,686
Glicina	0,737	0,829	0,603	0,765
Histidina	0,643	0,260	0,550	0,348
Arginina	0,442	0,749	0,438	1,261
Treonina	0,722	0,355	0,615	0,232
Alanina	0,600	0,543	0,595	0,444
Prolina	0,848	0,585	0,479	0,624
Tirosina	0,653	0,600	0,624	0,482
Valina	0,776	0,421	0,657	0,467
Leucina	0,571	0,430	0,666	0,525
Isoleucina	0,714	0,323	0,465	0,380
Cistina	0,372	0,695	0,281	0,689
Fenilalanina	0,848	0,403	0,500	0,773
Metionina	0,255	0,342	0,254	0,410
Lisina	0,770	0,796	0,778	0,867
AA TOTAIS	13,602	13,465	13,348	14,373

¹Análise realizada no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA.

3.7 Análises laboratoriais

Os ingredientes das rações foram analisados de acordo com os métodos descritos pela A.O.A.C. (1990) e realizados no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA. A solução para determinação do fósforo e cálcio nas digestas foi obtida por via seca, sendo que a determinação do fósforo foi realizada pelo método de fotometria e a do cálcio, por permanganatometria, segundo Silva (1998).

Foram determinados os teores de digestibilidade de matéria seca, proteína bruta, óxido crômico, cinzas e minerais nas rações e digesta. Estas análises foram conduzidas no laboratório de Pesquisa Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, de acordo com a metodologia descrita por Silva (1998)

As composições de aminoácidos dos ingredientes, rações e digestas foram determinadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA, através de cromatografia líquida de alta eficiência utilizando aparelho Varian®, série 9000, de acordo com a seguinte metodologia:

Foram pesados 200mg de cada amostra em tubo de hidrólise. Após hidrólise por HCl 6N durante 22 a 24 horas na temperatura de 110°C, foram coletado 250 µl de cada amostra os quais foram liofilizadas para extração do HCL. Em seguida foram adicionados, em cada amostra, 40 µl de padrão interno (ácido alfa-amino-butírico), 33µl de trietilamina, 33 µl metanol, 33 µl água deionizada e filtrada em membrana de 0,45µc sendo as amostras liofilizadas novamente. A etapa seguinte constituiu em adicionar 50 µl de etanol a 50% e 75 µl de solução recém-preparada de PITC (7 partes de etanol 90%, 2 partes de trietilamina, 1 parte de fenilisotiocianato). As amostras foram mantidas em atmosfera de nitrogênio durante 10 minutos em temperatura ambiente, para a derivatização, e liofilizadas pela última vez. Após este procedimento, cada

amostra foi retomada com fase móvel e eluída em coluna Aminotag C-18 à temperatura ambiente. Triptofano e cisteína não foram determinados.

3.8 Enzima utilizada

Neste experimento foi utilizada a enzima fitase Natuphos G 5000[®], lote 0000301053, fornecida pela BASF Corporation, obtida através da recombinação gênica de fungos *Aspergillus niger* e *Aspergillus ficuum*. Este produto comercial é um pó, com atividade preconizada pelo fabricante de 5000 unidades de fitase/g (FTU/g).

3.9 Delineamento experimental e análise estatística

Em função do número reduzido de animais canulados, foram conduzidos quatro ensaios de digestibilidade ileal, um para cada ração experimental, utilizando-se 4 suínos distribuídos em um delineamento em quadrado latino (DQL) 4 x 4 (4 períodos x 4 animais), onde foram avaliados quatro níveis de fitase (0, 400, 800 e 1200 FTU/kg). Cada período teve duração de 5 dias, sendo 4 de adaptação e um de coleta das digestas. As variáveis analisadas foram coeficiente de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta (CDAPB), coeficiente de digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos essenciais (lisina, metionina, valina, arginina e treonina) e absorção ileal do cálcio e fósforo. As análises estatísticas dos dados obtidos foram realizadas através do pacote computacional SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas) UFV (1997). Para determinação do melhor nível de fitase realizaram-se análises de regressão linear e Linear Response Plateau (LRP) Braga (1983), optando-se pelo modelo que melhor se ajustasse aos dados.

O modelo estatístico adotado para análise foi:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + F_k + e_{ijk},$$

em que:

Y_{ijk} - observação do nível “k” da enzima fitase na ração fornecida ao animal “i” no período “j”;

μ - constante associada a todas as observações;

A_i - efeito do animal “i”, com “i” = 1, 2, 3 e 4;

P_j - efeito do período “j”, com “j” = 1, 2, 3 e 4;

F_k - efeito do nível “k” de fitase na ração, com “k” = 1, 2, 3, 4;

e_{ijk} - erro experimental associado a cada observação, independentemente distribuído com média 0 e variância δ^2 .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Coeficiente de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta

Os valores do coeficiente de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta das rações em função dos níveis de fitase são apresentados na Tabela 3.7.

TABELA 3.7. Coeficiente de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta (CDAPB) das rações em função dos níveis de fitase.

Nível de Fitase (FTU/Kg)	CDAPB (%)				Média ¹
	M+FS	+FAD	M+FS	FS+FAD	
0	84,27	84,52	82,95	83,63	83,84
400	84,67	85,25	83,67	84,22	84,45
800	84,67	85,45	83,95	84,67	84,69
1200	83,67	84,75	82,25	84,05	83,68
MÉDIA	84,32	84,99	83,20	84,14	
CV (%)			0,78		

¹Efeito quadrático (P<0,05).

Foi observado efeito quadrático dos níveis de fitase (P<0,05) sobre o CDPB das rações. O maior coeficientes de digestibilidade encontrado através derivada simples das equações, foi de 84,51% proporcionado pelo nível de 483,33 FTU/kg de fitase. O efeito da fitase sobre o CDAPB das rações é mostrado na Figura 3.3. Estes resultados demonstram que o uso de fitase pode ser benéfico para o meio ambiente, por proporcionar melhora na digestibilidade dos nutrientes e por consequência menor excreção de nitrogênio nos dejetos o

que também foi constatado no experimento anterior. A melhora no CDPB pode ser explicada pela possível liberação do complexo fitato:proteína das rações, conforme constatados por Selle et al. (1997), que também verificaram melhora nos coeficientes de digestibilidade da proteína bruta ao utilizarem 625 FTU/kg de fitase em rações de suínos em crescimento.

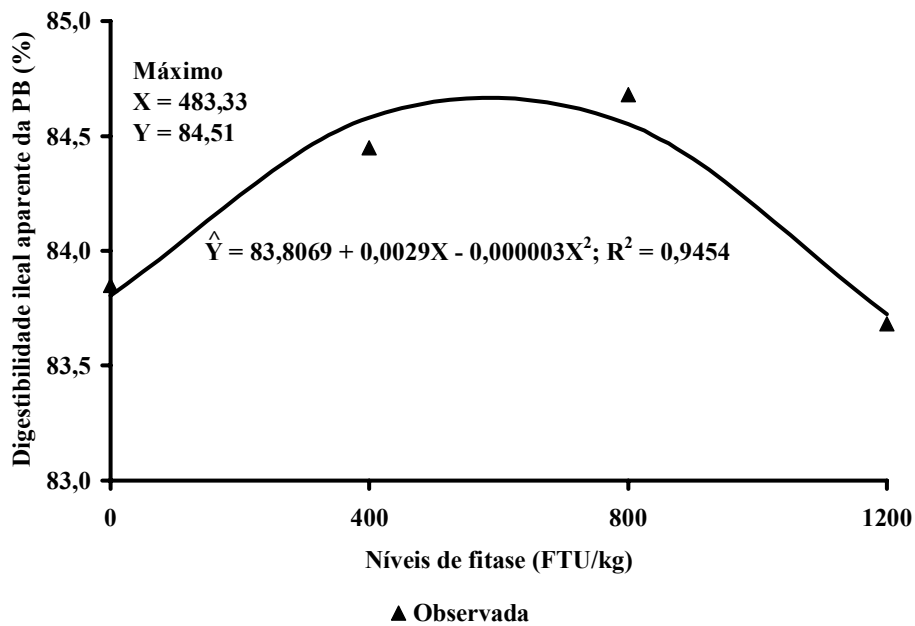


FIGURA 3.3. Efeito dos níveis de fitase sobre o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta.

Considerando que o ácido fítico pode complexar-se com enzimas como tripsina e pepsina (Mroz et al.,1994), podendo interferir na digestibilidade da proteína das rações, a redução na sua concentração no sistema digestivo, devida à ação da fitase, pode ter constituído em outro fator que também contribuiu para os resultados obtidos. Melhora do CDAPB também foi verificada por Barnett &

Clark (1993) que ao adicionarem 1000 FTU/kg em rações à base de milho e farelo de soja para suínos, verificaram aumento de 66 para 71% na digestibilidade ileal aparente da proteína bruta. O nível de fitase necessário para melhorar o CDAPB verificado por estes autores foi bem mais elevado, diferente do verificado no presente trabalho, que foi de 483,33 FTU/kg. Traylor et al. (2001), avaliando os efeitos de quatro níveis de fitase (0, 500, 1000 e 1500 FTU/kg) sobre a digestibilidade ileal aparente da proteína bruta em rações à base farelo de soja e sorgo para suínos em crescimento, também verificaram efeito quadrático sobre o CDAPB, sendo o nos nível de 500 FTU/kg de fitase o que proporcionou o melhor coeficiente (81%). Semelhantemente ao que foi utilizado no presente trabalho, esses autores também utilizaram rações com baixos níveis de cálcio e fósforo total.

A habilidade da fitase em melhorar a disponibilidade da proteína bruta é reduzida em rações que apresentam níveis normais de cálcio, comparadas às rações com baixo teor de cálcio, (Lei et al. 1994). Resultados semelhantes também foram verificados por Knwon et al. (1999), que realizaram um experimento para determinar os efeitos da fitase sobre o CDAPB em rações de suínos em crescimento. Os tratamentos consistiram de rações formuladas com 100 e 80% de nível de exigência para cálcio e fósforo, suplementadas com 0, 500 e 700 FTU/kg de fitase. Os autores observaram melhor CDAPB nos tratamentos com níveis mais baixos de suplementação de cálcio, sendo 500 FTU/kg o melhor nível de suplementação de fitase. Resultados similares aos observados no presente trabalho também foram verificados por Jongbloed et al. (2000), que verificando o efeito da fitase derivada de *Aspergillus niger*, (400FTU/kg) sobre o desempenho e digestibilidade dos nutrientes para suínos em crescimento, observaram que os animais que consumiram rações suplementadas com fitase apresentaram maiores CDAPB.

4.2 Digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos

Os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDA) dos aminoácidos essenciais das rações encontram-se na Tabela 3.8. Os valores obtidos foram similares entre si e próximos dos encontrados na literatura, principalmente os referendados por Macnight (1998) e Eurolysine (2000). Na ração M+FS+FAD a metrionina não foi determinada em virtude de problemas durante a hidrólise no decorrer dos procedimentos de análise.

O efeito significativo da fitase sobre os aminoácidos demonstra que a enzima contribuiu para a hidrólise da ligação de proteínas-fitato, removendo os efeitos proteolíticos do ácido fítico sobre as enzimas digestivas com conseqüente aumento na digestão e absorção de aminoácidos. Com exceção da lisina e da treonina na ração M+FS+FAD, a amplitude do efeito da suplementação com fitase sobre a melhora da digestibilidade da proteína e aminoácidos verificadas no presente trabalho, situaram-se entre os níveis de 400 a 800 FTU/kg. Essa amplitude é mencionada com contradições na literatura e ocorre, provavelmente, em virtude da não uniformidade dos tratamentos a que a fitase foi submetida, tais como temperatura, pH, quantidade de fitase adicionada, tipo de ração testada e animais experimentais. O nível de 1200 FTU/kg de fitase é o mais recomendado pelos fabricantes para assegurar uma mais alta expressão da fitase sobre a da digestibilidade ileal dos aminoácidos (Dudley-Cash, 1999).

TABELA 3.8. Coeficientes de digestibilidade ileal aparente (%) dos aminoácidos das rações em função dos níveis de fitase.

Aminoácido ¹	Ração	Fitase (FTU/kg)				Média
		0	400	800	1200	
Lisina	M+FS+FAD	82,79	83,88	84,58	84,75	84,00
	M+FS	95,10	95,38	95,09	95,17	95,19
	FS+FAD	85,32	86,96	86,13	82,57	85,25
	FS	89,64	90,82	91,60	90,83	90,72
Média		88,21	89,26	89,35	88,33	
Metionina	M+FS+FAD	ND	ND	ND	ND	ND²
	M+FS	85,81	89,43	92,13	92,18	89,89
	FS+FAD	83,87	84,28	84,76	85,90	84,70
	FS	81,58	83,26	81,91	83,14	82,47
Média		83,75	85,63	86,59	87,07	
Valina	M+FS+FAD	89,45	90,91	91,75	91,61	90,93
	M+FS	81,58	82,86	84,67	86,31	83,86
	FS+FAD	84,58	84,69	85,77	86,14	85,30
	FS	82,93	84,45	85,11	85,32	84,45
Média		84,64	85,73	86,83	87,35	
Treonina	M+FS+FAD	80,92	90,56	91,45	92,72	88,91
	M+FS	80,85	86,07	88,59	86,59	85,53
	FS+FAD	90,22	91,86	94,73	94,69	92,88
	FS	79,25	82,23	83,57	82,29	81,84
Média		82,81	87,68	89,59	89,07	
Arginina	M+FS+FAD	70,83	78,38	82,26	79,25	77,68
	M+FS	88,11	90,57	91,59	92,00	90,57
	FS+FAD	76,24	81,49	82,02	82,81	80,64
	FS	80,68	80,81	80,81	80,33	80,66
Média		78,97	82,81	84,17	83,60	

¹Análise realizada no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA.

²Não determinado.

4.3 Lisina

Os coeficientes de digestibilidade ileal aparente da lisina encontram-se na Tabela 3.9.

TABELA 3.9. Coeficiente de digestibilidade ileal aparente da lisina (%) na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração.

Dieta	Fitase (FTU/kg)				Média
	0	400	800	1200	
M+FS+FAD ²	82,79	83,88	84,58	84,75	84,00
M+FS ¹	95,10	95,38	95,09	95,17	95,19
FS+FAD ²	85,32	86,96	86,13	82,57	85,25
FS ²	89,64	90,82	91,60	90,83	90,72
Média	88,21	89,26	89,35	88,33	
CV (%)			0,44		

¹Não significativo ($P > 0,05$).

²Efeito Quadrático ($P < 0,05$).

Com exceção da ração M+FS, foi observado um efeito quadrático sobre coeficiente de digestibilidade ileal aparente deste aminoácido nas demais rações (Figura 3.4). Os maiores coeficientes de digestibilidade encontrados através derivada simples das equações, foram proporcionados pelos níveis de 1700, 468 e 800 FTU/kg de fitase, respectivamente, para M+FS+FAD, FS+FAD e FS. O valor máximo verificado de 1700 FTU/kg de fitase para a ração M+FS+FAD está fora do intervalo estudado, o que demonstra que a digestibilidade da lisina nessa ração poderá ser melhorada com valores acima de 1200 FTU/kg de fitase.

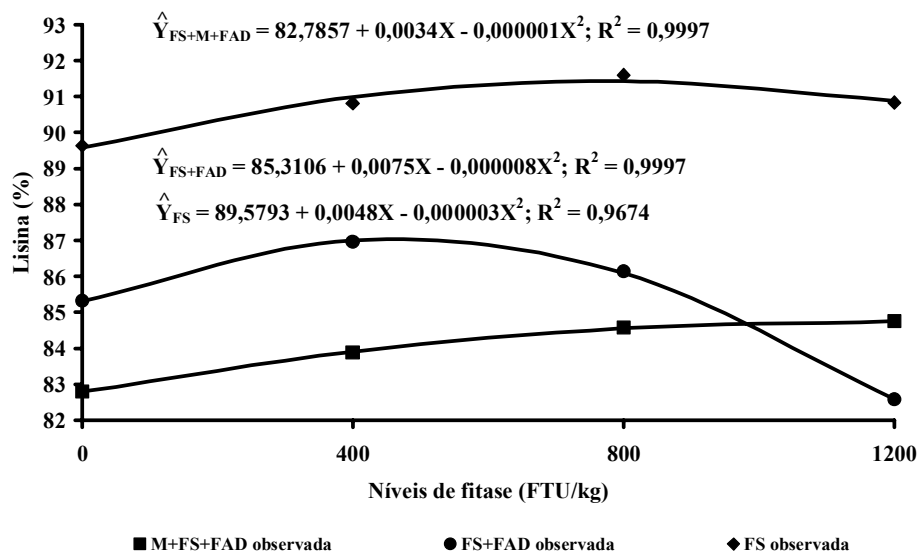


FIGURA 3.4. Efeito dos níveis de fitase sobre o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da lisina nas rações.

Os menores coeficientes de digestibilidade ileal aparente da lisina foram observados nas rações FS+M+FAD e FS+FAD, cujos valores foram 84,00% e 85,25%, respectivamente. Estes resultados justificam-se, provavelmente, em virtude do elevado teor de polissacarídeos não amídicos (PNA) do farelo de arroz.. Provavelmente, a presença do FAD nessas rações tenha contribuído para este comportamento. Os altos teores de fibra bruta e ácido fítico deste ingrediente pode ter dificultado a ação da fitase nas rações.

O farelo de arroz apresenta em média 25% de polissacarídeos não-amídicos (PNA) totais (parede celular), com predominância dos arabinosilanos, que são responsáveis por sensível redução na digestibilidade dos nutrientes (Adrizal, 1996). Os PNA encerram os nutrientes que se concentram no interior das células e impedem o acesso das enzimas endógenas, além de provocar a

formação de gel que dificulta a digestão, reduz a absorção e aumenta a viscosidade da digesta. Segundo Nahas & Lefrançois (2001), o aumento da viscosidade da digesta reduz a assimilação de nutrientes por causa da interação entre os pentosanos e as enzimas endógenas, promovendo um complexo que dificulta a atividade destas enzimas. No presente experimento, a utilização de uma enzima carboidrase principalmente xilanase poderia minimizar os efeitos dos PNA nas rações com FAD e facilitar a ação da fitase. A magnitude dos efeitos dos PNA presentes na ração é dependente de fatores relacionados ao animal e a ração.

Embora trabalhando com rações à base de farelo de trigo e subprodutos de trigo, Yin et al. (2000) também observaram correlações negativas entre o conteúdo de PNA e a digestibilidade ileal aparente da proteína e aminoácidos em rações de suínos em crescimento. Apesar de não significativo, o maior coeficiente de digestibilidade verificado foi na ração M+FS (95,19%), seguido da ração FS (90,72%). Reddy et al. (1982) demonstraram que a lisina e a arginina são os aminoácidos com os quais o fitato possui mais afinidade, apresentando menores respostas à ação da fitase. Os resultados encontrados no presente trabalho, entretanto, são mais altos que os citados na literatura. Kemme et al. (1999), ao verificarem a digestibilidade ileal aparente de aminoácidos em rações suplementadas com 0 e 1200 FTU/kg de fitase para suínos em crescimento, encontraram valores de digestibilidade de 85% para a lisina. Estes autores também trabalharam com rações à base de milho e farelo de soja. Valaja et al. (1998), trabalhando com rações à base de cevada suplementadas com fitase (0 e 700 FTU/kg) verificaram melhora de 74,5 para 76,5% na resposta da digestibilidade ileal aparente da lisina com a suplementação de fitase. Os altos teores de fibra desta ração podem ter contribuído para o baixo coeficiente de digestibilidade encontrado.

Segundo Selle et al. (2000), há menos dados publicados a respeito dos efeitos da adição de fitase sobre a digestibilidade ileal de aminoácidos em suínos do que em aves. Um dos trabalhos pioneiros é o de Officer & Batterham (1992), que determinaram os efeitos da suplementação de fitase sobre a digestibilidade de aminoácidos em farelo de linhaça, uma variante de semente de linho, para suínos em crescimento.

Estes autores, utilizaram a técnica de sacrifício e constataram que a digestibilidade dos aminoácidos foi muito baixa e que a adição de fitase melhorou numericamente a digestibilidade média de 10 aminoácidos em 14% (de 0,63 para 0,72%) mas aumentos significativos ($P < 0,05$) foram observados apenas para a lisina.

Em frangos, Sebastian et al. (1997) verificaram o efeito de suplementação de fitase (0 e 600 FTU/kg) sobre a digestibilidade ileal de aminoácidos em animais submetidos a rações à base de milho e farelo de soja, com alto e baixo teor de cálcio e fósforo. Os autores concluíram que a suplementação com fitase melhorou ($P < 0,06$) a digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos, exceto metionina e fenilalanina.

Resultados semelhantes aos verificados no presente trabalho foram encontrados por Ravindran & Bryden (1997) os quais examinaram a influência de três níveis de fitase (0, 400 e 800 FTU/kg) sobre a digestibilidade ileal aparente de aminoácidos em rações à base de trigo-sorgo-soja para suínos em crescimento. Os resultados deste ensaio demonstraram que a digestibilidade aparente melhorou em aproximadamente 2,5% para lisina.

Mcknight (1998) menciona que, conduzindo ensaios de digestibilidade ileal em suínos testando várias rações com diversos ingredientes suplementadas com fitase (1000, 800, 900 e 300 FTU/kg), Mroz et al. (1997) (milho, farelo de soja, cevada e aveia); Jongbloed et al. (1997) (milho e farelo de soja) e Grella e

Krasucki (1997) (cevada, trigo farelo de soja) encontraram melhoras na digestibilidade da lisina de 3,3; 2,1; e 2,7%, respectivamente.

4.4 Metionina

Os coeficientes de digestibilidade ileal aparente da metionina encontram-se na Tabela 3.10.

TABELA 3.10. Coeficiente de digestibilidade ileal aparente da metionina (%) na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração.

Dieta	Fitase (FTU/kg)				Média
	0	400	800	1200	
M+FS+FAD	ND	ND	ND	ND	ND
M+FS ²	85,81	89,43	92,13	92,18	89,89
FS+FAD ²	83,87	84,28	84,76	85,90	84,70
FS ¹	81,58	83,26	81,91	83,14	82,47
Média	73,35	76,13	77,98	79,16	
CV (%)			2,60		

¹Não significativo ($P > 0,05$).

²Efeito Linear ($P < 0,05$).

ND - Dados não determinados.

Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) dos níveis de fitase sobre a digestibilidade ileal aparente da metionina na ração à base de FS, enquanto que para a ração FS+FAD o melhor ajuste foi observado através regressão linear. Entretanto, para a ração M+FS o efeito de LRP foi o que apresentou o melhor ajuste (Figuras 3.5 e 3.6). O maior coeficiente de digestibilidade encontrado

através do modelo LRP foi de 92,15% para o nível de 700 FTU/kg de fitase, a partir do qual a digestibilidade tende a estabilizar-se.

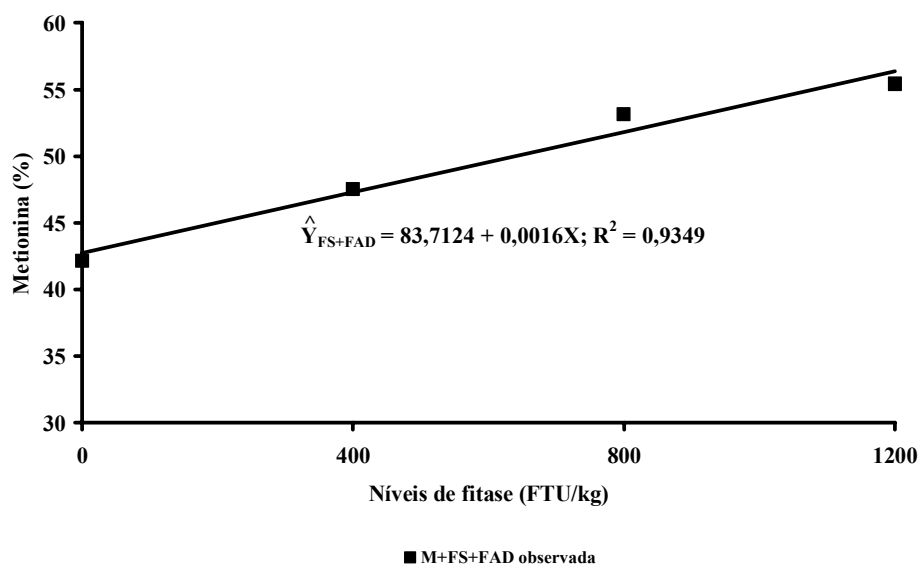


FIGURA 3.5. Efeito dos níveis de fitase sobre o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da metionina nas rações.

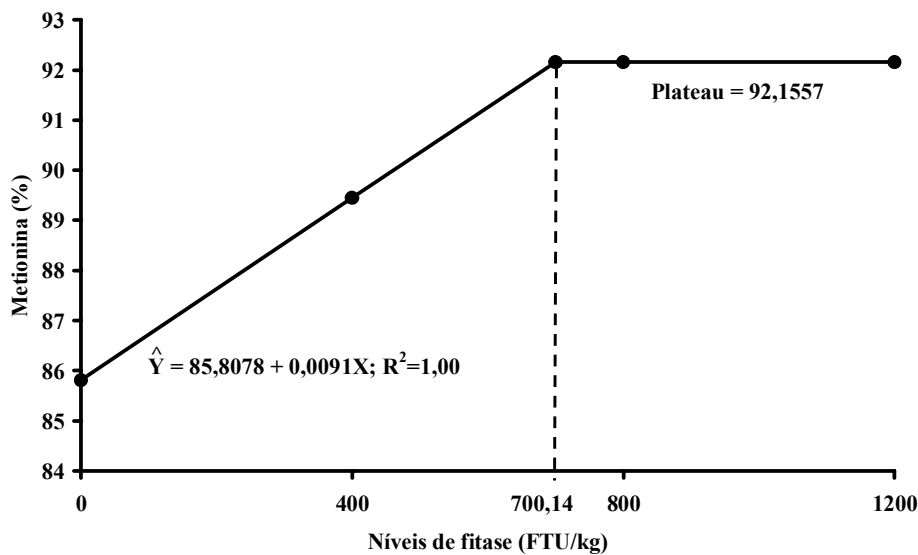


FIGURA 3.6. Efeito dos níveis de fitase sobre o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da metionina na ração M+FS.

Os resultados encontrados no presente trabalho, para este aminoácido, são similares aos verificados por Ravidran et al. (2000), que em rações à base de sorgo e farelo de soja suplementadas com 0, 250, 500 e 750 FTU/kg verificaram efeito linear sobre a digestibilidade ileal da metionina em frangos de corte. Mroz et al. (1994) também verificaram aumento de 2,1% na digestibilidade ileal da metionina em suínos na fase de crescimento ao suplementarem rações à base de milho, cevada e farelo de soja com 0 e 700 FTU/kg de fitase. Valaja et al. (1998) verificaram que a suplementação com 600 FTU/kg de fitase melhorou a digestibilidade ileal da metionina em 2,1%.

Murray et al. (1997) verificaram melhora na digestibilidade ileal aparente da metionina em leitões na fase inicial submetidos a rações à base de milho e farelo de soja suplementadas com 0, 700 e 1000 FTU/kg de fitase. O

efeito linear observado sobre a digestibilidade ileal aparente da metionina no presente trabalho sugere que em experimentos futuros possam ser acrescentados maiores níveis de fitase para observar melhor o comportamento deste aminoácido. Segundo Reddy et al. (1982), a metionina está entre os aminoácidos com os quais o fitato possui crescente afinidade. Este fato pode ter dificultado a ação da enzima na liberação deste aminoácido no complexo fitato-proteína.

Entretanto, estes resultados são diferentes dos encontrados por Sebastian et al. (1997), que não verificaram o efeito de suplementação de fitase (0 e 600 FTU/kg) sobre a digestibilidade ileal da metionina em frangos submetidos a rações à base de milho e farelo de soja.

4.5 Valina

Os coeficientes de digestibilidade ileal aparente da valina encontram-se na Tabela 3.11.

TABELA 3.11. Coeficiente de digestibilidade ileal aparente da valina (%) na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração.

Dieta	Fitase (FTU/kg)				Média
	0	400	800	1200	
M+FS+FAD ²	89,45	90,91	91,75	91,61	90,93
M+FS ¹	81,58	82,86	84,67	86,31	83,86
FS+FAD ¹	84,58	84,69	85,77	86,14	85,30
FS ¹	82,93	84,45	85,11	85,32	84,45
Média	84,64	85,73	86,83	87,35	
CV (%)					0,41

¹Efeito Linear (P < 0,05).

²Efeito Quadrático (P < 0,05).

Foi observado um efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de fitase sobre a digestibilidade ileal aparente da valina na ração M+FS+FAD. O maior coeficiente de digestibilidade encontrado através derivada simples das equações, (91,71%) foi proporcionado pelo nível de 800 FTU/kg de fitase. As rações FS+FAD e M+FS apresentaram efeito linear, entretanto, para a ração FS o efeito de LRP foi o que apresentou o melhor ajuste (Figuras 3.7 e 3.8). O maior coeficiente de digestibilidade encontrado através do modelo LRP foi de 85,21% para o nível de 599 FTU/kg de fitase, a partir do qual a digestibilidade tende a estabilizar-se.

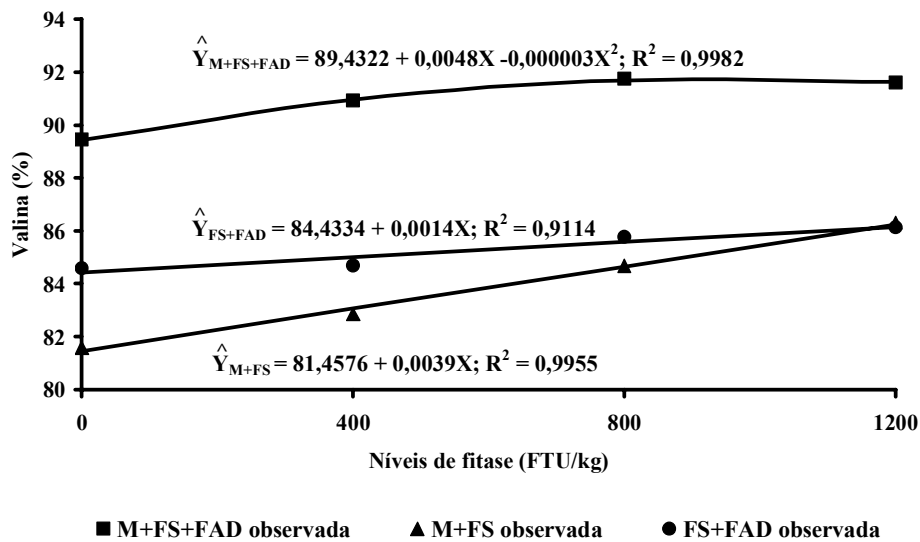


FIGURA 3.7. Efeito dos níveis de fitase sobre o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da valina nas rações.

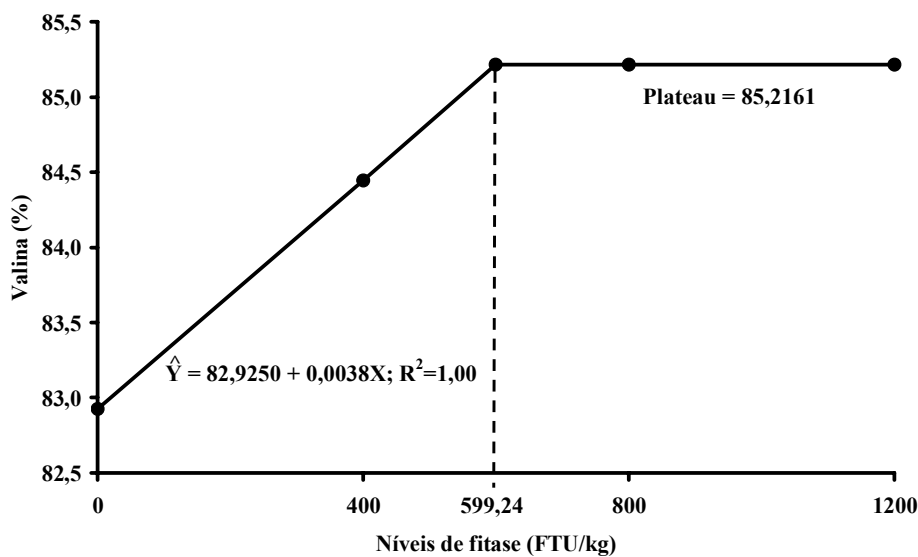


FIGURA 3.8. Efeito dos níveis de fitase sobre o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da valina na ração FS.

Este comportamento indica que houve liberação dos aminoácidos presentes em todas as rações. Mroz et al. (1995), suplementando rações à base de milho e farelo de soja com fitase (0 e 700 FTU/kg), também verificaram aumento significativo ($P < 0,01$) na digestibilidade ileal aparente da valina e dos demais aminoácidos essenciais. Valaja et al. (1998), trabalhando com suínos em crescimento para verificar a digestibilidade ileal aparente de aminoácidos em rações com ou sem adição de fitase (0 e 600 FTU/kg), verificaram que a digestibilidade da valina aumentou em 2,1% em função da suplementação.

Resultados semelhantes aos encontrados no presente trabalho também foram verificados por Mroz et al. (1994). Estes autores constataram que a adição de fitase melhorou significativamente ($P < 0,01$) a digestibilidade da valina mas

no geral a enzima teve pouca efeito sobre a digestibilidade ileal de outros aminoácidos, principalmente os não essenciais.

4.6 Treonina

Os coeficientes de digestibilidade ileal aparente da treonina encontram-se na Tabela 3.12.

TABELA 3.12. Coeficiente de digestibilidade ileal aparente da treonina (%) na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração.

Dieta	Fitase (FTU/kg)				Média
	0	400	800	1200	
M+FS+FAD	80,92	90,56	91,45	92,72	88,91
M+FS	80,85	86,07	88,59	86,59	85,53
FS+FAD	90,22	91,86	94,73	94,69	92,88
FS	79,25	82,23	83,57	82,29	81,84
Média	82,81	87,68	89,59	89,07	
CV (%)			0,24		

¹Efeito Quadrático (P < 0,05).

Foi observado um efeito quadrático sobre coeficiente de digestibilidade ileal aparente da treonina em todas as rações testadas (Figura 3.9). Os maiores coeficientes de digestibilidade encontrados através derivada simples das equações, foram proporcionados pelos níveis de 1240, 924, 1203 e 757 FTU/kg de fitase, respectivamente, para as rações M+FS+FAD, M+FS, FS+FAD e FS. Os valores máximos de digestibilidade proporcionados pelos níveis de 1240 e

1203 FTU/kg de fitase para as rações M+FS+FAD e FS+FAD, respectivamente, estão fora do intervalo estudado, o que demonstra que a digestibilidade da treonina nestas rações poderá ser melhorada com valores acima de 1200 FTU/kg de fitase. Este comportamento foi semelhante ao observado na lisina nessas mesmas rações e, provavelmente, deve-se à presença do FAD conforme discutido anteriormente.

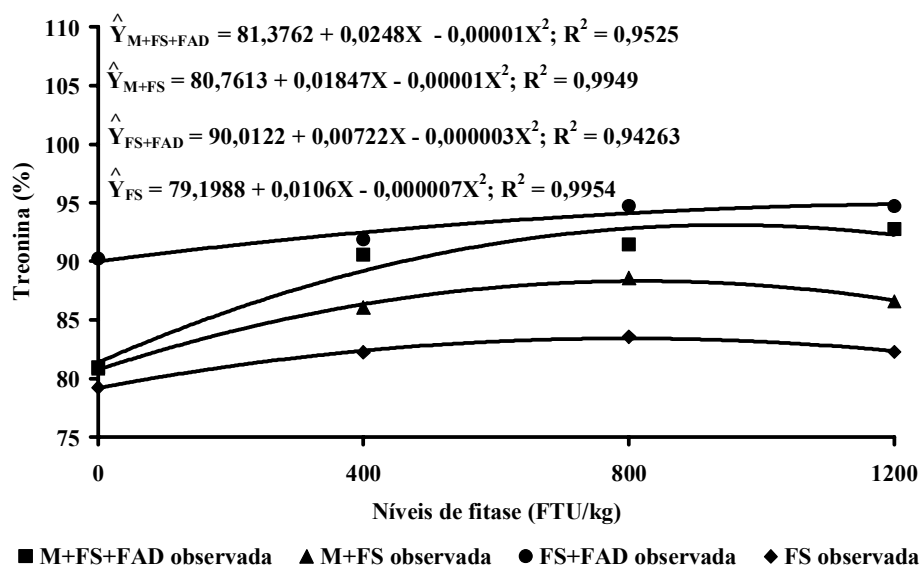


FIGURA 3.9. Efeito dos níveis de fitase sobre o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da treonina nas rações.

Os resultados verificados no presente trabalho são similares aos verificados por Officer & Batterham (1992), que determinaram os efeitos da suplementação de fitase sobre a digestibilidade de aminoácidos em farelo de linhaça, uma variante de semente de linho, para suínos em crescimento. Estes

autores, utilizaram a técnica de sacrifício e constataram aumentos significativos ($P < 0,05$) na digestibilidade da treonina.

Em frangos, Sebastian et al. (1997) verificaram o efeito de suplementação de fitase (0 e 600 FTU/kg) sobre a digestibilidade ileal de aminoácidos submetidos a rações à base de milho e farelo de soja, com alto e baixo teor de cálcio e fósforo. Os autores concluíram que a suplementação com fitase melhorou ($P < 0,06$) a digestibilidade ileal aparente deste aminoácido. Resultados semelhantes foram obtidos por Kornegay et al. (1998), que verificaram os efeitos da suplementação de fitase sobre a digestibilidade de aminoácidos para suínos em crescimento. Os autores utilizaram níveis de 0, 500, 1000 e 1500 FTU/kg de fitase em rações à base de milho e farelo de soja e constataram efeito quadrático sobre a digestibilidade ileal da histidina. Semelhantemente ao comportamento observado nos demais aminoácidos, verificou-se também que os níveis situados entre 400 e 800 FTU/kg de fitase proporcionaram os melhores valores de digestibilidade para a treonina nas rações.

4.7 Arginina

Os coeficientes de digestibilidade ileal aparente da arginina encontram-se na Tabela 3.13.

TABELA 3.13. Coeficiente de digestibilidade ileal aparente da arginina (%) na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração.

Dieta	Fitase (FTU/kg)				Média
	0	400	800	1200	
M+FS+FAD ¹	70,83	78,38	82,26	79,25	77,68
M+FS ¹	88,11	90,57	91,59	92,00	90,57
FS+FAD ¹	76,24	81,49	82,02	82,81	80,64
FS ¹	80,68	80,81	80,81	80,33	80,66
Média	78,97	82,81	84,17	83,60	
CV (%)			0,48		

¹Efeito Quadrático (P < 0,05).

Foi observado um efeito quadrático (P<0,05) dos níveis de fitase sobre a digestibilidade ileal aparente da arginina. Nas rações M+FS+FAD e FS, os maiores coeficientes de digestibilidade encontrados através derivada simples das equações, foram proporcionados pelos níveis de 678 e 450 FTU/kg de fitase, respectivamente. Nas demais rações (M+FS e FS+FAD), o efeito de LRP foi o que apresentou o melhor ajuste tendo os níveis de de 599,84 (91,79%) e 470,64 (82,41%) FTU/kg de fitase, respectivamente, proporcionados os maiores coeficientes, a partir do qual a digestibilidade tende a estabilizar-se (Figuras 3.10 a 3.12).

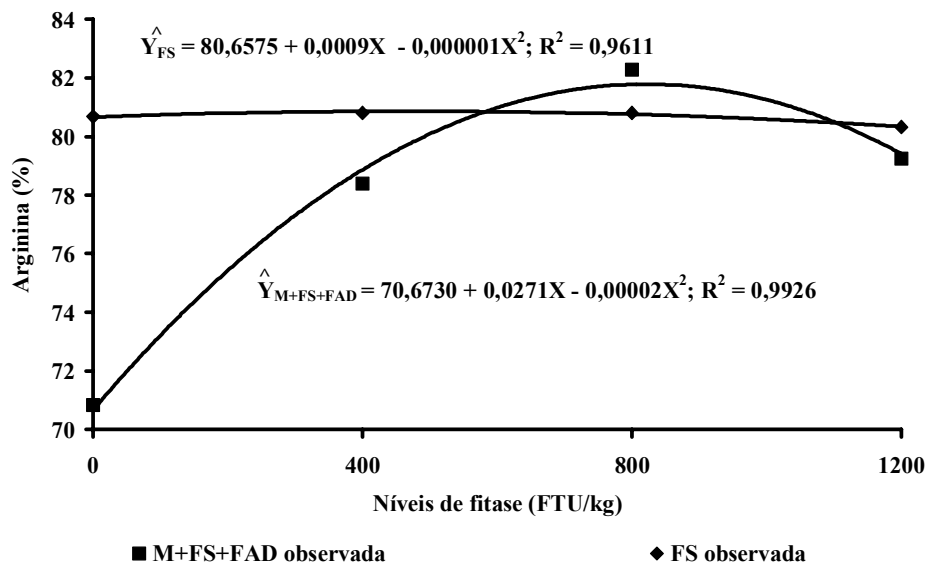


FIGURA 3.10. Efeito dos níveis de fitase sobre o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da treonina nas rações.

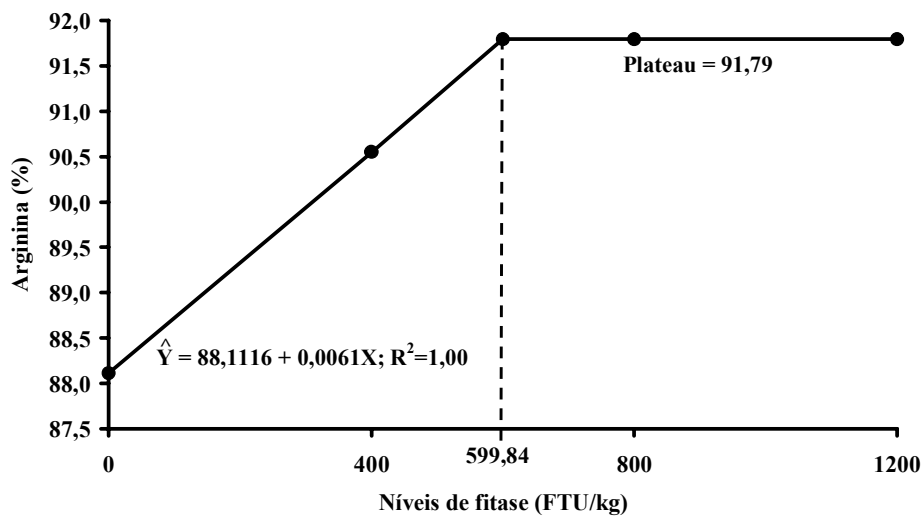


FIGURA 3.11. Efeito dos níveis de fitase sobre o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da arginina na ração M+FS.

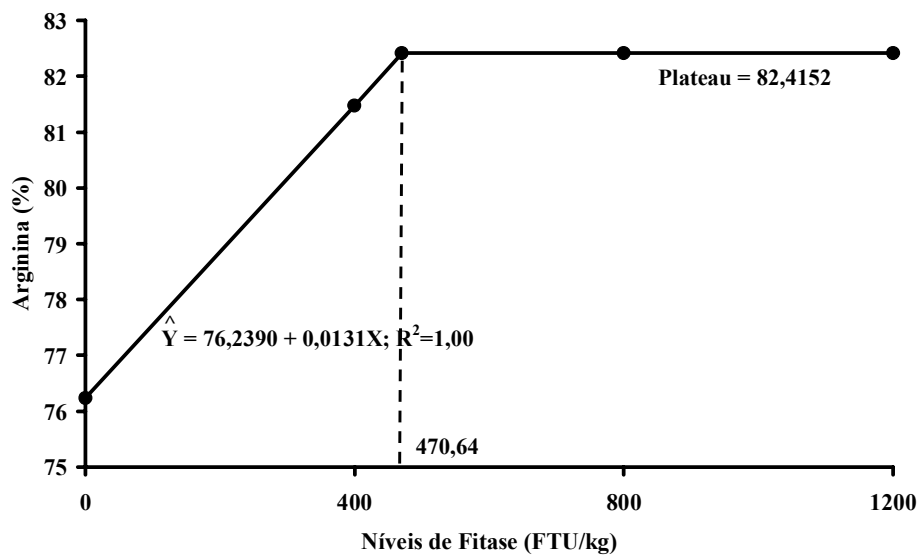


FIGURA 3.12. Efeito dos níveis de fitase sobre o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da arginina na ração FS+FAD.

Estes resultados indicam que houve liberação dos aminoácidos em todas as rações. Mroz et al. (1995), suplementando rações à base de milho e farelo de soja com fitase (0 e 700 FTU/kg), também verificaram aumento significativo ($P < 0,01$) na digestibilidade ileal aparente da treonina e dos demais aminoácidos essenciais. Valaja et al. (1998), trabalhando com suínos em crescimento para verificar a digestibilidade ileal aparente de aminoácidos em rações com ou sem adição de fitase (0 e 600 FTU/kg), verificaram que a digestibilidade da treonina aumentou em 2,1% em função da suplementação.

Resultados semelhantes aos encontrados no presente trabalho também foram verificados por Mroz et al. (1994). Estes autores constataram que a adição de fitase melhorou significativamente ($P < 0,01$) a digestibilidade da treonina,

mas no geral a enzima teve pouca efeito sobre a digestibilidade ileal de outros aminoácidos, principalmente os não essenciais.

4.8 Absorção de cálcio e fósforo

A taxa de absorção ileal de cálcio e do fósforo em função dos níveis de fitase nas rações encontram-se nas Tabelas 3.14. e 3.15.

Foi observado um efeito quadrático sobre a porcentagem de absorção do cálcio nas rações M+FS+FAD, FS+FAD e FS. As maiores taxas de absorção encontradas através derivada simples das equações, foram proporcionadas pelos níveis de 767, 679,2 e 657,14 FTU/kg, respectivamente. Já para a ração M+FS o melhor ajuste se deu através do modelo linear (Figura 3.13).

TABELA 3.14. Taxa de absorção ileal do cálcio das rações dos suínos em função dos diferentes níveis de fitase.

Ração	Fitase (FTU/kg)				Média
	0	400	800	1200	
M+FS+FAD ¹	55,07	57,22	61,35	57,65	57,82
M+FS ²	66,37	65,45	67,25	68,5	66,89
FS+FAD ¹	52,75	59,82	63,85	56,05	58,11
FS ¹	58,12	63,72	63,65	60,3	61,49
MÉDIA	58,08	61,55	64,03	60,63	
CV (%)			3,69		

¹Efeito quadrático (P<0,05).

²Efeito Linear (P<0,05).

TABELA 3.15. Taxa de absorção ileal do fósforo das rações dos suínos em função dos diferentes níveis de fitase.

Ração	Fitase (FTU/kg)				Média
	0	400	800	1200	
M+FS+FAD ¹	40,17	46,05	50,35	44,85	45,35
M+FS ²	50,5	54,52	60,82	59,75	56,39
FS+FAD ¹	29,15	33,75	34,82	35,72	33,36
FS ¹	43,05	51,22	52,35	49,37	48,24
MÉDIA	40,72	46,39	49,59	47,42	
CV (%)			4,71		

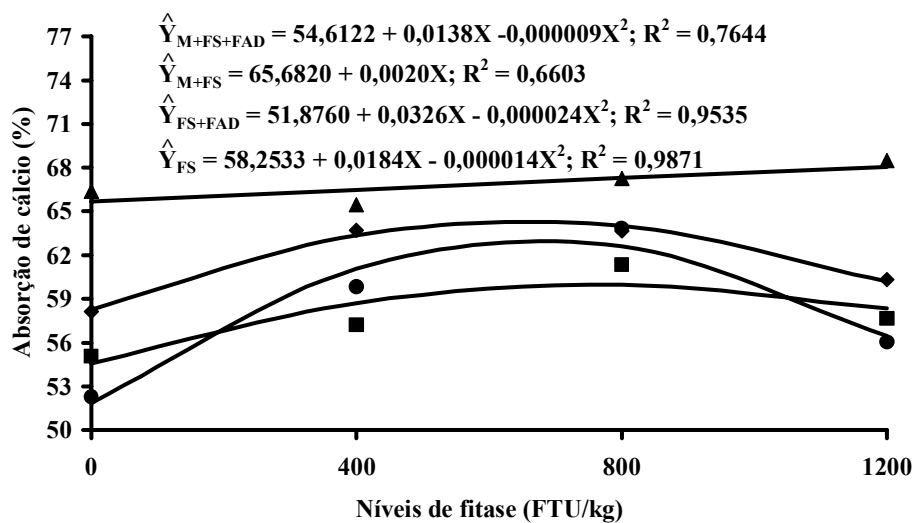
¹Efeito quadrático (P<0,05).

²Efeito linear (P<0,05).

Com relação ao fósforo observou-se efeito quadrático (P<0,05) para as rações M+FS+FAD e FS. As maiores taxas de absorção encontradas através derivada simples das equações, foram proporcionadas pelos níveis de 648 e 645 FTU/kg de fitase, respectivamente. Já para a ração FS+FAD o melhor ajuste se deu através do modelo linear. Entretanto, para a ração M+FS o modelo LRP foi o de melhor ajuste (Figuras 3.14 e 3.15). A maior taxa de absorção de 60,29% foi proporcionada pelo nível de 976,05 FTU/kg de fitase, onde, a partir deste a absorção tende a estabilizar-se.

Analisando os valores médios de absorção do fósforo, observa-se que a presença do farelo de arroz desengordurado (FAD) nas rações foi determinante para a maior ou menor absorção deste elemento. A taxa de absorção foi menor para a ração FS +FAD (33,36%) e para a ração M +FS +FAD (45,35%). Esse mesmo comportamento foi observado com relação a taxa de absorção do cálcio. Estes resultados também foram observados no experimento anterior de

digestibilidade total e deve-se ao fato de o FAD apresentar maior concentração de fósforo indisponível devido à presença de ácido fítico.



■ M+FS+FAD observada ▲ M+FS observada ● FS+FAD observada ◆ FS observada

FIGURA 3.13. Efeito dos níveis de fitase sobre o a absorção ileal de cálcio nas rações.

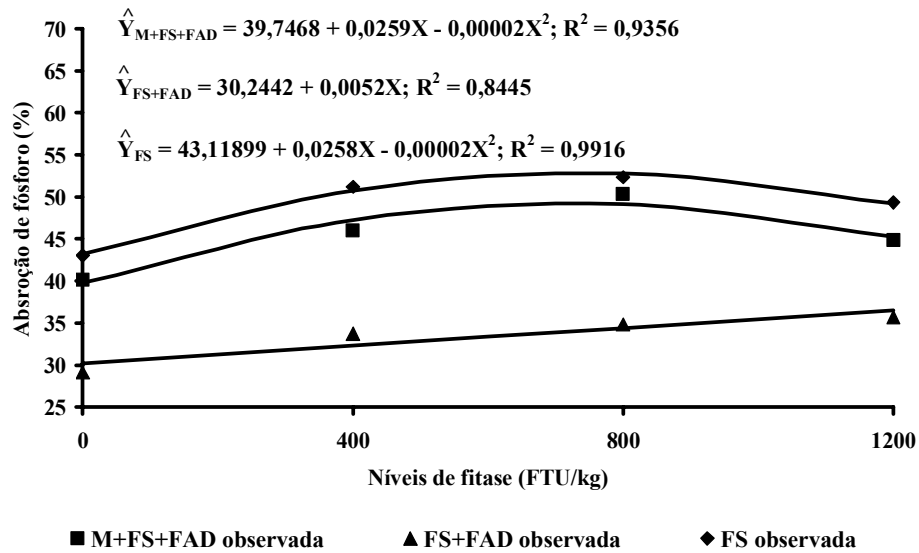


FIGURA 3.14. Efeito dos níveis de fitase sobre o a absorção ileal de fósforo nas rações.

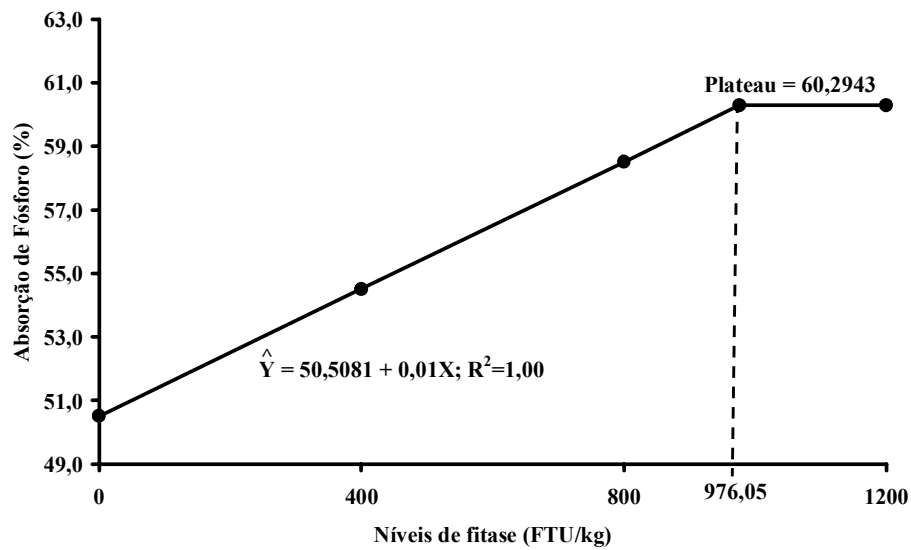


FIGURA 3.15. Efeito dos níveis de fitase sobre o a absorção ileal de fósforo na ração FS+FAD.

Resultados semelhantes foram observados por Traylor et al. (2001), que avaliando os efeitos de quatro níveis de fitase 0, 500, 1000 e 1500 FTU/kg (Natuphos) sobre a absorção ileal do cálcio e fósforo em rações à base de milho e farelo de soja para suínos em crescimento, verificaram um efeito quadrático sobre a absorção destes minerais, tendo o nível de 700 FTU/kg proporcionado maiores taxas de absorção. Semelhantemente ao que foi utilizado no presente trabalho, os autores também formularam rações com baixos níveis de cálcio e fósforo total. Lei et al. (1994) mencionam que a redução do cálcio da ração aumenta a atividade da fitase. Estes autores verificam os efeitos de dois níveis cálcio (0,8 e 0,4%) e a atividade da fitase (750 FTU/kg) sobre a digestibilidade ileal de nutrientes em suínos em crescimento e observaram que com fitase, a absorção ileal do fósforo foi melhorada em 13,8 % e que nos tratamentos com baixos níveis de cálcio e fitase a absorção de fósforo também foi melhorada.

Aumento de 9% na absorção de fósforo em rações à base de milho, cevada, trigo e, centeio, em rações suplementadas com 1000 FTU/kg de fitase para suínos em crescimento também foi observado por Weremko et al. (2001). Entretanto, estes autores não verificaram aumentos na absorção de cálcio em função da fitase, resultado diferente dos verificados no presente trabalho. Melhora de 10,3 e 12,1% para a absorção ileal de cálcio e fósforo, respectivamente, também foram verificados por Seynaeve et al. (2000) ao estudarem os efeitos da relação Ca:P em rações a base de cevada, farelo de trigo e farelo de soja para suínos em crescimento, suplementadas com 500 FTU/kg de fitase.

5 CONCLUSÕES

A suplementação com níveis de fitase para suínos em crescimento melhorou o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta das rações, tendo o nível de 483 FTU/kg de fitase proporcionado a melhor digestibilidade.

A fitase melhorou o coeficiente de digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos das rações. Os níveis situados entre 440 e 900 FTU/kg de fitase foram os que proporcionaram os melhores resultados de digestibilidade ileal.

Nas rações formuladas com farelo de arroz desengordurado foi observado os menores valores de digestibilidade ileal dos aminoácidos e menores taxas de absorção ileal de cálcio e fósforo.

A utilização da enzima fitase aumentou a absorção ileal de cálcio e fósforo das rações tendo os níveis situados entre 440 e 900 FTU/kg de fitase proporcionado as melhores taxas de absorção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fitase, a enzima milagrosa. **Aves e Ovos**, São Paulo, v. 8, n. 9, p. 24-28, jun./jul. 1999.

ADRIZAL, P. E. P.; SELL, J. L. Utilization of defatted rice bran by broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, n. 8, p. 1012-1017, Aug. 1996.

BAKER, D. H. Beyond phosphorus: phytase effects on protein, energy and trace-mineral utilization of swine and poultry. In: BASF TECHNICAL SYMPOSIUM: Carolina Swine Nutrition Conference, 7., 1998, Durhan. **Proceedings....** Durham, NC: BASF, 1998. p. 48-62.

BARNETT, B. J.; CLARK, E. S. Has phytase a proteolytic effect in diets for weaning pigs? In: Manipulating pig production. **IV Australasian Pig Science Association**, Canberra, p. 227-231, 1993.

BIEHL, R. R.; BAKER, D. H. Effect of supplementation microbial phytase for young pigs fed phosphorus or amino acid-deficient corn-soybean meal diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, n. 12, p. 2960-2966, Dec. 1996.

BRAGA, J. M. **Avaliação de fertilidade do solo (ensaios de campo)**. Viçosa:UFV, 1983. p.101. (Publicação, 156).

CHERYAN, M. Phytic acid interactions in foods systems. **CRC Critical reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 13 n. 4, p. 296-335, 1980.

CROMWELL, G. L.; COFFEY, R. D.; MONEGUS, H. J. et al. Efficacy of low-activity, microbial phytase in improving the biodisponibility of phosphorus in corn-soybean meal diets for pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 2, p. 449-456, Feb. 1995.

DeBOLAND, A. R.; GARNER, G. B.; O'DELL, B. L. Identification and properties of phytate in cereal grains and oilseed products. **Journal Agriculture Food Chemistry**, Washington, v. 23, n. 6, p. 1186-1189, Nov./Dec. 1975.

DOMENE, S. M. A. **Estudo do valor nutritivo mineral do farelo de arroz. Utilização do zinco, ferro cobre, e cálcio pelo rato em crescimento.** 1996. 104 p. Tese (Doutorado em Ciência da Nutrição) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

DUDLEY-CASH, W. A. Phytase improves amino acid digestibility of feed ingredients. **Feedtuffs**, Minneapolis, v. 71, n. 23, p. 15-18, June 1999.

EUROLYSINE – ITCF. **Digestibilidade ileal estandarizada de aminoácidos em ingredientes para rações de suínos.** França, 2000. 49 p.

FERKET, P. Enzymes offer way to reduce waste, improve performance. **Feedtuffs**, v. 68, n. 4, p. 30-34, Jan. 1996.

FERREIRA, D. F. **Sistema de análise de variância para dados balanceados: SISVAR.** Lavras: UFLA, 2000.

FULLER, M. F. Amino acids requirements for maintenance, body protein accretion and reproduction in pigs. In: D' MELLO, J. P. F. Ed. **Amino acids in farm animal nutrition.** Edinburgh. The Scottish Agricultural College. 1994. p. 155-184.

HAN, Y. W.; YANG, F.; ZHOU, A. G. et al. Supplemental phytases of microbial and cereal source improve dietary phytate phosphorus utilization by pigs from weaning trough finishing. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 4, p. 1017-1025, Apr. 1997.

JONGBLOED, A. W.; MROZ, Z.; KEMME, P. A. Effect of microbial phytase on apparent ileal digestibility of nitrogen and amino acids in pig diets. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 4, p. 1159-1168, Apr. 1997.

JONGBLOED, A. W.; MROZ, Z.; KEMME, P. A.; Van Der WEIJ-
JONGBLOED, R. The effects of microbial phytase, organic acids and their interaction in diets for growing pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 67, n. 1/2, p. 113-122, Dec. 2000.

KEMME, P. A.; JONGBLOED, A.W.; MROZ, Z.; KOGUT, J.; BEYNEN, A. C. Digestibility of nutrients in growing-finishing pigs is affected by *Aspergillus niger* phytase, phytate and lactic acid levels. 1. Apparent ileal digestibility of amino acids. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 58, n. 2, p.107-117, June.1999.

KESHAVARZ, K. Por que "es necesario emplear la fitasa en la dieta de las ponedoras?. **Indústria Avícola**, Mount Morris, v. 46, n. 10, p. 13-14, Oct. 1999.

KETAREN, P. P.; BATTERHAM, E. S.; DETTMANN, E. B. et al. Phosphorus studies in pigs. 3. Effect of phytase supplementation on the digestibility and availability of phosphorus in soya-bean meal for grower pigs. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 70, n. 1, p. 289-311, 1993.

KNUCKLES, B. E.; KUZMICKY, D. D.; GUMBMAN, M. R. et al. Effect of myo-inositol phosphate esters on in vitro and in vivo digestion of protein. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 54, n. 5, p. 1348-1350, 1989.

KORNEGAY, E. T.; DENBOW, D. M.; YI, Z.; RAVINDRAN, V. Response of broilers to graded levels of microbial phytase added to maize-soybean-meal-based diets containing three levels of non-phytate phosphorus. **British Journal of Nutrition**, London, v. 75, n. 6, p. 839-852, June 1996.

KORNEGAY, E. T.; QUIAN, H. Replacement of inorganic phosphorus by microbial phytase for young pigs fed on a maize-soybean-meal diet. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 76, n. 4, p. 563-578, 1996.

KORNEGAY, E. T.; YI, Z. Sites of phytase activity in gastrointestinal tract of swine and poultry. In: COELHO, M. C.; KORNEGAY, E. T. **Phytase in animal nutrition and waste management: a BASF reference manual 1996**. New Jersey: BASF; 1996b. p.241-248.

KORNEGAY, E. T.; RADCLIFFE, J. S.; ZHANG, Z. Influence of phytase and diet composition on phosphorus and amino acid digestibilities, and phosphorus and nitrogen excretion in swine. In: **BASF Technical Symposium**. Preceding Carolina Swine Nutrition Conference, p 125-155. Mount Olive, 1998.

KWON, K.; KWON, C. H.; CHUNG, H. W.; YOO, M. I.; SHON, K. S.; HYUN, Y.; PARK, S. C. Effects of microbial phytase supplementation on performance in growing and finishing pigs. **Korean Journal of Animal Science**, Ansong, v. 41, n. 2, p. 645-654, Dec. 1999.

LEESSON, S. Enzimas para aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1999, Campinas, SP. **Anais...** Campinas, SP: FACTA, 1999. p. 173-185.

LEI, X. G.; KU, P. K.; MILLER, E. R. et al. Calcium level affects the efficacy of supplementation microbial phytase in corn-soybean meal diets weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 1, p. 139-143, Jan. 1994.

LI, S.; SAUER, W. C.; HARTING, R. T. Effect of dietary fiber level on amino acid digestibility in young pigs. **Canadian Journal Animal Science**, Ottawa, v. 74, n. 2, p. 327-377, June 1994.

LIMA, F. R. Quantidade e qualidade do fósforo na nutrição mineral. **Avicultura Ciência e Tecnologia**, Campinas, v. 3, n. 14, p. 20-25, 1995.

MAGA, J. A. Phytate: its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 30, n 1, Jan. /Feb. 1982.

McKNIGHT, W. F. Swine rations formulation with natuphos® phytase. In: BASF TECHNICAL SYMPOSIUM: Carolina Swine Nutrition Conference, 1998, Durham. **Proceedings. . .** Durham, NC: BASF, 1998. p. 97-101.

MARTY, B. J.; CHAVEZ, E, R.; DE LANGE, C. F. M. Recovery of amino acids at the distal ileum for determining apparent and true ileal amino acid digestibilities in growing pigs fed various hest-processed full-fat soybean products. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 3, p. 2029-2037, Jan. 1994.

MROZ, Z.; JONGBLOED, A. W. The influence of phytase on the availability of protein and energy in swine. In: BASF TECHNICAL SYMPOSIUM: Carolina Swine Nutrition Conference, 1998, Durham. **Proceedings. . .** Durham, NC: BASF, 1998. P. 65-88.

MROZ, Z.; JONGBLOED, A. W.; KEMME, P. A. Apparent digestibility and retention of nutrients bound to phytate complexes as influenced by microbial phytase and feeding regimen in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 1, p. 126-132, Jan. 1994.

MROZ, Z.; JONGBLOED, A. W.; KEMME, P. A. et al. Ileal and overall digestibility of nitrogen and amino acids in a diet for pigs as influenced by *Aspergillus niger* phytase and feeding frequency or levels. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM PROTEIN METABOLISM AND NUTRITION, 6., 1991, Herning. **Proceedings...** Foulum: EAAP, 1991. p. 225-227.

MROZ, Z.; JONGBLOED, A. W.; KEMME, P. A.; MAKINEM, M. Apparent ileal digestibility of amino acids and overall digestibility of crude protein and minerals in relation to microbial phytase and phytate levels in diets for growing pigs. In: **Proceedings of the Australasian Pig Science Association**, Melbourne v. 5, p. 185 -190. 1995.

MURRAY, A. C.; LEWIS, R. D.; AMOS, H. E. The effect of microbial phytase in a pearl millet-soybean meal diet on apparent digestibility and retention of nutrients, serum mineral concentration and bone mineral density of nursery pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 5, p. 1284-1291, May 1997.

NAHAS, J.; LEFRANÇOIS, M. R. Effects of feeding locally grown whole barley with or without enzyme addition and whole wheat on broiler performance and carcass traits. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, n. 2, p. 195-202, Feb. 2001.

NAMKUNG, H.; LEESON, S. The effect of phytase enzyme on dietary nitrogen-corrected apparent metabolizable energy and the ileal digestibility of nitrogen and amino acids in broiler chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, n. 9, p. 1317-1319, Sept. 1999.

OKUBO, K.; MYERS, D. V.; IACOBUCCI, G. A. Binding of phytic acid to glycinin. **Cereal Chemical**, St. Paul, v. 53, n. 4, p. 513-524, July/Aug. 1976.

OFFICER, D. I.; BATTERHAM E. S. Enzyme supplementation of linola meal for growing pigs In: **Proceedings of the Australasian Society Animal Production**, Melbourne v. 19 p. 228 -230. 1992.

PARR, J. Formulating layer diet with Natuphus phytase. **BASF Technical Symposium**. Atlanta, Georgia, January 23, p. 104-121, 1996.

PEKAS, J. C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 27, n. 5, p. 1303-1306, Sept. 1968.

PENZ JR., A. M. A influência da nutrição na preservação do meio ambiente. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5. , 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2000. p. 53-67.

RAVINDRAN, V.; BRYDEN, W. L. **Influence of dietary phytic acid and available phosphorus levels on the response of broilers to supplemental natuphos®**. 3. ed. Ansong, Korea: Korean Society of Animal Nutrition and feedstuffs, 1997. (7th. Short Course on feed technology).

RAVINDRAN, V.; CABAHUG, S.; RAVINDRAN, G.; BRYDEN, W. L. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, n. 4, p. 699-706, Apr. 1999.

RAVINDRAN, V.; CABAHUG, S.; RAVINDRAN, G.; SELLE, P. H.; BRYDEN, W. L. Response of broiler chickens to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid and non-phytate phosphorus levels. II. Effect on apparent metabolizable energy, nutrient digestibility and nutrient retention. **British Poultry Science**, London, v. 41, n. 2, p. 193-200, May 2000.

REDDY, N. R.; SATHE, S. K.; SALUNKHE, K. K. Phytase in legumes and cereals. **Advances Food Research**, San Diego, v. 28, n. 1, p. 1, 1982.

RODEHUTSCORD, M. The effect of phytase on the availability of phosphorus in different ingredients in swine. In: BASF TECHNICAL SYMPOSIUM: Carolina Swine Nutrition Conference, 1998, Durham. **Proceedings...** Durham, NC: BASF, 1998. p. 32-45.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2000. 141 p.

ROSTAGNO, H. S.; FEATHERSON, W. R. Studies on the nutritional values of sorghum grain with varying tannin contents for chicks. I Growth Studies. **Poultry Science**, Champaign, v. 52, n. 2, p. 772, Feb. 1997.

SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S. P.; CHAVEZ, E. R. Implications of phytic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition: a review. **World's Poultry Science Journal**, Wageningen, v. 54, n. 1, p. 27-47, Mar. 1998.

SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S. P.; CHAVEZ, E. R.; LAGUE, P. C. Apparent digestibility of protein and amino acids in broiler chickens fed a corn-soybean diet supplemented with microbial phytase. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, n. 12, p. 1760-1769, Dec. 1997.

SELLE, P. H. **The potential of microbial phytase the sustainable production of pigs and poultry**. Ansong, Korea: Korean Society of Animal Nutrition and Feedstuffs, 1997. p. 124. (7th Short Course and Feed Technology).

SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V.; CALDWELL, R. A.; BRYDEN, W. L. Potato and phytase. Consequences for protein utilisation. **Nutrition Research Reviews**, Sydney, v. 13, p. 255-278, Dec 2000.

SEYNAEVE, M.; JANSSENS, G.; HESTA, M.; VAN-NEVEL, C.; DE-WILDE, R. O. Effects of dietary Ca/P ratio, P level and microbial phytase supplementation on nutrient digestibility in growing pigs: Precaecal, post-ileal and total tract disappearances of OM, P and Ca. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Bruxelles, v. 83 n. 1, p. 36-48, Feb. 2000

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1998. 166 p.

TRAYLOR, S. L.; CROMWELL, G. L.; LINDEMANN, M. D.; KNABE, D. A. Effects of level of supplemental phytase on ileal digestibility of amino acids, calcium, and phosphorus in dehulled soybean meal for growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, n. 10, p. 2634-2642, Oct. 2001.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistema para análises estatísticas (SAEG)**. Versão 7. 1. Viçosa, MG, 1997.

VALAJA, J.; PLAAMI, S.; SILJANDER-RASI, H. Effect of microbial phytase on digestibility and utilization of phosphorus and protein in pigs fed wet barley protein with fiber. **Animal Feed Science and Technology**, Finland, v. 72 n. 3, p.221- 223, June. 1998

WEREMKO, D.; FANDREJEWSKI, H.; RAJ, S.; SKIBA, G. Enzymatic efficiency of plant and microbial phytase in cereal-rapeseed diets for growing pigs. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 10, n. 4, p. 649-660, Apr. 2001.

WILLIAM, A. Phytase improves amino acids digestibility of feed ingredients. **Feedstuffs**, Mineneapolis, v. 71, n. 24, p. 15-22, June 1999.

YI, Z.; KORNEGAY, E. T.; DENBOW, D. M. Effect of microbial phytase on nitrogen and amino acid digestibility and nitrogen retention of turkey poults fed corn-soybean meal diets. **Poultry Science**, Savoy, v. 75, n. 8, p. 979-990, Aug. 1996.

YIN, Y. L.; MCEVOY, J. D. G.; SCHULZE, H.; HENNIG, U.; SOUFFRANT, W. B.; MCCRACKEN, K. J. Apparent digestibility (ileal and overall) of nutrients and endogenous nitrogen losses in growing pigs fed wheat (var. Soissons) or its by-products without or with xylanase supplementation. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 62, n. 2, p. 119-132, Jan. 2000. Abstract.

CAPÍTULO 4

EFEITO DA FITASE SOBRE O DESEMPENHO, PARÂMETROS SANGUÍNEOS E TEOR DE MINERAIS NOS OSSOS DE SUÍNOS NA FASE DE CRESCIMENTO

RESUMO

Silva, Hinaldo Oliveira. Efeito da fitase sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos e teor de minerais nos ossos de suínos na fase de crescimento.

In: ____ Fitase em rações para suínos em crescimento: Digestibilidade total, ileal e desempenho. Lavras: UFLA, 2003. p.128-158.(Tese- Doutorado).¹

Objetivou-se, com o presente trabalho, verificar o efeito da fitase sobre o desempenho, mineralização óssea e teor de uréia no plasma de suínos em crescimento. Foram utilizados 80 suínos ($30 \pm 3,1$ kg/PV), mestiços (LD x LW), machos e fêmeas, distribuídos em um delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram de uma ração de crescimento à base de milho, farelo de soja e farelo de arroz desengordurado (FAD), suplementada com quatro níveis de fitase (0, 400, 800 e 1200 FTU/kg). A ração foi formulada de acordo com Rostagno et al. (2000), exceto para cálcio e fósforo disponível cujos níveis foram 0,64 e 0,25 %, respectivamente. A enzima fitase utilizada foi a Natuphos 5000. Durante o período experimental, a cada oito dias foi coletado sangue de dois animais por bloco, através de uma punção no *sinus orbital*, segundo técnica adaptada de Friend & Brown (1971). Ao final de cada bloco, dois animais foram abatidos para coleta do osso metacarpo. As variáveis analisadas foram: ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD), conversão alimentar (CA), teor de uréia no plasma, teor de cinzas, cálcio, fósforo, manganês, zinco e magnésio no osso. A suplementação com a enzima fitase até o nível de 1200 FTU/kg para suínos em crescimento melhorou de forma linear a conversão alimentar, e o teor de cálcio e fósforo no osso. Os níveis de fitase proporcionaram um efeito quadrático sobre a uréia plasmática, sendo o nível de 750 FTU/kg o que proporcionou o menor teor de uréia no plasma. O teor de zinco e magnésio no osso metacarpo não foi afetado pelos níveis de fitase, mas foi observado um efeito quadrático sobre o teor de manganês no osso metacarpo dos suínos, tendo o nível de 666 FTU/kg proporcionado o maior teor de manganês no osso. Conclui-se que a suplementação com a enzima fitase em rações para suínos em crescimento melhorou o desempenho e a mineralização óssea, contribuindo para a redução do impacto ambiental provocado pelos dejetos dos suínos.

¹ Comitê Orientador: Elias Tadeu Fialho - UFLA (Orientador); Priscila Vieira Rosa Logato - UFLA; José Augusto de Freitas Lima - UFLA; Dalton de Oliveira Fontes – UFMG; Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA.

ABSTRACT

Silva, Hunaldo Oliveira. Effect of phytase on the performance, blood parameters and content of minerals in the bones of growing swine. In: _____ **Phytase growing swine diets: total, ileal digestibility and performance.** Lavras: UFLA, 2003. p.126-158.(Thesis – Doctorate).¹

This experiment was carried out in order to verify the effect of phytase supplementation of pig's diets on the performance, bone mineralization and content of plasma urea of growing pigs. A total of 80 pigs (30 ±3.1 kg), crossbred (LD x LW) barrows and females, were distributed into a randomized block design (RBD), with four treatments and five replicates. The treatments consisted of a growing pigs diets based on corn, soybean meal and defatted rice bran (DRB) supplemented with four levels of phytase (0, 400, 800 and 1200 FTU/kg). The diet was formulated according to Rostagno et al. (2000), except for available calcium and phosphorus, the levels of which were 0.64 and 0.25%, respectively. The enzyme phytase utilized was Natuphos 5000. Over the experimental period every eight days, blood of two animals per block was collected through a puncture in the *sinus orbital*. At the final of each block, two animals were slaughtered for collection of the metacarpus bone. The variables analyzed were: daily average weight gain (DAWG), daily average ration intake (DARI), feed conversion (FC), concentration of plasma urea, content of ashes, calcium, phosphorus, manganese, zinc and magnesium in the bone. The supplementation with the enzyme phytase up to the level of 1200 FTU/kg in growing pig's diets improved feed conversion and the content of bone calcium and phosphorus in a linear form. The phytase levels supplemented shown a quadratic effect on plasma urea, the level of 750 FTU/kg being the one which shown the lowest plasma urea concentration. The zinc and magnesium content in the metacarpus bone was not affected by phytase levels supplemented. Therefore the results shown a quadratic effect on the manganese content in pig's metacarpus bone, the level of 666 FTU/kg shown the highest bone manganese content. It is concluded that the utilization of the enzyme phytase in pigs diets shown to be beneficial to the performance and mineralization on the growing pigs as well as improve the reduction of the environmental impact caused by pig's excrements.

¹ Comitê Orientador: Elias Tadeu Fialho - UFLA (Orientador); Priscila Vieira Rosa Logato - UFLA; José Augusto de Freitas Lima - UFLA; Dalton de Oliveira Fontes – UFMG; Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A alimentação de suínos e aves baseia-se em ingredientes de origem vegetal, em especial o milho e o farelo de soja. Estes ingredientes apresentam cerca de dois terços do seu teor de fósforo complexado na molécula de ácido fítico, não podendo, portanto, ser utilizado pelos animais monogástricos porque estes não sintetizam a enzima fitase, necessária para hidrolisar este complexo. A ocorrência do fitato como fator antinutricional para os não ruminantes provoca a necessidade de suplementação de fósforo com fonte inorgânica, que em geral é onerosa, além de estar presente nas dietas em quantidades acima das exigências dos animais. Como consequência, o fósforo fítico, por ser de baixa disponibilidade, juntamente com o excesso de fósforo inorgânico adicionado às rações, é eliminado nas fezes dos animais.

A enzima fitase, produzida pelo microorganismo *Aspergillus niger*, tem sido utilizada com sucesso nas rações de suínos e aves para liberar parte do fósforo complexado na forma de fitato e melhorar a digestibilidade da proteína bruta e dos aminoácidos e a absorção de minerais. O arroz é um dos grãos mais produzidos no mundo, sendo utilizado principalmente para consumo humano. Devido o seu custo de produção ser, em geral, maior que o do milho, apenas os subprodutos de seu beneficiamento são empregados na alimentação animal. O farelo de arroz desengordurado é um subproduto resultante da extração por solvente da gordura do farelo de arroz integral para produção de óleo comestível. Apesar de conter quantidades significativas de fósforo, na maior parte indisponível, justifica-se avaliar o efeito da fitase em dietas contendo estes alimentos, visando tornar o nitrogênio, fósforo e outros minerais mais disponíveis para os suínos, com diminuição dos custos e da poluição ambiental. Objetivou-se, com o presente trabalho, verificar o efeito da fitase sobre o

desempenho, a mineralização óssea e o teor de uréia no plasma de suínos em crescimento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Efeito da fitase sobre a mineralização óssea

A hidrólise do fitato pela adição de fitase nas rações melhora a disponibilidade do fósforo e de outros minerais, com conseqüente aumento da resistência e mineralização dos ossos. Ao submeter suínos em crescimento a rações com 20% de farelo de arroz suplementadas com fitase (1200 FTU/kg), Pointillart (1991) observou uma maior densidade, como também maior teor de cinzas nos ossos em relação ao grupo controle. Quian et al. (1996) relatam que as características histológicas dos ossos são afetadas pela adição de fitase e que ração com baixo fósforo não fitico, suplementada com fitase, proporciona desenvolvimento ósseo similar aos obtidos com a ração suplementada com fósforo inorgânico. Ao adicionar fitase (500 FTU/kg de ração) para suínos em rações com baixo fósforo total (0,3% para a fase de crescimento e terminação), Cromwell et al. (1995b) verificaram que a resistência óssea foi similar à dos animais que consumiram rações com níveis adequados de fósforo total.

Rações à base de sorgo e farelo de soja suplementadas com 0, 300 e 500 FTU/kg, obtida do *Aspergillus niger* para suínos em fase de terminação, foram utilizadas por O'Quinn et al. (1997). Estes autores observaram melhora nas características ósseas e na concentração de cinzas no osso metatarso dos suínos os quais aumentaram linearmente com a suplementação de fitase. Estes mesmos parâmetros também foram aumentados nos metacarpo de suínos em experimento realizado por Liu et al. (1998) utilizando 500 FTU/kg (*Aspergillus niger*) em rações à base de milho e farelo de soja para suínos em crescimento. Estes autores também observaram acentuada melhora na mineralização e concentração de cinzas no osso metatarso. Objetivando estudar a cinética do fósforo em tecidos de suínos em crescimentos submetidos a rações contendo fósforo de

origem vegetal, suplementadas com níveis de fitase (0, 253, 759, 1265 e 1748 FTU/kg), Lopes et al. (2001) observaram que os níveis da enzima interferiram linearmente na concentração de fósforo inorgânico no osso. Porém, os autores não observaram influência da enzima na concentração de fósforo no fígado, rim, coração e músculos. Para verificar o efeito da suplementação de fitase (1000 FTU/kg) em rações com 50% de farelo de arroz integral, também suplementadas com e sem celulase ou com a combinação das duas enzimas, Fireman (1999) realizou um experimento com suínos nas fases de crescimento e terminação. Foi avaliada a quantidade de cinzas, cálcio e fósforo nos ossos concluindo que o uso da fitase combinada ou não com celulase não teve influência sobre a quantidade de minerais nos ossos dos animais.

2.2 Teor de uréia no plasma

Compostos nitrogenados derivados do metabolismo protéico encontrados no plasma, tem-se revelado bons indicadores da qualidade da proteína. Esses métodos, em comparação com os ensaios de desempenho e balanço de nitrogênio são mais rápidos, econômicos e precisos. Parte da amônia, formada a partir do catabolismo de aminoácidos, é excretada pela maioria dos vertebrados terrestres, na forma de uréia, e, por isso são chamados ureotélicos (Lehninger, 1975). Os níveis de uréia no sangue, podem refletir o consumo de rações com desequilíbrio de aminoácidos ou proteína de baixa qualidade. Em ratos, Kumta & Harper (1961). Se o animal ingere proteína em qualidade e quantidade adequadas às suas exigências, espera-se baixa excreção de nitrogênio. Para um dado consumo de nitrogênio, a concentração de uréia é inversamente relacionada com a eficiência com que a proteína é utilizada. Desta forma, a concentração de uréia no plasma pode ser um critério para avaliar a qualidade de uma proteína (Brown & Cline, 1974), as exigências de proteínas e aminoácidos (Cay et. al., 194).

Brown & Cline, (1974) estão entre os primeiros a estudar o efeito de diferentes quantidades de aminoácidos sobre a concentração de uréia plasmática. Para tanto, os autores alimentaram suínos com rações deficiente e adequada em lisina. Os resultados deste trabalho, validaram o uso da concentração de uréia no plasma com indicador de qualidade da proteína alimentar. Resultados semelhantes foram encontrados por Braude et al. (1974), que trabalhando com suínos em crescimento, concluíram que a determinação de uréia no plasma é melhor que mudanças de aminoácidos no plasma, quando se deseja determinar exigências de aminoácidos e eficiência de utilização de proteína. No Brasil, Coelho et al. (1987), Lima (1989), Fontes (1999) e Moreira et al. (2002), utilizaram o teor de uréia no plasma, como método para determinar exigências nutricionais de suínos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O experimento foi conduzido durante o mês de maio de 2002, no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada no município de Lavras, região sul do Estado de Minas Gerais, latitude 21° 14' 30''(S), longitude 45° (O) e altitude de 910 metros. O clima da região segundo a classificação Köppen é do tipo CWB, tropical úmido, com duas estações definidas: chuvosa (novembro/abril) e seca (maio/outubro) (Ometo,1981).

3.2 Animais experimentais

Foram utilizados 80 suínos mestiços (Large White x Landrace), com peso médio inicial de $30 \pm 4,21$ kg, sendo 40 machos castrados e 40 fêmeas, provenientes do plantel do setor de suinocultura do DZO/UFLA. Foram alojados dois machos e duas fêmeas por baia, sendo cada baia a unidade experimental.

3.3 Rações experimentais

Os tratamentos experimentais consistiram de rações suplementadas com 0, 400, 800, 1200 FTU/kg de fitase, formuladas à base de milho, farelo de soja e farelo de arroz desengordurado (FAD), e suplementadas com vitaminas e minerais. As rações experimentais foram isoprotéicas, isocalóricas, isocálcicas e isolisínicas formuladas para atender as exigências dos suínos de acordo com Rostagno et al. (2000), exceto para cálcio e fósforo disponível cujos valores foram 0,64% e 0,25%, respectivamente.

A composição bromatológica dos ingredientes usados nas rações e a composição percentual das rações experimentais encontram-se nas Tabelas 4.1 e 4.2, respectivamente.

TABELA 4.1. Composição química e energética dos ingredientes utilizados nas rações experimentais.

Ingrediente¹	MS (%)²	PB (%)²	ED (Kcal/kg)³	FB (%)²	Ca (%)²	P_t (%)²
Milho	89,94	8,75	3376	1,85	0,04	0,22
Farelo de Soja	89,93	45,86	3476	5,34	0,26	0,43
FAD.	89,93	16,31	2531	9,86	0,10	1,99
Fosfato bicálcico	-	-	-	-	22,04	18,04
Calcário	-	-	-	-	38,54	-

¹Valores expressos com base na matéria natural.

²Valores segundo análises realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO - UFLA.

³Valores segundo Rostagno et al. (2000).

TABELA 4.2. Composição das rações utilizadas no experimento.

INGREDIENTE (%)	T1	T2	T3	T4
Milho	65,00	65,00	65,00	65,00
Farelo de soja	18,63	18,63	18,63	18,63
Farelo de arroz desengordurado	12,50	12,50	12,50	12,50
Fosfato bicálcico	0,70	0,70	0,70	0,70
Calcário calcítico	1,00	1,00	1,00	1,00
Sal iodado	0,47	0,47	0,47	0,47
Suplemento mineral ¹	0,10	0,10	0,10	0,10
Suplemento vitamínico ²	0,10	0,10	0,10	0,10
Caulim	0,50	0,42	0,35	0,26
Fitase	0,00	0,08	0,16	0,24
VALORES CALCULADOS				
Energia Digestível (Kcal/kg)	3374	3374	3374	3374
Proteína bruta (%)	16,20	16,20	16,20	16,20
Cálcio (%)	0,64	0,64	0,64	0,64
Fósforo total (%)	0,57	0,57	0,57	0,57
Fósforo disponível (%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Lisina (%)	0,82	0,82	0,82	0,82
Metionina+cistina (%)	0,62	0,62	0,62	0,62
Metionina (%)	0,27	0,27	0,27	0,27
Triptófano (%)	0,16	0,16	0,16	0,16

¹Suplemento Mineral: Cobre (30.000mg), Zinco (160.000mg), Iodo (1.900mg), Fe (100.000mg), Mn (70.000mg), Selênio (500mg), Zinco (80.000 mg), Ferro (70.000 mg), Cobalto (500 mg)

²Suplemento Vitamínico: Vit. A (8.000.000 UI), Vit.D₃ (1.200.000 UI), Vit.E (20.000 mg), Vit. K₃ (2500mg) Vit. B₁₂ (20.000), Tiamina B₁ (1.000mg), Riboflavina B₂ (4.000mg), Pirodoxina B₆ (2.000mg), Niacina (25.000mg), Ac. Pantoténico (10.000mg), Biotina (50mg), Ac Fólico (600mg), Antioxidante (125mg).

3.4 Enzima utilizada

Neste experimento foi utilizada a enzima fitase Natuphos G 5000[®], lote 0000301053, fornecida pela BASF Corporation, obtida através da recombinação gênica de fungos *Aspergillus niger* e *Aspergillus ficuum*. Este produto comercial é um pó, com atividade preconizada pelo fabricante de 5000 unidades de fitase/g (FTU/g).

3.5 Instalações e manejo

Os animais foram distribuídos em 20 baias coletivas localizadas em um galpão com orientação norte-sul, construído em alvenaria, com estrutura de telhado em duas águas e coberto com telha canal, apresentando altura de pé direito de 2,80m. As baias, com dimensão de 1,80 x 2m, tinham piso parcialmente ripado, eram equipadas com bebedouro tipo chupeta e comedouro semi-automático. Ração e água foram fornecidas à vontade. Os animais foram pesados no início e no final do experimento e o período experimental foi de 35 dias. Durante o período experimental, coletou-se semanalmente o sangue de dois animais de cada tratamento para análise do teor de uréia no soro sanguíneo. Foi empregada a seguinte metodologia: O sistema de alimentação foi feito segundo a metodologia utilizada por Brown & Cline (1974). Na véspera da coleta, o arraçoamento foi suspenso às 20 horas e os animais permaneceram em jejum sólido por 12 horas. No dia seguinte, às 8 horas da manhã, a ração foi disponibilizada durante uma hora, seguida de jejum de 6 horas, quando foi feita a coleta de sangue através de punção do *sinus orbital*. Foi utilizado o EDTA sódico a 4% como anticoagulante e as amostras, em seguida, foram centrifugadas por 10 minutos para retirada do soro, que era estocado em freezer a -20° C. No total, foram analisadas 64 amostras.

Ao final do experimento foi abatido um animal de cada unidade experimental para retirada do osso metacarpo com o objetivo de determinar o teor de minerais nas cinzas. Os animais foram atordoados, e abatidos por sangramento e em seguida eviscerados. Após a retirada dos ossos metacarpianos procedeu-se a identificação com placas de alumínio numeradas e fixadas com arame e, em seguida, os ossos foram descarnados e lavados em água corrente fria.

Depois de secos em estufa ventilada a 68 °C por aproximadamente 72 horas, passou-se ao processo de retirada da gordura em éter etílico, seguido de uma nova secagem em estufa a 105 °C por 24 horas. Após esfriarem em dessecador os ossos foram triturados as amostras foram pesadas para incineração em forno de mufla a 550 °C por 12 horas. A solubilização foi feita adicionando 10 mL de HCl e aquecendo-as. Em seguida a solução foi filtrada e diluída com água destilada para obter a solução mineral.

3.6 Análises laboratoriais

Os ingredientes e rações foram analisados de acordo com os métodos descritos pela A.O.A.C. (1990) realizados no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA. A solução mineral para determinação do fósforo e cálcio dos ossos foi obtida das cinzas por via seca, sendo que a determinação do fósforo foi realizada pelo método de fotometria e a do cálcio, por permanganatometria, segundo Silva (1998).

Para determinação do zinco, manganês e magnésio, a solução mineral foi obtida por via úmida e a leitura foi feita pelo método de espectrofotometria de absorção atômica, em aparelho modelo Varian SpectrAA-100. A determinação

da uréia sanguínea procedeu-se por meio de teste enzimático calorimétrico, utilizando-se “Kit” LABTEST.¹

3.7 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, tendo como critério para formação do bloco o peso inicial. Os 80 animais (40 machos castrados e 40 fêmeas) foram distribuídos em 4 tratamentos, com 5 repetições (Blocos) de 16 animais cada, sendo a unidade experimental representada pela a baia com os 4 suínos (2 machos e 2 fêmeas). Os tratamentos consistiram da suplementação de 0, 400, 800 e 1200 FTU/Kg de ração de fitase. O modelo estatístico adotado para análise dos dados foi:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + e_{ijk},$$

em que:

Y_{ijk} = observação do animal k submetido ao tratamento i, no bloco j.

μ = média geral.

T_i = efeito do tratamento i, sendo i = 1, 2, 3, e 4.

B_j = efeito do bloco j, sendo j = 1, 2, 3, 4, e 5.

e_{ijk} = erro associado a cada observação, independentemente distribuído com média 0 e variância σ^2 .

¹ Analisa Diagnóstica LTDA

As variáveis analisadas foram: ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD), conversão alimentar (CA), teor de uréia no plasma, teor de cinzas nos ossos e teor de Ca, P, Mn, Zn e Mg nos ossos.

As análises estatísticas dos resultados obtidos foram submetidas às análises de variância e de regressão por polinômios ortogonais, realizadas segundo programa estatístico SISVAR (Sistema para análise de variância de dados balanceados), desenvolvido por Ferreira (2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e teor de uréia no plasma

Os resultados relativos a ganho de peso médio diário (GPMD), consumo médio diário de ração (CRMD), conversão alimentar (CA) e teor de uréia no plasma dos suínos são apresentados na Tabela 4.3.

TABELA 4.3. Ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD), conversão alimentar (CA) e teor de uréia no plasma dos suínos durante a fase de crescimento (30-60 kg), em função dos diferentes níveis de fitase.

Nível de Fitase (FTU/kg)	VARIÁVEIS ANALISADAS			
	GPMD (g) ^{Ns}	CRMD (g) ^{Ns}	CA *	URÉIA (mg/dL) **
0	706	1,98	2,82	29,81
400	712	1,97	2,76	27,75
800	728	1,98	2,73	25,06
1200	744	2,04	2,69	27,18
Média	722	1,98	2,75	27,45
CV (%)	4,84	4,94	1,97	11,46

Ns – Efeito não significativo (P>0,05).

*Efeito linear (P<0,05).

**Efeito Quadrático (P<0,05).

Não foi observado efeito significativo dos níveis de fitase sobre o ganho de peso e o consumo de ração. Entretanto, as tendências de maior ganho de peso proporcionaram uma conversão alimentar significativamente melhor ($P < 0,05$) com a utilização de fitase na ração. A melhor conversão alimentar apresentada pelos suínos que receberam fitase demonstra que a enzima proporcionou um incremento no aproveitamento dos nutrientes da ração, já que os pesos obtidos foram semelhantes. A análise dos dados mostra que, com a utilização da fitase, embora não significativo, o ganho de peso foi em média 5,38 % superior quando comparado à rações sem fitase. Isto resultou numa melhora de 3,3 % na conversão. Os resultados obtidos no Capítulo 2 deste trabalho, que demonstram o efeito da fitase sobre a retenção de nitrogênio, e os resultados obtidos por Fialho et al. (2000), que observaram melhora nos valores de digestibilidade dos nutrientes, reforçam a presente inferência. Este melhor efeito da fitase sobre o ganho de peso e conversão alimentar indica que houve liberação do fósforo fítico e, também, possível aumento da digestibilidade dos aminoácidos das rações.

O detalhamento da análise de variância por meio de regressão mostrou um efeito linear (Figura 4.1) dos níveis de fitase sobre a conversão alimentar.

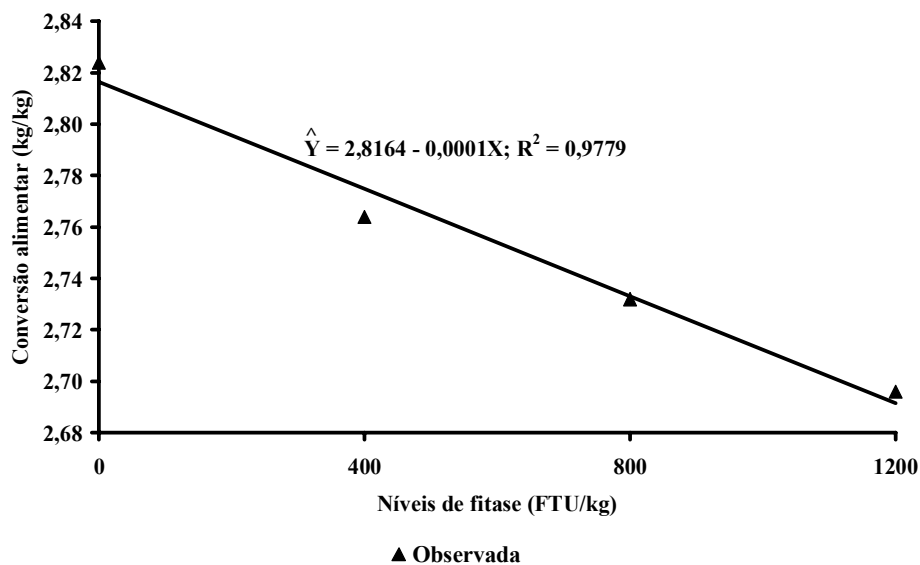


FIGURA 4.1. Efeito dos níveis de fitase na ração sobre a conversão alimentar dos suínos de 30 a 60 kg.

Lei et al. (1993b) ao avaliarem a suplementação com fitase nos níveis de 0, 250, 500 e 750 FTU/kg para suínos em crescimento, observaram resposta significativa no ganho de peso e conversão alimentar. Em outra pesquisa, porém, com níveis mais altos de suplementação de fitase (750, 1050, 1250 e 1350 FTU/kg), Lei et al (1993) utilizando rações à base de milho e farelo de soja para leitões desmamados, não observaram efeito para as variáveis de desempenho. Pesquisas sobre a toxicidade da fitase têm demonstrado que não há efeito tóxico (Matsui et al., 2000), podendo-se utilizar níveis altos de fitase em rações.

Embora utilizando rações formuladas com ingredientes diferentes dos usados no presente trabalho, Murry et al. (1997) constataram aumento no ganho de peso dos leitões que consumiram rações suplementadas com 700 e 1000 FTU/kg (*Aspergillus niger*) e com baixo nível de fósforo disponível. Aumento

linear sobre a eficiência alimentar de suínos em crescimento foi constatado por Liu et al.(1997) resultados semelhantes aos encontrados no presente experimento, embora estes autores também tenham constatado aumento linear sobre o ganho de peso diário. Os autores utilizaram níveis de 0, 250 e 500 e 750 FTU/kg de fitase proveniente do *Aspergillus niger*.

Embora as rações utilizadas no presente experimento tenham sido formuladas com níveis de cálcio e fósforo abaixo dos requerimentos para a fase, constatou-se que não houve comprometimento no desempenho dos animais, já que a conversão alimentar melhorou 3,3 %. Libal et al (1969) relataram que os níveis de cálcio e fósforo podem variar consideravelmente nas dietas sem afetar o desempenho dos suínos. A exigência de fósforo para maximizar o desempenho dos animais é inferior ao nível exigido para maximizar o desenvolvimento ósseo (Koch et al., 1984). Pode-se também atribuir ao efeito da fitase na liberação do fósforo dos ingredientes de origem vegetal em quantidade suficiente para não comprometer o desempenho dos suínos em crescimento.

Resultados semelhantes aos obtidos no presente experimento também foram verificados por Ketaren et al. (1993), que verificaram melhora na conversão alimentar ao suplementar rações sem e com 1000 FTU/kg de fitase para suínos em crescimento. Segundo os autores, a melhora na conversão alimentar dos animais que receberam a suplementação pode ser atribuída ao aumento dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes da ração, fato ocorrido naquele trabalho. Utilizando rações à base de milho e farelo de soja com 30% de farelo de arroz desengordurado, sem fósforo inorgânico e com níveis crescentes de fitase (0, 750 e 1000 FTU/kg) para suínos em crescimento, Ludke et al (2000b) não verificaram efeito significativo para as variáveis de desempenho.

Trabalhando com fitase produzida a partir de semente de canola geneticamente modificada (Phytaseed) e fitase microbiana (Natuphos) com níveis crescentes de suplementação (250 a 2500 FTU/Kg), Zhang et al. (2000) constaram efeito linear para a variável ganho de peso. O mesmo resultado também foi obtido por Matsui et al. (2000) ao utilizarem fitase proveniente de leveduras nos níveis de 250 e 2500 FTU/Kg de ração para suínos em crescimento. Estes resultados diferem dos obtidos no presente trabalho, porém o tipo de enzima e os níveis utilizados são diferentes.

Como pode ser observado na Tabela 4.3, foi constatado um efeito quadrático dos níveis da enzima fitase sobre o teor de uréia no plasma. O nível de 750 FTU foi o que proporcionou o menor teor de uréia no plasma (26,14 mg/dL) (Figura 4.2).

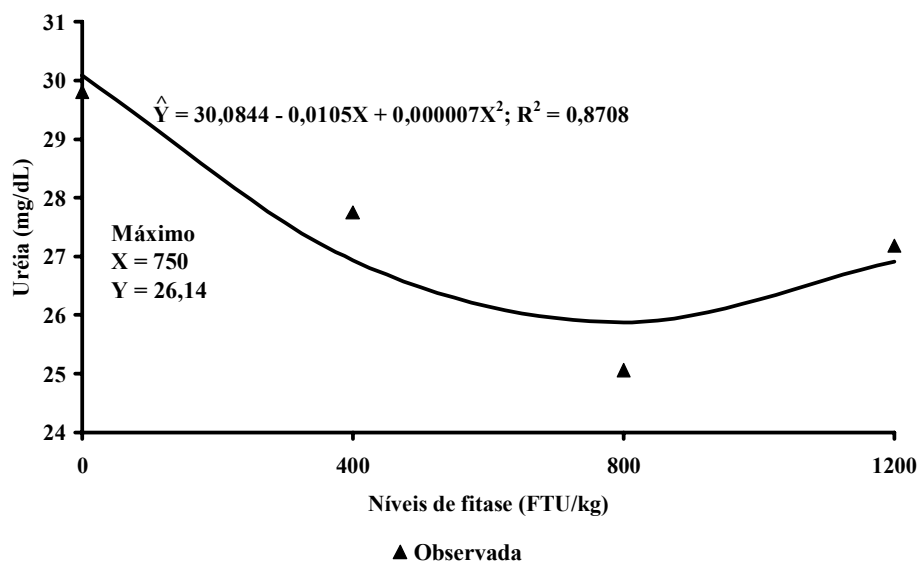


FIGURA 4.2. Efeito dos níveis de fitase na ração sobre o teor de uréia no plasma dos suínos de 30 a 60 kg.

Os valores observados foram inferiores aos encontrados por Fontes (1999) os quais variaram de 38,7 a 40,76 mg/dL, e inferiores aos encontrados por Moreira et al. (2002) os quais variaram de 18 a 23 mg/dL, e similares aos encontrados por Coelho et al. (1987) e Coma et al. (1995).

A relação quadrática observada entre os níveis crescentes da enzima fitase e o teor de uréia no plasma sugere uma possível ação da enzima sobre o melhor aproveitamento da proteína das rações.

A taxa de síntese de uréia é influenciada pelos níveis de proteína da dieta e pelo catabolismo protéico (Patterson et al.1985); Eggum (1970) sugere que a menor concentração de uréia na corrente sanguínea corresponde a uma melhor utilização de aminoácidos. Brown & Cline (1974) verificaram altas concentrações de uréia no soro sanguíneo de suínos alimentados com rações deficientes em aminoácidos. No entanto, esses mesmos autores notaram que, à medida que foram sendo adicionados aminoácidos às rações, as concentrações sanguíneas de uréia diminuíram.

4.2 Teores de cinzas, cálcio e fósforo no osso metacarpo

Os valores médios de cinzas, cálcio e fósforo no osso metacarpo dos suínos, abatidos ao final do experimento encontram-se na Tabela 4.4.

TABELA 4.4. Teores médios de cinzas, cálcio e fósforo no osso metacarpo dos suínos abatidos ao final do experimento, em função dos diferentes níveis de fitase na ração*.

Nível de Fitase (FTU/kg)	FATORES ANALISADOS		
	Cinza (%) ^{Ns}	Cálcio (%) ¹	Fósforo (%) ¹
0	51,02	18,95	9,87
400	51,96	19,62	10,20
800	51,77	19,88	10,67
1200	51,65	20,87	11,04
Média geral	51,60	19,83	10,43
CV (%)	2,70	3,69	4,20

*Na matéria seca desengordurada.

¹Efeito Linear (P<0,05).

Ns - Não significativo (P>0,05).

O teor de cinzas no osso não foi afetado pelos níveis de fitase, porém o detalhamento da análise de variância por meio de regressão polinomial mostrou um efeito linear tanto para cálcio quanto para o fósforo no osso metacarpo em função dos níveis de fitase. As Figuras 4.3 e 4.4 ilustram o efeito da fitase sobre a porcentagem de cálcio e fósforo no metacarpo.

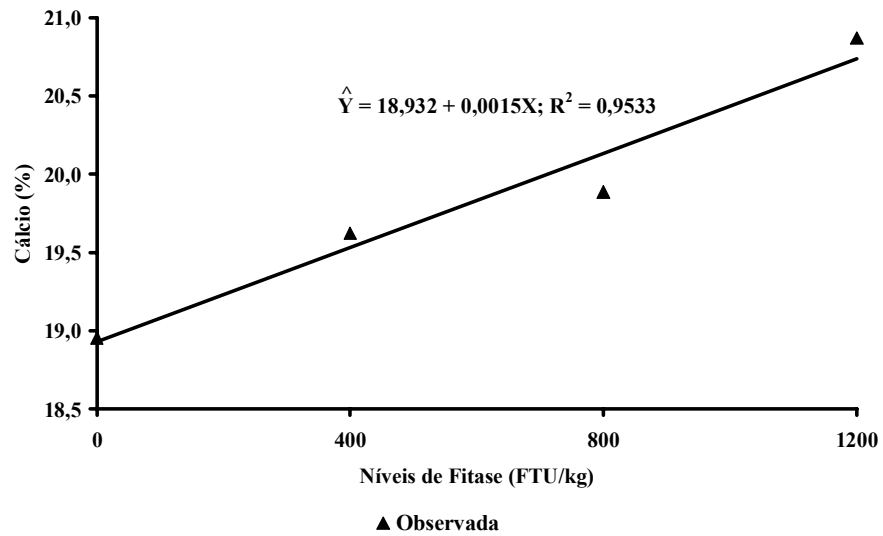


FIGURA 4.3. Efeito dos níveis de fitase sobre o teor de cálcio no osso metacarpo dos suínos.

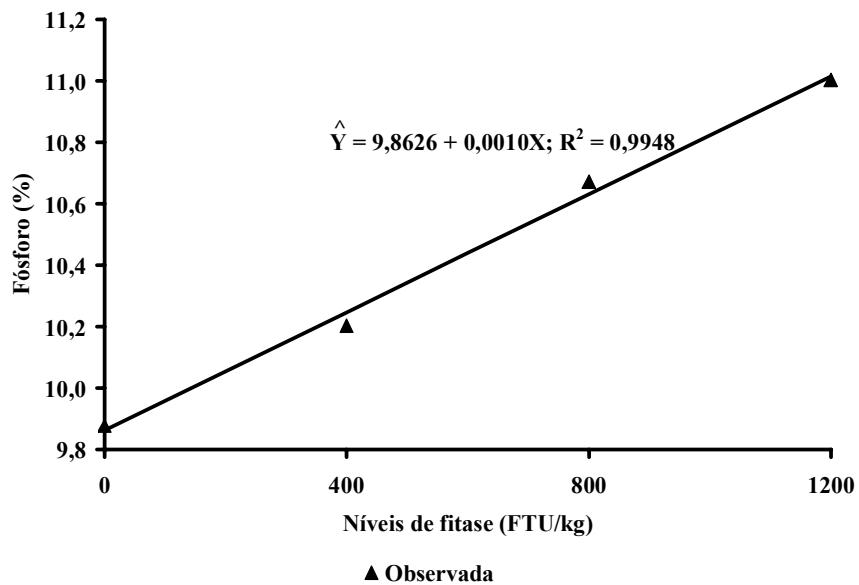


FIGURA 4.4. Efeito dos níveis de fitase sobre o teor de fósforo no osso metacarpo dos suínos.

Muitos autores entre eles Zhang (2000) e Teichmann et al. (1998) indicam a porcentagem de cálcio e fósforo nos ossos como a principal medida de resposta para avaliar a disponibilidade destes minerais, pois refletem melhor as variações do mineral nas rações. Os maiores teores de fósforo nos ossos observados no presente experimento, mesmo com os níveis deste elemento abaixo da exigência do animal, evidenciam a ação da fitase na liberação do fósforo presente nos ingredientes. Isto foi possível mesmo com as rações contendo farelo de arroz desengordurado, que apresenta maior concentração de fósforo total, sendo a maior parte indisponível. Entretanto, estes resultados discordam dos encontrados por Han et al. (1997), que não encontraram efeito no parâmetro ósseo ao adicionar fitase em rações contendo farelo de arroz. Por outro lado, vários autores observaram que a fitase proporciona melhora nas características ósseas. Assim, Biehl & Baker (1996) trabalhando com rações à base de milho e farelo de soja com baixos níveis de cálcio e fósforo disponível suplementadas com fitase (0, 300 e 600 FTU/kg) para suínos em crescimento, verificaram melhora nas características ósseas dos animais. Utilizando rações com 20% de farelo de arroz para suínos em suplementadas com fitase no nível de 1200 FTU/kg, Pointillart (1991) observou maior densidade como também maior teor de minerais nos ossos de suínos.

Esses resultados são similares aos encontrados no presente trabalho, porém o autor utilizou rações com níveis ideais de fósforo. Quian et al. (1996) relatam que as características histológicas dos ossos são afetadas pela adição de fitase e que ração com baixo fósforo não fitico, suplementada com fitase, proporciona desenvolvimento ósseo similar aos obtidos com a ração suplementada com fósforo inorgânico. Ao adicionar fitase (500 FTU/kg) para suínos em rações com baixo fósforo total (0,3% para a fase de crescimento e terminação) Cromwell et al. (1995b) verificaram que a resistência óssea foi

similar a dos animais que consumiram rações com níveis adequados de fósforo total.

Rações à base de sorgo e farelo de soja suplementadas com 0, 300 e 500 FTU/kg para suínos em fase de terminação, foram utilizadas por O'Quinn et al. (1997). Estes autores observaram melhora nas características ósseas e concentração de fósforo no osso metatarso dos suínos, que aumentaram linearmente com a suplementação de fitase, resultados semelhantes aos encontrados no presente experimento, ressaltando, porém, que as rações utilizadas foram diferentes.

Estes mesmos parâmetros também foram aumentados nos metacarpo de suínos em experimento realizado por Liu et al. (1998), utilizando 500 FTU/kg em rações à base de milho e farelo de soja para suínos em crescimento. Os autores observaram acentuada melhora na mineralização e concentração de cinzas no osso metacarpo e na vértebra coccígea. Moreira et al. (2001), utilizando rações à base de milho e farelo de soja e 17% de farelo de arroz desengordurado, suplementadas com 0, 253, 759 e 1265 FTU/kg de fitase para suínos em crescimento, observaram uma relação quadrática entre os níveis de fitase e o teor de fósforo no osso. Estes autores também não encontraram efeitos sobre a variável cinza nos ossos, resultados também observados no presente trabalho. Objetivando verificar a eficiência da fitase em relação ao fosfato inorgânico em dietas sem e com farelo de arroz desengordurado (FAD) sobre a concentração de minerais na vértebra coccígea, Ludke et al. (2000b) realizaram um experimento com suínos em crescimento. Os autores concluíram que adicionar fitase às rações com 30% de FAD é tão eficientes na composição óssea dos animais em cálcio e fósforo quanto às suplementadas com fosfato inorgânico. Esses resultados concordam com os verificados no presente trabalho. Segundo Walker et al. (1993), há uma forte correlação entre a vértebra coccígea e o metacarpo ao se analisar a concentração de minerais nos ossos dos suínos.

A cinética do fósforo em tecidos de suínos em crescimentos submetidos a rações contendo fósforo de origem vegetal, suplementadas com níveis de fitase (0, 253, 759, 1265 e 1748 FTU/kg), foi estudada por Lopes et al. (2001). Os autores observaram que os níveis da enzima interferiram linearmente na concentração de fósforo inorgânico no osso, porém, não observaram influência da enzima na concentração de fósforo no fígado, rim, coração e músculos.

4.3 Teores de zinco, manganês e magnésio no osso metacarpo

Os teores médios de zinco, manganês e magnésio encontrados no osso metacarpo dos suínos, abatidos ao final do experimento encontram-se na Tabela 4.5.

TABELA 4.5. Teores médios de zinco, manganês e magnésio no osso metacarpo dos suínos abatidos ao final do experimento, em função dos diferentes níveis de fitase na ração*.

Nível de fitase (FTU/kg)	FATORES ANALISADOS		
	Zinco (ppm) ^{Ns}	Manganês (ppm) ^{**}	Magnésio (ppm) ^{Ns}
0	192,6	1,6	3746,5
400	203,1	1,7	3740,4
800	205,4	1,8	3647,9
1200	205,1	1,7	3426,8
Média geral	201,4	1,7	3640,4
CV (%)	7,85	4,91	9,54

*Na matéria seca desengordurada.

**Efeito Quadrático (P<0,05).

Ns Não significativo (P>0,05).

O teor de zinco e magnésio nos ossos não foi afetado pelos níveis de fitase, porém o detalhamento da análise de variância por meio de regressão polinomial mostrou um efeito quadrático dos níveis de fitase sobre o teor de manganês no osso metacarpo dos suínos. O nível de 666 FTU/kg de fitase foi o que proporcionou o maior teor de manganês no osso (1,79 ppm) (Figuras 4.5). Quelatos ácido fítico-zinco são formados acidentalmente, tornando-se insolúveis e interferindo no metabolismo normal do zinco (Scott et al., 1973). Os resultados obtidos no presente trabalho com relação ao zinco podem ser atribuídos, possivelmente, ao material analisado (osso).

Para este mineral, diferenças na deposição poderiam ser mais facilmente detectadas no fígado, que é o mais importante órgão de reserva deste mineral (Georgievskii, 1982; Hackenharr, 1995).

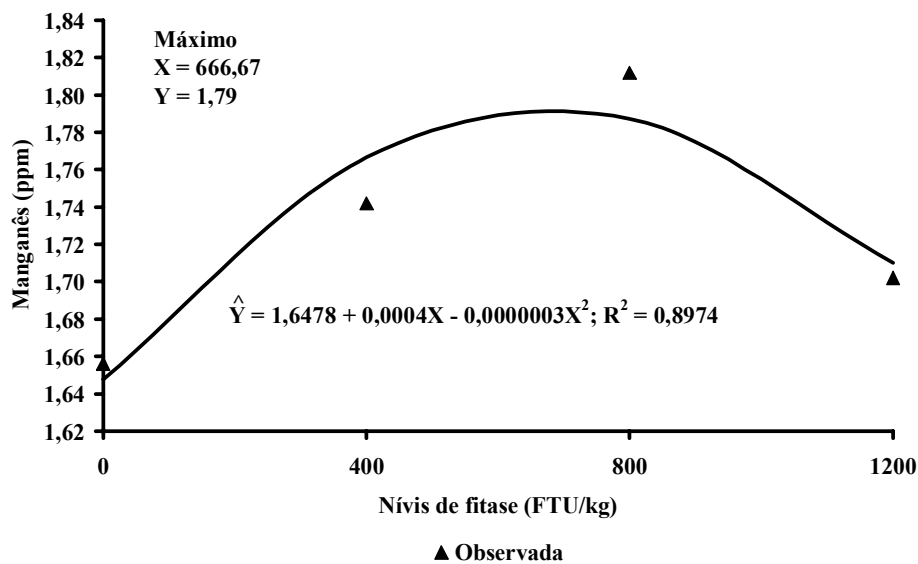


FIGURA 4.5. Efeito dos níveis de fitase sobre o teor de manganês no osso metacarpo dos suínos.

Em frangos de corte, vários trabalhos não detectaram efeito da fitase nas concentrações de microminerais no osso. Sebastian et al. (1996b) não encontraram diferenças significativas na concentração de zinco na tíbia de frangos ao suplementarem rações com 600 FTU/kg de fitase. Lopez, Lopez & Teicchmann (1998), utilizando rações à base de milho, farelo de soja e farelo de arroz com níveis crescentes de fitase (0 a 900 FTU/kg), também não encontraram diferenças nos teores médios de zinco e manganês nas tíbias de frangos de corte.

Por outro lado, Biehl et al. (1995), utilizando rações à base de milho e farelo de soja, encontraram efeitos significativos na concentração de zinco e manganês na tíbia de frangos de corte com a utilização de 1200 FTU/kg de fitase, em relação ração sem suplementação destes minerais. Em suínos, Ashida et al. (1999), estudando o efeito de fitase sobre a biodisponibilidade de zinco, observaram efeito da fitase sobre a concentração deste mineral na tíbia dos animais.

Oberleas et al. (1962) mencionam que níveis altos de cálcio em conjugação com o fitato diminuíram a disponibilidade de zinco. Como as rações utilizadas no presente trabalho foram formuladas com baixos níveis de cálcio, provavelmente não devem ter interferido na disponibilidade deste mineral. Peter et al. (2001) compararam suínos submetidos a tratamentos sem e com suplementação de zinco e manganês com e sem suplementação de fitase (300 a 500 FTU/kg), em rações à base de milho e farelo de soja. Foi constatado que os teores de cinzas, e zinco não foram influenciados pelos tratamentos, porém, verificaram um aumento no teor de manganês no osso, resultados semelhantes aos encontrados no presente trabalho. Os autores concluíram que os níveis suplementares destes minerais inorgânicos podem ser reduzidos sem afetar as características ósseas e desempenho de suínos em terminação desde que se proceda a suplementação com fitase. Esses resultados evidenciam a habilidade

da fitase em liberar minerais quelatados, evidências semelhantes verificadas no presente experimento com relação ao manganês.

Nasi et al. (1995), trabalhando com suínos em crescimento submetidos a rações à base de cevada e farelo de colza suplementadas ou não com 1000 FTU/kg de fitase, verificam que apesar da enzima ter melhorado a deposição de cálcio e fósforo, não houve o mesmo efeito para magnésio e zinco. Resultados semelhantes aos observados no presente trabalho foram obtidos por Adeola et al. (1995), que utilizando suínos em crescimento consumindo rações à base de milho e farelo de soja suplementadas com 0 ou 1000FTU/kg de fitase, não verificaram aumentos na deposição de magnésio em virtude da suplementação. Os resultados observados para mineralização óssea no presente experimento indicam que a utilização de rações com níveis mais baixos de fósforo não afeta a deposição de minerais no osso quando estas são suplementadas com fitase. Assim, é possível substituir parte da suplementação inorgânica de fósforo pela suplementação com enzima, sem afetar a mineralização.

5 CONCLUSÕES

A suplementação com a enzima fitase até o nível de 1200 FTU/kg em rações formuladas à base de milho, farelo de soja e farelo de arroz desengordurado para suínos em crescimento melhorou de forma linear a conversão alimentar, e o teor de cálcio e fósforo no osso.

A suplementação com fitase proporcionou um efeito quadrático sobre a uréia plasmática. O nível de 750 FTU/kg foi o que proporcionou o menor teor de uréia no plasma.

O teor de zinco e magnésio no osso metacarpo não foi afetado pelos níveis de fitase.

A suplementação com fitase proporcionou um efeito quadrático sobre o teor de manganês no osso metacarpo dos suínos. O nível de 666 FTU/kg proporcionou o maior teor de manganês no osso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEOLA, O. Digestive utilization of minerals by weanling pigs fed cooper-and phytase supplemented diets. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 75, n. 4, p. 603-610, Aug. 1995.

ASHIDA, K. Y.; TAMURA, A.; MATSUI, T.; YANO, H.; NAKAJIMA, T. Effect of dietary microbial phytase on zinc bioavailability in growing pigs. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 5, 306-311, 1999

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Agricultural chemicals, contaminants and drugs. In: _____. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 15. Ed. Arlington, v. 1, 1990. 684 p.

BIEHL, R. R.; BAKER, D. H. Effect of supplementation microbial phytase for young pigs fed phosphorus or amino acid-deficient corn-soybean meal diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, n. 12, p. 2960-2966, Dec. 1996.

BIEHL, R. R.; BAKER, D. H.; De LUCA H. F. Hydroxlated cholecalciferol compounds act additively with microbial fitase to improve phosphorus, zinc and manganese utilization in chicks fed soy-based diets. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 125, n. 9, p. 2407-2416, Sept. 1995.

BROW, J. A.; CLINE, T. R. Urea excretion in the pig: an indicator of protein quality and amino acid requirements. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 104, n. 5, p. 542-545, May 1974.

BRAUDE, R.; COATES, M. E. HENRY, K. M.; KON, S. K. A study of the composition of sow's milk. **Bristhis Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 24, n. 1, p. 64-66, July, 1974.

CAI, Y.; ZIMMERMAN, D. R.; EWAN, R. C. Diurnal variation in concentrions of plasma urea nitrogen and amino acids in pigs give free access to feed or feed twice daily. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 124, n. 7, p. 1088-1093, July, 1974.

COELHO, L. S. S.; COSTA, P. M.; PEREIRA, J. A. A.; ROSTAGNO, H. S.; BARBOSA, H. P. Exigência de lisina para suínos de 15 a 30 kg em rações com alta ou baixa densidade calórica. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 16, n. 1, p. 91-101, jan./fev. 1987.

COMA, J.; CARRION, D.; ZIMERMAN, D. R. Use of plasma urea nitrogen as a rapid response criterion to determine the lysine requirements of pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 2, p. 472- 481, Feb. 1995.

CROMWELL, G. L.; COFFEY, R. D.; PARKER, G. R. , Efficacy of a recombinant-derived phytase in improving the bioavailability of phosphorus in corn-soybean meal diets for pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 7, p. 2000-2008, July 1995a.

CROMWELL, G. L.; COFFEY, R.D.; MONEGUS, H. J. et al. Efficacy of low-activity, microbial phytase in improving the bioavailability of phosphorus in corn-soybean meal diets for pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 2, p.449-456, 1995b.

EGGUM, B. O. Blood urea measurements as a technique for assessing protein quality. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 24, n. 4, p. 983-988, 1970.

FERREIRA, D. F. **Sistema de análise de variância para dados balanceados: SISVAR**. Lavras: UFLA, 2000.

FIREMAN, F. A. T. **Efeito de dietas com 50% de farelo de arroz integral suplementadas com fitase e/ou celulase para suínos em crescimento e terminação**. 1999. 203 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

FONTES, D. O. **Lisina para leitoas selecionadas geneticamente para deposição de carne magra dos 15 aos 95 Kg**. 1999. 101 p. Tese - (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FRIEND, D. W. BROWN, R. G. Blood sampling from suckling piglets **Canadian Journal Animal Science**, Ottawa, v. 51 n.2 p.547-549, 1971

GEORGIEVSHIL, V. I. The physiological role of microelements. In: GEORGIEVSHIL, V. I.; ANNENKOW, B. N.; SAMOKHIN, V. T. **Mineral nutrition of animals**. London: Butterworth, 1982. p. 91-170.

HACKENHAAR, L. **Níveis de ferro inorgânico ou quelatado em rações iniciais de suínos com altos níveis de cobre e zinco**. 1995. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

HAN, Y. W.; YANG, F.; ZHOU, A. G. et al. Supplemental phytases of microbial and cereal source improve dietary phytate phosphorus utilization by pigs from weaning trough finishing. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 4, p. 1017-1025, Apr. 1997.

KETAREN, P. P.; BATTERHAM, E. S.; DETTMANN, E. B.; FARRELL, D. J. Phosphorus studies in pigs. 3. Effect of phytase suplentation on the digestibility and availability of phosphorus in soya-bean meal for grower pigs. **Bristhis Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 70, n. 1, p. 289-311, July 1993.

KOCH, M. E.; MAHAN, D. C.; CORLEY, J. R. An evaluation of various biological characteristic in assessing low phosphorus in a take in weanling swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 59, n. 6, p. 1546-1556, Dec. 1984.

KUMTA, U. S.; HARPER, A. E. Amino acid balance and imbalance. Effects of dietary additions of amino acids on food intake and blood urea concentration of rats fed low protein containg fibrin. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 74, n. 2, p. 139-147, July, 1961.

LEI, X. G.; KU, P. K.; MILLER E. R. et al: Supplementing corn-soybean meal diets with microbial phytase linearly improves phytate phosphorus utilization by weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 12, p. 3359-3367, Feb. 1993.

LIBAL, G. W.; PEO JR., E. R.; ANDREWS, R. P.; VIPPERMAN JR., P. E. Levels of calcium and phosphorus for growing-finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 28, n. 2, p. 331-335, Feb. 1969.

LIMA, J. A. F. Efeito da idade de desmama sobre as exigências de proteína bruta e de lisina, e níveis de energia digestível para leitões. 1989. 166 p. Tese - (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

LIU, J.; BOLLINGER, D. W.; LEDOUX, D. R. et al. Soaking increases the efficacy of supplemental microbial phytase in a low-phosphorus corn-soybean meal diet for growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 5, p. 1292-1298, Dec. 1997.

LIU, J.; BOLLINGER, D. 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. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 3, p. 808-813, Mar. 1998.

LOPES, J. B.; MOREIRA, J. A.; TRINDADE NETO, M. A.; VITTI, D. M. S. S. Cinética do fósforo em tecidos de suínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis da enzima fitase. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 717-719.

MOREIRA, I.; KUTSCHENKO, M.; FRAGA, A. L.; SOUZA, D. L. et al. Avaliação de alguns fatores que podem interferir na dosagem de uréia sanguínea (plasma ou soro) em suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais....** Recife: SBZ, 2002. CD-ROM.

LÓPEZ, S. E.; LÓPEZ, J.; TEICCHMANN, H. F. Efeito da fitase na biodisponibilidade de minerais em dietas com farelo de arroz integral para frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais....** Botucatu: SBZ, 1998. CD-ROM.

LUDKE, M. C. M. M.; LOPEZ, J.; BRUM, P. A. S.; LUDKE, J. V. Influência da fitase na utilização de dietas compostas por milho e farelo de soja para suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 1402-1413, set./out. 2000a.

LUDKE, M. C. M. M.; LOPEZ, J.; LOPEZ, J.; NICOLAIEWSKI, S. Efeito da fitase em dietas com ou sem fosfato inorgânico para suínos em crescimento.

Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 485-494, mar./abr. 2000b.

MATSUI, T.; NAKAGAWA, Y.; TAMURA, A.; WATANABE, C.; FUJITA, K.; NAKAJIMA, T.; YANO H. Efficacy of yeast phytase in improving phosphorus bioavailability in a corn-soybean meal based diet for growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, n. 1, p. 94-99, Jan. 2000.

MOREIRA, J. A.; VITTI, D. M. S. S.; TRINDADE NETO, M. A.; LOPES, J. B. Enzima fitase e farelo de arroz desengordurado para suínos. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p.703-705.

MURRAY, A. C.; LEWIS, R. D.; AMOS, H. E. The effect of microbial phytase in a pearl millet-soybean meal diet on apparent digestibility and retention of nutrients, serum mineral concentration and bone mineral density of nursery pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 5, p. 1284-1291, 1997.

NASI, J. M.; HELANDER, E. H.; PARTENEN K. H. Availability for growing pigs of mineral and protein of a high phytate barley-rapeseed meal diet with aspergillus-niger phytase or soaked with whey. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 56 n. 1, p. 83-98, Nov. 1995.

OBERLEAS, D.; MUHRER, M. E.; O'DELL, B. L. Effect of phytic acid on zinc availability and parakeratosis in swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 21, n. 1, p. 57-61, Feb. 1962.

OMETO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 425 p.

O'QUINN, P. R.; KNABE, D. A.; GREZ, E. J. Efficacy of Natuphos in sorghum-based diets of finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 5, p. 1299-1307, May 1997.

PATTERSON, P. H.; CONN, C. N.; HUGHES, I. M. Protein requirements of Mature Working Horses. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 61, n. 1, p. 187-196, July 1985.

PETER, C. M.; PARR, T. M.; WEBEL, D. M.; BAKER, D. H. The effects of phytase on growth performance, carcass characteristics, and bone mineralization of late-finishing pigs fed maize-soybean meal diets containing no supplemental phosphorus, zinc, copper and manganese. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 94, n. 3, p. 199-205, Dec. 2001.

POINTILLART, A. Enhancement of phosphorus utilization in growing pigs fed phytate – rich diets by using rye bran. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 3, p. 1109-1115, Mar. 1991.

QUIAN, 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**, Champaign, v. 74, n. 6, p. 1288-1297, June 1996.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C. Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais. 2. ed. Viçosa: UFV, 2000. 141 p.

SCOTT, M. L.; NESHEIM, M. L.; YOUNG, R. J. **Alimentación de la aves**. Barcelona: GEA, 1973. 507 p.

SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S. P.; CHAVEZ, E. R.; LAGUE, P. C. The effects of supplemental microbial phytase on the performance and utilization of dietary calcium, phosphorus, copper and zinc in broiler chickens fed corn-soybean diets. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, n. 2, p. 729 -736, Feb. 1996.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 1998. 166 p.

TEICHMANN, H. F.; LÓPEZ, J.; LOPEZ, S. E. Efeito da fitase na biodisponibilidade de fósforo em dietas com farelo de arroz integral para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 338-334, mar/abr. 1998.

WALKER, G. L.; DANIELSON, D. M.; PEO Jr., E. R. Effect of calcium source, dietary concentration, and gestation phase on various bone characteristics gestating gilts. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 11, p. 3003-3010, Nov. 1993.

ZHANG, Z. B.; KORNEGAY, E. T.; RADCLIFFE, J.S.; WILSON, J. H; VEIT, H. P. Comparison of phytase from genetically engineered *Aspergillus* and canola in weanling pig diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.78 n. 11, p. 2868-2878. June, 2000.

ZHANG, K Y.; YU, B.; LUO, X. M.; LI, Y. The performance and protein, amino acid and phosphorus utilization of piglets fed diets added with phytase. **Acta Zoonutrimenta Sinica**, Beijing, v. 13, n. 3, p. 19-24, 2001.

ANEXOS

CAPÍTULO 2	Página
TABELA 1A. Quadrados médios da análise de variância para a matéria seca digestível (MSD) nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.	167
TABELA 2A. Quadrados médios da análise de variância para o coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB) nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.	167
TABELA 3A. Quadrados médios da análise de variância para energia digestível (ED) nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.	167
TABELA 4A. Quadrados médios da análise de variância para energia metabolizável (EM) nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.	168
TABELA 5A. Quadrados médios da análise de variância para o balanço energético (BE) nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.	168
TABELA 6A. Quadrados médios da análise de variância para o nitrogênio excretado nas fezes (NEF) dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.	168
TABELA 7A. Quadrados médios da análise de variância para o nitrogênio excretado na urina (NEU) dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.	169
TABELA 8A. Quadrados médios da análise de variância para a retenção de nitrogênio (RN) dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.	169

TABELA 9A. Quadrados médios da análise de variância para o teor de cinzas nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.	169
TABELA 10A. Quadrados médios da análise de variância para o teor de cálcio nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.	170
TABELA 11A. Quadrados médios da análise de variância para o teor de fósforo nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.	170
TABELA 12A. Quadrados médios da análise de variância para o teor de zinco nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.	170
TABELA 13A. Quadrados médios da análise de variância para o teor de manganês nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.	171
TABELA 14A. Quadrados médios da análise de variância para o teor de magnésio nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.	171

TABELA 1A. Quadrados médios da análise de variância para a matéria seca digestível (MSD) nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Bloco	1	4,166667	4,166667	0,137
Fitase	3	2,833333	0,94444	0,6565
Erro	19	32,833333	1,728070	-
CV (%)	1,54	-	-	-

TABELA 2A. Quadrados médios da análise de variância para o coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB) nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Bloco	1	1,50000	1,50000	0,4230
Fitase	3	21,833333	7,277778	0,0445
Regressão Linear	1	20,833333	20,833333	0,007
Regressão Quadrática	1	0,166667	0,166667	0,788
Erro	19	45,500000	2,236842	-
CV (%)	1,79	-	-	-

TABELA 3A. Quadrados médios da análise de variância para energia digestível (ED) nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Bloco	1	15965,041	15965,041	0,0287
Fitase	3	8878,458	2959,819	0,3977
Erro	19	54099,453	2847,339	-
CV (%)	1,89	-	-	-

TABELA 4A. Quadrados médios da análise de variância para energia metabolizável (EM) nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Bloco	1	45588,166	45588,166	0,0008
Fitase	3	8983,333	2994,444	0,4014
Erro	19	55214,500	2906,026	-
CV (%)	1,98	-	-	-

TABELA 5A. Quadrados médios da análise de variância para o balanço energético (BE) nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Bloco	1	3153750,000	3153750,000	0,000
Fitase	3	161518,666	58839,555	0,4214
Erro	19	1038873,333	54730,175	-
CV (%)	5,47	-	-	-

TABELA 6A. Quadrados médios da análise de variância para o nitrogênio excretado nas fezes (NEF) dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Bloco	1	3,375000	3,375000	0,0418
Fitase	3	5,125000	1,708333	0,09
Regressão Linear	1	3,675000	3,675000	0,03
Regressão Quadrática	1	1,041667	1,041667	0,240
Erro	19	13,458333	0,708333	-
CV (%)	12,87	-	-	-

TABELA 7A. Quadrados médios da análise de variância para o nitrogênio excretado na urina (NEU) dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Bloco	1	1,041667	1,041667	0,6339
Fitase	3	45,458333	15,15277	0,03
Regressão Linear	1	23,408333	23,408333	0,03
Regressão Quadrática	1	18,375000	18,375000	0,056
Erro	19	84,4583333	4,445175	-
CV (%)	30,30	-	-	-

TABELA 8A. Quadrados médios da análise de variância para a retenção de nitrogênio (RN) dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Bloco	1	1,50000	1,50000	0,4230
Fitase	3	21,833333	7,277778	0,04
Regressão Linear	1	20,83333	20,83333	0,007
Regressão Quadrática	1	0,833333	0,833333	0,788
Erro	19	42,500000	2,236842	-
CV (%)	1,79	-	-	-

TABELA 9A. Quadrados médios da análise de variância para o teor de cinzas nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Bloco	1	14,866538	14,866538	0,0019
Fitase	3	16,702313	5,567438	0,0109
Regressão Linear	1	10,926368	10,926368	0,006
Regressão Quadrática	1	5,539204	5,539204	0,04
Erro	19	21,603612	1,137032	-
CV (%)	6,14	-	-	-

TABELA 10A. Quadrados médios da análise de variância para o teor de cálcio nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Bloco	1	0,005704	0,005704	0,8106
Fitase	3	6,490246	2,163415	0,000
Regressão Linear	1	4,358641	4,358641	0,000
Regressão Quadrática	1	1,932338	1,932338	0,000
Erro	19	1,835646	0,096613	-
CV (%)	16,00	-	-	-

TABELA 11A. Quadrados médios da análise de variância para o teor de fósforo nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Bloco	1	0,015504	0,015504	0,6252
Fitase	3	4,741946	1,580649	0,000
Regressão Linear	1	3,410441	3,410441	0,000
Regressão Quadrática	1	1,122338	1,122338	0,000
Erro	19	1,194813	0,062885	-
CV (%)	11,44	-	-	-

TABELA 12A. Quadrados médios da análise de variância para o teor de zinco nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Bloco	1	13,157204	13,157204	0,676
Fitase	3	144,3192	48,10640	0,5891
Erro	19	1393,2685	73,32992	-
CV (%)	5,29	-	-	-

TABELA 13A. Quadrados médios da análise de variância para o teor de manganês nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr > Fc
Bloco	1	37,976504	37,976504	0,7492
Fitase	3	11177,735	3725,9119	0,003
Regressão Linear	1	10081,683	10081,683	0,000
Regressão Quadrática	1	624,13804	624,13804	0,204
Erro	19	6859,059	361,00312	-
CV (%)	4,28	-	-	-

TABELA 14A. Quadrados médios da análise de variância para o teor de magnésio nas fezes dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr > Fc
Bloco	1	0,000150	0,000150	0,767
Fitase	3	0,003483	0,001161	0,5665
Erro	19	0,031750	0,001671	-
CV (%)	4,73	-	-	-

CAPÍTULO 3

Página

- TABELA 1B.** Quadrados médios da análise de variância para o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDapPB) na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração. .. **176**
- TABELA 2B.** Quadrados médios da análise de variância para o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDapPB) na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração (FS+M+FAD). **176**
- TABELA 3B.** Quadrados médios da análise de variância para o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDapPB) na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração (FS+M). **176**
- TABELA 4B.** Quadrados médios da análise de variância para o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDapPB) na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração (FS+FAD). **177**
- TABELA 5B.** Quadrados médios da análise de variância para o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDapPB) na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração (FS). **177**
- TABELA 6B.** Quadrados médios da análise de variância para lisina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M+FAD. **177**
- TABELA 7B.** Quadrados médios da análise de variância para lisina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M. **178**
- TABELA 8B.** Quadrados médios da análise de variância para lisina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+FAD. **178**

TABELA 9B. Quadrados médios da análise de variância para lisina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS.	179
TABELA 10B. Quadrados médios da análise de variância para metionina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M+FAD.	179
TABELA 11B. Quadrados médios da análise de variância para metionina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M.	180
TABELA 12B. Quadrados médios da análise de variância para metionina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+FAD.	180
TABELA 13B. Quadrados médios da análise de variância para metionina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS.	181
TABELA 14B. Quadrados médios da análise de variância para valina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M+FAD.	181
TABELA 15B. Quadrados médios da análise de variância para valina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M.	182
TABELA 16B. Quadrados médios da análise de variância para valina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+FAD.	182
TABELA 17B. Quadrados médios da análise de variância para valina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS.	183

TABELA 18B. Quadrados médios da análise de variância para treonina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M+FAD.	183
TABELA 19B. Quadrados médios da análise de variância para treonina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M.	184
TABELA 20B. Quadrados médios da análise de variância para treonina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+FAD.	184
TABELA 21B. Quadrados médios da análise de variância para treonina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS.	185
TABELA 22B. Quadrados médios da análise de variância para arginina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M+FAD.	185
TABELA 23B. Quadrados médios da análise de variância para arginina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M.	186
TABELA 24B. Quadrados médios da análise de variância para arginina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+FAD.	186
TABELA 25B. Quadrados médios da análise de variância para arginina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS.	187
TABELA 26B. Quadrados médios da análise de variância para a absorção de cálcio na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M+FAD.	187

TABELA 27B. Quadrados médios da análise de variância para a absorção de cálcio na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M.	188
TABELA 28B. Quadrados médios da análise de variância para a absorção de cálcio na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+FAD.	188
TABELA 29B. Quadrados médios da análise de variância para a absorção de cálcio na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração FS.	189
TABELA 30B. Quadrados médios da análise de variância para a absorção de fósforo na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M+FAD.	189
TABELA 31B. Quadrados médios da análise de variância para a absorção de fósforo na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M.	190
TABELA 32B. Quadrados médios da análise de variância para a absorção de fósforo na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+FAD.	190
TABELA 33B. Quadrados médios da análise de variância para a absorção de fósforo na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração FS.	191

TABELA 1B. Quadrados médios da análise de variância para o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDapPB) na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >F_c
Fitase	3	10,895625	3,631875	0,0001
Ração	3	26,136875	8,712292	0,0000
Fitase* Ração	9	2,976875	0,330764	0,6441
Erro	48	20,615000	0,429479	-
CV (%)	0,78	-	-	-

TABELA 2B. Quadrados médios da análise de variância para o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDapPB) na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração (FS+M+FAD).

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >F_c
Regressão Linear	1	0,648000	0,648000	0,225
Regressão Quadrática	1	1,960000	1,960000	0,038
Desvio	1	0,072000	0,072000	0,684
Resíduo	48	20,615000	0,429479	-

TABELA 3B. Quadrados médios da análise de variância para o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDapPB) na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração (FS+M).

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >F_c
Regressão Linear	1	0,162000	0,162000	0,542
Regressão Quadrática	1	1,960000	1,960000	0,038
Desvio	1	0,040500	0,040500	0,760
Resíduo	48	20,615000	0,429479	-

TABELA 4B. Quadrados médios da análise de variância para o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDapPB) na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração (FS+FAD).

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Regressão Linear	1	0,684500	0,684500	0,213
Regressão Quadrática	1	5,760000	5,760000	0,001
Desvio	1	0,420500	0,420500	0,327
Resíduo	48	20,615000	0,429479	-

TABELA 5B. Quadrados médios da análise de variância para o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDapPB) na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração (FS).

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Regressão Linear	1	0,544500	0,544500	0,266
Regressão Quadrática	1	1,440000	1,440000	0,073
Desvio	1	0,180500	0,180500	0,520
Resíduo	48	20,615000	0,429479	-

TABELA 6B. Quadrados médios da análise de variância para lisina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M+FAD.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	0,0343962	0,011465	0,00000
Período	3	0,3839898	0,127997	0,00000
Fitase	3	9,451974	3,150658	0,00108
Linear	1	8,601012	8,601012	0,00021
Quadrática	1	0,8451337	0,845134	0,04733
Cúbica	1	0,0028289	0,002829	0,00000
Erro	6	0,8196192	0,136603	-
CV (%)	0,44	-	-	-

TABELA 7B. Quadrados médios da análise de variância para lisina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	0,2634414	0,087814	0,05268
Período	3	0,1130770	0,037692	0,21711
Fitase	3	0,2264940	0,075498	0,07061
Erro	6	0,1136834	0,018947	-
CV (%)	0,15	-	-	-

TABELA 8B. Quadrados médios da análise de variância para lisina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+FAD.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	0,219301	0,073100	0,00000
Período	3	0,452032	0,150677	0,00000
Fitase	3	43,505270	14,501757	0,00004
Linear	1	16,503730	16,503730	0,00009
Quadrática	1	26,987900	26,987900	0,00002
Cúbica	1	0,013640	0,013640	0,00000
Erro	6	1,162346	0,193724	-
CV (%)	0,52	-	-	-

TABELA 9B. Quadrados médios da análise de variância para lisina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	0,021104	0,007035	0,00000
Período	3	0,059388	0,019796	0,00000
Fitase	3	7,897756	2,632585	0,00003
Linear	1	3,816311	3,816311	0,00004
Quadrática	1	3,820004	3,820004	0,00004
Cúbica	1	0,261440	0,261440	0,03081
Erro	6	0,198862	0,033144	-
CV (%)	0,20	-	-	-

TABELA 10B. Quadrados médios da análise de variância para metionina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M+FAD.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	1,688911	0,562970	0,00000
Período	3	12,541720	4,180573	0,15465
Fitase	3	424,005600	141,3352	0,00003
Linear	1	412,126600	412,126600	0,00000
Quadrática	1	9,492683	9,492683	0,05389
Cúbica	1	2,386255	2,386255	0,27566
Erro	6	9,956177	1,659363	-
CV (%)	2,60	-	-	-

TABELA 11B. Quadrados médios da análise de variância para metionina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	1,449703	0,483234	0,08876
Período	3	0,603891	0,201297	0,31517
Fitase	3	108,562800	36,187600	0,00000
Linear	1	95,189490	95,189490	0,00000
Quadrática*	1	12,785910	12,785910	0,00007
Cúbica	1	0,587462	0,587462	0,08410
Erro	6	0,824043	0,137341	-
CV (%)	0,41	-	-	-

* Utilizou-se o modelo LRP por apresentar melhor ajuste.

TABELA 12B. Quadrados médios da análise de variância para metionina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+FAD.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	0,619428	0,206476	0,42515
Período	3	0,848792	0,282931	0,31108
Fitase	3	9,297606	3,099202	0,00276
Linear	1	8,682031	8,682031	0,00052
Quadrática	1	0,543095	0,543095	0,14252
Cúbica	1	0,072479	0,072479	0,00000
Erro	6	1,144613	0,190769	-
CV (%)	0,52	-	-	-

TABELA 13B. Quadrados médios da análise de variância para metionina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >F_c
Animal	3	9,616737	3,205579	0,00000
Período	3	10,448330	3,482777	0,00000
Fitase	3	8,719602	2,906534	0,07910
Linear	1	2,189893	2,189893	0,00000
Quadrática	1	0,200313	0,200313	0,00000
Cúbica	1	6,329389	6,329389	0,27628
Erro	6	26,484310	4,414052	-
CV (%)	2,55	-	-	-

TABELA 14B. Quadrados médios da análise de variância para valina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M+FAD.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >F_c
Animal	3	1,130397	0,376799	0,13922
Período	3	0,373443	0,124481	0,00000
Fitase	3	13,274830	4,424943	0,00045
Linear	1	10,663340	10,663340	0,00012
Quadrática	1	2,586215	2,586215	0,00509
Cúbica	1	0,025276	0,025276	0,00000
Erro	6	0,838797	0,139800	-
CV (%)	0,41	-	-	-

TABELA 15B. Quadrados médios da análise de variância para valina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	1,732866	0,577622	0,25740
Período	3	0,464659	0,154886	0,00000
Fitase	3	51,331660	17,110553	0,00011
Linear	1	51,100870	51,100870	0,00002
Quadrática	1	0,126003	0,126003	0,00000
Cúbica	1	0,104779	0,104779	0,00000
Erro	6	1,988243	0,331374	-
CV (%)	0,67	-	-	-

TABELA 16B. Quadrados médios da análise de variância para valina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+FAD.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	0,416771	0,138924	0,40190
Período	3	0,802123	0,267374	0,18680
Fitase	3	7,211926	2,403975	0,00160
Linear	1	6,572994	6,572994	0,00032
Quadrática	1	0,070026	0,070026	0,00000
Cúbica	1	0,568907	0,568907	0,07285
Erro	6	0,723459	0,120577	-
CV (%)	0,41	-	-	-

TABELA 17B. Quadrados médios da análise de variância para valina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	0,092932	0,030977	0,00000
Período	3	0,933555	0,311185	0,03710
Fitase	3	14,088120	4,696040	0,00003
Linear	1	12,316290	12,316290	0,00000
Quadrática*	1	1,734798	1,734798	0,00146
Cúbica	1	0,037038	0,037038	0,00000
Erro	6	0,339530	0,056588	-
CV (%)	0,28	-	-	-

* Utilizou-se o modelo LRP por apresentar melhor ajuste.

TABELA 18B. Quadrados médios da análise de variância para treonina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M+FAD.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	0,374713	0,124904	0,12652
Período	3	1,046334	0,348778	0,01619
Fitase	3	350,151000	116,717	0,00000
Linear	1	263,300000	263,300000	0,00000
Quadrática	1	70,200860	70,200860	0,00000
Cúbica	1	16,650170	16,650170	0,00000
Erro	6	0,261993	0,043666	-
CV (%)	0,24	-	-	-

TABELA 19B. Quadrados médios da análise de variância para treonina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	0,166058	0,055353	0,00000
Período	3	3,561161	1,187054	0,00451
Fitase	3	130,586100	43,528700	0,00000
Linear	1	77,820980	77,820980	0,00000
Quadrática	1	52,098980	52,098980	0,00000
Cúbica	1	0,666148	0,666148	0,03341
Erro	6	0,529572	0,088262	-
CV (%)	0,35	-	-	-

TABELA 20B. Quadrados médios da análise de variância para treonina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+FAD.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	0,404260	0,134753	0,18444
Período	3	1,121295	0,373765	0,02862
Fitase	3	59,335080	19,778360	0,00000
Linear	1	53,112120	53,112120	0,00000
Quadrática	1	2,819113	2,819113	0,00048
Cúbica	1	3,403842	3,403842	0,00029
Erro	6	0,361385	0,060231	-
CV (%)	0,26	-	-	-

TABELA 21B. Quadrados médios da análise de variância para treonina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	0,791547	0,263849	0,09073
Período	3	0,725064	0,241688	0,10578
Fitase	3	40,329230	13,443077	0,00000
Linear	1	21,937720	21,937720	0,00000
Quadrática	1	18,204640	18,204640	0,00000
Cúbica	1	0,186874	0,186874	0,16771
Erro	6	0,455502	0,075917	-
CV (%)	0,34	-	-	-

TABELA 22B. Quadrados médios da análise de variância para arginina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M+FAD.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	1,131140	0,377047	0,13832
Período	3	1,897343	0,632448	0,05489
Fitase	3	283,374300	94,458100	0,00000
Linear	1	169,738500	169,738500	0,00000
Quadrática	1	111,547600	111,547600	0,00000
Cúbica	1	2,088155	2,088155	0,00825
Erro	6	0,835907	0,139318	-
CV (%)	0,48	-	-	-

TABELA 23B. Quadrados médios da análise de variância para arginina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	0,581486	0,193829	0,00000
Período	3	0,474841	0,158280	0,00000
Fitase	3	36,471180	12,157060	0,00007
Linear	1	32,133300	32,133300	0,00002
Quadrática*	1	4,206666	4,206666	0,00397
Cúbica	1	0,131221	0,131221	0,00000
Erro	6	1,228928	0,204821	-
CV (%)	0,50	-	-	-

* Utilizou-se LRP por apresentar melhor ajuste.

TABELA 24B. Quadrados médios da análise de variância para arginina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+FAD.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	1,459641	0,486547	0,00000
Período	3	0,567619	0,189206	0,00000
Fitase	3	106,828100	35,609367	0,00037
Linear	1	82,017990	82,017990	0,00012
Quadrática*	1	19,839210	19,839210	0,00479
Cúbica	1	4,970939	4,970939	0,07199
Erro	6	6,271561	1,045260	-
CV (%)	1,27	-	-	-

* Utilizou-se LRP por apresentar melhor ajuste.

TABELA 25B. Quadrados médios da análise de variância para arginina na digesta de suínos em função dos níveis de fitase na ração FS.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	0,213052	0,071017	0,31365
Período	3	0,0080997	0,002700	0,00000
Fitase	3	0,629397	0,209799	0,05972
Linear	1	0,220501	0,220501	0,07637
Quadrática	1	0,384396	0,384396	0,03024
Cúbica	1	0,024500	0,024500	0,00000
Erro	6	0,289453	0,048242	-
CV (%)	0,27	-	-	-

TABELA 26B. Quadrados médios da análise de variância para a absorção de cálcio na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M+FAD.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	11,86903	3,95634	0,39810
Período	3	8,257664	2,752555	0,00000
Fitase	3	80,46442	26,82147	0,01665
Linear	1	27,63375	27,63375	0,02913
Quadrática	1	33,57212	33,57212	0,01999
Cúbica	1	19,25855	19,25855	0,05474
Erro	6	20,39279	3,39880	-
CV (%)	3,19	-	-	-

TABELA 27B. Quadrados médios da análise de variância para a absorção de cálcio na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	11,38910	3,796367	0,12130
Período	3	3,248045	1,082682	0,00000
Fitase	3	20,03584	6,678613	0,04231
Linear	1	13,07297	13,072970	0,01910
Quadrática	1	4,722751	4,722751	0,10460
Cúbica	1	2,240124	2,240124	0,23623
Erro	6	7,761322	1,293554	-
CV (%)	1,70	-	-	-

TABELA 28B. Quadrados médios da análise de variância para a absorção de cálcio na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+FAD.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	1,98866	0,662887	0,00000
Período	3	12,59958	4,199860	0,00000
Fitase	3	295,2950	98,431667	0,01022
Linear	1	46,55856	46,558560	0,07605
Quadrática	1	235,0374	235,037400	0,00297
Cúbica	1	13,699221	13,699221	0,28962
Erro	6	60,94482	10,157470	-
CV (%)	5,50	-	-	-

TABELA 29B. Quadrados médios da análise de variância para a absorção de cálcio na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração FS.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	11,33875	3,779583	0,21234
Período	3	20,30473	6,768243	0,24620
Fitase	3	89,49960	29,833200	0,24691
Linear	1	8,179838	8,179838	0,29959
Quadrática	1	80,18487	80,184870	0,10320
Cúbica	1	1,134889	1,134889	0,00000
Erro	6	71,97527	11,995878	-
CV (%)	5,50	-	-	-

TABELA 30B. Quadrados médios da análise de variância para a absorção de fósforo na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M+FAD.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	3,021755	1,007252	0,00000
Período	3	24,158320	8,052773	0,00000
Fitase	3	211,855000	70,618333	0,03313
Linear	1	68,101280	68,101280	0,05333
Quadrática	1	130,231100	130,231100	0,01604
Cúbica	1	13,522740	13,52274	0,32608
Erro	6	70,968490	11,828082	-
CV (%)	7,58	-	-	-

TABELA 31B. Quadrados médios da análise de variância para a absorção de fósforo na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+M.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	30,092200	10,030733	0,07993
Período	3	3,473629	1,157876	0,00000
Fitase	3	276,524600	92,174867	0,00036
Linear	1	232,405800	232,405800	0,00009
Quadrática*	1	25,564000	25,564000	0,02160
Cúbica	1	18,554740	18,55474	0,03927
Erro	6	16,145390	2,690898	-
CV (%)	2,91	-	-	-

* Utilizou-se LRP por apresentar melhor ajuste.

TABELA 32B. Quadrados médios da análise de variância para a absorção de fósforo na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração FS+FAD.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	9,647391	3,215797	0,00000
Período	3	3,353823	1,117941	0,00000
Fitase	3	102,774400	34,258133	0,00836
Linear	1	96,890600	96,890600	0,00208
Quadrática	1	13,685960	13,685960	0,08618
Cúbica	1	2,197876	2,197876	0,00000
Erro	6	19,530400	3,255067	-
CV (%)	5,41	-	-	-

TABELA 33B. Quadrados médios da análise de variância para a absorção de fósforo na digesta dos suínos em função dos níveis de fitase na ração FS.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Animal	3	1,854930	0,618310	0,00000
Período	3	4,682141	1,560714	0,00000
Fitase	3	205,837300	68,612433	0,00867
Linear	1	80,994090	80,994090	0,01286
Quadrática	1	123,133000	123,133000	0,00502
Cúbica	1	1,710145	1,710145	0,00000
Erro	6	39,714250	6,619042	-
CV (%)	5,50	-	-	-

CAPÍTULO 4

Página

TABELA 1C. Quadrados médios da análise de variância para o ganho de peso médio diário (GPMD) dos suínos durante a fase de crescimento (30-60 kg), em função dos níveis de fitase nas rações.	194
TABELA 2C. Quadrados médios da análise de variância para o consumo de ração médio diário (CRMD) dos suínos durante a fase de crescimento (30-60 kg), em função dos níveis de fitase nas rações.	194
TABELA 3C. Quadrados médios da análise de variância para a conversão alimentar (CA) dos suínos durante a fase de crescimento (30-60 kg), em função dos níveis de fitase nas rações.	195
TABELA 4C. Quadrados médios da análise de variância para o teor de uréia no plasma dos suínos durante a fase de crescimento (30-60 kg), em função dos níveis de fitase nas rações.	195
TABELA 5C. Quadrados médios da análise de variância para o teor de cinzas no osso metacarpo dos suínos, em função dos níveis de fitase nas rações.	196
TABELA 6C. Quadrados médios da análise de variância para o teor de cálcio no osso metacarpo dos suínos, em função dos níveis de fitase nas rações.	196
TABELA 7C. Quadrados médios da análise de variância para o teor de fósforo no osso metacarpo dos suínos, em função dos níveis de fitase nas rações.	197
TABELA 8C. Quadrados médios da análise de variância para o teor de zinco no osso metacarpo dos suínos, em função dos níveis de fitase nas rações.	197

TABELA 9C. Quadrados médios da análise de variância para o teor de manganês no osso metacarpo dos suínos em função dos níveis de fitase nas rações. **198**

TABELA 10C. Quadrados médios da análise de variância para o teor de magnésio no osso metacarpo dos suínos em função dos níveis de fitase nas rações. **198**

TABELA 1C. Quadrados médios da análise de variância para o ganho de peso médio diário (GPMD) dos suínos durante a fase de crescimento (30-60 kg), em função dos níveis de fitase nas rações.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Bloco	4	0,010250	0,002562	0,150
Fitase	3	0,004375	0,001458	0,361
Regressão Linear	1	0,004225	0,004225	0,090
Regressão Quadrática	1	0,000125	0,000125	0,757
Erro	12	0,014950	0,001246	-
CV (%)	4,89	-	-	-

TABELA 2C. Quadrados médios da análise de variância para o consumo de ração médio diário (CRMD) dos suínos durante a fase de crescimento (30-60 kg), em função dos níveis de fitase nas rações.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Bloco	4	0,142180	0,002562	0,035
Fitase	3	0,002935	0,001458	0,957
Regressão Linear	1	0,000961	0,000961	0,757
Regressão Quadrática	1	0,001805	0,001805	0,673
Erro	12	0,115540	0,001246	-
CV (%)	4,94	-	-	-

TABELA 3C. Quadrados médios da análise de variância para a conversão alimentar (CA) dos suínos durante a fase de crescimento (30-60 kg), em função dos níveis de fitase nas rações.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Bloco	4	0,040080	0,010020	0,044
Fitase	3	0,044240	0,014747	0,017
Regressão Linear	1	0,043264	0,043264	0,002
Regressão Quadrática	1	0,000720	0,000720	0,630
Erro	12	0,035360	0,002947	-
CV (%)	1,97	-	-	-

TABELA 4C. Quadrados médios da análise de variância para o teor de uréia no plasma dos suínos durante a fase de crescimento (30-60 kg), em função dos níveis de fitase nas rações.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Bloco	1	28,8906	28,8906	0,0928
Fitase	3	138,0468	61,0156	0,0010
Regressão Linear	1	89,2531	89,2531	0,004
Regressão Quadrática	1	70,1406	70,1406	0,010
Erro	59	583,9218	9,8969	
CV (%)	11,41	-	-	-

TABELA 5C. Quadrados médios da análise de variância para o teor de cinzas no osso metacarpo dos suínos, em função dos níveis de fitase nas rações.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr > Fc
Bloco	4	8,765330	2,191332	0,3878
Fitase	3	2,470015	0,823338	0,3787
Regressão Linear	1	0,734449	0,734449	0,550
Regressão Quadrática	1	1,388645	1,388645	0,414
Erro	12	23,2510	1,937926	-
CV (%)	2,70	-	-	-

TABELA 6C. Quadrados médios da análise de variância para o teor de cálcio no osso metacarpo dos suínos, em função dos níveis de fitase nas rações.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr > Fc
Bloco	4	5,9458	1,4863	0,07
Fitase	3	9,4724	3,1574	0,01
Regressão Linear	1	9,0300	9,0300	0,001
Regressão Quadrática	1	0,1232	0,1232	0,640
Erro	12	6,443780	0,5369	-
CV (%)	3,69	-	-	-

TABELA 7C. Quadrados médios da análise de variância para o teor de fósforo no osso metacarpo dos suínos, em função dos níveis de fitase nas rações.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Bloco	4	4,0366	1,0091	0,01
Fitase	3	1,7172	1,2390	0,007
Regressão Linear	1	3,6979	3,6979	0,001
Regressão Quadrática	1	0,0004	0,0004	0,988
Erro	12	2,3077	0,1923	-
CV (%)	4,20	-	-	-

TABELA 8C. Quadrados médios da análise de variância para o teor de zinco no osso metacarpo dos suínos, em função dos níveis de fitase nas rações.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Bloco	4	3681,58	920,37	0,0354
Fitase	3	536,564	178,85	0,5619
Regressão Linear	1	392,99076	392,99076	0,234
Regressão Quadrática	1	133,851380	133,851380	0,479
Erro	12	3003,32	3003,32	-
CV (%)	7,85	-	-	-

TABELA 9C. Quadrados médios da análise de variância para o teor de manganês no osso metacarpo dos suínos em função dos níveis de fitase nas rações.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Bloco	4	0,025520	0,006380	0,5014
Fitase	3	0,065560	0,021853	0,0208
Regressão Linear	1	0,010816	0,010816	0,244
Regressão Quadrática	1	0,048020	0,048020	0,024
Erro	12	0,086440	0,007203	-
CV (%)	4,91	-	-	-

TABELA 10C. Quadrados médios da análise de variância para o teor de magnésio no osso metacarpo dos suínos em função dos níveis de fitase nas rações.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	Pr >Fc
Bloco	4	187902,68	46975,67	0,8125
Fitase	3	334869,45	111623,15	0,4585
Regressão Linear	1	27,6657,06	27,6657,06	0,156
Regressão Quadrática	1	448,338276	448,338276	0,502
Erro	12	1448746,63	120728,88	-
CV (%)	9,54	-	-	-