

**SÉRGIO DE MIRANDA PENA**

**EFEITOS DE ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS SOBRE O  
DESEMPENHO E A EXCREÇÃO DE NUTRIENTES PARA  
SUÍNOS DOS 30 AOS 100 KG**

Tese apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das exigências  
do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia,  
para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2010

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

P397e  
2010

Pena, Sérgio de Miranda, 1980-

Efeitos de estratégias nutricionais sobre o desempenho e a excreção de nutrientes para suínos dos 30 aos 100 kg/  
Sérgio de Miranda Pena.– Viçosa, MG , 2010.  
x, 75f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Darci Clementino Lopes.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Suíno - Nutrição. 2. Fitase na nutrição animal.  
3. Proteínas na nutrição animal. 4. Rações - Análise.  
5. Rações - Aditivos. 6. Suíno - Registros de desempenho.  
7. Minerais na nutrição animal. I. Universidade Federal de Viçosa. II.Título.

CDD 22.ed. 636.4085

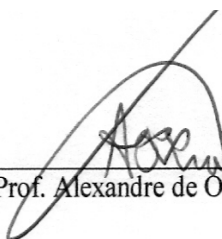
**SÉRGIO DE MIRANDA PENA**

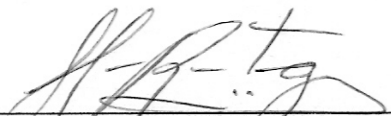
**EFEITOS DE ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS SOBRE O  
DESEMPENHO E A EXCREÇÃO DE NUTRIENTES PARA SUÍNOS  
DOS 30 AOS 100 KG**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

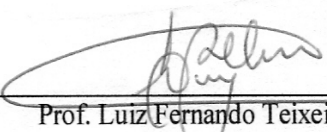
APROVADA: 17 de agosto de 2010.

  
Pesq. Francisco Carlos de O. Silva

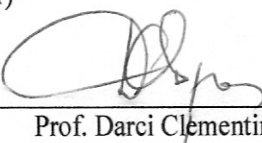
  
Prof. Alexandre de Oliveira Teixeira

  
Prof. Horácio Santiago Rostagno

(Co-Orientador)

  
Prof. Luiz Fernando Teixeira Albino

(Co-Orientador)

  
Prof. Darci Clementino Lopes

(Orientador)

A DEUS,

Aos meus pais Nilcio José Pena e Maria das Graças de Miranda Pena pelo empenho e dedicação na minha formação educacional.

À minha esposa e companheira Roberta Fialho Pena por ser meu porto seguro com seu amor, amizade e apoio.

Às minhas irmãs Graciane e Márcia pela presença e amizade.

A todos os meus familiares e amigos que me apoiaram e acreditaram em mim.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela oportunidade de realização do curso e por incentivar a pesquisa.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da UFV, pelo apoio e competência.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) pela parceria na realização deste trabalho.

Ao Frigorífico Industrial Vale do Piranga (FRIVAP) pela autorização de acompanhamento do abate e fornecimento dos resultados.

Ao professor Darci Clementino Lopes, pelos ensinamentos, amizade, oportunidade e confiança desde os tempos de bolsista de iniciação científica.

Ao professor Horácio Santiago Rostagno pelo profissionalismo, competência e valiosas sugestões.

Ao pesquisador da EPAMIG Francisco Carlos de Oliveira Silva pela amizade, seriedade e sugestões.

Ao professor Alexandre de Oliveira Teixeira pelos trabalhos, sugestões e amizade desde a época de iniciação científica.

Ao professor Luiz Fernando Teixeira Albino pelas sugestões e competência.

A todos os funcionários da EPAMIG que participaram de alguma forma da realização deste trabalho, em especial ao Carlos (Salame) pelo trabalho e dedicação.

A todos os funcionários do setor de suinocultura da UFV, de maneira especial ao Sr. Vítor pelos conselhos e ao Dedeco pelo apoio na condução dos experimentos.

Aos estagiários e voluntários que tornaram possível a obtenção dos dados de maneira profissional, em especial ao Albanno.

À minha avó Maria Madalena *In memoriam* pelo exemplo de amor a vida e simplicidade.

Ao meu primo Adriano pela amizade, determinação e superação.

À dona Zina, Luciano e Neta pela amizade e tempo de hospedagem em Oratórios-MG.

Aos estudantes de pós-graduação Thony, Veredino, Arele Calderano e ex-estudantes de pós-graduação Letícia Freitas, Fellipe Barbosa (braço direito) pela amizade e apoio.

Aos demais professores, colegas e funcionários do Departamento de Zootecnia e de outros setores, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

SÉRGIO DE MIRANDA PENA, filho de Nilcio José Pena e Maria das Graças de Miranda Pena, nasceu em Viçosa, MG, em 16 de outubro de 1980.

Em março de 2000, iniciou na Universidade Federal de Viçosa (UFV) o Curso de Graduação em Zootecnia, concluindo-o em janeiro de 2005.

Em março de 2005, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFV, em nível de mestrado, na área de Nutrição de Monogástricos, concluindo-o em fevereiro de 2007.

Em março de 2007, iniciou o Curso de pós-graduação em Zootecnia, em nível de Doutorado, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando mais uma vez seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos.

Em março de 2010, começou a ministrar aulas em cursos de graduação e técnico no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - Campus Rio Pomba.

Em agosto de 2010, submeteu-se à defesa de tese para a obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

## SUMÁRIO

|   |     |
|---|-----|
| RESUMO .....  | VII |
| ABSTRACT .....  | IX  |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL.....  | 1   |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA.....   | 4   |
| 2.1 ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS PARA REDUZIR A EXCREÇÃO DE NUTRIENTES EM DEJETOS DE SUÍNOS .....   | 4   |
| 2.1.1 <i>Redução da proteína bruta da ração</i> .....   | 4   |
| 2.1.2 <i>Utilização de fitase</i> .....   | 7   |
| 2.1.3 <i>Utilização de minerais orgânicos</i> .....   | 11  |
| CAPÍTULO I.....   | 16  |
| EFEITOS DE ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS PARA REDUÇÃO DE NUTRIENTES POLUIDORES NOS DEJETOS SOBRE O DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE SUÍNOS ..... | 16  |
| INTRODUÇÃO .....  | 18  |
| MATERIAL E MÉTODOS.....   | 19  |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO.....   | 27  |
| CONCLUSÕES.....   | 35  |
| CAPÍTULO II.....  | 39  |
| EFEITOS DE ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS SOBRE A EXCREÇÃO E RETENÇÃO DE NUTRIENTES EM SUÍNOS DOS 30 AOS 100 KG .....                                       | 39  |
| INTRODUÇÃO .....  | 41  |
| MATERIAL E MÉTODOS.....   | 42  |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO.....   | 50  |
| CONCLUSÕES.....   | 60  |
| CONCLUSÕES GERAIS .....   | 61  |
| LITERATURA CITADA .....   | 62  |
| APÊNDICE.....   | 65  |

## RESUMO

PENA, Sérgio de Miranda, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2010.  
**Efeitos de estratégias nutricionais sobre o desempenho e a excreção de nutrientes para suínos dos 30 aos 100 kg.** Orientador: Darci Clementino Lopes. Co-Orientadores: Horácio Santiago Rostagno e Luiz Fernando Teixeira Albino.

Quatro experimentos foram conduzidos, sendo um de desempenho e três de metabolismo com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes estratégias nutricionais sobre os parâmetros de desempenho, características de carcaça, retenção e excreção de nutrientes e rendimento econômico em suínos dos 30 aos 100 kg de peso. Os tratamentos usados foram: dieta controle = dieta com alta proteína bruta sem aminoácidos industriais; dieta baixa PB= dieta com baixa proteína bruta com aminoácidos industriais; dieta fitase = dieta controle com suplementação de fitase; dieta orgânica = dieta controle suplementada com minerais inorgânico-orgânicos e dieta composta = dieta com baixa proteína bruta suplementada com aminoácidos industriais, fitase e minerais inorgânico-orgânicos. No experimento de desempenho foram utilizados 120 suínos, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco tratamentos, quatro blocos contendo duas repetições por bloco e três animais por unidade experimental, sendo dois machos e uma fêmea. Nos experimentos de metabolismo foram utilizados 20 animais em cada um dos três experimentos (crescimento 1, crescimento 2 e terminação). Os animais foram alojados individualmente, em gaiolas de metabolismo, distribuídos em blocos casualizados, com cinco tratamentos, quatro blocos contendo uma repetição por bloco e um suíno por unidade experimental e a quantidade de ração fornecida a cada animal foi determinada em função do peso metabólico. A partir da quantidade de nutrientes

ingerida e da excretada nas fezes e urina determinou-se o balanço de N, P e Ca e a excreção de Cu, Zn e Mn. As dietas avaliadas, baixa PB, fitase, orgânica e composta não alteraram o ganho de peso diário, o consumo de ração médio diário a conversão alimentar e as características de carcaça dos suínos em comparação com os suínos alimentados com a dieta controle. A dieta composta propiciou maior retorno econômico que a dieta controle. Conclui-se que a redução de proteína bruta, a suplementação com fitase e minerais inorgânico-orgânicos podem ser adotadas por não alterar significativamente o desempenho nas fases de crescimento e terminação e as características de carcaças aos 100 kg, enquanto, a dieta composta proporciona maior retorno econômico que a dieta controle em suínos dos 30 aos 100 kg. A redução da proteína bruta da dieta diminui a excreção total de N em suínos dos 30 aos 100 kg. A suplementação de dietas com fitase reduz a excreção total de P em todas as fases avaliadas. A inclusão de minerais inorgânico-orgânicos nas dietas não reduz a excreção de Cu, Zn e Mn em nenhum dos períodos avaliados. A dieta composta reduz a excreção total de N entre 30 e 100 kg, a excreção de Cu, Zn e Mn entre 30 e 50 kg e também diminui a excreção total de P em todas as fases avaliadas.

## ABSTRACT

PENA, Sérgio de Miranda, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2010. **Effect of nutritional strategies on performance and nutrient excretion of pigs from 30 to 100 kg.** Adviser: Darci Clementino Lopes. Co-Advisers: Luiz Fernando Teixeira Albino and Horácio Santiago Rostagno.

Four experiments were conducted, one about performance and three about metabolism in order to evaluate the effects of different nutritional strategies on performance parameters, carcass characteristics, retention and excretion of nutrients and economic performance in pigs from 30 to 100 kg. The diets were formulated according to the phase, 30-50 kg, 50-70 kg and 70-100 kg. Treatments were: control diet = basal diet without synthetic amino acids; low crude protein diet = diet with low protein by synthetic amino acid supplementation; phytase diet = supplementation with phytase, organic diet = control supplemented with inorganic-organic minerals and combination diet = diet with low protein supplemented with phytase and inorganic-organic minerals. In the performance trial 120 pigs were used distributed in a randomized block design, with five treatments, four blocks containing two replicates per block and three animals per experimental unit, two males and one female. In metabolism experiments were used 20 animals in each experiment (growth phase I, growth phase II and finishing-phase). The animals were housed individually in metabolism cages, distributed in a randomized block design with five treatments, four blocks containing one repetition per block, a pig by the experimental unit and the quantity of feed supplied to each animal was determined according to their metabolic weight. According to amount of nutrients

ingested and excreted in faeces and urine was possible to find the balance of N, P and Ca and excretion of Cu, Zn and Mn. The diets evaluated, low CP, phytase, organic and combination did not alter the daily weight gain, daily feed intake, feed conversion and carcass traits of pigs compared with pigs fed the control diet. The economic return was greater with diet combination than the control diet. It is concluded that the reduction of crude protein, supplementation with phytase and inorganic-organic minerals can be adopted without changing significantly the performance during the growing-finishing phase and carcass traits at 100 kg, whereas the combination diet provides greater economic return than the control diet in pigs from 30 to 100 kg in weight. The reduction of crude protein diet decreases the excretion of total N in pigs from 30 to 100 kg. Supplementation of diets with phytase reduces the total excretion of P in all phases. The inclusion of inorganic-organic minerals in the diet does not reduce the excretion of Cu, Zn and Mn. The combination diet reduces total N excretion from 30 to 100 kg, the excretion of Cu, Zn and Mn between 30 and 50 kg and also decreases the excretion of total P in all evaluated phases.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O impacto da produção intensiva de suínos sobre o meio ambiente tem sido o principal fator limitante para a expansão da indústria na União Européia-25(UE) e tem afetado a atitude do público geral em relação à forma de produção dos animais. A poluição da água e do solo com altos níveis de fósforo (P) e outros nutrientes pode afetar negativamente o desenvolvimento da indústria (Sharpley, 1999).

Em alguns países da UE como a Dinamarca em 2004 apresentava 531 suínos/km<sup>2</sup> enquanto possuía 125 pessoas/km<sup>2</sup>, outro exemplo era a Bélgica que também continha mais suínos por km<sup>2</sup> que seres humanos, 367 suínos/km<sup>2</sup> contra 338 pessoas/km<sup>2</sup> (Mateos et al., 2005).

No Brasil tem sido observada alta densidade de suínos como em Santa Catarina, na Sub Bacia de Lajeados Fragosos, onde já foram constatados 613 suínos/km<sup>2</sup> superando outros países altamente poluidores como a Dinamarca (Cruz, et al. 2006).

No passado havia pouca pressão para a redução da excreção de minerais, assim os produtores de suínos colocavam mais minerais que o necessário como margem de segurança. Entretanto, o excesso de minerais na ração aumentava a carga de minerais no meio ambiente e em consequência a estratégia não tem sido mais recomendável.

De acordo com Kornegay & Harper (1997) entre 70 e 95 por cento do potássio, sódio, magnésio, cobre, zinco, manganês e ferro são excretados pelos suínos.

Outro nutriente que também tem causado grande preocupação dos ambientalistas tem sido o nitrogênio excretado dos dejetos animais. A maior parte da perda de nitrogênio ocorre na urina principalmente devido ao excesso e/ou desbalanço de aminoácidos que não podem ser usados para a deposição de proteína corporal (Jongbloed & Lenis, 1992).

A maior preocupação em relação à poluição de nitrogênio tem sido o lançamento de nitrato nas fontes de água para consumo humano e animal e a poluição de nitrogênio também resulta em emissão de amônia no ar, contribuindo para a formação de odores desagradáveis e para a chuva ácida (Lenis, 1989). Nesse sentido, Lenis (1989) considerou a poluição de N como sendo de maior impacto que a de P.

Diante da realidade de reduzir a excreção de nutrientes em dejetos de suínos em resposta à sociedade e também com o intuito de buscar uma atividade com desenvolvimento sustentável, as técnicas de nutrição animal podem contribuir de maneira decisiva.

Para a redução do teor de fósforo eliminado nos dejetos de suínos tem sido proposta a utilização da enzima fitase, uma vez que mais da metade do fósforo presente nos ingredientes vegetais utilizados na alimentação de suínos está na forma de fitato, com disponibilidade biológica variando entre 18 e 60% (Cromwell, 1979; Corley et al., 1980).

Alguns resultados de pesquisas com a suplementação de fitase em dietas de suínos têm sido promissores, levando os nutricionistas a acreditarem na eliminação ou redução do fósforo inorgânico das rações de suínos, uma vez que a fitase age nas

ligações do grupo fosfato, liberando o fósforo que faz parte desta molécula (Cromwell, 1991). Além de aumentar a disponibilidade do fósforo, a utilização desta enzima também pode melhorar a disponibilidade de outros minerais, como magnésio, cobre, ferro e zinco (Adeola et al., 1995).

Em relação à excreção de minerais traços como cobre, zinco e manganês tem sido proposta a adoção de minerais orgânicos ou quelatados. Close (2003) após revisão de vários trabalhos sugeriu que entre 75 e 80% do Zn ingerido na forma de fontes inorgânicas era excretado pelos animais.

Dessa forma tem sido uma estratégia a utilização de formas de minerais que proporcionem maior absorção pelos animais. Apresentando melhor biodisponibilidade, os minerais orgânicos podem substituir parcialmente as fontes inorgânicas enquanto o desempenho é mantido ou melhorado (Fremault, 2003).

Para a redução da excreção de nitrogênio nos dejetos animais tem sido proposta a redução da proteína bruta da ração e a inclusão de aminoácidos industriais, o chamado conceito de proteína ideal.

De acordo com Kerr & Easter (1995) para cada ponto percentual de redução da proteína bruta da dieta, há diminuição em 8% no nitrogênio excretado nos dejetos.

Diante do exposto, objetivou-se com esse estudo avaliar os efeitos de estratégias nutricionais para reduzir a excreção de nutrientes poluidores em dejetos de suínos sobre o desempenho, características de carcaça e excreção de nutrientes.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Estratégias nutricionais para reduzir a excreção de nutrientes em dejetos de suínos**

#### **2.1.1 Redução da proteína bruta da ração**

De acordo com Zangeronimo et al. (2007) a formulação de dietas com níveis reduzidos de PB, mediante a suplementação de aminoácidos industriais, tem sido largamente preconizada, uma vez que isto tem sido associado à otimização na utilização dos nutrientes da dieta e à redução do potencial poluente dos dejetos.

Segundo Orlando et al. (2005) apesar de sua importância econômica, sabe-se que a exploração suinícola, por ser caracterizada por alta concentração de animais em pequenas áreas, tem impacto negativo de poluição ambiental, em razão do grande volume de dejetos produzidos. Assim, devem ser priorizadas estratégias nutricionais que objetivem reduzir o potencial poluente dos dejetos de suínos; uma dessas alternativas tem sido a redução do nível de proteína bruta com a suplementação de aminoácidos industriais.

De acordo com Kerr & Easter (1995), cada ponto percentual de redução da proteína bruta da ração diminui em 8% o nitrogênio excretado nos dejetos.

Segundo Bertechini, (2006) rações com níveis protéicos elevados sobrecarregam a digestão, absorção e eliminação do nitrogênio não aproveitável, havendo sobrecarga de fígado e rins do animal.

Tem sido proposto o uso de dietas baseadas no conceito de proteína ideal, definida por Parsons & Baker (1994), como sendo o balanço exato de aminoácidos capaz de prover, sem excesso ou déficit, as exigências de todos os aminoácidos necessários para a manutenção e máxima deposição protéica no organismo.

Como relatam Abreu et al. (2007) por esse conceito, deve-se prever a relação entre os aminoácidos essenciais digestíveis e a lisina digestível, considerada padrão (100).

De acordo com Partridge (1985), aminoácidos industriais adicionados à dieta são absorvidos mais rapidamente em relação àqueles presentes nos alimentos, o que pode gerar desequilíbrio nos locais de síntese protéica. Desse modo, segundo Zangeronimo et al. (2007) o adequado balanceamento aminoacídico na dieta quando se trabalha com níveis reduzidos de PB e quantidades significativas de aminoácidos industriais na ração é importante para o melhor aproveitamento do nitrogênio exógeno pelos animais.

Oliveira et al. (2004) objetivando avaliar o efeito de dietas de baixo teor de proteína bruta, suplementadas com aminoácidos, em leitões machos castrados na fase inicial verificaram que a redução da proteína bruta, com correção dos aminoácidos, permitiu diminuir o nitrogênio da uréia plasmática. Além disso, os resultados indicaram que o uso de dietas de baixo teor de proteína bruta, com suplementação de aminoácidos sintéticos, com base no conceito de proteína ideal, não prejudica significativamente o desempenho e as variáveis econômicas e, ainda, proporciona redução da excreção de nitrogênio.

Orlando et al. (2005) conduziram um experimento para determinar o nível de proteína bruta (PB) das rações com suplementação de aminoácidos para leitões mestiças mantidas em ambiente de conforto térmico. Os autores observaram que o nível de PB da ração pode ser reduzido de 19 para 15%, sem prejudicar significativamente o desempenho, desde que as rações sejam devidamente suplementadas com os aminoácidos essenciais limitantes.

Em trabalho semelhante ao anterior, porém em ambiente de alta temperatura com leitões dos 30 aos 60 kg Orlando et al. (2007) concluíram que o nível de PB da ração pode ser reduzido em até 4% (de 19 para 15% de PB), pois essa redução não altera o desempenho, desde que as rações sejam devidamente suplementadas com os aminoácidos essenciais.

Em outra pesquisa realizada por Zangeronimo et al. (2006) para avaliar a redução do nível de proteína bruta da ração com suplementação de aminoácidos industriais para leitões na fase inicial constatou-se que a redução do nível de PB de 21 para 16,5% na dieta de leitões na fase inicial foi viável para redução da excreção de N na urina e da incidência de diarreia, pois não afetou os parâmetros fisiológicos e de desempenho de leitões dos 10 aos 25 kg de peso.

Após revisão sobre o efeito da redução da proteína bruta da ração com suplementação de aminoácidos sintéticos sobre o desempenho de suínos, Relandeu et al. (2000) observaram que em todos os 21 trabalhos consultados a redução da proteína bruta da ração não prejudicou significativamente o desempenho dos animais e relataram que o teor de proteína bruta para suínos na fase de terminação pode ser reduzido para 12%.

### 2.1.2 Utilização de fitase

O fósforo é um nutriente essencial das rações de aves e suínos e requer atenção especial por parte dos nutricionistas, pois participa de inúmeras funções metabólicas no organismo animal e tem sido o mineral que mais onera os custos das rações (Figueirêdo et al. (2000).

A maior parte das rações formuladas para suínos na fase de crescimento e terminação no Brasil são formuladas à base de ingredientes de origem vegetal como o milho, sorgo, farelo de soja, etc. e tem sido observado que mais da metade do fósforo presente nesses ingredientes está na forma de fitato, com disponibilidade biológica relativamente baixa variando entre 18 e 60% (Cromwell, 1979; Corley et al., 1980).

O fitato ou fósforo fítico (Figura 1a) é a designação dada ao fósforo que faz parte da molécula do ácido fítico (hexa-fosfato de inositol), que é encontrado nos vegetais (Lehninger et al., 1993). Por causa do seu grupo ortofosfato, altamente ionizado, este complexa com uma variedade de cátions (Ca, Fe, Cu, Zn, Mn e Mg) (Figura 1b).

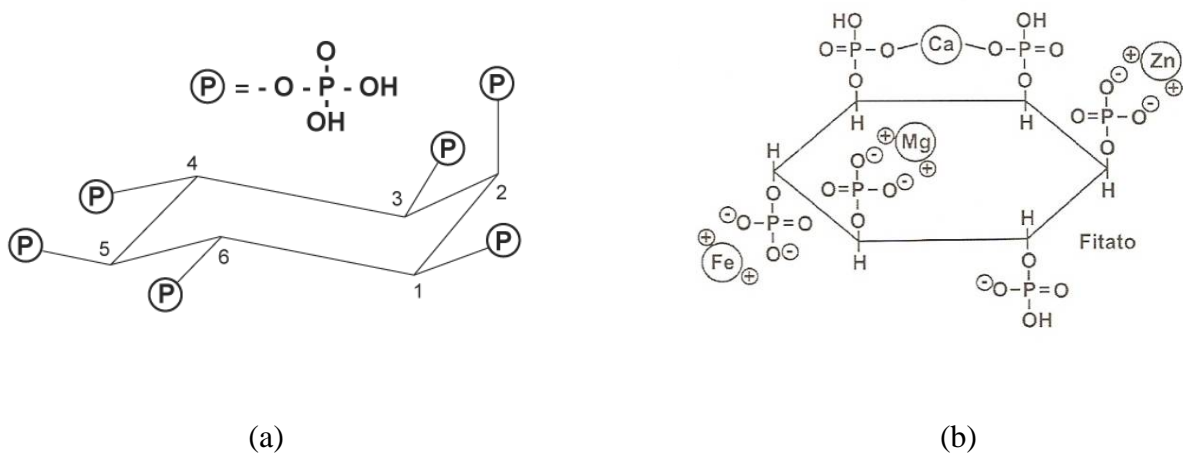


Figura 1 – Estrutura do ácido fítico (a) e do fitato quelatado com alguns minerais (b)

Devido à ocorrência deste fator antinutricional para os não-ruminantes, nos alimentos de origem vegetal torna-se necessária a suplementação de fósforo através de uma fonte inorgânica, que geralmente está presente nas dietas em quantidades superiores à exigência do animal com o objetivo de se ter uma margem de segurança em relação a este elemento na dieta (Ludke, et al. 2002a).

Dessa forma o fósforo fítico, por ser de baixa disponibilidade para os não-ruminantes, juntamente com o excesso de fosfato inorgânico adicionado às rações é eliminado nas fezes dos animais o que tem causado enorme impacto ambiental (Ludke, et al. 2002b).

De acordo com Kornegay & Harper (1997) entre 45 e 60 por cento do fósforo ingerido é excretado nos dejetos.

Em contato com as águas, o fosfato estimula o crescimento das algas, processo chamado de eutroficação ou eutrofização, resultando em um decréscimo na qualidade desta água. A morte e deteriorização destas algas diminuem a quantidade de oxigênio na água, criando um meio inadequado para os peixes e outros animais aquáticos (Cromwell et al., 1995).

Uma das alternativas disponíveis no mercado é a enzima fitase (mio-inositol hexafosfato fosfohidrolase). Esta tem sido estudada desde 1968, quando Nelson et al. testaram um resíduo de fermentação de *Aspergillus ficcum* em aves. As aves tratadas apresentaram aumento das cinzas ósseas devido ao maior aporte de P para essas aves. A partir desta data, houve evolução biotecnológica para a produção dessa enzima e, atualmente se conhece os efeitos na liberação de P fítico para diversas espécies (Bertechini, 2006).

Os resultados de pesquisas com o uso de fitase em dietas de suínos têm sido promissores, levando os nutricionistas a acreditarem na eliminação ou redução do fósforo inorgânico das rações de suínos, uma vez que a fitase age nas ligações do grupo fosfato, liberando o fósforo que faz parte desta molécula (Cromwell, 1991). Além de aumentar a disponibilidade do fósforo, a utilização desta enzima também pode melhorar a disponibilidade de outros minerais, como magnésio, cobre, ferro e zinco (Adeola et al., 1995).

A quantidade de fitase adicionada na ração tem sido expressa em FTU ou unidade de fitase. Uma unidade de atividade de fitase é definida pela quantidade de enzima que libera 1 micromol de fósforo inorgânico em 1 minuto num substrato de sódio-fitato a 37°C em pH 5,5 (Figueirêdo et al. (2000).

As pesquisas têm evidenciado que nem todo o P fítico é liberado com o uso de fitase e que a eficiência de liberação é decrescente à medida que se eleva o nível de atividade da enzima na dieta. Verificou-se que em todos os casos estudados com aves e suínos a liberação de mais de 40% do P fítico com a utilização de apenas 200 FTU/kg de fitase. Pode-se concluir nesses trabalhos que a utilização de 500, 300 e 600 FTU/kg de fitase, consegue liberar 1,19; 1,14 e 1,16 g de P/kg em rações de suínos, poedeiras comerciais e frangos de corte, respectivamente. Considerando uma margem de segurança de 10%, estes valores correspondem a 5,5 kg de fosfato bicálcico (18% de P) por tonelada ou 0,1% de P disponível Bertechini (2006).

Em um estudo realizado por Ludke et al. (2000b) constatou-se que dietas com e sem farelo de arroz desengordurado suplementadas com fitase tiveram a mesma eficiência que as suplementadas com fosfato bicálcico sobre o desempenho dos animais.

No trabalho de Figueirêdo et al. (2000) verificaram-se que as perdas endógenas fecais não foram influenciadas pela ação da fitase e que a adição de fitase reduziu o P total excretado nas fezes e melhorou a absorção e a disponibilidade biológica do P das dietas com farelo de arroz integral.

Moreira et al. (2001) avaliaram o fluxo biológico do P em suínos, na fase de crescimento, alimentados com dietas à base de milho, farelo de soja, farelo de arroz desengordurado e óleo de soja, isentas de P inorgânico e suplementadas com níveis crescentes de fitase (253, 759, 1265 e 1748 Unidade de Fitase/kg de dieta) e concluíram que a fitase interferiu no fluxo biológico do P do compartimento trato gastrintestinal para os ossos e no refluxo dos ossos e tecidos moles para o trato gastrintestinal. O nível 759 UF/kg de ração disponibilizou mais eficientemente o fósforo orgânico para o metabolismo dos suínos.

Em outro estudo Ludke et al. (2000a) testaram níveis de fitase (0, 300, 600 e 900 UF/kg da dieta) em dietas contendo milho e farelo de soja com dois níveis de proteína bruta (PB), um na exigência do animal (18%) e outro em nível menor (16%), para a mais efetiva biodisponibilidade do nitrogênio, da energia e dos macro minerais, e também verificar em qual destes níveis de proteína da dieta a fitase tem maior efeito. Esses autores estimaram que foi observado aumento na biodisponibilidade dos nutrientes, ao ser adicionada fitase nos níveis entre 220 e 508 FTU/kg da dieta, exceto no desempenho dos animais, que aumentou linearmente. A eficiência da enzima foi melhor, quando adicionada em dietas contendo nível de proteína marginal (16% de PB) comparado às dietas com 18% de proteína bruta, ao avaliar a energia.

### **2.1.3 Utilização de minerais orgânicos**

Os minerais traços exercem papéis de suma importância no organismo animal, participam do metabolismo de proteína, carboidratos e lipídico, como o zinco que é componente de muitas enzimas, o cobre que desempenha importante função no sistema imune e o manganês que é essencial para o desenvolvimento do esqueleto (Gaundré & Quiniou, 2009).

Tem sido observada grande dificuldade em se determinar as exigências de minerais e muitas das estimativas levam em consideração o nível mínimo exigido para suprir um sintoma de deficiência e não necessariamente com o intuito de promover a produtividade ou aumentar a imunidade (Close, 2003).

Muitas das pesquisas para determinar as exigências de minerais foram conduzidas há mais de 40 anos com genótipos e sistemas de criações muito diferentes dos modernos sistemas comerciais de criação de suínos atuais (Mullan et al. 2005).

Após revisão sobre como os minerais são usados na indústria Mateos et al. (2005) avaliaram o conteúdo de minerais de 32 premixes mineral adotados na indústria comercial na Espanha e comparou com os valores recomendados. De maneira geral, constatou-se que as concentrações dos minerais utilizados pela indústria eram maiores que o recomendado pelas instituições de pesquisa.

Tem sido verificado que para atender as exigências nutricionais dos animais em relação aos minerais têm sido utilizados os sais inorgânicos, como os sulfatos, carbonatos, cloretos e óxidos (Close, 2003). Esses sais são degradados no trato digestivo formando-se íons livres que podem formar complexos com outras moléculas dificultando a absorção. Os íons livres também são muito reativos e as interações entre

os vários minerais precisam ser consideradas num programa nutricional. Tais interações podem explicar porque muitas vezes os animais não respondem ao aumento da suplementação de minerais inorgânicos como esperado.

Outro aspecto que precisa ser considerado é que os minerais inorgânicos podem também interagir com outros componentes na dieta como o fitato que possui alta afinidade de ligação com o cobre e zinco (Mateos et al., 2005).

Em trabalho realizado por Wedekind et al. (1992) foi demonstrado que uma alta concentração de fitato ou cálcio na dieta reduziu a biodisponibilidade de Zn do Sulfato de zinco, mas não afetou a biodisponibilidade do Zn na forma orgânica (Zn metionina).

Close (2003) após revisão de vários trabalhos sugeriu que entre 75 e 80% do Zn ingerido na forma de fontes inorgânicas era excretado pelos animais.

De acordo com Kornegay & Harper (1997) entre 70 e 95 por cento do potássio, sódio, magnésio, cobre, zinco, manganês e ferro são excretados pelos suínos.

Tem sido observado que além dos minerais traços excretados nos dejetos, oriundos da dieta, há também os de origem endógena, advindos de secreções biliares, pancreáticas e intestinais, o que dificulta enormemente a determinação do que é de origem alimentar ou endógena. De acordo com o Comitê dos Minerais e Substâncias Tóxicas em Dietas e Água para os Animais (2005) a excreção biliar de cobre é o principal mecanismo responsável pela homeostase de cobre e esse elemento quando presente na secreção biliar é pouco absorvido em nível de intestino delgado. Em relação ao zinco, King et al. (2000) relatam que a alimentação estimula a secreção endógena de zinco, e mais da metade do zinco no lúmen intestinal após as refeições vem de secreções endógenas.

Nys, (2001) verificou que o alto conteúdo de minerais nos dejetos de suínos foi devido a vários fatores, mas o principal foi devido à baixa disponibilidade dos minerais das fontes utilizadas. A maioria dos minerais traços ingeridos pelos animais domésticos (até 99%) não são retidos e aparecem nas fezes e urina.

Dessa forma torna-se de grande interesse utilizar formas de minerais que apresentem maior absorção pelos animais. Apresentando melhor biodisponibilidade, os minerais orgânicos podem substituir parcialmente as fontes inorgânicas, enquanto o desempenho é mantido ou melhorado (Fremault, 2003).

Entretanto, não há um consenso sobre a melhora da biodisponibilidade dos minerais quando estão na forma orgânica. Os resultados da avaliação da biodisponibilidade de cobre em diferentes fontes orgânicas têm sido variáveis, com alguns estudos indicando biodisponibilidade similar e outros com biodisponibilidade maior em relação ao sulfato cúprico (Spears, 2003).

Zinco e cobre tem sido muito preocupante na questão de poluição ambiental. O excesso de zinco é tóxico para as plantas e quando a concentração de Zn no solo é superior a 200-300 ppm, a atividade da microflora no solo é reduzida. Os dejetos produzidos por suínos em crescimento-terminação alimentados com 100 a 250 ppm Zn contêm entre 850 e 1300 mg Zn/kg de matéria seca (Revy et al. 2003).

Estudos têm sido realizados no sentido de avaliar o uso de fontes orgânicas de Zn como uma possível alternativa ao óxido de zinco, devido a sua alta biodisponibilidade. Em um trabalho realizado por Mullan et al. (2002) com leitões desmamados aos 21 dias de idade foram testadas duas dietas a base ZnO (190 ppm e 2300 ppm) e outras duas com Zn orgânico (100 ou 250 ppm). Os leitões alimentados com a dieta contendo Zn orgânico (250 ppm) obtiveram maior ganho de peso diário e no final do experimento (60

dias de idade) chegaram 11% mais pesados que aqueles da dieta controle (190 ppm). Esses resultados sugeriram que a adição de 250 ppm Zn orgânico na dieta de leitões desmamados apresenta vantagens em relação as recomendações atuais de altos níveis de ZnO.

Henman (2001) avaliou os efeitos de dietas contendo cobre na forma inorgânica ( $\text{CuSO}_4$ ) ou na forma orgânica sobre o desempenho de suínos em crescimento-terminação. Não houve diferença no desempenho de animais suplementados com 100 ppm de cobre orgânico e aqueles alimentados com 200 ppm de  $\text{CuSO}_4$ , indicando que o cobre inorgânico pode ser substituído com sucesso por baixas concentrações de cobre orgânico.

Lima et al. (1999) observaram que as fontes quelatadas de cobre e zinco, em níveis menores àqueles normalmente utilizados quando se suplementa com fontes tradicionais (sulfato e óxido) não causaram prejuízo para o desempenho e características de carcaça dos suínos.

Smits e Henman (2000) avaliaram o desempenho de suínos em crescimento-terminação alimentados com dietas suplementadas com  $\text{CuSO}_4$  (150 ppm Cu) ou cobre orgânico (40 ppm de Cu). Os animais alimentados com as dietas contendo Cu orgânico, 40 ppm, atingiram desempenho semelhante àqueles suplementados com  $\text{CuSO}_4$  (150 ppm Cu). Entretanto, a quantidade de Cu excretado nas fezes foi três a quatro vezes menor nos suínos alimentados com cobre orgânico.

Pierce et al. (2001) também quantificaram o conteúdo de Cu nas fezes de suínos em crescimento suplementados com fontes de cobre inorgânicas  $\text{CuSO}_4$  e orgânicas e concluíram que os animais alimentados com cobre orgânico apresentaram desempenho

semelhante àqueles suplementados com fonte inorgânica, mas tiveram uma redução de 46% na concentração de Cu nas fezes.

Em outro estudo semelhante, Veum et al. (2004) demonstraram redução na excreção de cobre quando Cu orgânico foi utilizado ao invés de  $\text{CuSO}_4$  em suínos na fase de creche. Os autores relataram que os benefícios para crescimento ao usar suplementação de Cu podem ser mantidos através do uso da forma orgânica de cobre, ao invés de  $\text{CuSO}_4$ , reduzindo consideravelmente os níveis de cobre nos dejetos e dessa forma reduzindo o impacto ambiental ao meio ambiente.

A presente tese foi redigida seguindo-se as normas para elaboração de teses da Universidade Federal de Viçosa, editada em dois capítulos formatados como artigos científicos, segundo as normas da Revista Brasileira de Zootecnia, publicada pela Sociedade Brasileira de Zootecnia.

## CAPÍTULO I

### Efeitos de estratégias nutricionais para redução de nutrientes poluidores nos dejetos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos

**RESUMO:** Objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito de estratégias nutricionais sobre o desempenho e características de carcaça de suínos dos 30 aos 100 kg. Foram utilizados 120 suínos de alto potencial genético, com peso inicial de  $29,81 \pm 1,36$  kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e oito repetições de três animais por unidade experimental, sendo dois machos e uma fêmea. Os tratamentos usados foram: dieta controle = dieta com alta proteína bruta sem aminoácidos industriais; dieta baixa PB= dieta com baixa proteína bruta com aminoácidos industriais; dieta fitase = dieta controle com suplementação de fitase; dieta orgânica = dieta controle suplementada com minerais inorgânico-orgânicos e dieta composta = dieta com baixa proteína bruta suplementada com aminoácidos industriais, fitase e minerais inorgânico-orgânicos. Ao final do experimento, aos 100 kg de peso, os animais foram abatidos e avaliadas as características de carcaça. As médias foram comparadas com o tratamento controle mediante o Teste de Dunnett, ao nível de 5% de probabilidade. As dietas avaliadas, baixa PB, fitase, orgânica e composta não alteraram o ganho de peso diário, o consumo de ração médio diário a conversão alimentar e as características de carcaça dos suínos em comparação com os suínos alimentados com a dieta controle. A dieta composta propiciou maior retorno econômico que a dieta controle. Conclui-se que a redução de proteína bruta, a suplementação com fitase e minerais inorgânico-orgânicos podem ser adotadas por não alterar significativamente o desempenho nas fases de crescimento e terminação e as características de carcaças aos 100 kg, enquanto, a dieta composta proporciona maior retorno econômico que a dieta controle em suínos dos 30 aos 100 kg.

Palavras-chave: ambiente, fitase, mineral, proteína

## **Effects of nutritional strategies for reducing nutrient pollution in manure on performance and carcass traits of pigs**

**ABSTRACT:** The objective was to evaluate the effect of nutritional strategies on performance and carcass traits of pigs from 30 to 100 kg. One hundred twenty pigs were used, with initial body weight of  $29.81 \pm 1.36$  kg, distributed in randomized blocks, with five treatments and eight replicates of three animals per experimental unit, two males and one female. Treatments were: control diet = basal diet without synthetic amino acids; low crude protein diet = diet with low protein by synthetic amino acids; phytase diet = supplementation with phytase, organic diet = control supplemented with inorganic-organic minerals and combination diet = diet with low protein supplemented with phytase and inorganic-organic minerals. At the end of the experiment, 100 kg, the animals were slaughtered and carcass traits evaluated. Means were compared with the control diet by Dunnett test at the 5% level of probability. The diets evaluated, low protein, phytase, organic and combination did not alter the daily weight gain, daily feed intake, feed conversion and carcass traits of pigs compared with pigs fed the control diet. The economic return was greater with combination diet than the control diet. The reduction of crude protein, supplementation with phytase and inorganic-organic minerals can be adopted without changing significantly the performance during the growing-finishing and carcass traits at 100 kg, whereas the combination diet provides greater economic return than the control diet in pigs from 30 to 100 kg.

Key words: environment, mineral, phytase, protein

## Introdução

A produção de suínos tem sido alvo de críticas em todo mundo em razão do potencial efeito poluente gerado principalmente pelos dejetos dos animais no meio ambiente.

Entre 1995 e 2004 houve um crescimento de aproximadamente 46,0% no desenvolvimento da suinocultura nos países em desenvolvimento e de apenas 8,0% nos países desenvolvidos, evidenciando-se a forte tendência dessa atividade em países com leis ambientes menos rigorosas (Cruz, et al. 2006).

Em algumas regiões do Brasil têm sido observada altas densidades de suínos como em Santa Catarina, na Sub Bacia de Lajeados Fragosos, onde já foi constatado 613 suínos/km<sup>2</sup> superando países altamente poluidores como a Dinamarca que já registrou 531 suínos/km<sup>2</sup> (Mateos et al. 2005).

Nitrogênio e fósforo advindos dos dejetos podem estar envolvidos na eutrofização de água doce ou salgada. Além disso, no mundo reservas de fosfatos minerais são limitadas e devem ser preservadas. Da mesma forma, o acúmulo de Cu e Zn em solos pode impor a médio ou em longo prazo risco de toxicidade sobre as plantas e microrganismos (Dourmad & Jondreville, 2007).

Assim, estratégias nutricionais podem contribuir de maneira efetiva para reduzir a excreção de nutrientes poluidores nos dejetos de suínos. Para diminuir a excreção de nitrogênio nos dejetos tem sido proposta a adoção do conceito de proteína ideal, em que se reduz o nível de proteína bruta da dieta e adicionam-se aminoácidos industriais (Parsons & Baker, 1994).

Para a redução da presença de fósforo nos dejetos tem sido proposta a utilização da enzima fitase, pois tem sido observado que mais da metade do fósforo presente nos ingredientes vegetais está na forma de fitato, com disponibilidade biológica variando entre 18 e 60% (Cromwell, 1979; Corley et al., 1980) e essa enzima aumentaria a disponibilidade do P presente nesses ingredientes.

No que diz respeito à contribuição da nutrição para diminuir a eliminação de minerais traços como cobre, zinco e manganês, tem sido proposto a utilização total ou parcial desses minerais na forma orgânica. Apresentando melhor biodisponibilidade, os minerais orgânicos podem substituir as fontes inorgânicas em baixo nível enquanto o desempenho é mantido ou melhorado (Fremault, 2003).

Diante do exposto, objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito de estratégias nutricionais sobre o desempenho e características de carcaça de suínos dos 30 aos 100 kg.

### **Material e Métodos**

Um experimento de desempenho foi conduzido na Granja de Suínos da Fazenda Experimental Vale do Piranga, pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), localizada no município de Oratórios-MG, no período de outubro a dezembro de 2006.

Foram utilizados 120 suínos de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça com desempenho médio, com peso inicial de  $29,81 \pm 1,36$  kg. O experimento foi dividido em três fases, crescimento 1 de 30 a 50 kg, crescimento 2 de 50 a 70 kg e terminação de 70 a 100 kg.

Os suínos foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco tratamentos, quatro blocos contendo duas repetições por bloco e três animais por unidade experimental, sendo dois machos e uma fêmea. O peso dos suínos foi adotado como critério na formação dos blocos.

Os animais foram alojados em baias com uma área disponível de 1,29 m<sup>2</sup> por animal, providas de comedouro semi-automático, porém o fornecimento de ração realizado de forma manual e bebedouro tipo chupeta, em galpão de alvenaria com piso de concreto e coberto com telhas de amianto.

As temperaturas do ar foram monitoradas diariamente durante o período experimental por meio de termômetros de máxima e mínima, localizados dentro do galpão, a meia altura do corpo dos animais, externamente às baias.

Os cinco tratamentos usados foram: dieta controle (AP) = dieta com alta proteína bruta sem suplementação de aminoácidos industriais; dieta baixa PB (BP) = dieta com baixa proteína bruta mediante a suplementação de aminoácidos industriais; dieta fitase (CONT+FIT) = dieta controle com suplementação de fitase (FIT) e ajuste dos níveis de cálcio e fósforo; dieta orgânica (CONT+MIN) = dieta controle suplementada com uma mistura de minerais na forma inorgânica e orgânica (MIN), sendo que 40% das exigências foram atendidas com minerais orgânicos e 50% com minerais inorgânicos e dieta composta (BP+FIT+MIN) = dieta com baixa proteína bruta suplementada com aminoácidos industriais, fitase e mistura de minerais inorgânico-orgânicos.

Água e ração foram fornecidos à vontade durante todo o período experimental.

A enzima fitase foi suplementada na dieta fitase e na dieta composta em 100 g/tonelada, sendo que o produto comercial continha 5.000 (FTU) unidades de fitase/kg, fornecendo, portanto 500 FTU/kg de dieta. Considerou-se que a fitase contribuiria com

0,112% de fósforo disponível, assim o fósforo total das dietas fitase e composta era menor que das demais dietas, entretanto, com a contribuição da fitase, o fósforo disponível era o mesmo para todas as dietas. Da mesma forma considerou-se que a fitase liberaria o cálcio fítico e disponibilizaria 0,112% de cálcio na dieta. Não foi considerado o possível acréscimo de energia e de digestibilidade de aminoácidos na dieta com o uso de fitase.

Formulou-se um suplemento mineral composto por minerais inorgânicos para as dietas controle, baixa PB e fitase e um suplemento mineral inorgânico-orgânico para as dietas orgânica e composta.

As rações (Tabela 1, 2 e 3) foram formuladas, a base de milho e farelo de soja. As exigências nutricionais para os suínos dentro de cada fase seguiram as recomendações estabelecidas por Rostagno et al. (2005), sendo a composição aminoacídica das dietas analisadas (Tabela 4).

Ao final do período experimental, com peso final de  $99,87 \pm 3,47$  kg, os animais foram submetidos a jejum, por 18 horas e encaminhados para o abate, realizado no Frigorífico Industrial do Vale do Piranga (FRIVAP). Os animais foram insensibilizados por choques de alta voltagem de 270 volts e baixa amperagem de 1,5A, de 3 a 5 segundos e sacrificados por sangramento. As carcaças foram depiladas com lanças-chamas e evisceradas. Posteriormente, foram avaliadas quanto ao rendimento de carne magra e à espessura de toucinho, por meio de aparelho de tipificação de carcaça (Hennessy), segundo técnica adotada no frigorífico.

O peso dos suínos e o consumo de ração foram obtidos através da pesagem dos suínos de cada baia e da sobra de ração dos comedouros para a avaliação do desempenho: ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar.

Tabela 1 – Composição centesimal e nutricional das rações experimentais para a fase de Crescimento 1

| Ingrediente (%)                             | Tratamentos   |               |               |               |               |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|   | AP            | BP            | AP+FIT        | AP+MIN        | BP+FIT+MIN    |
| Milho                                       | 62,569        | 74,578        | 63,409        | 62,569        | 75,525        |
| Farelo de soja                              | 32,316        | 21,237        | 32,256        | 32,316        | 21,080        |
| Óleo de soja                                | 2,664         | 1,121         | 2,379         | 2,664         | 0,822         |
| Fosfato bicálcico                           | 1,209         | 1,265         | 0,601         | 1,209         | 0,658         |
| Calcário                                    | 0,620         | 0,645         | 0,724         | 0,620         | 0,749         |
| Sal   | 0,406         | 0,405         | 0,405         | 0,406         | 0,405         |
| L-Metionina                                 | -             | 0,090         | -             | -             | 0,089         |
| L-Lisina HCl                                | -             | 0,317         | -             | -             | 0,320         |
| L-Treonina                                  | -             | 0,109         | -             | -             | 0,109         |
| L-Triptofano                                | -             | 0,017         | -             | -             | 0,017         |
| Fitase <sup>1</sup>                         | -             | -             | 0,010         | -             | 0,010         |
| Vitaminas <sup>2</sup>                      | 0,100         | 0,100         | 0,100         | 0,100         | 0,100         |
| Cloreto de colina 60%                       | 0,026         | 0,026         | 0,026         | 0,026         | 0,026         |
| Minerais inorgânicos <sup>3</sup>           | 0,080         | 0,080         | 0,080         | -             | -             |
| Minerais inorgânicos+orgânicos <sup>4</sup> | -             | -             | -             | 0,080         | 0,080         |
| BHT   | 0,010         | 0,010         | 0,010         | 0,010         | 0,010         |
| <b>Total</b>                                | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> |
| Composição nutricional                      |               |               |               |               |               |
| Energia líquida, kcal/kg                    | 2500          | 2500          | 2500          | 2500          | 2500          |
| Energia metabolizável, kcal/kg              | 3327          | 3276          | 3330          | 3327          | 3278          |
| Proteína bruta, %                           | 18,890        | 15,050        | 18,930        | 18,890        | 15,060        |
| Cálcio, %                                   | 0,631         | 0,631         | 0,519         | 0,631         | 0,519         |
| Cálcio liberado pela fitase, %              | -             | -             | 0,112         | -             | 0,112         |
| Fósforo disponível, %                       | 0,332         | 0,332         | 0,220         | 0,332         | 0,220         |
| Fósforo liberado pela fitase, %             | -             | -             | 0,112         | -             | 0,112         |
| Fósforo total, %                            | 0,545         | 0,525         | 0,434         | 0,545         | 0,414         |
| Sódio, %                                    | 0,180         | 0,180         | 0,180         | 0,180         | 0,180         |
| Potássio, %                                 | 0,766         | 0,597         | 0,767         | 0,766         | 0,597         |
| Cloro, %                                    | 0,289         | 0,289         | 0,289         | 0,289         | 0,289         |
| Lisina total, %                             | 0,997         | 0,979         | 0,997         | 0,997         | 0,979         |
| Lisina digestível, %                        | 0,895         | 0,895         | 0,895         | 0,895         | 0,895         |
| Metionina+Cistina digestível, %             | 0,539         | 0,537         | 0,540         | 0,539         | 0,537         |
| Treonina digestível, %                      | 0,612         | 0,582         | 0,613         | 0,612         | 0,582         |
| Triptofano digestível, %                    | 0,196         | 0,161         | 0,196         | 0,196         | 0,161         |
| Arginina digestível, %                      | 1,190         | 0,889         | 1,191         | 1,190         | 0,888         |
| Isoleucina digestível, %                    | 0,708         | 0,539         | 0,709         | 0,708         | 0,538         |
| Valina digestível, %                        | 0,785         | 0,618         | 0,787         | 0,785         | 0,618         |

<sup>1</sup>Fitase: contém por quilograma do produto: 5.000 unidades de fitase; veículo q.s.p.

<sup>2</sup>Suplemento vitamínico - Rovimix (Roche) - Níveis de garantia por quilo do produto: Vitamina A - 6.000.000 UI; Vitamina D3 - 1.500.000 UI; Vitamina E - 15.000 UI; Vitamina B1 - 1,35g ; Vitamina B2 - 4,0g; Vitamina B6 - 2,0 g; Ac. Pantotênico - 9,35g; Biotina - 0,080g; Vitamina K3 - 1,5 g ; Ácido fólico - 0,6 g; Ácido Nicotínico - 20,0 g; Vitamina B12 - 20.000 mcg ; Selênio - 0, 30 g; veículo q. s. p.

<sup>3</sup>Contém por quilograma do produto: Cu, 12.000 mg; Zn, 100.000 mg; Fe, 80.000 mg; Mn, 40.000 mg; I, 1.000 mg; Se, 360 mg; veículo q. s. p.

<sup>4</sup>Contém por quilograma do produto: Cu, 10.800 mg; Zn, 90.000 mg; Fe, 80.000 mg; Mn, 36.000 mg; I, 1.000 mg; Se, 360 mg; veículo q. s. p.

Tabela 2 – Composição centesimal e nutricional das rações experimentais para a fase de Crescimento 2

| Ingrediente (%)                             | Tratamentos   |               |               |               |               |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|   | AP            | BP            | AP+FIT        | AP+MIN        | BP+FIT+MIN    |
| Milho                                       | 66,212        | 78,416        | 67,053        | 66,212        | 79,362        |
| Farelo de soja                              | 29,343        | 18,101        | 29,283        | 29,343        | 17,944        |
| Óleo de soja                                | 2,304         | 0,744         | 2,019         | 2,304         | 0,445         |
| Fosfato bicálcico                           | 0,953         | 1,009         | 0,344         | 0,953         | 0,401         |
| Calcário                                    | 0,592         | 0,616         | 0,696         | 0,592         | 0,721         |
| Sal   | 0,380         | 0,379         | 0,379         | 0,380         | 0,379         |
| L-Metionina                                 | -             | 0,074         | -             | -             | 0,073         |
| L-Lisina HCl                                | -             | 0,322         | -             | -             | 0,325         |
| L-Treonina                                  | -             | 0,104         | -             | -             | 0,104         |
| L-Triptofano                                | -             | 0,019         | -             | -             | 0,02          |
| Fitase <sup>1</sup>                         | -             | -             | 0,010         | -             | 0,010         |
| Vitaminas <sup>2</sup>                      | 0,100         | 0,100         | 0,100         | 0,100         | 0,100         |
| Cloreto de colina 60%                       | 0,026         | 0,026         | 0,026         | 0,026         | 0,026         |
| Minerais inorgânicos <sup>3</sup>           | 0,080         | 0,080         | 0,080         | -             | -             |
| Minerais inorgânicos+orgânicos <sup>4</sup> | -             | -             | -             | 0,080         | 0,080         |
| BHT   | 0,010         | 0,010         | 0,010         | 0,010         | 0,010         |
| <b>Total</b>                                | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> |
| Composição nutricional                      |               |               |               |               |               |
| Energia líquida, kcal/kg                    | 2510          | 2510          | 2510          | 2510          | 2510          |
| Energia metabolizável, kcal/kg              | 3326          | 3273          | 3328          | 3326          | 3275          |
| Proteína bruta, %                           | 17,869        | 13,960        | 17,907        | 17,869        | 13,960        |
| Cálcio, %                                   | 0,551         | 0,551         | 0,439         | 0,551         | 0,439         |
| Cálcio liberado pela fitase, %              | -             | -             | 0,112         | -             | 0,112         |
| Fósforo Disponível, %                       | 0,282         | 0,282         | 0,170         | 0,282         | 0,170         |
| Fósforo liberado pela fitase, %             | -             | -             | 0,112         | -             | 0,112         |
| Fósforo total, %                            | 0,490         | 0,471         | 0,380         | 0,490         | 0,360         |
| Sódio, %                                    | 0,170         | 0,170         | 0,170         | 0,170         | 0,170         |
| Potássio, %                                 | 0,722         | 0,551         | 0,723         | 0,722         | 0,550         |
| Cloro, %                                    | 0,274         | 0,275         | 0,274         | 0,274         | 0,275         |
| Lisina total, %                             | 0,926         | 0,907         | 0,926         | 0,926         | 0,907         |
| Lisina digestível, %                        | 0,829         | 0,829         | 0,829         | 0,829         | 0,829         |
| Metionina+Cistina digestível, %             | 0,516         | 0,497         | 0,518         | 0,516         | 0,497         |
| Treonina digestível, %                      | 0,576         | 0,539         | 0,577         | 0,576         | 0,539         |
| Triptofano digestível, %                    | 0,182         | 0,149         | 0,182         | 0,182         | 0,149         |
| Arginina digestível, %                      | 1,111         | 0,806         | 1,112         | 1,111         | 0,804         |
| Isoleucina digestível, %                    | 0,664         | 0,493         | 0,665         | 0,664         | 0,492         |
| Valina digestível, %                        | 0,742         | 0,572         | 0,743         | 0,742         | 0,572         |

<sup>1</sup>Fitase: contém por quilograma do produto : 5.000 unidades de fitase; veículo q.s.p.

<sup>2</sup>Suplemento vitamínico - Rovimix (Roche) - Níveis de garantia por quilo do produto: Vitamina A - 6.000.000 UI; Vitamina D3 - 1.500.000 UI; Vitamina E - 15.000 UI; Vitamina B1 - 1,35g ; Vitamina B2 - 4,0g; Vitamina B6 - 2,0 g; Ac. Pantotênico - 9,35g; Biotina - 0,080g; Vitamina K3 - 1,5 g ; Ácido fólico - 0,6 g; Ácido Nicotínico - 20,0 g ; Vitamina B12 - 20.000 mcg ; Selênio - 0, 30 g; veículo q. s. p.

<sup>3</sup>Contém por quilograma do produto: Cu, 12.000 mg; Zn, 100.000 mg; Fe, 80.000 mg; Mn, 40.000 mg; I, 1.000 mg; Se, 360 mg; ; veículo q.s.p.

<sup>4</sup>Contém por quilograma do produto: Cu, 10.800 mg; Zn, 90.000 mg; Fe, 80.000 mg; Mn, 36.000 mg; I, 1.000 mg; Se, 360 mg; ; veículo q.s.p.

Tabela 3 – Composição centesimal e nutricional das rações experimentais para a fase de terminação

| Ingrediente (%)                             | Tratamentos   |               |               |               |               |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|   | AP            | BP            | AP+FIT        | AP+MIN        | BP+FIT+MIN    |
| Milho                                       | 73,559        | 85,938        | 74,398        | 73,559        | 86,883        |
| Farelo de soja                              | 22,653        | 11,258        | 22,593        | 22,653        | 11,101        |
| Óleo de soja                                | 1,906         | 0,326         | 1,621         | 1,906         | 0,028         |
| Fosfato bicálcico                           | 0,802         | 0,860         | 0,194         | 0,802         | 0,252         |
| Calcário                                    | 0,549         | 0,574         | 0,654         | 0,549         | 0,679         |
| Sal   | 0,355         | 0,354         | 0,354         | 0,355         | 0,354         |
| L-Metionina                                 | -             | 0,053         | -             | -             | 0,052         |
| L-Lisina HCl                                | -             | 0,326         | -             | -             | 0,329         |
| L-Treonina                                  | -             | 0,104         | -             | -             | 0,104         |
| L-Triptofano                                | -             | 0,031         | -             | -             | 0,032         |
| Fitase <sup>1</sup>                         | -             | -             | 0,010         | -             | 0,010         |
| Vitaminas <sup>2</sup>                      | 0,100         | 0,100         | 0,100         | 0,100         | 0,100         |
| Cloreto colina 60%                          | 0,016         | 0,016         | 0,016         | 0,016         | 0,016         |
| Minerais inorgânicos <sup>3</sup>           | 0,050         | 0,050         | 0,050         | -             | -             |
| Minerais inorgânicos+orgânicos <sup>4</sup> | -             | -             | -             | 0,050         | 0,050         |
| BHT   | 0,010         | 0,010         | 0,010         | 0,010         | 0,010         |
| <b>Total</b>                                | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> |
| Composição nutricional                      |               |               |               |               |               |
| Energia líquida, kcal/kg                    | 2540          | 2540          | 2540          | 2540          | 2540          |
| Energia metabolizável, kcal/kg              | 3327          | 3274          | 3329          | 3327          | 3275          |
| Proteína bruta, %                           | 15,490        | 11,890        | 15,530        | 15,490        | 11,900        |
| Cálcio, %                                   | 0,484         | 0,484         | 0,372         | 0,484         | 0,372         |
| Cálcio liberado pela fitase, %              | -             | -             | 0,112         | -             | 0,112         |
| Fósforo disponível, %                       | 0,248         | 0,248         | 0,136         | 0,248         | 0,136         |
| Fósforo liberado pela fitase, %             | -             | -             | 0,112         | -             | 0,112         |
| Fósforo total, %                            | 0,445         | 0,425         | 0,334         | 0,445         | 0,314         |
| Sódio, %                                    | 0,160         | 0,160         | 0,160         | 0,160         | 0,160         |
| Potássio, %                                 | 0,620         | 0,446         | 0,621         | 0,620         | 0,446         |
| Cloro, %                                    | 0,259         | 0,260         | 0,260         | 0,259         | 0,260         |
| Lisina total, %                             | 0,764         | 0,745         | 0,764         | 0,764         | 0,745         |
| Lisina digestível, %                        | 0,679         | 0,679         | 0,679         | 0,679         | 0,679         |
| Metionina+Cistina digestível, %             | 0,462         | 0,421         | 0,463         | 0,462         | 0,421         |
| Treonina digestível, %                      | 0,494         | 0,455         | 0,495         | 0,494         | 0,455         |
| Triptofano digestível, %                    | 0,151         | 0,129         | 0,151         | 0,151         | 0,129         |
| Arginina digestível, %                      | 0,929         | 0,621         | 0,931         | 0,929         | 0,619         |
| Isoleucina digestível, %                    | 0,562         | 0,388         | 0,563         | 0,562         | 0,388         |
| Valina digestível, %                        | 0,641         | 0,469         | 0,642         | 0,641         | 0,469         |

<sup>1</sup>Fitase: contém por quilograma do produto: 5.000 unidades de fitase, veículo q.s.p.

<sup>2</sup>Suplemento vitamínico - Rovimix (Roche) - Níveis de garantia por quilo do produto: Vitamina A - 6.000.000 UI; vitamina D3 - 1.500.000 UI; Vitamina E - 15.000 UI; Vitamina B1 - 1,35g; Vitamina B2 - 4,0g; Vitamina B6 - 2,0 g; Ac Pantotênico - 9,35g; Biotina - 0,080g; Vitamina K3 - 1,5 g; Ácido fólico - 0,6 g; Ácido Nicotínico - 20,0 g; Vitamina B12 - 20.000 mcg; Selênio - 0,30 g; veículo q.s.p.

<sup>3</sup>Contém por quilograma do produto: Cu, 6.000 mg; Zn, 50.000 mg; Fe, 40.000 mg; Mn, 20.000 mg; I, 500 mg; Se, 180 mg; veículo q.s.p.

<sup>4</sup>Contém por quilograma do produto: Cu, 5.400 mg; Zn, 45.000 mg; Fe, 40.000 mg; Mn, 18.000 mg; I, 500 mg; Se, 180 mg; veículo q.s.p.

Tabela 4 – Composição analisada da proteína bruta e dos aminoácidos das dietas

| Fase      | Tratamentos                  |       |        |        |            |
|-----------|------------------------------|-------|--------|--------|------------|
|           | AP                           | BP    | AP+FIT | AP+MIN | BP+FIT+MIN |
|           | Proteína bruta (%)           |       |        |        |            |
| 30-50 kg  | 17,94                        | 15,52 | 19,88  | 18,22  | 14,50      |
| 30-70 kg  | 18,53                        | 14,69 | 19,00  | 18,54  | 15,43      |
| 30-100 kg | 16,31                        | 12,30 | 15,52  | 14,83  | 11,03      |
|           | Lisina total, %              |       |        |        |            |
| 30-50 kg  | 1,197                        | 1,239 | 1,282  | 1,114  | 1,079      |
| 30-70 kg  | 0,980                        | 0,867 | 0,961  | 0,943  | 0,859      |
| 30-100 kg | 0,795                        | 0,793 | 0,756  | 0,873  | 0,739      |
|           | Metionina + cistina total, % |       |        |        |            |
| 30-50 kg  | 0,626                        | 0,658 | 0,663  | 0,614  | 0,589      |
| 30-70 kg  | 0,569                        | 0,558 | 0,590  | 0,583  | 0,519      |
| 30-100 kg | 0,509                        | 0,453 | 0,485  | 0,498  | 0,469      |
|           | Treonina total, %            |       |        |        |            |
| 30-50 kg  | 0,800                        | 0,803 | 0,851  | 0,782  | 0,733      |
| 30-70 kg  | 0,709                        | 0,658 | 0,741  | 0,740  | 0,637      |
| 30-100 kg | 0,646                        | 0,535 | 0,624  | 0,633  | 0,544      |
|           | Tryptofano total, %          |       |        |        |            |
| 30-50 kg  | 0,212                        | 0,180 | 0,220  | 0,219  | 0,183      |
| 30-70 kg  | NA                           | 0,155 | NA     | NA     | 0,172      |
| 30-100 kg | 0,161                        | NA    | NA     | NA     | NA         |

AP = Alta proteína, sem aminoácidos industriais; BP = Baixa proteína, com aminoácidos industriais; FIT = Fitase; MIN = Minerais orgânico-inorgânicos.

NA=Não analisado. As análises foram realizadas no laboratório da Ajinomoto Biolatina Ind. e Com. Ltda. Valores na base da matéria natural.

Para avaliação da carcaça foram determinados o peso da carcaça, a quantidade de carne magra, a porcentagem de carne magra e a espessura de toucinho de todos os animais do experimento, segundo técnicas adotadas no Frigorífico Saudali.

Para realizar a análise econômica foram utilizados os conceitos de margem bruta (MB) e índice de rentabilidade (IR) adotados por Buteri (2003). A margem bruta média (MBMe) representa a diferença entre a receita bruta média (RBMe) e o custo médio de

arraçoamento (CMeA), sendo definida por:  $MBMe = RBMe - CmeA$ . A receita bruta média é obtida pelo produto da quantidade produzida, estocada ou consumida (Q) pelo preço de venda (PV) do produto.  $RBMe = Q \times PV$ . O custo médio de arraçoamento é dado pelo produto da quantidade de ração consumida (CO) e o custo médio da ração (CD) no período avaliado, e é definido por:  $CMeA = CO \times CD$ .

O índice de rentabilidade é obtido pelo quociente entre a margem bruta média e o custo médio de arraçoamento e indica a taxa de retorno do capital empregado, ou seja, mostra o retorno econômico para cada real (R\$) gasto com alimentação:  $IR = MBMe/CMeA \times 100$ . A análise econômica foi feita com base no custo com a alimentação (70% do custo de produção de suínos), sem levar em consideração os custos do suíno, da mão de obra, energia elétrica e outros gastos adicionais à produção. Os preços das matérias-primas empregadas nas rações referem-se aos valores vigentes em 26 de maio de 2008, fornecidos pela Cooperativa dos Granjeiros do Oeste de Minas Ltda (COGRAN), localizada no município de Pará de Minas-MG. O preço de comercialização do suíno no frigorífico nessa data foi de R\$ 3,20/kg de peso. A cotação média de um dólar americano, na data da tomada de preços, foi de R\$ 1,65.

Os dados experimentais de desempenho, características de carcaça e avaliação econômica foram submetidos à análise de variância. O modelo estatístico, utilizado no cálculo das análises de variância foi:  $Y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$ , em que:  $i = 1,2,3,\dots,I$ ,  $j = 1,2,3,\dots,j$ ;  $Y_{ij}$  = valor observado na parcela relativa ao tratamento  $i$  no bloco  $j$ ;  $m$  = média geral;  $t_i$  = efeito devido ao tratamento  $i$ ;  $b_j$  = efeito devido ao bloco  $j$ ;  $e_{ij}$  = efeito devido aos fatores não controlados (erro experimental).

As médias foram comparadas com o tratamento controle mediante o Teste de Dunnett, ao nível de 5% de probabilidade, todos os dados foram processados pelo programa SAEG (2007) desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (UFV).

## **Resultados e Discussão**

As temperaturas máximas e mínimas do ar com seus respectivos desvios-padrão foram  $26,76 \pm 3,51^{\circ}\text{C}$  e  $20,65 \pm 2,08^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. Portanto, acima da zona de conforto térmico para suínos em crescimento,  $20^{\circ}\text{C}$  (Orlando et al 2005) e terminação,  $15$  a  $18^{\circ}\text{C}$  (Ferreira, 2005). Entretanto, o desempenho dos suínos foi superior ao esperado para animais de alto desempenho em boas condições de manejo como da progênie de Camborough 22 e machos AGPIC 412, em que os machos ganhariam cerca de  $945$  g por dia entre  $30$  e  $100$  kg, enquanto, no presente estudo a média foi superior a  $1000$  g por dia.

Não houve efeito ( $P>0,05$ ) das estratégias nutricionais para ganho de peso médio diário, consumo de ração diário e conversão alimentar em nenhum dos períodos analisados (Tabelas 5).

Observou-se que os animais alimentados com a dieta baixa PB apresentaram ( $P>0,05$ ) desempenho semelhante aos suínos alimentados com a dieta controle. Segundo Bertechini (2006), rações com níveis protéicos elevados sobrecarregam a digestão, absorção e eliminação do nitrogênio não aproveitável, havendo sobrecarga de fígado e rins do animal. Outra influência do nível de proteína bruta se refere ao incremento calórico (IC).

Tabela 5 - Desempenho de suínos em crescimento e terminação alimentados com dietas contendo diferentes estratégias nutricionais por período experimental

| Fase      | Tratamentos                    |       |        |        |            | CV (%) |
|-----------|--------------------------------|-------|--------|--------|------------|--------|
|           | AP                             | BP    | AP+FIT | AP+MIN | BP+FIT+MIN |        |
|           | Consumo médio de ração (g/dia) |       |        |        |            |        |
| 30-50 kg  | 1.702                          | 1.648 | 1.649  | 1.585  | 1.670      | 6,45   |
| 30-70 kg  | 2.081                          | 2.031 | 1.973  | 1.924  | 2.020      | 6,40   |
| 30-100 kg | 2.427                          | 2.407 | 2.286  | 2.332  | 2.348      | 6,38   |
|           | Ganho de peso médio (g/dia)    |       |        |        |            |        |
| 30-50 kg  | 897                            | 860   | 854    | 856    | 867        | 8,23   |
| 30-70 kg  | 1.004                          | 978   | 942    | 975    | 977        | 5,06   |
| 30-100 kg | 1.032                          | 1.014 | 982    | 1.032  | 1.016      | 4,77   |
|           | Conversão alimentar (g/g)      |       |        |        |            |        |
| 30-50 kg  | 1,901                          | 1,931 | 1,930  | 1,863  | 1,927      | 7,53   |
| 30-70 kg  | 2,077                          | 2,077 | 2,091  | 1,976  | 2,066      | 5,43   |
| 30-100 kg | 2,355                          | 2,373 | 2,326  | 2,261  | 2,306      | 5,52   |

AP = Alta proteína, sem aminoácidos industriais; BP = Baixa proteína, com aminoácidos industriais; FIT = Fitase; MIN = Minerais orgânico-inorgânicos.

O IC representa toda perda de energia durante os processos de digestão, absorção e metabolismo de nutrientes (Sakomura & Rostagno, 2007) sendo que a dieta com maior teor protéico tem apresentado maior incremento calórico em relação às dietas com reduzido nível de proteína bruta.

A elevação do IC reduz a energia líquida que poderia ser utilizada para deposição de tecido muscular e conseqüentemente diminuiria a eficiência alimentar. Assim, com a formulação utilizando o conceito de proteína ideal foi possível alcançar desempenho semelhante ao dos animais da dieta controle e evitar os problemas associados ao excesso de proteína na dieta citados anteriormente.

Os resultados observados no desempenho dos suínos foram similares ao constatado por Orlando et al. (2007) em ambiente de alta temperatura e Orlando et al. (2005) em ambiente de conforto térmico, ao avaliarem a redução da proteína bruta da ração de 19 para 15% com suplementação de aminoácidos essenciais limitantes e também verificarem que o desempenho dos animais foi similar aos suínos que receberam a dieta formulada com base na proteína bruta.

A redução da proteína bruta também não prejudicou significativamente o desempenho de leitões na fase inicial no estudo realizado por Zangeronimo et al. (2006) com diminuição de 21% para 16,5% de PB com a suplementação de aminoácidos industriais.

Os resultados obtidos nesse estudo estão em conformidade com a revisão realizada por Relandeau et al. (2000) ao observarem que em todos os 21 trabalhos revisados a redução da proteína bruta da ração não prejudicou significativamente o desempenho dos animais e relataram que o teor de proteína bruta na fase de terminação pode ser reduzido para 12%.

De maneira semelhante Tuitok et al. (1997) constataram que a adoção do conceito de proteína ideal em dietas para suínos na fase de crescimento entre 20 e 55 kg com diminuição da proteína bruta de 16% para 13% não prejudicou o desempenho dos animais. Entretanto, na fase de terminação entre 55 e 100 kg, verificou-se redução no ganho de peso e piora na conversão alimentar. Na avaliação do período total, 20 a 100 kg, a diminuição da proteína da ração não afetou significativamente o desempenho.

Diferentemente do que foi encontrado nessa pesquisa, Zangeronimo et al. (2007) ao testarem dois níveis de proteína bruta, 18% e 16% e quatro níveis de lisina digestível, 0,7; 0,9; 1,1 e 1,3% em leitões de 9 a 21 kg verificaram que a redução da proteína bruta

da ração diminuiu o ganho de peso diário, embora não tenha afetado o consumo de ração e a conversão alimentar. Entretanto, observou-se que no nível mais alto de proteína bruta, 18%, os autores utilizaram aminoácidos industriais entre os níveis 0,9 e 1,3% de lisina digestível, diferindo do que foi feito no presente estudo para a dieta com o nível mais alto de proteína bruta, a controle.

Constatou-se que os suínos que consumiram dietas suplementadas com fitase apresentaram ( $P>0,05$ ) desempenho similar aos animais alimentados com a dieta controle.

Peter et al. (2001) também não verificaram diferença no desempenho de suínos de 84 a 123 kg mantidos com dietas contendo 300 ou 500 unidades de fitase (0,6 g/kg de fósforo disponível) ou com 1,6 g/kg de fósforo inorgânico. Da mesma forma, Corassa et al. (2009) constataram que a inclusão de fitase para suínos com peso inicial de 94,0 kg permitiu manter o desempenho dos suínos.

Provavelmente a redução no teor de fósforo disponível com a redução do uso de fosfato bicálcico na dieta fitase foi compensada pela liberação do fósforo fítico através da ação da fitase, propiciando desempenho similar aos suínos da dieta controle. Além da liberação do P fítico outros benefícios podem ter contribuído para tornar o desempenho semelhante aos animais controle como aumento na digestibilidade dos aminoácidos/proteína (Jongbloed, 2008) e elevação da biodisponibilidade de cátions bivalentes como  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Zn}^{++}$ ,  $\text{Mn}^{++}$  e  $\text{Fe}^{++}$ , que poderiam estar quelatados na molécula do fitato (Bertechini, 2006).

Corroborando com os resultados do presente estudo Ludke et al. (2002) trabalharam com suínos em crescimento e terminação e observaram que ao adicionar fitase, tanto em dietas sem farelo de arroz desengordurado (FAD) quanto em dietas com

FAD suplementados com os níveis de 750 e 1000 unidades de fitase/kg adicionados em ambas as dietas, sem suplementação de fosfato bicálcico, não prejudicou o desempenho dos animais.

Verificou-se que a alimentação dos animais com a dieta orgânica não afetou ( $P>0,05$ ) o desempenho em comparação aos suínos alimentados com a dieta controle. Esse resultado foi semelhante ao constatado por Lima et al. (1999) ao concluírem que as fontes quelatadas de cobre e zinco, em níveis menores àqueles normalmente utilizados quando se suplementa com fontes tradicionais (sulfato e óxido) não causaram prejuízo no desempenho dos animais.

Observou-se que o desempenho dos suínos alimentados com a dieta composta não diferiu ( $P>0,05$ ) dos animais da dieta controle. A equivalência de desempenho com os animais controle pode ser em razão do efeito da combinação de cada estratégia nutricional. Com a redução da proteína bruta, por exemplo, incluíram-se aminoácidos industriais para atender as exigências dos aminoácidos essenciais limitantes, evitando desbalanço dos mesmos. Ao incluir fitase, foi possível reduzir a inclusão de fosfato bicálcico, pois a mesma propiciaria liberação de grande parte do P fítico da ração, permitindo assim, atingir a exigência de P disponível. Por fim, a inclusão de parte dos minerais na forma orgânica permitiria maior biodisponibilidade de Cu, Zn e Mn reduzindo assim, a possível interação dos minerais como tem sido observado na forma inorgânica.

Constatou-se que nenhuma das estratégias nutricionais afetou ( $P>0,05$ ) as características de carcaça dos animais, quando comparados com os suínos alimentados com a dieta controle (Tabela 6).

Tabela 6 – Características de carcaça de suínos alimentados com diferentes estratégias nutricionais abatidos aos 100 kg

|                            | Tratamentos |       |        |        |            | CV (%) |
|----------------------------|-------------|-------|--------|--------|------------|--------|
|                            | AP          | BP    | AP+FIT | AP+MIN | BP+FIT+MIN |        |
| Espessura de toucinho (mm) | 12,08       | 11,48 | 11,61  | 11,75  | 12,19      | 9,86   |
| Carne Magra (%)            | 57,60       | 57,67 | 58,41  | 58,01  | 57,70      | 1,78   |
| Carne magra (kg)           | 38,53       | 38,16 | 38,13  | 37,63  | 38,25      | 3,94   |
| Peso da carcaça (kg)       | 67,85       | 67,31 | 66,98  | 66,54  | 67,09      | 2,27   |

AP = Alta proteína, sem aminoácidos industriais; BP = Baixa proteína, com aminoácidos industriais; FIT = Fitase; MIN = Minerais orgânico-inorgânicos.

A dieta baixa PB não influenciou ( $P>0,05$ ) nenhuma das características avaliadas em comparação à dieta controle. Em estudo realizado por Tuitoek et al. (1997) também foi observado que a redução do nível de proteína bruta da ração de 16,6% para 13,0% no crescimento e de 14,2% para 11,0% na terminação não afetou ( $P>0,05$ ) a espessura de toucinho, embora tenha ocorrido uma tendência de aumento.

Por outro lado, no trabalho conduzido por Ruusunen et. al (2007) foi constatado que a diminuição da proteína bruta da ração causou redução no peso da carcaça e na porcentagem de carne magra e aumento da porcentagem de gordura corporal de suínos abatidos aos 165 dias de idade. Entretanto, na dieta de baixa proteína, os autores não utilizaram aminoácidos industriais, que foram incluídos na dieta de alta proteína e o fornecimento da dieta foi de forma restrita dividida numa escala de horário, três vezes ao dia.

A dieta fitase não afetou ( $P>0,05$ ) as características de carcaça dos suínos em comparação aos animais da dieta controle. Esses resultados estão de acordo com Peter et al. (2001), que também não verificaram diferença nas características de carcaça de suínos de 84 a 123 kg mantidos com dietas contendo 300 ou 500 FTU (0,6 g/kg de

fósforo disponível) ou com 1,6 g/kg de fósforo inorgânico. Outra investigação que também corrobora com os resultados desse estudo foi obtida por Corassa et al. (2009) ao avaliarem a inclusão de fitase para suínos com peso inicial de 94,0 kg e observaram que a inclusão de fitase permitiu manter as características de carcaça avaliadas como a porcentagem de carne magra, peso da carcaça quente e rendimento de carcaça.

Observou-se que a dieta orgânica não influenciou ( $P>0,05$ ) as características de carcaça ao serem comparadas com os suínos da dieta controle. Em trabalho realizado por Lima et al. (1999) também observou-se que as fontes quelatadas de cobre e zinco, em níveis menores àqueles normalmente utilizados quando se suplementa com fontes tradicionais como sulfato e óxido, não causaram prejuízo para as características de carcaça dos suínos.

Tendo em vista a importância dos minerais traços para o metabolismo de proteína, carboidratos e lipídico, como o zinco que é componente de muitas enzimas, o cobre que desempenha importante função no sistema imune e o manganês que é essencial para o desenvolvimento do esqueleto (Gaundré & Quiniou, 2009), constata-se que a combinação dos minerais na forma inorgânica-orgânica propiciou condições para que as características de carcaça fossem semelhantes àquelas observadas nos animais da dieta controle.

Observou-se que os suínos alimentados com a dieta composta obtiveram ( $P>0,05$ ) características de carcaça similares aos animais da dieta controle. A semelhança entre as características avaliadas pode ser explicada pelos fatores positivos de cada estratégia nutricional descritos anteriormente, que em conjunto com as demais, propiciaria resultados pelo menos semelhantes aos animais da dieta controle.

Constatou-se que a receita bruta média não foi afetada ( $P>0,05$ ) pelas diferentes estratégias nutricionais (Tabela 7). Esse resultado está diretamente ligado ao fato de que também não houve diferença no ganho de peso diário dos suínos alimentados com as estratégias nutricionais, pois a RBMe foi obtida na venda dos animais ao frigorífico com base no peso.

Tabela 7 – Análise econômica da produção de suínos alimentados com diferentes estratégias nutricionais

|                   | Tratamentos |        |          |          |             | CV (%) |
|-------------------|-------------|--------|----------|----------|-------------|--------|
|                   | AP          | BP     | AP + FIT | AP + MIN | BP+FIT+ MIN |        |
| RBMe <sup>a</sup> | 223,01      | 219,16 | 212,25   | 222,93   | 219,61      | 4,64   |
| CMeA <sup>b</sup> | 96,04       | 91,63  | 87,66*   | 92,48    | 86,91*      | 5,74   |
| MBMe <sup>c</sup> | 126,97      | 127,52 | 124,59   | 130,45   | 132,70      | 6,79   |
| IR <sup>d</sup>   | 32,42       | 39,40  | 42,87    | 41,52    | 53,76*      | 31,09  |

AP = Alta proteína, sem aminoácidos industriais; BP = Baixa proteína, com aminoácidos industriais; FIT = Fitase; MIN = Minerais orgânico-inorgânicos.

<sup>a</sup> RBMe : Receita bruta média; <sup>b</sup> CMeA: Custo médio de arração; <sup>c</sup> MBMe :Margem bruta média; <sup>d</sup> IR: Índice de rentabilidade; Médias seguidas por \* dentro da mesma linha diferem do tratamento controle pelo Teste Dunnett a 5% de probabilidade.

O custo médio com arração foi influenciado ( $P<0,05$ ) pelas dietas. Constatou-se que o CMeA das dietas com fitase e composta foi inferior ao CMeA da dieta controle. Uma possível explicação seria que tanto a dieta fitase quanto a dieta composta continham níveis mais baixos de fosfato bicálcico que na dieta controle, devido ao uso de fitase, sendo esse um ingrediente considerado oneroso. Entretanto, a margem bruta média não foi afetada ( $P>0,05$ ) pelas dietas.

Observou-se que o índice de rentabilidade obtido com a dieta composta foi cerca de 66,00% maior que da dieta controle. Isso significa que para cada R\$ 1,00 investido

com alimentação dos suínos com a dieta composta obteve-se um retorno de R\$0,53, superior aos R\$0,32 verificado com a dieta controle.

### **Conclusões**

A redução de proteína bruta, a suplementação com fitase e minerais inorgânico-orgânicos avaliadas podem ser adotadas por não alterar significativamente o desempenho na fase de crescimento e terminação e as características de carcaças de suínos aos 100 kg. A combinação das estratégias com a redução da proteína bruta, a inclusão de fitase e de minerais inorgânico-orgânicos proporciona maior retorno econômico em suínos dos 30 aos 100 kg.

## Literatura citada

- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de Monogástricos**. Editora UFLA, 2006. Lavras- MG. 301p.
- BUTERI, C.B. **Efeitos de diferentes planos nutricionais sobre a composição e o desempenho produtivo e econômico de frangos de corte**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 151p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- CORASSA, A.; LOPES, D. C., TEIXEIRA, A.O. Ractopamina e fitase em dietas para suínos na fase de terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.11, p.2174-2181, 2009.
- CORLEY, J.R., BAKER, D.H., EASTER, R.A. Biological availability of phosphorus in rice bran and wheat bran as affected by pelleting. **Journal of Animal Science**. 50 (2):286-292. 1980.
- CROMWELL, G.L. Availability of phosphorus in feedstuffs for swine. **Proc. Distiller Feed. Res. Conf.**,34(40):40-50. 1979.
- CRUZ, A.F.; SOUSA, A.G.; RIBEIRO, F.L. Estimativa do volume de dejetos suínos na região de Rio Verde – Goiás. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, XLIV., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2006. (CD-ROM).
- DOURMAD, J.Y. & JONDREVILLE, C. Impact of nutrition on nitrogen, phosphorus, Cu and Zn in pig manure, and on emissions of ammonia and odours. **Livestock Science**. 112. 192–198. 2007.
- FERREIRA, R.A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005. 371p.
- FREMAULT, D. Trace mineral proteinates in modern pig production: reducing mineral excretion without sacrificing performance. **In: Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of Alltech's 19<sup>th</sup> Annual Symposium**. Nottingham University Press, UK, p.171-178. 2003.
- GAUDRÉ, D & QUINIOU, N. What mineral and vitamin levels to recommend in swine diets? **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.190-200, 2009 (supl. especial).
- JONGBLOED, A. W. Environmental pollution control in pigs by using nutrition tools. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, suplemento especial p.215-229, 2008.
- LIMA, G.J.M.M.; VIOLA; E.S.; NONES, K. Desempenho e composição de carcaça de suínos em crescimento e terminação submetidos a dietas suplementadas com cobre e

- zinco, inorgânico ou quelatado. **In:** CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINARIOS ESPECIALISTAS EM SUINOS, 9., 1999, Belo Horizonte. Anais... Concórdia: EMBRAPA-CNPISA, 1999. P. 475-476.
- LUDKE, M.C.M.M.; LÓPEZ, J., LUDKE, J.V. et al. Utilização da Fitase em Dietas com ou sem Farelo de Arroz Desengordurado para Suínos em Crescimento/Terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.2002-2010, 2002.
- MATEOS, G.G.; LAZARO, R.; VALENCIA, D.G. et al. New perspectives on mineral nutrition of pigs. In: Lyons, T.P. & JACQUES, K.A. **Nutritional biotechnology in the feed and food industries**. 2005. 462p.
- ORLANDO, U.A.D.; OLIVEIRA, R.F.O.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para leitões mantidas em ambiente de conforto térmico dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.134-141, 2005.
- ORLANDO, U.A.D.; OLIVEIRA, R.F.O.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para leitões dos 30 aos 60 kg mantidas em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1573-1578, 2007.
- PARSONS, C.M.; BAKER, D.H. The concept and use of ideal protein in the feeding of non-ruminants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO-RUMINANTES, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1994. p.119-128.
- PETER, C.M.; PARR, T.M.; PARR, E.N. et al. The effects of phytase on growth performance, carcass characteristics, and bone mineralization of late-finishing pigs fed maize-soyabean meal diets containing no supplemental phosphorus, zinc, copper and manganese. **Animal Feed Science and Technology**, v.94, p.199-205, 2001.
- RELANDEAU C.; VAN CAUWENBERGHE S.; LE TUTOUR L. **Prevenção da poluição por nitrogênio na criação de suínos através de estratégias nutricionais**. Informativo Técnico - 09. Ajinomoto Animal Nutrition. Junho 2000. Disponível em: <[www.lisina.com.br](http://www.lisina.com.br)> acesso: 07/12/2009.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos (Composição de alimentos e exigências nutricionais)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.
- RUUSUNEN, M.; PARTANEN, K; PÖSÖ, R. et al. The effect of dietary protein supply on carcass composition, size of organs, muscle properties and meat quality of pigs. **Livestock Science**, v.107. p.170-181. 2007.
- SAKOMURA, N.K. & ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.

TUITOEK, K.; YOUNG L.G.; DE LANGE C.F. et al. The effect of reducing excess dietary amino acids on growing-finishing pig performance: an evaluation of the ideal protein concept. **Journal of Animal Science**. 75, 1575-1583. 1997.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistema para Análises Estatísticas e Genética - SAEG** (Versão 9.1). Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007.

ZANGERONIMO, M.G.; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F. Redução do nível de proteína bruta da ração com suplementação de aminoácidos sintéticos para leitões na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.849-856, 2006.

ZANGERONIMO, M.G.; FIALHO, E.T.; MURGAN, L.D.S. Desempenho e excreção de nitrogênio de leitões dos 9 aos 25 kg alimentados com dietas com diferentes níveis de lisina digestível e proteína bruta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1382-1387, 2007.

## CAPÍTULO II

### **Efeitos de estratégias nutricionais sobre a excreção e retenção de nutrientes em suínos dos 30 aos 100 kg**

**RESUMO:** Objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito de diferentes estratégias nutricionais com a utilização de aminoácidos industriais, fitase e minerais orgânicos sobre a excreção e retenção de nutrientes (N, Ca, P, Cu, Mn e Zn) em suínos nas fases de crescimento e terminação. Foram utilizados 20 suínos machos castrados em cada um dos três experimentos, crescimento 1, crescimento 2 e terminação. Os suínos foram distribuídos em blocos casualizados, com cinco tratamentos, quatro blocos contendo uma repetição por bloco e um suíno por unidade experimental. Os cinco tratamentos usados foram: dieta controle = dieta com alta proteína bruta sem suplementação de aminoácidos industriais; dieta baixa PB= dieta com baixa proteína bruta mediante a suplementação de aminoácidos industriais; dieta fitase = dieta controle com suplementação de fitase e ajuste dos níveis de cálcio e fósforo; dieta orgânica = dieta controle suplementada com uma mistura de minerais na forma inorgânica e orgânica e dieta composta = dieta com baixa proteína bruta suplementada com aminoácidos industriais, fitase e mistura de minerais inorgânico-orgânicos. Os animais foram alojados, individualmente, em gaiolas de metabolismo para coleta de fezes e urina. A redução da proteína bruta da dieta diminui a excreção total de N em suínos dos 30 aos 100 kg. A suplementação de dietas com fitase reduz a excreção total de P em todas as fases avaliadas. A inclusão de minerais inorgânico-orgânicos nas dietas não reduz a excreção de Cu, Zn e Mn em nenhum dos períodos avaliados. A combinação das estratégias reduz a excreção total de N entre 30 e 100 kg, a excreção de Cu, Zn e Mn entre 30 e 50 kg e também diminui a excreção total de P em todas as fases avaliadas.

Palavras-chave: ambiente, dejetos, fitase, mineral, proteína

## **Effects of nutritional strategies on excretion and retention of nutrients in pigs from 30 to 100 kg**

**ABSTRACT:** The objective was to evaluate the effect of different nutritional strategies with the use of synthetic amino acids, phytase and organic minerals on excretion and retention of nutrients (N, Ca, P, Cu, Mn and Zn) in pigs on growth-finishing phase. Twenty barrows were used in each of three experiments, growth phase I, growth phase II and finishing phase. The pigs were distributed in randomized blocks with five treatments, four blocks containing one repetition per block and one pig each. Treatments were: control diet= basal diet without synthetic amino acids; low crude protein diet= diet with low protein by synthetic amino acids; phytase diet = supplementation of phytase, organic diet = control supplemented with inorganic-organic minerals and combination diet= diet with low protein supplemented with phytase and inorganic-organic minerals. The animals were housed individually in metabolism cages for collection of feces and urine. Means were compared with the control by Dunnett test at the 5% level of probability. The reduction of crude protein diet reduces the excretion of total N in pigs from 30 to 100 kg. Supplementation of diets with phytase reduces the total excretion of P in all phases. The inclusion of inorganic-organic minerals in the diet does not reduce the excretion of Cu, Zn and Mn. The combination diet reduces total N excretion from 30 to 100 kg, the excretion of Cu, Zn and Mn between 30 and 50 kg and also decreases the excretion of P in all evaluated phases.

Key words: environment, manure, mineral, phytase, protein

## Introdução

Tem sido verificado aumento da preocupação do impacto ambiental causado pela produção animal. A suinocultura tem sido uma atividade geradora de resíduos que podem causar problemas sérios ao meio ambiente.

Alguns nutrientes como o fósforo, nitrogênio, cobre, zinco e manganês estão presentes nas fezes e na urina dos suínos e quando lançados na natureza podem contaminar o solo, a água e até mesmo o ar com a produção de amônia a partir do nitrogênio dos dejetos.

No Brasil, não há, atualmente, restrições em relação à concentração de minerais nas dietas e nos dejetos dos animais. Contudo, já existe a percepção de que podem ser estabelecidos limites para evitar que sua aplicação no solo acarrete em poluição dos recursos naturais, especialmente as fontes de água (Seganfredo, 2007).

De acordo com Kornegay & Harper (1997) entre 45 e 60 por cento do fósforo ingerido pelos suínos é excretado nos dejetos.

Para a redução de fósforo nos dejetos de suínos tem sido proposta a utilização da enzima fitase, pois tem sido observado que mais da metade do fósforo presente nos ingredientes vegetais utilizados na alimentação de suínos está na forma de fitato, com disponibilidade biológica variando entre 18 e 60% (Cromwell, 1979 e Corley et al. 1980), dessa forma a fitase aumentaria a disponibilidade do fósforo da ração.

Com o intuito de diminuir a excreção de nitrogênio nos dejetos animais tem sido proposta a redução da proteína bruta da dieta e a inclusão de aminoácidos industriais, aplicando o conceito de proteína ideal. De acordo com Kerr & Easter (1995), para cada

ponto percentual de redução da proteína bruta da ração há diminuição em 8% no nitrogênio excretado nos dejetos.

Em relação à excreção de minerais traços como cobre, zinco e manganês tem sido proposta a adoção de minerais orgânicos ou quelatados. Close (2003) após revisão de vários trabalhos sugeriu que entre 75 e 80% do Zn ingerido na forma de fontes inorgânicas era excretado pelos animais.

Os minerais inorgânicos podem reagir entre si e interagir com outros componentes na dieta como o fitato que possui alta afinidade de ligação com o cobre e zinco (Mateos et al., 2005).

Assim, objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito de diferentes estratégias nutricionais com a utilização de aminoácidos industriais, fitase e minerais orgânicos sobre a excreção e retenção de nutrientes (N, Ca, P, Cu, Mn e Zn) em suínos nas fases de crescimento 1 (30 a 50 kg), crescimento 2 (50 a 70 kg) e terminação (70 a 100 kg).

### **Material e Métodos**

Três experimentos foram conduzidos no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no período de 11 de agosto a 23 de outubro de 2007.

Foram utilizados 20 suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça com desempenho médio em cada um dos três experimentos que compreenderam as fases de crescimento 1 (30 a 50 kg), crescimento 2 (50 a 70 kg) e terminação (70 a 100 kg).

Os suínos foram distribuídos em blocos casualizados, com cinco tratamentos, quatro blocos contendo uma repetição por bloco e um suíno por unidade experimental.

Os cinco tratamentos usados foram: dieta controle (AP) = dieta com alta proteína bruta sem suplementação de aminoácidos industriais; dieta baixa PB (BP) = dieta com baixa proteína bruta mediante a suplementação de aminoácidos industriais; dieta fitase (CONT+FIT) = dieta controle com suplementação de fitase (FIT) e ajuste dos níveis de cálcio e fósforo; dieta orgânica (CONT+MIN) = dieta controle suplementada com uma mistura de minerais na forma inorgânica e orgânica (MIN), sendo que 40% das exigências foram atendidas com minerais orgânicos e 50% com minerais inorgânicos e dieta composta (BP+FIT+MIN) = dieta com baixa proteína bruta suplementada com aminoácidos industriais, fitase e mistura de minerais inorgânico-orgânicos.

Os animais foram alojados, individualmente, em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), localizadas em prédio de alvenaria com piso de concreto, coberto com telhas de barro e janelas nas laterais. Passaram por um período de oito dias para adaptação dos animais às gaiolas sendo cinco dias para adaptarem-se às dietas e determinação de consumo e três dias para regularização do fluxo da dieta no trato digestivo, logo após iniciou-se o período de coleta de fezes e urina.

A quantidade de ração fornecida a cada animal foi determinada em função do peso metabólico ( $\text{kg}^{0,75}$ ). A alimentação foi fornecida em duas refeições diárias, às 07h30min e 16h00min e água foi fornecida à vontade.

Para se determinar o início e o final do período de coleta de fezes, foi adicionado às dietas marcador fecal, 2,0% de óxido férrico ( $\text{Fe}_3\text{O}_2$ ). As fezes foram coletadas duas vezes ao dia, sendo pesadas e 20% dessas fezes foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas em freezer, para evitar a fermentação das

amostras. Após o período de coleta, que durou em média cinco dias, as amostras, compostas por animal, foram descongeladas, pesadas, homogeneizadas e secas em estufa ventilada a 55°C, por um período de 72 horas. Em seguida a amostra foi exposta ao ar para o equilíbrio à temperatura e umidade ambiente e pesada. Posteriormente, as amostras foram moídas e armazenadas em recipientes de plástico.

A urina foi filtrada e coletada, diariamente, em baldes de plástico contendo 20 mL de HCl 1:1, para evitar perda de nitrogênio e proliferação bacteriana. Antes de ser depositada nos baldes a urina era filtrada por um tecido retentor de impurezas, localizado na saída do funil. Após uma nova filtragem uma alíquota de 20% ou 150 mL do volume total de urina foi colocada em recipientes de vidro, um para cada animal e armazenados em geladeira.

As temperaturas do ar foram monitoradas diariamente durante o período experimental por meio de termômetros de máxima e mínima, localizados dentro do galpão, a meia altura do corpo dos animais, externamente às gaiolas de metabolismo.

A enzima fitase foi suplementada na dieta fitase e na dieta composta em 100 g/ton., sendo que o produto comercial continha 5.000 (FTU) unidades de fitase/kg, fornecendo, portanto 500 FTU/kg de dieta. Considerou-se que a fitase contribuiria com 0,112% de fósforo disponível, assim o fósforo total das dietas fitase e composta era menor, entretanto, com a contribuição da fitase, o fósforo disponível era o mesmo para todas as dietas. Da mesma forma considerou-se que a fitase liberaria o cálcio fítico e disponibilizaria 0,112% de cálcio na dieta. Não foi considerado o possível acréscimo de energia e de digestibilidade de aminoácidos na dieta com o uso de fitase.

Formulou-se um suplemento mineral composto por minerais inorgânicos para as dietas controle, baixa PB e fitase e um suplemento mineral inorgânico-orgânico para as dietas orgânica e composta.

As rações (Tabela 1, 2 e 3) foram formuladas, a base de milho e farelo de soja. As exigências nutricionais para os suínos dentro de cada fase seguiram as recomendações estabelecidas por Rostagno et al. (2005), sendo a composição aminoacídica das dietas analisadas (Tabela 4).

O teor de nitrogênio das fezes e urina foi determinado pelo método Kjeldhal. O teor de fósforo, cálcio, potássio, cobre, manganês e zinco foram calculados depois que as amostras foram submetidas à digestão nitroperclórica, obtendo-se substratos para determinação dos minerais. Os teores de cálcio, cobre, manganês e zinco foram estimados por absorção atômica e o de fósforo pela técnica colorimétrica.

As análises foram realizadas em duplicatas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, por intermédio da metodologia descrita por Silva (2002).

Posteriormente se calculou o balanço respectivo de N, P e Ca e a excreção de microminerais (Cu, Mn e Zn) em cada fase.

Os resultados do balanço de N, P e Ca e da excreção de microminerais Cu, Mn e Zn foram submetidos à análise de variância. O modelo estatístico, utilizado no cálculo das análises de variância para cada fase foi:  $Y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$ , em que:  $i = 1, 2, 3, \dots, I$ ;  $j = 1, 2, 3, \dots, j$ ;  $Y_{ij}$  = valor observado na parcela relativa ao tratamento  $i$  no bloco  $j$ ;  $m$  = média geral;  $t_i$  = efeito devido ao tratamento  $i$ ;  $b_j$  = efeito devido ao bloco  $j$ ;  $e_{ij}$  = efeito devido aos fatores não controlados (erro experimental).

Tabela 1 – Composição centesimal e nutricional das rações experimentais para a fase de Crescimento 1

| Ingrediente (%)                             | Tratamentos   |               |               |               |               |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|   | AP            | BP            | AP+FIT        | AP+MIN        | BP+FIT+MIN    |
| Milho                                       | 62,569        | 74,578        | 63,409        | 62,569        | 75,525        |
| Farelo de soja                              | 32,316        | 21,237        | 32,256        | 32,316        | 21,080        |
| Óleo de soja                                | 2,664         | 1,121         | 2,379         | 2,664         | 0,822         |
| Fosfato bicálcico                           | 1,209         | 1,265         | 0,601         | 1,209         | 0,658         |
| Calcário                                    | 0,620         | 0,645         | 0,724         | 0,620         | 0,749         |
| Sal   | 0,406         | 0,405         | 0,405         | 0,406         | 0,405         |
| L-Metionina                                 | -             | 0,090         | -             | -             | 0,089         |
| L-Lisina HCl                                | -             | 0,317         | -             | -             | 0,320         |
| L-Treonina                                  | -             | 0,109         | -             | -             | 0,109         |
| L-Triptofano                                | -             | 0,017         | -             | -             | 0,017         |
| Fitase <sup>1</sup>                         | -             | -             | 0,010         | -             | 0,010         |
| Vitaminas <sup>2</sup>                      | 0,100         | 0,100         | 0,100         | 0,100         | 0,100         |
| Cloreto de colina 60%                       | 0,026         | 0,026         | 0,026         | 0,026         | 0,026         |
| Minerais inorgânicos <sup>3</sup>           | 0,080         | 0,080         | 0,080         | -             | -             |
| Minerais inorgânicos+orgânicos <sup>4</sup> | -             | -             | -             | 0,080         | 0,080         |
| BHT   | 0,010         | 0,010         | 0,010         | 0,010         | 0,010         |
| <b>Total</b>                                | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> |
| <b>Composição nutricional</b>               |               |               |               |               |               |
| Energia líquida, kcal/kg                    | 2500          | 2500          | 2500          | 2500          | 2500          |
| Energia metabolizável, kcal/kg              | 3327          | 3276          | 3330          | 3327          | 3278          |
| Proteína bruta, %                           | 18,890        | 15,050        | 18,930        | 18,890        | 15,060        |
| Cálcio, %                                   | 0,631         | 0,631         | 0,519         | 0,631         | 0,519         |
| Cálcio liberado pela fitase, %              | -             | -             | 0,112         | -             | 0,112         |
| Fósforo disponível, %                       | 0,332         | 0,332         | 0,220         | 0,332         | 0,220         |
| Fósforo liberado pela fitase, %             | -             | -             | 0,112         | -             | 0,112         |
| Fósforo total, %                            | 0,545         | 0,525         | 0,434         | 0,545         | 0,414         |
| Sódio, %                                    | 0,180         | 0,180         | 0,180         | 0,180         | 0,180         |
| Potássio, %                                 | 0,766         | 0,597         | 0,767         | 0,766         | 0,597         |
| Cloro, %                                    | 0,289         | 0,289         | 0,289         | 0,289         | 0,289         |
| Lisina total, %                             | 0,997         | 0,979         | 0,997         | 0,997         | 0,979         |
| Lisina digestível, %                        | 0,895         | 0,895         | 0,895         | 0,895         | 0,895         |
| Metionina+Cistina digestível, %             | 0,539         | 0,537         | 0,540         | 0,539         | 0,537         |
| Treonina digestível, %                      | 0,612         | 0,582         | 0,613         | 0,612         | 0,582         |
| Triptofano digestível, %                    | 0,196         | 0,161         | 0,196         | 0,196         | 0,161         |
| Arginina digestível, %                      | 1,190         | 0,889         | 1,191         | 1,190         | 0,888         |
| Isoleucina digestível, %                    | 0,708         | 0,539         | 0,709         | 0,708         | 0,538         |
| Valina digestível, %                        | 0,785         | 0,618         | 0,787         | 0,785         | 0,618         |

<sup>1</sup>Fitase: contém por quilograma do produto: 5.000 unidades de fitase; veículo q.s.p.

<sup>2</sup>Suplemento vitamínico - Rovimix (Roche) - Níveis de garantia por quilo do produto: Vitamina A - 6.000.000 UI; Vitamina D3 - 1.500.000 UI; Vitamina E - 15.000 UI; Vitamina B1 - 1,35g ; Vitamina B2 - 4,0g; Vitamina B6 - 2,0 g; Ac. Pantotênico - 9,35g; Biotina - 0,080g; Vitamina K3 - 1,5 g ; Ácido fólico - 0,6 g; Ácido Nicotínico - 20,0 g; Vitamina B12 - 20.000 mcg ; Selênio - 0, 30 g; veículo q. s. p.

<sup>3</sup>Contém por quilograma do produto: Cu, 12.000 mg; Zn, 100.000 mg; Fe, 80.000 mg; Mn, 40.000 mg; I, 1.000 mg; Se, 360 mg; veículo q. s. p.

<sup>4</sup> Contém por quilograma do produto: Cu, 10.800 mg; Zn, 90.000 mg; Fe, 80.000 mg; Mn, 36.000 mg; I, 1.000 mg; Se, 360 mg; veículo q. s. p.

Tabela 2 – Composição centesimal e nutricional das rações experimentais para a fase de Crescimento 2

| Ingrediente (%)                             | Tratamentos   |               |               |               |               |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|   | AP            | BP            | AP+FIT        | AP+MIN        | BP+FIT+MIN    |
| Milho                                       | 66,212        | 78,416        | 67,053        | 66,212        | 79,362        |
| Farelo de soja                              | 29,343        | 18,101        | 29,283        | 29,343        | 17,944        |
| Óleo de soja                                | 2,304         | 0,744         | 2,019         | 2,304         | 0,445         |
| Fosfato bicálcico                           | 0,953         | 1,009         | 0,344         | 0,953         | 0,401         |
| Calcário                                    | 0,592         | 0,616         | 0,696         | 0,592         | 0,721         |
| Sal   | 0,380         | 0,379         | 0,379         | 0,380         | 0,379         |
| L-Metionina                                 | -             | 0,074         | -             | -             | 0,073         |
| L-Lisina HCl                                | -             | 0,322         | -             | -             | 0,325         |
| L-Treonina                                  | -             | 0,104         | -             | -             | 0,104         |
| L-Triptofano                                | -             | 0,019         | -             | -             | 0,02          |
| Fitase <sup>1</sup>                         | -             | -             | 0,010         | -             | 0,010         |
| Vitaminas <sup>2</sup>                      | 0,100         | 0,100         | 0,100         | 0,100         | 0,100         |
| Cloreto de colina 60%                       | 0,026         | 0,026         | 0,026         | 0,026         | 0,026         |
| Minerais inorgânicos <sup>3</sup>           | 0,080         | 0,080         | 0,080         | -             | -             |
| Minerais inorgânicos+orgânicos <sup>4</sup> | -             | -             | -             | 0,080         | 0,080         |
| BHT   | 0,010         | 0,010         | 0,010         | 0,010         | 0,010         |
| <b>Total</b>                                | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> |
| Composição nutricional                      |               |               |               |               |               |
| Energia líquida, kcal/kg                    | 2510          | 2510          | 2510          | 2510          | 2510          |
| Energia metabolizável, kcal/kg              | 3326          | 3273          | 3328          | 3326          | 3275          |
| Proteína bruta, %                           | 17,869        | 13,960        | 17,907        | 17,869        | 13,960        |
| Cálcio, %                                   | 0,551         | 0,551         | 0,439         | 0,551         | 0,439         |
| Cálcio liberado pela fitase, %              | -             | -             | 0,112         | -             | 0,112         |
| Fósforo Disponível, %                       | 0,282         | 0,282         | 0,170         | 0,282         | 0,170         |
| Fósforo liberado pela fitase, %             | -             | -             | 0,112         | -             | 0,112         |
| Fósforo total, %                            | 0,490         | 0,471         | 0,380         | 0,490         | 0,360         |
| Sódio, %                                    | 0,170         | 0,170         | 0,170         | 0,170         | 0,170         |
| Potássio, %                                 | 0,722         | 0,551         | 0,723         | 0,722         | 0,550         |
| Cloro, %                                    | 0,274         | 0,275         | 0,274         | 0,274         | 0,275         |
| Lisina total, %                             | 0,926         | 0,907         | 0,926         | 0,926         | 0,907         |
| Lisina digestível, %                        | 0,829         | 0,829         | 0,829         | 0,829         | 0,829         |
| Metionina+Cistina digestível, %             | 0,516         | 0,497         | 0,518         | 0,516         | 0,497         |
| Treonina digestível, %                      | 0,576         | 0,539         | 0,577         | 0,576         | 0,539         |
| Triptofano digestível, %                    | 0,182         | 0,149         | 0,182         | 0,182         | 0,149         |
| Arginina digestível, %                      | 1,111         | 0,806         | 1,112         | 1,111         | 0,804         |
| Isoleucina digestível, %                    | 0,664         | 0,493         | 0,665         | 0,664         | 0,492         |
| Valina digestível, %                        | 0,742         | 0,572         | 0,743         | 0,742         | 0,572         |

<sup>1</sup>Fitase: contém por quilograma do produto : 5.000 unidades de fitase; veículo q.s.p.

<sup>2</sup>Suplemento vitamínico - Rovimix (Roche) - Níveis de garantia por quilo do produto: Vitamina A - 6.000.000 UI; Vitamina D3 - 1.500.000 UI; Vitamina E - 15.000 UI; Vitamina B1 - 1,35g ; Vitamina B2 - 4,0g; Vitamina B6 - 2,0 g; Ac. Pantotênico - 9,35g; Biotina - 0,080g; Vitamina K3 - 1,5 g ; Ácido fólico - 0,6 g; Ácido Nicotínico - 20,0 g ; Vitamina B12 - 20.000 mcg ; Selênio - 0, 30 g; veículo q. s. p.

<sup>3</sup>Contém por quilograma do produto: Cu, 12.000 mg; Zn, 100.000 mg; Fe, 80.000 mg; Mn, 40.000 mg; I, 1.000 mg; Se, 360 mg; ; veículo q.s.p.

<sup>4</sup>Contém por quilograma do produto: Cu, 10.800 mg; Zn, 90.000 mg; Fe, 80.000 mg; Mn, 36.000 mg; I, 1.000 mg; Se, 360 mg; ; veículo q.s.p.

Tabela 3 – Composição centesimal e nutricional das rações experimentais para a fase de terminação

| Ingrediente (%)                             | Tratamentos   |               |               |               |               |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|   | AP            | BP            | AP+FIT        | AP+MIN        | BP+FIT+MIN    |
| Milho                                       | 73,559        | 85,938        | 74,398        | 73,559        | 86,883        |
| Farelo de soja                              | 22,653        | 11,258        | 22,593        | 22,653        | 11,101        |
| Óleo de soja                                | 1,906         | 0,326         | 1,621         | 1,906         | 0,028         |
| Fosfato bicálcico                           | 0,802         | 0,860         | 0,194         | 0,802         | 0,252         |
| Calcário                                    | 0,549         | 0,574         | 0,654         | 0,549         | 0,679         |
| Sal   | 0,355         | 0,354         | 0,354         | 0,355         | 0,354         |
| L-Metionina                                 | -             | 0,053         | -             | -             | 0,052         |
| L-Lisina HCl                                | -             | 0,326         | -             | -             | 0,329         |
| L-Treonina                                  | -             | 0,104         | -             | -             | 0,104         |
| L-Triptofano                                | -             | 0,031         | -             | -             | 0,032         |
| Fitase <sup>1</sup>                         | -             | -             | 0,010         | -             | 0,010         |
| Vitaminas <sup>2</sup>                      | 0,100         | 0,100         | 0,100         | 0,100         | 0,100         |
| Cloreto colina 60%                          | 0,016         | 0,016         | 0,016         | 0,016         | 0,016         |
| Minerais inorgânicos <sup>3</sup>           | 0,050         | 0,050         | 0,050         | -             | -             |
| Minerais inorgânicos+orgânicos <sup>4</sup> | -             | -             | -             | 0,050         | 0,050         |
| BHT   | 0,010         | 0,010         | 0,010         | 0,010         | 0,010         |
| <b>Total</b>                                | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> |
| <b>Composição nutricional</b>               |               |               |               |               |               |
| Energia líquida, kcal/kg                    | 2540          | 2540          | 2540          | 2540          | 2540          |
| Energia metabolizável, kcal/kg              | 3327          | 3274          | 3329          | 3327          | 3275          |
| Proteína bruta, %                           | 15,490        | 11,890        | 15,530        | 15,490        | 11,900        |
| Cálcio, %                                   | 0,484         | 0,484         | 0,372         | 0,484         | 0,372         |
| Cálcio liberado pela fitase, %              | -             | -             | 0,112         | -             | 0,112         |
| Fósforo disponível, %                       | 0,248         | 0,248         | 0,136         | 0,248         | 0,136         |
| Fósforo liberado pela fitase, %             | -             | -             | 0,112         | -             | 0,112         |
| Fósforo total, %                            | 0,445         | 0,425         | 0,334         | 0,445         | 0,314         |
| Sódio, %                                    | 0,160         | 0,160         | 0,160         | 0,160         | 0,160         |
| Potássio, %                                 | 0,620         | 0,446         | 0,621         | 0,620         | 0,446         |
| Cloro, %                                    | 0,259         | 0,260         | 0,260         | 0,259         | 0,260         |
| Lisina total, %                             | 0,764         | 0,745         | 0,764         | 0,764         | 0,745         |
| Lisina digestível, %                        | 0,679         | 0,679         | 0,679         | 0,679         | 0,679         |
| Metionina+Cistina digestível, %             | 0,462         | 0,421         | 0,463         | 0,462         | 0,421         |
| Treonina digestível, %                      | 0,494         | 0,455         | 0,495         | 0,494         | 0,455         |
| Triptofano digestível, %                    | 0,151         | 0,129         | 0,151         | 0,151         | 0,129         |
| Arginina digestível, %                      | 0,929         | 0,621         | 0,931         | 0,929         | 0,619         |
| Isoleucina digestível, %                    | 0,562         | 0,388         | 0,563         | 0,562         | 0,388         |
| Valina digestível, %                        | 0,641         | 0,469         | 0,642         | 0,641         | 0,469         |

<sup>1</sup>Fitase: contém por quilograma do produto: : 5.000 unidades de fitase, veículo q.s.p.

<sup>2</sup>Suplemento vitamínico - Rovimix (Roche) - Níveis de garantia por quilo do produto: Vitamina A - 6.000.000 UI; vitamina D3 - 1.500.000 UI; Vitamina E - 15.000 UI; Vitamina B1 - 1,35g; Vitamina B2 - 4,0g; Vitamina B6 - 2,0 g; Ac Pantotênico - 9,35g; Biotina - 0,080g; Vitamina K3 - 1,5 g; Ácido fólico - 0,6 g; Ácido Nicotínico - 20,0 g; Vitamina B12 - 20.000 mcg; Selênio - 0,30 g; veículo q.s.p.

<sup>3</sup>Contém por quilograma do produto: Cu, 6.000 mg; Zn, 50.000 mg; Fe, 40.000 mg; Mn, 20.000 mg; I, 500 mg; Se, 180 mg; veículo q.s.p.

<sup>4</sup>Contém por quilograma do produto: Cu, 5.400 mg; Zn, 45.000 mg; Fe, 40.000 mg; Mn, 18.000 mg; I, 500 mg; Se, 180 mg; veículo q.s.p.

Tabela 4 – Composição analisada da proteína bruta e dos aminoácidos das dietas

| Fase      | Tratamentos                  |       |        |        |            |
|-----------|------------------------------|-------|--------|--------|------------|
|           | AP                           | BP    | AP+FIT | AP+MIN | BP+FIT+MIN |
|           | Proteína bruta (%)           |       |        |        |            |
| 30-50 kg  | 17,94                        | 15,52 | 19,88  | 18,22  | 14,50      |
| 30-70 kg  | 18,53                        | 14,69 | 19,00  | 18,54  | 15,43      |
| 30-100 kg | 16,31                        | 12,30 | 15,52  | 14,83  | 11,03      |
|           | Lisina total, %              |       |        |        |            |
| 30-50 kg  | 1,197                        | 1,239 | 1,282  | 1,114  | 1,079      |
| 30-70 kg  | 0,980                        | 0,867 | 0,961  | 0,943  | 0,859      |
| 30-100 kg | 0,795                        | 0,793 | 0,756  | 0,873  | 0,739      |
|           | Metionina + cistina total, % |       |        |        |            |
| 30-50 kg  | 0,626                        | 0,658 | 0,663  | 0,614  | 0,589      |
| 30-70 kg  | 0,569                        | 0,558 | 0,590  | 0,583  | 0,519      |
| 30-100 kg | 0,509                        | 0,453 | 0,485  | 0,498  | 0,469      |
|           | Treonina total, %            |       |        |        |            |
| 30-50 kg  | 0,800                        | 0,803 | 0,851  | 0,782  | 0,733      |
| 30-70 kg  | 0,709                        | 0,658 | 0,741  | 0,740  | 0,637      |
| 30-100 kg | 0,646                        | 0,535 | 0,624  | 0,633  | 0,544      |
|           | Tryptofano total, %          |       |        |        |            |
| 30-50 kg  | 0,212                        | 0,180 | 0,220  | 0,219  | 0,183      |
| 30-70 kg  | NA                           | 0,155 | NA     | NA     | 0,172      |
| 30-100 kg | 0,161                        | NA    | NA     | NA     | NA         |

AP = Alta proteína, sem aminoácidos industriais; BP = Baixa proteína, com aminoácidos industriais; FIT = Fitase; MIN = Minerais orgânico-inorgânicos.

NA=Não analisado. As análises foram realizadas no laboratório da Ajinomoto Biolatina Ind. e Com. Ltda. Valores na base da material natural.

Para avaliar o período total entre 30 e 100 kg também foram observados os efeitos das três fases (crescimento 1, crescimento 2 e terminação) e da interação das fases com os tratamentos.

As médias foram comparadas com o tratamento controle mediante o Teste de Dunnett, ao nível de 5% de probabilidade e todos os dados foram processados pelo programa SAEG (2007) desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (UFV).

## Resultados e Discussão

As temperaturas máximas e mínimas com seus respectivos desvios-padrão foram  $27,75 \pm 3,72^{\circ}\text{C}$  e  $18,32 \pm 3,43^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. Portanto, com média ligeiramente acima da zona de conforto térmico para suínos em crescimento,  $20^{\circ}\text{C}$  (Orlando et al 2005) e terminação, 15 a  $18^{\circ}\text{C}$  (Ferreira, 2005).

Através dos resultados do balanço de N (Tabela 5) constatou-se que entre 30 e 50 kg os animais alimentados com a dieta baixa PB diminuiram ( $P < 0,05$ ) a excreção total de N em 32,0% em comparação aos suínos da dieta controle. Os resultados desse estudo estão próximos daqueles encontrados por Deng et al. (2007) que avaliaram a redução da proteína bruta da ração de 18,2% até 13,6% e também constataram redução na excreção de N na urina e N total, além de aumento na porcentagem de N retido que variou de 53,34% no nível mais alto de proteína até 59,63% no menor nível de proteína bruta na ração, sendo esse último valor muito semelhante aos 60,20% encontrados nesse trabalho.

Corroborando com os dados desse estudo Otto et al. (2003) também constataram que a maior contribuição para a excreção de N foi pela urina quando reduziu a PB de 15,0% para 9,0% em suínos aos 50 kg de peso.

Constatou-se que a dieta fitase não afetou ( $P > 0,05$ ) o balanço de N. Entretanto, a dieta composta propiciou redução ( $P < 0,05$ ) de 26,0% na excreção total de N quando comparado com os animais da dieta controle.

Observou-se que os suínos entre 50 e 70 kg alimentados com a dieta baixa PB, embora não significativo, diminuiram a excreção de N via urina em 27,0% em comparação aos animais da dieta controle.

Tabela 5 – Balanço de nitrogênio em suínos alimentados com dietas para reduzir a excreção de nutrientes

|  | Tratamentos |          |             |             |                | CV (%) |
|--|-------------|----------|-------------|-------------|----------------|--------|
|  | AP          | BP       | AP +<br>FIT | AP +<br>MIN | BP+FIT+<br>MIN |        |
| Nitrogênio ingerido                          |             |          |             |             |                |        |
| 30-50 kg (g/suíno/dia)                       | 39,56       | 35,08*   | 39,33       | 36,69       | 34,05*         | 5,77   |
| 50-70 kg (g/suíno/dia)                       | 53,70       | 42,42*   | 55,60       | 54,78       | 44,44*         | 5,65   |
| 70-100 kg (g/suíno/dia)                      | 64,58       | 48,77*   | 59,80       | 64,37       | 43,76*         | 13,88  |
| 30-100 kg (g/suíno/dia)                      | 52,33       | 41,81*   | 51,30       | 51,66       | 40,47*         | 13,74  |
| 30-100 kg (g/suíno/total) <sup>a</sup>       | 3.506,11    | 2.801,27 | 3.437,1     | 3.461,22    | 2.711,49       | -      |
| Nitrogênio excretado nas fezes               |             |          |             |             |                |        |
| 30-50 kg (g/suíno/dia)                       | 5,89        | 4,50     | 5,14        | 5,58        | 3,50           | 24,54  |
| 50-70 kg (g/suíno/dia)                       | 4,35        | 4,79     | 5,86        | 4,56        | 3,70           | 18,58  |
| 70-100 kg (g/suíno/dia)                      | 6,15        | 5,54     | 6,01        | 6,02        | 4,83           | 31,28  |
| 30-100 kg (g/suíno/dia)                      | 5,36        | 4,84     | 5,57        | 5,29        | 3,91           | 28,84  |
| 30-100 kg (g/suíno/total) <sup>a</sup>       | 359,12      | 324,28   | 373,19      | 354,43      | 261,97         | -      |
| Nitrogênio excretado na urina                |             |          |             |             |                |        |
| 30-50 kg (g/suíno/dia)                       | 14,53       | 9,39*    | 13,32       | 16,8        | 11,59*         | 12,50  |
| 50-70 kg (g/suíno/dia)                       | 22,29       | 16,36    | 22,79       | 18,21       | 13,12*         | 19,48  |
| 70-100 kg (g/suíno/dia)                      | 23,52       | 18,96    | 24,9        | 27,25       | 17,54          | 21,16  |
| 30-100 kg (g/suíno/dia)                      | 19,91       | 14,70*   | 20,13       | 20,55       | 13,88*         | 20,94  |
| 30-100 kg (g/suíno/total) <sup>a</sup>       | 1.333,97    | 984,9    | 1.348,71    | 1.376,85    | 929,96         | -      |
| Nitrogênio total excretado nas fezes e urina |             |          |             |             |                |        |
| 30-50 kg (g/suíno/dia)                       | 20,43       | 13,89*   | 18,46       | 22,38       | 15,09*         | 11,57  |
| 50-70 kg (g/suíno/dia)                       | 26,64       | 21,15    | 28,65       | 22,77       | 16,82*         | 15,96  |
| 70-100 kg (g/suíno/dia)                      | 29,67       | 24,5     | 30,91       | 33,28       | 22,38          | 20,05  |
| 30-100 kg (g/suíno/dia)                      | 25,28       | 19,55*   | 25,70       | 25,84       | 17,79*         | 19,39  |
| 30-100 kg (g/suíno/total) <sup>a</sup>       | 1.693,76    | 1.309,85 | 1.721,9     | 1.731,28    | 1.191,93       | -      |
| Nitrogênio retido                            |             |          |             |             |                |        |
| 30-50 kg (g/suíno/dia)                       | 19,13       | 21,19    | 20,88       | 14,31*      | 18,96          | 13,52  |
| 50-70 kg (g/suíno/dia)                       | 27,06       | 21,27*   | 26,95       | 32,00*      | 27,62          | 9,49   |
| 70-100 kg (g/suíno/dia)                      | 34,90       | 24,26    | 28,88       | 31,09       | 21,38          | 29,39  |
| 30-100 kg (g/suíno/dia)                      | 27,06       | 22,26    | 25,59       | 25,82       | 22,68          | 25,39  |
| 30-100 kg (g/suíno/total) <sup>a</sup>       | 1.813,02    | 1.491,42 | 1.714,53    | 1.729,94    | 1.519,56       | -      |
| Nitrogênio retido (%)                        |             |          |             |             |                |        |
| 30-50 kg                                     | 48,27       | 60,20*   | 53,43       | 38,06       | 55,36          | 11,74  |
| 50-70 kg                                     | 50,56       | 48,50    | 48,03       | 57,28       | 60,81*         | 11,03  |
| 70-100 kg                                    | 54,50       | 50,06    | 47,20       | 48,53       | 49,00          | 19,78  |
| 30-100 kg                                    | 51,19       | 53,00    | 49,64       | 48,04       | 55,14          | 15,92  |
| Digestibilidade aparente do N (%)            |             |          |             |             |                |        |
| 30-50 kg                                     | 85,02       | 86,99    | 87,24       | 84,56       | 89,70          | 3,77   |
| 50-70 kg                                     | 91,75       | 88,49*   | 89,55       | 91,65       | 91,59          | 1,58   |
| 70-100 kg                                    | 90,61       | 89,09    | 90,01       | 90,68       | 88,97          | 2,84   |
| 30-100 kg                                    | 89,13       | 88,19    | 88,94       | 88,97       | 90,09          | 3,09   |

AP = Alta proteína, sem aminoácidos industriais; BP = Baixa proteína, com aminoácidos industriais; FIT = Fitase; MIN = Minerais orgânico-inorgânicos.

Médias seguidas por \* dentro da mesma linha diferem do tratamento controle pelo Teste Dunnett a 5% de probabilidade.

<sup>a</sup> Valor estimado considerando um período de 67 dias entre 30 e 100 kg e o balanço médio determinado dos nutrientes nesse período.

Verificou-se que o balanço de N dos animais alimentados com a dieta fitase foi similar ( $P>0,05$ ) ao balanço de N dos suínos alimentados com a dieta controle.

No que se refere aos animais que se alimentaram da dieta composta, observou-se redução ( $P<0,05$ ) acentuada de 37,0% de N total excretado. De maneira similar, a porcentagem de N retido também foi maior ( $P<0,05$ ) em 20,0% na comparação com os animais alimentados com a dieta controle.

Uma possível explicação para a melhora ( $P<0,05$ ) na porcentagem de N retido com o uso da dieta composta seria de que além da redução da proteína bruta, também foi incluída a enzima fitase que ao promover a liberação do P fítico, poderia ter aumentado a digestibilidade dos aminoácidos/proteína (Jongbloed, 2008), melhorando assim a retenção de N e conseqüentemente diminuindo o potencial poluidor dos dejetos.

Entre 70 e 100 kg verificou-se que os suínos que se alimentaram da dieta baixa PB, embora não significativamente, reduziram em 19,0% a excreção de N via urina.

A dieta composta propiciou nos animais, apesar de não significativo, redução de 25,0% na excreção total de N quando comparados aos suínos alimentados com a dieta controle.

Avaliando o período total, de 30 a 100 kg, constatou-se que as dietas baixa PB e composta diminuíram ( $P<0,05$ ) a excreção total de N em comparação com os animais da dieta controle.

Em relação ao balanço de P (Tabela 6), verificou-se que na fase de crescimento 1, de 30 a 50 kg, houve diminuição ( $P<0,05$ ) de 41,0% na excreção de P nas fezes e aumento de 48,0% na porcentagem de retenção de P de suínos alimentados com a dieta fitase ao comparar com os suínos alimentados com a dieta controle.

Tabela 6 – Balanço de fósforo em suínos alimentados com dietas para reduzir a excreção de nutrientes

|   | Tratamentos |        |        |        |            | CV (%) |
|---|-------------|--------|--------|--------|------------|--------|
|   | AP          | BP     | AP+FIT | AP+MIN | BP+FIT+MIN |        |
| Fósforo ingerido                          |             |        |        |        |            |        |
| 30-50 kg (g/suíno/dia)                    | 6,32        | 6,30   | 5,09*  | 5,86   | 4,95*      | 5,99   |
| 50-70 kg (g/suíno/dia)                    | 8,51        | 8,24   | 6,79*  | 8,68   | 6,65*      | 6,22   |
| 70-100 kg (g/suíno/dia)                   | 10,57       | 10,20  | 8,19*  | 10,53  | 7,66*      | 13,22  |
| 30-100 kg (g/suíno/dia)                   | 8,58        | 8,36   | 6,81*  | 8,47   | 6,54*      | 13,64  |
| 30-100 kg (g/suíno/total) <sup>a</sup>    | 574,99      | 560,42 | 456,03 | 567,79 | 438,03     | -      |
| Fósforo excretado nas fezes               |             |        |        |        |            |        |
| 30-50 kg (g/suíno/dia)                    | 3,69        | 2,70*  | 2,17*  | 3,45   | 1,64*      | 15,70  |
| 50-70 kg (g/suíno/dia)                    | 3,72        | 3,91   | 1,93*  | 3,76   | 1,87*      | 20,75  |
| 70-100 kg (g/suíno/dia)                   | 5,27        | 4,71   | 2,98*  | 5,17   | 2,89*      | 22,58  |
| 30-100 kg (g/suíno/dia)                   | 4,26        | 3,80   | 2,39*  | 4,15   | 2,16*      | 22,53  |
| 30-100 kg (g/suíno/total) <sup>a</sup>    | 285,17      | 254,78 | 159,98 | 278,23 | 144,68     | -      |
| Fósforo excretado na urina                |             |        |        |        |            |        |
| 30-50 kg (g/suíno/dia)                    | 0,25        | 0,25   | 0,18   | 0,27   | 0,19       | 51,05  |
| 50-70 kg (g/suíno/dia)                    | 0,20        | 0,15   | 0,16   | 0,04   | 0,09       | 85,08  |
| 70-100 kg (g/suíno/dia)                   | 0,50        | 0,59   | 0,54   | 0,58   | 0,58       | 47,99  |
| 30-100 kg (g/suíno/dia)                   | 0,32        | 0,33   | 0,30   | 0,30   | 0,29       | 56,81  |
| 30-100 kg (g/suíno/total) <sup>a</sup>    | 21,30       | 22,16  | 20,00  | 19,88  | 19,40      | -      |
| Fósforo total excretado nas fezes e urina |             |        |        |        |            |        |
| 30-50 kg (g/suíno/dia)                    | 3,94        | 2,95*  | 2,35*  | 3,72   | 1,83*      | 14,40  |
| 50-70 kg (g/suíno/dia)                    | 3,92        | 4,07   | 2,10*  | 3,8    | 1,96*      | 20,71  |
| 70-100kg (g/suíno/dia)                    | 5,78        | 5,30   | 3,53*  | 5,75   | 3,47*      | 22,49  |
| 30-100 kg (g/suíno/dia)                   | 4,57        | 4,13   | 2,69*  | 4,45   | 2,45*      | 21,78  |
| 30-100 kg (g/suíno/total) <sup>a</sup>    | 306,47      | 276,94 | 179,98 | 298,12 | 164,08     | -      |
| Fósforo retido                            |             |        |        |        |            |        |
| 30-50kg (g/suíno/dia)                     | 2,37        | 3,34*  | 2,74   | 2,14   | 3,11       | 19,25  |
| 50-70kg (g/suíno/dia)                     | 4,58        | 4,17   | 4,69   | 4,88   | 4,68       | 11,71  |
| 70-100kg (g/suíno/dia)                    | 4,79        | 4,90   | 4,66   | 4,78   | 4,19       | 23,31  |
| 30-100 kg (g/suíno/dia)                   | 4,01        | 4,23   | 4,12   | 4,03   | 4,09       | 25,68  |
| 30-100 kg (g/suíno/total) <sup>a</sup>    | 268,52      | 283,48 | 276,04 | 269,68 | 273,96     | -      |
| Fósforo retido (%)                        |             |        |        |        |            |        |
| 30-50 kg                                  | 36,87       | 52,91* | 54,50* | 35,58  | 62,52*     | 17,75  |
| 50-70 kg                                  | 51,14       | 49,72  | 67,71* | 55,49  | 68,79*     | 12,66  |
| 70-100 kg                                 | 45,44       | 47,84  | 56,82  | 45,50  | 54,69      | 17,63  |
| 30-100 kg                                 | 44,88       | 50,55  | 60,07* | 45,92  | 62,39*     | 18,49  |
| Digestibilidade aparente do fósforo (%)   |             |        |        |        |            |        |
| 30-50 kg                                  | 41,09       | 56,82  | 58,04* | 40,26  | 66,52*     | 15,91  |
| 50-70 kg                                  | 54,85       | 52,83  | 71,23* | 57,12  | 71,31*     | 11,26  |
| 70-100 kg                                 | 50,30       | 53,64  | 63,56  | 50,91  | 62,24      | 13,71  |
| 30-100 kg                                 | 48,75       | 54,43  | 64,28* | 49,43  | 66,69*     | 16,33  |

AP = Alta proteína, sem aminoácidos industriais; BP = Baixa proteína, com aminoácidos industriais; FIT = Fitase; MIN = Minerais orgânico-inorgânicos.

Médias seguidas por \* dentro da mesma linha diferem do tratamento controle pelo Teste Dunnett a 5% de probabilidade.

<sup>a</sup> Valor estimado considerando um período de 67 dias entre 30 e 100 kg e o balanço médio determinado dos nutrientes nesse período.

A excreção de P nas fezes também foi reduzida devido a inclusão de fitase na dieta no trabalho de Figueirêdo et al. (2000) com suínos em crescimento, tanto em dietas com farelo de arroz integral (FAI) quanto sem FAI. De maneira similar aos dados desse estudo, ainda relataram que a fitase não influenciou ( $P>0,05$ ) a excreção de P pela urina.

Na pesquisa de Traylor et al. (2001) com suínos aos 25 kg de peso inicial e canulados também observou-se que houve aumento na porcentagem de P retido em resposta à variação de 0 a 1500 FTU/kg dieta.

Em relação à retenção de P, Ludke et al. (2000) verificaram que a elevação de doses de fitase na ração aumentou a retenção de P que variou de 43,4% para a dieta sem fitase até 69,5% para a inclusão de 900 FTU/kg de dieta, próximo ao valor de 62,5% encontrado na presente pesquisa, onde se utilizou 500 FTU/kg de dieta.

Ainda na fase de crescimento 1 observou-se que a dieta composta diminuiu ( $P<0,05$ ) a excreção total de P em 54,0% e aumentou ( $P<0,05$ ) a porcentagem de P retido em 70,0% em comparação com os animais alimentados com a dieta controle.

Avaliando o período total, entre 30 e 100 kg, verificou-se que as dietas fitase e composta causaram redução ( $P<0,05$ ) na excreção total de P e ainda aumentaram ( $P<0,05$ ) a digestibilidade aparente do P em comparação com os suínos alimentados com a dieta controle.

Considerando o balanço de cálcio (Tabela 7) observou-se que entre 30 e 50 kg os animais alimentados com a dieta fitase reduziram a excreção total de Ca em 40,0% em comparação aos suínos alimentados com a dieta controle. Conseqüentemente, observou-se melhora em 48,1% na digestibilidade de Ca. A digestibilidade de Ca também aumentou com a utilização de fitase no estudo conduzido por Kies et al. (2006) ao testar níveis de 100 a 15.000 FTU/kg de fitase para suínos aos 7,8 kg de peso.

Tabela 7 – Balanço de cálcio em suínos alimentados com dietas para reduzir a excreção de nutrientes

|  | Tratamentos |        |        |        |            | CV (%) |
|--|-------------|--------|--------|--------|------------|--------|
|  | AP          | BP     | AP+FI  | AP+MIN | BP+FIT+MIN |        |
| Cálcio ingerido                          |             |        |        |        |            |        |
| 30-50 kg (g/suíno/dia)                   | 5,33        | 5,31   | 4,66*  | 4,94   | 4,53*      | 5,79   |
| 50-70 kg (g/suíno/dia)                   | 6,96        | 6,74   | 6,56   | 7,01   | 6,42       | 5,40   |
| 70-100 kg (g/suíno/dia)                  | 8,58        | 8,29   | 5,93*  | 8,55   | 5,55*      | 13,14  |
| 30-100 kg (g/suíno/dia)                  | 6,92        | 6,74   | 5,68*  | 6,83   | 5,46*      | 13,50  |
| 30-100 kg (g/suíno/total) <sup>a</sup>   | 463,64      | 451,58 | 380,56 | 457,61 | 365,82     | -      |
| Cálcio excretado nas fezes               |             |        |        |        |            |        |
| 30-50 kg (g/suíno/dia)                   | 3,08        | 2,38*  | 1,79*  | 2,79   | 1,38*      | 15,25  |
| 50-70 kg (g/suíno/dia)                   | 2,77        | 3,20   | 1,93   | 3,09   | 1,66*      | 19,66  |
| 70-100 kg (g/suíno/dia)                  | 2,87        | 2,58   | 1,63   | 2,72   | 1,23*      | 33,19  |
| 30-100 kg (g/suíno/dia)                  | 2,91        | 2,72   | 1,78*  | 2,86   | 1,42*      | 23,92  |
| 30-100 kg (g/suíno/total) <sup>a</sup>   | 194,97      | 182,24 | 119,26 | 191,62 | 95,14      | -      |
| Cálcio excretado na urina                |             |        |        |        |            |        |
| 30-50 kg (g/suíno/dia)                   | 0,22        | 0,26   | 0,19   | 0,33   | 0,22       | 35,38  |
| 50-70 kg (g/suíno/dia)                   | 0,20        | 0,20   | 0,20   | 0,16   | 0,24       | 43,82  |
| 70-100 kg (g/suíno/dia)                  | 0,08        | 0,12   | 0,09   | 0,11   | 0,09       | 48,72  |
| 30-100 kg (g/suíno/dia)                  | 0,17        | 0,19   | 0,16   | 0,20   | 0,18       | 41,43  |
| 30-100 kg (g/suíno/total) <sup>a</sup>   | 11,39       | 12,73  | 10,72  | 13,40  | 12,06      | -      |
| Cálcio total excretado nas fezes e urina |             |        |        |        |            |        |
| 30-50 kg (g/suíno/dia)                   | 3,30        | 2,64*  | 1,98*  | 3,13   | 1,60*      | 14,66  |
| 50-70 kg (g/suíno/dia)                   | 2,98        | 3,4    | 2,13*  | 3,25   | 1,90*      | 17,00  |
| 70-100 kg (g/suíno/dia)                  | 2,94        | 2,76   | 1,72   | 2,83   | 1,32*      | 31,49  |
| 30-100 kg (g/suíno/dia)                  | 3,07        | 2,93   | 1,94*  | 3,07   | 1,60*      | 21,74  |
| 30-100 kg (g/suíno/total) <sup>a</sup>   | 205,69      | 196,31 | 129,98 | 205,69 | 107,20     | -      |
| Cálcio retido                            |             |        |        |        |            |        |
| 30-50 kg (g/suíno/dia)                   | 2,03        | 2,67   | 2,68   | 1,81   | 2,93*      | 17,77  |
| 50-70 kg (g/suíno/dia)                   | 3,99        | 3,33   | 4,43   | 3,84   | 4,52       | 10,21  |
| 70-100 kg (g/suíno/dia)                  | 5,64        | 5,53   | 4,21   | 5,72   | 4,23       | 17,94  |
| 30-100 kg (g/suíno/dia)                  | 3,85        | 3,81   | 3,74   | 3,76   | 3,86       | 20,99  |
| 30-100 kg (g/suíno/total) <sup>a</sup>   | 257,95      | 255,27 | 250,58 | 251,92 | 258,62     | -      |
| Cálcio retido (%)                        |             |        |        |        |            |        |
| 30-50 kg                                 | 37,12       | 49,90  | 57,12* | 35,77  | 64,42*     | 15,66  |
| 50-70 kg                                 | 55,13       | 48,67  | 67,09* | 54,13  | 68,72*     | 10,57  |
| 70-100 kg                                | 65,77       | 66,14  | 71,35  | 67,07  | 76,11      | 11,87  |
| 30-100 kg                                | 53,03       | 55,25  | 65,54* | 52,68  | 70,10*     | 14,01  |
| Digestibilidade aparente do Cálcio (%)   |             |        |        |        |            |        |
| 30-50 kg                                 | 41,27       | 54,83  | 61,14* | 42,64  | 69,35*     | 13,36  |
| 50-70 kg                                 | 58,95       | 52,56  | 71,38  | 57,61  | 73,41*     | 11,16  |
| 70-100 kg                                | 66,65       | 68,39  | 72,99  | 68,35  | 77,73      | 11,65  |
| 30-100 kg                                | 55,63       | 58,59  | 68,50* | 56,20  | 73,50*     | 13,47  |

AP = Alta proteína, sem aminoácidos industriais; BP = Baixa proteína, com aminoácidos industriais; FIT = Fitase; MIN = Minerais orgânico-inorgânicos.

Médias seguidas por \* dentro da mesma linha diferem do tratamento controle pelo Teste Dunnett a 5% de probabilidade.

<sup>a</sup> Valor estimado considerando um período de 67 dias entre 30 e 100 kg e o balanço médio determinado dos nutrientes nesse período.

Numa pesquisa realizada por Yi et al. (1996) com suínos aos 7,5 kg de peso foi observado efeito quadrático da adição de fitase que variou de 350 a 1400 FTU/kg de dieta sobre a absorção de Ca.

De maneira contrária, Pomar et al. (2008) trabalhando com suínos aos 15 kg de peso não observaram melhora na porcentagem de Ca retido ao suplementar uma dieta basal com fitase em 1.000 FTU/kg, porém em animais canulados.

Constatou-se que os suínos alimentados com a dieta composta diminuíram ( $P<0,05$ ) a excreção total de Ca em 51,5% em comparação aos animais alimentados com a dieta controle.

Entre 50 e 70 kg observou-se que animais alimentados com dieta fitase, embora não significativo, excretaram 30,3% menos cálcio nas fezes quando comparados com os animais alimentados com a dieta controle.

A alimentação dos animais com a dieta composta reduziu ( $P<0,05$ ) a excreção total de Ca em 36,2% comparados ao controle.

Suínos entre 70 e 100 kg alimentados com a dieta fitase, embora não significativo reduziram a excreção total de Ca em 41,5% quando comparados ao controle.

Os animais alimentados com a dieta composta reduziram ( $P<0,05$ ) em 55,1% a excreção total de Ca em comparação aos suínos alimentados com a dieta controle.

Analisando o período total, entre 30 e 100 kg, constatou-se que as dietas fitase e composta reduziram ( $P<0,05$ ) a excreção total de Ca e ainda aumentaram ( $P<0,05$ ) a digestibilidade aparente do Ca em comparação aos animais da dieta controle.

Tabela 8 - Excreção de cobre, zinco e manganês em suínos alimentados com dietas para reduzir a excreção de nutrientes nos dejetos

|   | Tratamentos |          |          |            |                    | CV (%) |
|---|-------------|----------|----------|------------|--------------------|--------|
|   | AP          | BP       | AP+FIT   | AP+<br>MIN | BP+<br>FIT+<br>MIN |        |
| Cobre excretado nas fezes               |             |          |          |            |                    |        |
| 30-50 kg (mg/suíno/dia)                 | 17,31       | 13,51    | 13,93    | 17,22      | 10,49*             | 17,11  |
| 50-70 kg (mg/suíno/dia)                 | 10,96       | 12,78    | 12,22    | 12,26      | 9,81               | 19,90  |
| 70-100 kg (mg/suíno/dia)                | 11,11       | 10,09    | 10,43    | 11,11      | 8,05               | 27,95  |
| 30-100 kg (mg/suíno/dia)                | 13,04       | 12,04    | 12,10    | 13,44      | 9,36               | 23,22  |
| 30-100 kg (mg/suíno/total) <sup>a</sup> | 873,68      | 806,68   | 810,7    | 900,48     | 627,12             | -      |
| Zinco excretado nas fezes               |             |          |          |            |                    |        |
| 30-50 kg (mg/suíno/dia)                 | 78,64       | 70,04    | 66,43    | 79,00      | 46,68*             | 15,82  |
| 50-70 kg (mg/suíno/dia)                 | 62,80       | 63,22    | 68,36    | 62,33      | 57,05              | 16,01  |
| 70-100 kg (mg/suíno/dia)                | 58,26       | 58,89    | 54,44    | 53,63      | 57,66              | 26,25  |
| 30-100 kg (mg/suíno/dia)                | 66,40       | 63,88    | 62,91    | 64,87      | 53,63*             | 22,95  |
| 30-100 kg (mg/suíno/total) <sup>a</sup> | 4.448,80    | 4.279,96 | 4.214,97 | 4.346,29   | 3.593,21           | -      |
| Manganês excretado nas fezes            |             |          |          |            |                    |        |
| 30-50 kg (mg/suíno/dia)                 | 55,87       | 44,98    | 42,86    | 53,04      | 38,78*             | 16,41  |
| 50-70 kg (mg/suíno/dia)                 | 58,26       | 68,15    | 64,78    | 58,39      | 57,93              | 15,13  |
| 70-100 kg (mg/suíno/dia)                | 59,35       | 53,28    | 64,64    | 59,83      | 53,49              | 20,88  |
| 30-100 kg (mg/suíno/dia)                | 56,93       | 54,58    | 56,53    | 56,19      | 48,17              | 20,47  |
| 30-100 kg (mg/suíno/total) <sup>a</sup> | 3.814,31    | 3.656,86 | 3.787,51 | 3.764,73   | 3.227,39           | -      |

AP = Alta proteína, sem aminoácidos industriais; BP = Baixa proteína, com aminoácidos industriais; FIT = Fitase; MIN = Minerais orgânico-inorgânicos.

Médias seguidas por \* dentro da mesma linha diferem do tratamento controle pelo Teste Dunnett a 5% de probabilidade.

<sup>a</sup> Valor estimado considerando um período de 67 dias entre 30 e 100 kg e o balanço médio determinado dos nutrientes nesse período.

Através dos resultados da excreção de microminerais de suínos (Tabela 8) observou-se que entre 30 e 50 kg a excreção de cobre, zinco e manganês não foi ( $P>0,05$ ) afetada pela dieta baixa PB, fitase e orgânica quando comparada com os suínos alimentados com a dieta controle.

Na investigação de Creech et al. (2004) também constatou-se que a substituição de 50% dos minerais traços para a forma orgânica não afetou a concentração de Cu nas

fezes de suínos na fase de creche alimentados com níveis reduzidos de minerais traços. Resultados similares foram encontrados por Apgar & Kornegay, (1996) com suínos em terminação ao avaliar cobre na forma de sulfato ou complexado à lisina e foi constatado que a porcentagem de Cu retido não diferiu entre as dietas.

A dieta composta causou redução ( $P < 0,05$ ) na excreção de Cu, Zn e Mn dos suínos em 39, 41 e 31,0%, respectivamente, ao serem comparados com os animais alimentados com a dieta controle. Uma possível explicação para a redução na excreção desses minerais traços com a dieta composta poderia ser que além da presença de minerais na forma inorgânica-orgânica, havia também a suplementação com fitase, pois, essa enzima poderia liberar o ácido fítico com seu grupo ortofosfato, altamente ionizado, que complexaria com uma variedade de cátions como os minerais traços citados. Dessa forma, a enzima fitase associada com a suplementação de minerais na forma inorgânica-orgânica poderia contribuir para diminuir a excreção de Cu, Zn e Mn (Adeola et al., 1995).

Verificou-se que as dietas não influenciaram ( $P > 0,05$ ) a excreção de microminerais entre 50 e 70 kg e de 70 a 100 kg. De acordo com Weigand & Kirchgessner (1979), a absorção e retenção de zinco é maior em organismos em crescimento do que em organismos em terminação, o que poderia explicar a maior retenção de microminerais com a dieta composta na fase de 30 a 50 kg, mas não nas fases subsequentes, 50 a 70 kg e 70 a 100 kg.

Tem sido constatada dificuldade nos métodos de análise e avaliação dos microminerais, como cobre, zinco e manganês, devido a presença desses elementos no ambiente, o que poderia contaminar as amostras. Assim, deve-se evitar a presença desses elementos traços em estudo para reduzir erros na sua determinação.

Outro ponto relevante se refere ao estudo do balanço dos elementos traços no organismo do animal, pois além dos minerais de origem exógena, da dieta, há também os de origem endógena, advindos de secreções biliares, pancreáticas e intestinais, o que dificulta a determinação do que é de origem alimentar ou endógena. A excreção biliar de cobre é o principal mecanismo responsável pela homeostase de cobre e esse elemento quando presente na secreção biliar é pouco absorvido em nível de intestino delgado (Comite, 2005). Em relação ao zinco, King et al. (2000) relatam que a alimentação estimula a secreção endógena de zinco e mais da metade do zinco no lúmen intestinal após as refeições vem de secreções endógenas.

De posse dos dados da excreção total de nutrientes por cada suíno entre 30 e 100 kg e do rebanho de suínos no Brasil para o ano de 2008 (FAO, 2010), estimado em 40 milhões de cabeças, pode-se inferir o quanto os suínos lançariam nos dejetos. Caso fosse alimentado com a dieta controle estima-se que o rebanho atual de suínos no Brasil excretaria entre 30 e 100 kg, cerca de 68,0 mil ton. de N; 12,0 mil ton. de P; 8,0 mil ton. de Ca, 178 ton. de zinco; 152 ton. de manganês e 35,0 ton. de cobre. Quando se calcula a estimativa de excreção para suínos alimentados com a dieta composta em comparação aos suínos alimentados com a dieta controle estima-se uma redução na excreção de N, P, Ca, Zn, Mn e Cu em 29,6; 46,5; 47,9; 28,2; 19,2 e 15,4%, respectivamente, evidenciando os benefícios ambientais ao adotar a dieta composta para alimentação de suínos entre 30 e 100 kg.

## **Conclusões**

A redução da proteína bruta da dieta diminui a excreção total de N em suínos dos 30 aos 50 kg e de 30 a 100 kg. A suplementação de dietas com fitase reduz a excreção total de P em todas as fases avaliadas. A inclusão de minerais inorgânico-orgânicos nas dietas não reduz a excreção de Cu, Zn e Mn em nenhum dos períodos avaliados. A redução da proteína bruta, associada à inclusão de fitase e de minerais inorgânico-orgânicos reduz a excreção total de N entre 30 e 100 kg, a excreção de Cu, Zn e Mn entre 30 e 50 kg e também diminui a excreção total de P em todas as fases avaliadas.

## **Conclusões gerais**

A redução de proteína bruta, a suplementação com fitase e minerais inorgânico-orgânicos avaliadas podem ser adotadas por não alterar significativamente o desempenho na fase de crescimento e terminação e as características de carcaças de suínos aos 100 kg.

A combinação das estratégias com a redução da proteína bruta, a inclusão de fitase e de minerais inorgânico-orgânicos proporciona maior retorno econômico que a dieta com alta proteína em suínos dos 30 aos 100 kg.

A diminuição da proteína bruta da dieta diminui a excreção total de N em suínos dos 30 aos 50 kg e de 30 a 100 kg. A suplementação de dietas com fitase reduz a excreção total de P em todas as fases avaliadas. A inclusão de minerais inorgânico-orgânicos nas dietas não reduz a excreção de Cu, Zn e Mn em nenhum dos períodos avaliados. A redução da proteína bruta, associada à inclusão de fitase e de minerais inorgânico-orgânicos reduz a excreção total de N entre 30 e 100 kg, a excreção de Cu, Zn e Mn entre 30 e 50 kg e também diminui a excreção total de P em todas as fases avaliadas.

## Literatura citada

- ADEOLA, O.; LAWRENCE, B.V.; SUTTON, A.L. et al. Phytase induced in mineral utilization in zinc-supplemented diets for pigs. **Journal of Animal Science**, v.73, p.3384-3391, 1995.
- APGAR, G.A. & KORNEGAY, E.T. Mineral balance of finishing pigs fed copper sulfate or a copper-lysine complex at growth-stimulating levels. **Journal of Animal Science** 74:1594-1600. 1996.
- CLOSE, W.H. Trace mineral nutrition of pigs revisited: meeting production and environmental objectives. **Rec. Adv. Anim. Nutr.** in Aust., University of New England, NSW 14: 133-142. 2003.
- COMITÊ DOS MINERAIS E SUBSTÂNCIAS TÓXICAS EM DIETAS E ÁGUA PARA OS ANIMAIS. **Mineral tolerance of animals**. Second revised edition. The national academies press. 496 p. 2005.
- CORLEY, J.R., BAKER, D.H., EASTER, R.A. Biological availability of phosphorus in rice bran and wheat bran as affected by pelleting. **Journal of Animal Science**. 50 (2):286-292. 1980.
- CREECH, B.L.; SPEARS, J.W.; FLOWERS, W.L. Effect of dietary trace mineral concentration and source (inorganic vs. chelated) on performance, mineral status, and fecal mineral excretion in pigs from weaning through finishing. **Journal of Animal Science**, 82:2140-2147. 2004.
- CROMWELL, G.L. Availability of phosphorus in feedstuffs for swine. **Proc. Distiller Feed. Res. Conf.**,34(40):40-50. 1979.
- DENG, D.; HUANG, R.L.; LI, T.J. et al. Nitrogen balance in barrows fed low-protein diets supplemented with essential amino acids. **Livestock Science**. v.109 p.220–223. 2007.
- FERREIRA, R.A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005. 371p.
- FIGUEIRÊDO, A.V.; FIALHO, E.T.; VITTI, D.M.S.S. Ação da fitase sobre a disponibilidade biológica do fósforo, por intermédio da técnica de diluição isotópica, em dietas com farelo de arroz integral para suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.177-182, 2000.

- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/573/default.aspx#ancor>> Acesso em: 01/09/2010.
- JONGBLOED, A. W. Environmental pollution control in pigs by using nutrition tools. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, suplemento especial p.215-229, 2008.
- KERR, B.J.; EASTER, R.A. Effect of feeding reduced protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen and energy balance in grower pigs. **Journal of Animal Science**, v.73, p.3000-3008, 1995.
- KIES, A.K.; KEMME, P.A.; SEBEK L. B. J. et al. Effect of graded doses and a high dose of microbial phytase on the digestibility of various minerals in weaner pigs. **Journal of Animal Science**, 84:1169–1175. 2006.
- KING, J.C., SHAMES, D.M.; WOODHOUSE, L.R. Zinc homeostasis in humans. **Journal of Nutrition**. 130:1360–1366.2000.
- KORNEGAY, E.T. 7 HARPER, F. Environmental nutrition: Nutrient management strategies to reduce nutrient excretion of swine. **The professional Animal Scientist**. V.13. p.99-111. 1997.
- LUDKE, M.C.M.M.; LÓPEZ, J.; BRUM, P.A.R. et al. Influência da fitase na utilização de nutrientes em dietas compostas por milho e farelo de soja para suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1402-1413, 2000.
- MATEOS, G.G.; LAZARO, R.; ASTILLERO, J.R. et al. Trace minerals: What text books don't tell you. **In: Re-defining Mineral Nutrition**. Nottingham University Press, UK, p-21-62. 2005.
- ORLANDO, U.A.D.; OLIVEIRA, R.F.O.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para leitões mantidas em ambiente de conforto térmico dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.134-141, 2005.
- OTTO, E. R.; YOKOYAMA, M., KU, P. K. et al. Nitrogen balance and ileal amino acid digestibility in growing pigs fed diets reduced in protein concentration. **Journal of Animal Science**, v. 81. p.1743-1753. 2003.
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, v.27, p.1303-1306, 1968.

- POMAR, C.; GAGNÉ, F.; MATTE, J.J. The effect of microbial phytase on true and apparent ileal amino acid digestibilities in growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, 86:1598-1608. 2008.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos (Composição de alimentos e exigências nutricionais)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.
- SEGANFREDO, M.A. **Gestão ambiental na suinocultura**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 302p.
- SILVA, D.J. & QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- TRAYLOR, S.L., CROMWELL, G.L., LINDEMANN, M.D. 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**, v.79:p.2634–2642. 2001.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistema para Análises Estatísticas e Genética - SAEG** (Versão 9.1). Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- WEIGAND, E. & KIRCHGESSNER, M. Change in apparent and true absorption and retention of dietary zinc age in rats. **Biological Trace Element Research**, v.1. p.347-358. 1979.
- YI, Z., KORNEGAY, E.T.; RAVINDRAN, V. et al. Effectiveness of Natuphos phytase in improving the bioavailabilities of phosphorus and other nutrients in soybean meal-based semipurified diets for young pigs. **Journal of Animal Science**, 74:1601–1611. 1996.

## **APÊNDICE**

## Desempenho

Tabela 1A – Análise de variância e coeficiente de variação do ganho de peso diário, do consumo de ração diário e da conversão alimentar de suínos dos 30 aos 50 kg alimentados com diferentes estratégias nutricionais

| Quadrados Médios    |                   |                     |                        |                           |
|---------------------|-------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|
| Fontes de Variação  | G.L. <sup>1</sup> | Ganho de peso (g/d) | Consumo de ração (g/d) | Conversão alimentar (g/g) |
| BLOCO               | 3                 | 0.6487849E-02       | 0.1957876E-01          | 0.6818510E-02             |
| TRAT <sup>2</sup>   | 4                 | 0.2524467E-02       | 0.1459934E-01          | 0.1161981E-01             |
| RESÍDUO             | 32                | 0.5086082E-02       | 0.1133510E-01          | 0.2067697E-01             |
| CV (%) <sup>3</sup> |                   | 8,23                | 6,45                   | 7,53                      |

<sup>1</sup>GL = Graus de Liberdade; <sup>2</sup>TRAT = Tratamento; <sup>3</sup> CV(%) = Coeficiente de variação.

Tabela 2A – Análise de variância e coeficiente de variação do ganho de peso diário, do consumo de ração diário e da conversão alimentar de suínos dos 30 aos 70 kg alimentados com diferentes estratégias nutricionais

| Quadrados Médios    |                   |                     |                        |                           |
|---------------------|-------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|
| Fontes de Variação  | G.L. <sup>1</sup> | Ganho de peso (g/d) | Consumo de ração (g/d) | Conversão alimentar (g/g) |
| BLOCO               | 3                 | 0.6590553E-02       | 0.4753102E-01          | 0.2330436E-01             |
| TRAT <sup>2</sup>   | 4                 | 0.3874662E-02       | 0.2844647E-01          | 0.1704089E-01             |
| RESÍDUO             | 32                | 0.2435493E-02       | 0.1650640E-01          | 0.1249614E-01             |
| CV (%) <sup>3</sup> |                   | 5,06                | 6,40                   | 5,43                      |

<sup>1</sup>GL = Graus de Liberdade; <sup>2</sup>TRAT = Tratamento; <sup>3</sup> CV(%) = Coeficiente de variação.

Tabela 3A – Análise de variância e coeficiente de variação do ganho de peso diário, do consumo de ração diário e da conversão alimentar de suínos dos 30 aos 100 kg alimentados com diferentes estratégias nutricionais

| Quadrados Médios    |                   |                     |                        |                           |
|---------------------|-------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|
| Fontes de Variação  | G.L. <sup>1</sup> | Ganho de peso (g/d) | Consumo de ração (g/d) | Conversão alimentar (g/g) |
| BLOCO               | 3                 | 0.3731432E-02       | 0.7090351E-01          | 0.2570553E-01             |
| TRAT <sup>2</sup>   | 4                 | 0.3292891E-02       | 0.2621199E-01          | 0.1544003E-01             |
| RESÍDUO             | 32                | 0.2344676E-02       | 0.2265409E-01          | 0.1648244E-01             |
| CV (%) <sup>3</sup> |                   | 4,77                | 6,38                   | 5,52                      |

<sup>1</sup>GL = Graus de Liberdade; <sup>2</sup>TRAT = Tratamento; <sup>3</sup> CV(%) = Coeficiente de variação.

## Características de carcaça

Tabela 4A – Análise de variância e coeficiente de variação da espessura de toucinho, da porcentagem de carne magra, da quantidade de carne magra e do peso da carcaça de suínos aos 100 kg alimentados com diferentes estratégias nutricionais

| Quadrados Médios    |                   |                            |                 |                  |                      |
|---------------------|-------------------|----------------------------|-----------------|------------------|----------------------|
| Fontes de Variação  | G.L. <sup>1</sup> | Espessura de toucinho (mm) | Carne Magra (%) | Carne magra (kg) | Peso da carcaça (kg) |
| BLOCO               | 3                 | 1.072202                   | 0.9958032       | 3.303847         | 1.288684             |
| TRAT <sup>2</sup>   | 4                 | 0.7304059                  | 0.8986937       | 0.8434340        | 1.850154             |
| RESÍDUO             | 32                | 1.360674                   | 1.067387        | 2.253799         | 2.327389             |
| CV (%) <sup>3</sup> |                   | 9,86                       | 1,78            | 3,94             | 2,27                 |

<sup>1</sup>GL = Graus de Liberdade; <sup>2</sup>TRAT = Tratamento; <sup>3</sup>CV(%) = Coeficiente de variação.

## Balanco de N, P e Ca

### Nitrogênio

Tabela 5A – Análise de variância e coeficiente de variação do balanço de nitrogênio de suínos na fase de crescimento 1 (30 a 50 kg) alimentados com diferentes estratégias nutricionais

| Quadrados Médios   |                   |                       |                                  |                                 |                              |                     |             |               |
|--------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------|-------------|---------------|
| Fontes de Variação | G.L. <sup>1</sup> | N ingerido, g/suíno/d | N excretado nas fezes, g/suíno/d | N excretado na urina, g/suíno/d | N excretado total, g/suíno/d | N retido, g/suíno/d | N retido, % | Dig. ap. N, % |
| BLOCO              | 3                 | 75.44822              | 2.102709                         | 3.569686                        | 8.012026                     | 36.70404            | 28.27298    | 5.1056        |
| TRAT <sup>2</sup>  | 4                 | 24.48418*             | 3.628142                         | 31.82427*                       | 50.64241*                    | 30.30781*           | 284.4185*   | 16.7461       |
| RESÍDUO            | 12                | 4.540875              | 1.458609                         | 2.691029                        | 4.359370                     | 6.530024            | 35.91456    | 10.6796       |
| CV %               |                   | 5,77                  | 24,54                            | 12,50                           | 11,57                        | 13,52               | 11,74       | 3,77          |

<sup>1</sup>GL = Graus de Liberdade; <sup>2</sup>TRAT = Tratamento; <sup>3</sup>CV(%) = Coeficiente de variação. Dig. ap. N. = Digestibilidade aparente do nitrogênio. \* Significativo pelo teste F (P<0,05).

Tabela 6A – Análise de variância e coeficiente de variação do balanço de nitrogênio de suínos na fase de crescimento 2 (50 a 70 kg) alimentados com diferentes estratégias nutricionais

| Quadrados Médios   |                   |                       |                                  |                                 |                              |                     |             |               |
|--------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------|-------------|---------------|
| Fontes de Variação | G.L. <sup>1</sup> | N ingerido, g/suíno/d | N excretado nas fezes, g/suíno/d | N excretado na urina, g/suíno/d | N excretado total, g/suíno/d | N retido, g/suíno/d | N retido, % | Dig. ap. N, % |
| BLOCO              | 2                 | 956.5617              | 4.158773                         | 78.19375                        | 117.9923                     | 441.6610            | 191.6753    | 7.0605        |
| TRAT <sup>2</sup>  | 4                 | 156.0360*             | 2.483947*                        | 66.35057*                       | 86.64476*                    | 58.22087*           | 130.2295*   | 8.9520*       |
| RESÍDUO            | 13                | 8.750881              | 0.8045620                        | 14.27202                        | 14.93966                     | 7.154631            | 34.52177    | 2.0498        |
| CV %               |                   | 5,65                  | 18,58                            | 19,48                           | 15,96                        | 9,49                | 11,03       | 1,58          |

<sup>1</sup>GL = Graus de Liberdade; <sup>2</sup>TRAT = Tratamento; <sup>3</sup> CV(%) = Coeficiente de variação. Dig. ap. N. = Digestibilidade aparente do nitrogênio.

\* Significativo pelo teste F (P<0,05). Nessa fase (50 a 70 kg) foram 3 blocos e 4 repetições.

Tabela 7A – Análise de variância e coeficiente de variação do balanço de nitrogênio de suínos na fase de terminação (70 a 100 kg) alimentados com diferentes estratégias nutricionais

| Quadrados Médios   |                   |                       |                                  |                                 |                              |                     |             |               |
|--------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------|-------------|---------------|
| Fontes de Variação | G.L. <sup>1</sup> | N ingerido, g/suíno/d | N excretado nas fezes, g/suíno/d | N excretado na urina, g/suíno/d | N excretado total, g/suíno/d | N retido, g/suíno/d | N retido, % | Dig. ap. N, % |
| BLOCO              | 3                 | 177.1500              | 13.78943                         | 104.2635                        | 186.9797                     | 44.88022            | 158.1006    | 21.1439       |
| TRAT <sup>2</sup>  | 4                 | 359.7871*             | 1.179766                         | 66.41869                        | 82.82989                     | 115.7268            | 31.11159    | 2.6454        |
| RESÍDUO            | 12                | 60.96838              | 3.191160                         | 22.55289                        | 31.86255                     | 68.24314            | 97.31737    | 6.5156        |
| CV %               |                   | 13,88                 | 31,28                            | 21,16                           | 20,05                        | 29,39               | 19,78       | 2,84          |

<sup>1</sup>GL = Graus de Liberdade; <sup>2</sup>TRAT = Tratamento; <sup>3</sup> CV(%) = Coeficiente de variação. Dig. ap. N. = Digestibilidade aparente do nitrogênio.

\* Significativo pelo teste F (P<0,05).

Tabela 8A – Análise de variância e coeficiente de variação do balanço de nitrogênio de suínos na fase de terminação (30 a 100 kg) alimentados com diferentes estratégias nutricionais

| Quadrados Médios   |                   |                       |                                  |                                 |                              |                     |             |               |
|--------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------|-------------|---------------|
| Fontes de Variação | G.L. <sup>1</sup> | N ingerido, g/suíno/d | N excretado nas fezes, g/suíno/d | N excretado na urina, g/suíno/d | N excretado total, g/suíno/d | N retido, g/suíno/d | N retido, % | Dig. ap. N, % |
| BLOCO              | 3                 | 567.8136*             | 9.8240*                          | 116.8504*                       | 193.3363*                    | 139.2141*           | 58.7004     | 2.3753        |
| TRAT <sup>2</sup>  | 4                 | 1909.0902*            | 5.2582                           | 127.2863*                       | 513.8405*                    | 497.9236            | 93.0409     | 86.2470       |
| FASE               | 2                 | 410.7652*             | 8.5657*                          | 433.5368*                       | 178.4414*                    | 52.8932*            | 68.3818     | 5.5095*       |
| FASE*TRAT          | 8                 | 64.7710               | 1.0167                           | 18.6535                         | 20.8378                      | 75.6810             | 176.3592*   | 11.4170       |
| RESÍDUO            | 42                | 44.4607               | 2.2090                           | 14.7095                         | 20.7102                      | 40.4933             | 66.9984     | 7.5889        |
| CV %               |                   | 13,74                 | 28,84                            | 20,94                           | 19,39                        | 25,39               | 15,92       | 3,09          |

<sup>1</sup>GL = Graus de Liberdade; <sup>2</sup>TRAT = Tratamento; <sup>3</sup> CV(%) = Coeficiente de variação. Dig. ap. N. = Digestibilidade aparente do nitrogênio.

\* Significativo pelo teste F (P<0,05).

## Fósforo

Tabela 9A – Análise de variância e coeficiente de variação do balanço de fósforo de suínos na fase de crescimento 1 (30 a 50 kg) alimentados com diferentes estratégias nutricionais

| Quadrados Médios   |                   |                       |                                  |                                 |                              |                     |             |              |
|--------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------|-------------|--------------|
| Fontes de Variação | G.L. <sup>1</sup> | P ingerido, g/suíno/d | P excretado nas fezes, g/suíno/d | P excretado na urina, g/suíno/d | P excretado total, g/suíno/d | P retido, g/suíno/d | P retido, % | Dig. ap. P % |
| BLOCO              | 3                 | 1.8201                | 0.7023                           | 0.1366E-02                      | 0.64482                      | 1.604972            | 190.5996    | 184.3295     |
| TRAT <sup>2</sup>  | 4                 | 1.6940*               | 2.9479*                          | 0.6058E-02                      | 3.1862*                      | 1.00371*            | 554.256*    | 525.8392*    |
| RESÍDUO            | 12                | 0.1168                | 0.1837                           | 0.1373E-01                      | 0.18181                      | 0.279257            | 74.06031    | 69.8814      |
| CV %               |                   | 5,99                  | 15,70                            | 51,05                           | 14,40                        | 19,25               | 17,75       | 15,91        |

<sup>1</sup>GL = Graus de Liberdade; <sup>2</sup>TRAT = Tratamento; <sup>3</sup> CV(%) = Coeficiente de variação. Dig. ap. P. = Digestibilidade aparente do fósforo.

\* Significativo pelo teste F (P<0,05).

Tabela 10A – Análise de variância e coeficiente de variação do balanço de fósforo de suínos na fase de crescimento 2 (50 a 70 kg) alimentados com diferentes estratégias nutricionais

| Quadrados Médios   |                   |                       |                                  |                                 |                              |                     |             |              |
|--------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------|-------------|--------------|
| Fontes de Variação | G.L. <sup>1</sup> | P ingerido, g/suíno/d | P excretado nas fezes, g/suíno/d | P excretado na urina, g/suíno/d | P excretado total, g/suíno/d | P retido, g/suíno/d | P retido, % | Dig. ap. P % |
| BLOCO              | 2                 | 23.2725               | 0.6840                           | 0.810E-03                       | 0.7071                       | 16.1905             | 350.1520    | 307.9188*    |
| TRAT <sup>2</sup>  | 4                 | 3.8138*               | 4.3510*                          | 0.167E-01                       | 4.3748*                      | 0.2761              | 331.0895*   | 329.6201*    |
| RESÍDUO            | 13                | 0.2551                | 0.4179                           | 0.127E-01                       | 0.4530                       | 0.3260              | 57.2294     | 47.8807      |
| CV %               |                   | 6,22                  | 20,75                            | 85,08                           | 20,72                        | 11,71               | 12,66       | 11,26        |

<sup>1</sup>GL = Graus de Liberdade; <sup>2</sup>TRAT = Tratamento; <sup>3</sup> CV(%) = Coeficiente de variação. Dig. ap. P. = Digestibilidade aparente do fósforo.

\* Significativo pelo teste F (P<0,05). Nessa fase (50 a 70 kg) foram 3 blocos e 4 repetições.

Tabela 11A – Análise de variância e coeficiente de variação do balanço de fósforo de suínos na fase de terminação (70 a 100 kg) alimentados com diferentes estratégias nutricionais

| Quadrados Médios   |                   |                       |                                  |                                 |                              |                     |             |              |
|--------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------|-------------|--------------|
| Fontes de Variação | G.L. <sup>1</sup> | P ingerido, g/suíno/d | P excretado nas fezes, g/suíno/d | P excretado na urina, g/suíno/d | P excretado total, g/suíno/d | P retido, g/suíno/d | P retido, % | Dig. ap. P % |
| BLOCO              | 3                 | 4.5781                | 2.2014                           | 0.3303E-01                      | 2.0515                       | 2.6200              | 108.4156    | 23.8962      |
| TRAT <sup>2</sup>  | 4                 | 7.7820*               | 5.5450*                          | 0.5281E-02                      | 5.4792*                      | 0.3124              | 114.1227    | 160.0523     |
| RESÍDUO            | 12                | 1.5547                | 0.9029                           | 0.7160E-01                      | 1.1485                       | 1.1817              | 77.8874     | 59.2591      |
| CV %               |                   | 13,22                 | 22,58                            | 51,61                           | 22,49                        | 23,31               | 17,63       | 13,71        |

<sup>1</sup>GL = Graus de Liberdade; <sup>2</sup>TRAT = Tratamento; <sup>3</sup> CV(%) = Coeficiente de variação. Dig. ap. P. = Digestibilidade aparente do fósforo.

\* Significativo pelo teste F (P<0,05).

Tabela 12A – Análise de variância e coeficiente de variação do balanço de fósforo de suínos na fase de terminação (30 a 100 kg) alimentados com diferentes estratégias nutricionais

| Quadrados Médios   |                   |                       |                                  |                                 |                              |                     |             |              |
|--------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------|-------------|--------------|
| Fontes de Variação | G.L. <sup>1</sup> | P ingerido, g/suíno/d | P excretado nas fezes, g/suíno/d | P excretado na urina, g/suíno/d | P excretado total, g/suíno/d | P retido, g/suíno/d | P retido, % | Dig. ap. P % |
| BLOCO              | 3                 | 14.0286*              | 1.5310                           | 0.0067                          | 1.5631                       | 6.7985*             | 55.3521     | 36.8864      |
| TRAT <sup>2</sup>  | 4                 | 11.8632*              | 12.0417*                         | 0.0035                          | 12.2942*                     | 0.0950              | 780.2794*   | 835.5526*    |
| FASE               | 2                 | 69.3718*              | 12.6766*                         | 0.9549*                         | 20.1967*                     | 22.9305*            | 553.7262*   | 309.3227*    |
| FASE*TRAT          | 8                 | 0.71337               | 0.4011                           | 0.0123                          | 0.3729                       | 0.7486              | 109.5943    | 89.9795      |
| RESÍDUO            | 42                | 1.1197                | 0.5704                           | 0.0303                          | 0.6349                       | 1.1055              | 95.2059     | 85.7617      |
| CV %               |                   | 13,65                 | 22,53                            | 56,81                           | 21,78                        | 25,68               | 18,49       | 16,33        |

<sup>1</sup>GL = Graus de Liberdade; <sup>2</sup>TRAT = Tratamento; <sup>3</sup> CV(%) = Coeficiente de variação. Dig. ap. P. = Digestibilidade aparente do fósforo.

\* Significativo pelo teste F (P<0,05).

## Cálcio

Tabela 13A – Análise de variância e coeficiente de variação do balanço de cálcio de suínos na fase de crescimento 1 (30 a 50 kg) alimentados com diferentes estratégias nutricionais

| Quadrados Médios   |                   |                        |                                   |                                  |                               |                      |              |               |
|--------------------|-------------------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------|---------------|
| Fontes de Variação | G.L. <sup>1</sup> | Ca ingerido, g/suíno/d | Ca excretado nas fezes, g/suíno/d | Ca excretado na urina, g/suíno/d | Ca excretado total, g/suíno/d | Ca retido, g/suíno/d | Ca retido, % | Dig.ap. Ca, % |
| BLOCO              | 3                 | 1.3608                 | 0.2072                            | 0.3762E-02                       | 0.1915                        | 1.5810               | 257.9849     | 261.9818*     |
| TRAT <sup>2</sup>  | 4                 | 0.5319*                | 1.9647*                           | 0.1239E-01                       | 2.1228*                       | 0.9097*              | 620.5679*    | 578.0756*     |
| RESÍDUO            | 12                | 0.8239E-01             | 0.1214                            | 0.7564E-02                       | 0.1376                        | 0.1855               | 58.60144     | 51.7905       |
| CV %               |                   | 5,79                   | 15,25                             | 35,38                            | 14,66                         | 17,77                | 15,66        | 13,36         |

<sup>1</sup>GL = Graus de Liberdade; <sup>2</sup>TRAT = Tratamento; <sup>3</sup> CV(%) = Coeficiente de variação. Dig. ap. Ca. = Digestibilidade aparente do cálcio.

\* Significativo pelo teste F (P<0,05).

Tabela 14A – Análise de variância e coeficiente de variação do balanço de cálcio de suínos na fase de crescimento 2 (50 a 70 kg) alimentados com diferentes estratégias nutricionais

| Quadrados Médios   |                   |                        |                                   |                                  |                               |                      |              |               |
|--------------------|-------------------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------|---------------|
| Fontes de Variação | G.L. <sup>1</sup> | Ca ingerido, g/suíno/d | Ca excretado nas fezes, g/suíno/d | Ca excretado na urina, g/suíno/d | Ca excretado total, g/suíno/d | Ca retido, g/suíno/d | Ca retido, % | Dig.ap. Ca, % |
| BLOCO              | 2                 | 17.4078                | 0.7155                            | 0.1211E-01                       | 0.9123                        | 10.3834              | 183.4290     | 177.1996      |
| TRAT <sup>2</sup>  | 4                 | 0.3072                 | 1.9404*                           | 0.2704E-02                       | 1.8329*                       | 0.9189*              | 305.1629*    | 332.6564*     |
| RESÍDUO            | 13                | 0.1452                 | 0.2586                            | 0.8252E-02                       | 0.2256                        | 0.1892               | 39.9827      | 49.1232       |
| CV %               |                   | 5,40                   | 19,66                             | 43,82                            | 17,00                         | 10,21                | 10,57        | 11,16         |

<sup>1</sup>GL = Graus de Liberdade; <sup>2</sup>TRAT = Tratamento; <sup>3</sup> CV(%) = Coeficiente de variação. Dig. ap. Ca. = Digestibilidade aparente do cálcio.

\* Significativo pelo teste F (P<0,05). Nessa fase (50 a 70 kg) foram 3 blocos e 4 repetições.

Houve efeito para Ca retido (g/suíno/d) na análise de variância, mas no Teste Dunnett não foi significativo (P>0,05).

Tabela 15A – Análise de variância e coeficiente de variação do balanço de cálcio de suínos na fase de terminação (70 a 100 kg) alimentados com diferentes estratégias nutricionais

| Quadrados Médios   |                   |                        |                                   |                                  |                               |                      |              |               |
|--------------------|-------------------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------|---------------|
| Fontes de Variação | G.L. <sup>1</sup> | Ca ingerido, g/suíno/d | Ca excretado nas fezes, g/suíno/d | Ca excretado na urina, g/suíno/d | Ca excretado total, g/suíno/d | Ca retido, g/suíno/d | Ca retido, % | Dig.ap. Ca, % |
| BLOCO              | 3                 | 2.7967                 | 0.3636                            | 0.3204E-02                       | 0.3028                        | 2.2371               | 44.1207      | 60.6048       |
| TRAT <sup>2</sup>  | 4                 | 9.083*                 | 2.1323*                           | 0.1218E-02                       | 2.2063*                       | 2.3955               | 78.0011      | 81.8354       |
| RESÍDUO            | 12                | 0.9403                 | 0.5352                            | 0.2308E-02                       | 0.5310                        | 0.8265               | 67.6704      | 68.0834       |
| CV %               |                   | 13,14                  | 33,19                             | 48,72                            | 31,49                         | 17,94                | 11,87        | 11,65         |

<sup>1</sup>GL = Graus de Liberdade; <sup>2</sup>TRAT = Tratamento; <sup>3</sup> CV(%) = Coeficiente de variação. Dig. ap. Ca. = Digestibilidade aparente do cálcio.

\* Significativo pelo teste F (P<0,05).

Tabela 16A – Análise de variância e coeficiente de variação do balanço de cálcio de suínos na fase de terminação (30 a 100 kg) alimentados com diferentes estratégias nutricionais

| Quadrados Médios   |                   |                        |                                   |                                  |                               |                      |              |               |
|--------------------|-------------------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------|---------------|
| Fontes de Variação | G.L. <sup>1</sup> | Ca ingerido, g/suíno/d | Ca excretado nas fezes, g/suíno/d | Ca excretado na urina, g/suíno/d | Ca excretado total, g/suíno/d | Ca retido, g/suíno/d | Ca retido, % | Dig.ap. Ca, % |
| BLOCO              | 3                 | 9.8186*                | 0.3377                            | 0.0090                           | 0.4637                        | 6.1441*              | 135.1848     | 140.8211      |
| TRAT <sup>2</sup>  | 4                 | 5.8022*                | 5.6897*                           | 0.0038                           | 5.8356*                       | 0.0349               | 765.7943*    | 777.2732*     |
| FASE               | 2                 | 30.7832*               | 0.5003                            | 0.1119*                          | 0.7648                        | 35.1278*             | 2094.0724*   | 1455.2612*    |
| FASE*TRAT          | 8                 | 2.0602*                | 0.1739                            | 0.0062                           | 0.1632                        | 2.0946*              | 118.9687     | 107.6471      |
| RESÍDUO            | 42                | 0.7617                 | 0.3184                            | 0.0058                           | 0.3065                        | 0.6760               | 69.1109      | 70.8758       |
| CV %               |                   | 13,50                  | 23,92                             | 41,43                            | 21,74                         | 20,99                | 14,01        | 13,47         |

<sup>1</sup>GL = Graus de Liberdade; <sup>2</sup>TRAT = Tratamento; <sup>3</sup> CV(%) = Coeficiente de variação. Dig. ap. Ca. = Digestibilidade aparente do cálcio.

\* Significativo pelo teste F (P<0,05).

### Excreção de Microminerais (Cu, Zn e Mn)

Tabela 17A – Análise de variância e coeficiente de variação da excreção de cobre, zinco e manganês de suínos na fase de crescimento 1 (30 a 50 kg) alimentados com diferentes estratégias nutricionais

| Quadrados Médios   |                   |                               |                               |                                  |
|--------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Fontes de Variação | G.L. <sup>1</sup> | Cobre excretado, mg/suíno/dia | Zinco excretado, mg/suíno/dia | Manganês excretado, mg/suíno/dia |
| BLOCO              | 3                 | 23.81131                      | 509.0308                      | 185.2517                         |
| TRAT <sup>2</sup>  | 4                 | 32.69453*                     | 695.1470*                     | 203.9681*                        |
| RESÍDUO            | 12                | 6.149563                      | 116.2925                      | 59.74299                         |
| CV %               |                   | 17,11                         | 15,82                         | 16,41                            |

<sup>1</sup>GL = Graus de Liberdade; <sup>2</sup>TRAT = Tratamento; <sup>3</sup> CV(%) = Coeficiente de variação.

\* Significativo pelo teste F (P<0,05).

Tabela 18A – Análise de variância e coeficiente de variação da excreção de cobre, zinco e manganês de suínos na fase de crescimento 2 (50 a 70 kg) alimentados com diferentes estratégias nutricionais

| Quadrados Médios   |                   |                               |                               |                                  |
|--------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Fontes de Variação | G.L. <sup>1</sup> | Cobre excretado, mg/suíno/dia | Zinco excretado, mg/suíno/dia | Manganês excretado, mg/suíno/dia |
| BLOCO              | 2                 | 91.54106                      | 2565.705                      | 1061.136                         |
| TRAT <sup>2</sup>  | 4                 | 5.837971                      | 64.34045                      | 87.92428                         |
| RESÍDUO            | 13                | 6.234507                      | 113.7535                      | 94.63649                         |
| CV %               |                   | 19,90                         | 16,01                         | 15,13                            |

<sup>1</sup>GL = Graus de Liberdade; <sup>2</sup>TRAT = Tratamento; <sup>3</sup> CV(%) = Coeficiente de variação.

\* Significativo pelo teste F (P<0,05). Nessa fase (50 a 70 kg) foram 3 blocos e 4 repetições.

Tabela 19A – Análise de variância e coeficiente de variação da excreção de cobre, zinco e manganês de suínos na fase de terminação (70 a 100 kg) alimentados com diferentes estratégias nutricionais

| Quadrados Médios   |                   |                               |                               |                                  |
|--------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Fontes de Variação | G.L. <sup>1</sup> | Cobre excretado, mg/suíno/dia | Zinco excretado, mg/suíno/dia | Manganês excretado, mg/suíno/dia |
| BLOCO              | 3                 | 28.21268                      | 151.0468                      | 1163.180                         |
| TRAT <sup>2</sup>  | 4                 | 6.347020                      | 22.61906                      | 91.79205                         |
| RESÍDUO            | 12                | 8.067165                      | 220.5467                      | 147.2917                         |
| CV %               |                   | 27,95                         | 26,25                         | 20,88                            |

<sup>1</sup>GL = Graus de Liberdade; <sup>2</sup>TRAT = Tratamento; <sup>3</sup> CV(%) = Coeficiente de variação.

\* Significativo pelo teste F (P<0,05).

Tabela 20A – Análise de variância e coeficiente de variação da excreção de cobre, zinco e manganês de suínos na fase de terminação (30 a 100 kg) alimentados com diferentes estratégias nutricionais

| Quadrados Médios   |                   |                               |                               |                                  |
|--------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Fontes de Variação | G.L. <sup>1</sup> | Cobre excretado, mg/suíno/dia | Zinco excretado, mg/suíno/dia | Manganês excretado, mg/suíno/dia |
| BLOCO              | 3                 | 80.8064*                      | 1223.0758*                    | 1420.6562*                       |
| TRAT <sup>2</sup>  | 4                 | 30.4331*                      | 303.5445                      | 123.4740                         |
| FASE               | 2                 | 99.6542*                      | 670.7561                      | 831.1655*                        |
| FASE*TRAT          | 8                 | 7.2231                        | 239.2809                      | 130.1051                         |
| RESÍDUO            | 42                | 8.2948                        | 213.4114                      | 133.8164                         |
| CV %               |                   | 23,22                         | 22,95                         | 20,47                            |

<sup>1</sup>GL = Graus de Liberdade; <sup>2</sup>TRAT = Tratamento; <sup>3</sup> CV(%) = Coeficiente de variação.

\* Significativo pelo teste F (P<0,05).

## Rendimento econômico

Tabela 21A – Análise de variância e coeficiente de variação da análise econômica das dietas de suínos dos 30 aos 100 kg alimentados com diferentes estratégias nutricionais

| Quadrados Médios    |                   |                               |                               |                               |                     |
|---------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| Fontes de Variação  | G.L. <sup>1</sup> | RBMe <sup>a</sup> (R\$/suíno) | CMeA <sup>b</sup> (R\$/suíno) | MBMe <sup>c</sup> (R\$/suíno) | IR <sup>d</sup> (%) |
| BLOCO               | 3                 | 174.8183                      | 105.8949                      | 43.36247                      | 273.1853            |
| TRAT <sup>2</sup>   | 4                 | 153.5221                      | 111.9266*                     | 79.93755                      | 475.6755*           |
| RESÍDUO             | 32                | 103.8619                      | 27.22240                      | 75.99379                      | 170.4856            |
| CV (%) <sup>3</sup> |                   | 4,64                          | 5,74                          | 6,79                          | 31,09               |

<sup>1</sup>GL = Graus de Liberdade; <sup>2</sup>TRAT = Tratamento; <sup>3</sup> CV(%) = Coeficiente de variação.

\* Significativo pelo teste F (P<0,05).