

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**PESO CORPORAL E FITASE NA DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA  
DO FÓSFORO NO FARELO DE ARROZ INTEGRAL PARA SUÍNOS**

**TESE DOUTORADO**

**Walter Lucca**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2014**



**PESO CORPORAL E FITASE NA DIGESTIBILIDADE  
VERDADEIRA DO FÓSFORO NO FARELO DE ARROZ  
INTEGRAL PARA SUÍNOS**

**WALTER LUCCA**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal - Nutrição de monogástricos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Zootecnia.**

**Orientador: Prof. Dr. Irineo Zanella**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2014**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Lucca, Walter

PESO CORPORAL E FITASE NA DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA DO FÓSFORO NO FARELO DE ARROZ INTEGRAL PARA SUÍNOS / Walter Lucca.-2014.

129 p.; 30cm

Orientador: Irineo Zanella

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, RS, 2014

1. Nutrição 2. Fitato 3. Perdas endógenas 4. Enzimas 5. Suiocultura I. Zanella, Irineo II. Título.

---

© 2014

Todos os direitos autorais reservados a Walter Lucca.. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: walter\_lucca@hotmail.com

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese**

**PESO CORPORAL E FITASE NA DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA  
DO FÓSFORO NO FARELO DE ARROZ INTEGRAL PARA SUÍNOS**

elaborada por  
**Walter Lucca**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Zootecnia**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Vladimir de Oliveira, Dr.**  
(UFSM)

---

**Rafael Lazzari, Dr.**  
(CESNORS – UFSM)

---

**Carlos Augusto Rigon Rossi, Dr**  
(UFSM)

---

**Berilo de Souza Brum Junior, Dr.**  
Instituto Federal Farroupilha (IFF)

---

**Irineo Zanella, Dr.**  
(Presidente/Orientador) (UFSM)

Santa Maria, 04 de julho de 2014.



## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me dar força, saúde e tranquilidade, permitindo assim, a realização desse trabalho.

A Universidade Federal de Santa Maria, particularmente ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Rurais da UFSM, que, mediante seus professores e funcionários tiveram participação direta na realização dessa tese.

Aos professores, alunos e colaboradores do Setor de Suinocultura pela ajuda e colaboração na execução dos trabalhos.

Ao Instituto Federal do Rio Grande do Sul - Campus Sertão - RS, pela oportunidade e incentivo na busca de novos desafios.

A empresa “Mig-Plus” nas pessoas do Sr. Lanes Tadeu Migliavaca e Sr. Carlos Berretta que se colocaram à disposição na execução do experimento em apoio à pesquisa doando parte dos insumos para êxito do mesmo.

A empresa de beneficiamento de arroz “Primo Berleze & Cia Ltda” pela doação do farelo de arroz integral.

Ao “Colégio Politécnico da UFSM” pelo empréstimo dos animais usados nos experimentos.

A “Nutrifarma” pela doação do antioxidante.

Aos alunos da pós-graduação, técnicos, bolsistas do Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da UFSM, pela ajuda na execução das análises Bromatológicas.





## **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

A Liciane Schardong Lucca, pessoa especial em minha vida, de quem o apoio foi fundamental, obrigado por tanto tempo de carinho, amizade, pelo dia a dia e pelo companheirismo incondicional.

Aos meus filhos Matheus e Vivian, que sentiram a minha ausência mesmo estando junto a eles, o meu amor, carinho e gratidão.

Ao amigo Prof. Dr. Paulo Alberto Lovatto, "*in memorium*" que deixou saudade pelo coleguismo, companheirismo, amizade, conhecimento e pelo incentivo a busca desse título, minha eterna gratidão.

Ao amigo e Prof. Dr. Irineo Zanella (Orientador) pela orientação, apoio, incentivo e pela grande amizade firmada.

Ao amigo e Prof. Dr. Vladimir de Oliveira (Coorientador) profissional que soube compreender as minhas angústias e em todos os momentos esteve presente não medindo esforços, sempre com uma palavra incentivadora, elevando minha auto-estima para que eu tivesse êxito nesse trabalho.

Aos colegas Marcos Speroni Ceron, Bruno Neutzling Fraga e Débora Aline Alves pela cooperação na execução dos trabalhos, companheirismo, colegas que se colocaram sempre à disposição em todos os momentos.



## RESUMO

Tese Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Universidade Federal de Santa Maria

### **PESO CORPORAL E FITASE NA DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA DO FÓSFORO NO FARELO DE ARROZ INTEGRAL PARA SUÍNOS**

Autor: Walter Lucca  
Orientador: Irineo Zanella  
Local e Data da Defesa: Santa Maria, 04 de julho de 2014.

Dois estudos foram conduzidos no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, com o objetivo de determinar o efeito do peso vivo e da fitase na digestibilidade total verdadeira (DTVP) e perdas endógenas de fósforo (PETP) do farelo de arroz integral (FAI), através da técnica de regressão linear. Utilizaram-se 24 suínos castrados, sendo 12 animais com  $13 \pm 1$  kg e 46 dias de idade e 12 animais com  $57 \pm 2,5$  kg e 86 dias de idade. Os animais foram distribuídos em seis tratamentos, que consistiram de dietas formuladas com três níveis (5, 10 e 20%) de FAI e dois níveis de fitase (0 e 750 FTU/kg<sup>-1</sup>). Foram utilizadas dietas semipurificadas com inclusão de plasma sanguíneo (Ps) como fonte de aminoácidos e relação Ca:P de 2:1. O óxido férrico foi utilizado como marcador fecal. Os experimentos foram conduzidos em três períodos (blocos) de 12 dias, sendo 7 dias destinados à adaptação e 5 dias destinados à coleta total de fezes. A quantia total de ração fornecida foi calculada com base no menor consumo e fornecida em quatro refeições diárias, enquanto a água foi disponibilizada à vontade. Entre cada período de 12 dias foi fornecida uma dieta formulada para atender as necessidades nutricionais dos animais. Os suínos foram alojados em 24 gaiolas de metabolismo ajustáveis de acordo com o peso corporal. A temperatura ambiente foi mantida em 22°C, utilizando-se condicionadores de ar. As variáveis foram submetidas à análise de variância utilizado no modelo o efeito do bloco, animal, tratamentos e as interações. O peso médio na fase de creche não sofreu alteração em relação à fitase e ao FAI. Já a matéria seca ingerida  $MS_I$  (g/d), matéria seca excretada (g/d) e matéria seca digestível (%), fósforo ingerido  $P_I$  (g/d), fósforo excretado (g/d), fósforo absorvido (g/d) foram significativo aos níveis de FAI, enquanto o fósforo digestível (%) foi significativo a fitase e farelo de arroz integral. A DTVP e PETP no FAI com e sem adição da fitase resultaram (47,51% e 425,2 mgP/kg $MS_I$ ,  $R^2 = 91,0\%$ ) e (34,39% e 461,1mgP/kg $MS_I$ ,  $R^2 = 97\%$ ), respectivamente. A adição da fitase reduziu a excreção de P na dieta em 6,76% e no P oriundo do FAI em 38,46%. Na fase de crescimento não houve significância do peso vivo e  $MS_I$  (g/d) para fitase e FAI. A  $MS_E$  (g/d),  $MS_D$  (%) e  $P_I$  (g/d) e  $P_{Abs}$  (g/d) foram significativos ao FAI. O  $P_E$  (g/d) e  $P_D$  (%) foram influenciados significativamente pela fitase e farelo de arroz integral. A DTVP e PETP no FAI com e sem fitase resultaram (58,42% e 439,7 mgP/kg $MS_I$ ,  $R^2=92,4\%$ ) e (32,10% e 260,8 mgP/kg $MS_I$ ,  $R^2=93,2\%$ ), respectivamente. Houve redução do  $P_E$  com adição de fitase em 27,92% e com o P oriundo do FAI 36,25%. Concluiu-se que o uso de fitase em dietas

semipurificadas com adição de FAI promoveu redução da excreção fecal do fósforo em ambos os pesos estudados e, em decorrência, aumentou a DTVP. Entretanto, o efeito da fitase foi mais pronunciado nos suínos de maior peso corporal (38 versus 45%). Os níveis de P no soro sanguíneo não sofreram alteração nos períodos estudados para ambas as fases e o farelo de arroz integral é rico em P, sendo que grande parte desse encontra-se na forma de fitato com baixa digestibilidade, e a fitase tem papel significativo na disponibilização desse mineral, contribuindo no aumento do valor nutricional desse alimento.

**Palavras-chave:** Enzimas. Fitato. Nutrição. Perdas endógenas. Suinocultura.

## ABSTRACT

Doctoral Thesis  
Program of Post-Graduation in Animal Science  
Federal University of Santa Maria

### **BODY WEIGHT AND PHYTASE IN THE TRUE DIGESTIBILITY OF PHOSPHORUS IN RICE BRAN FOR PIGS**

Author: Walter Lucca

Adviser: Irineo Zanella

Place and Date of Defense: Santa Maria, July 4, 2014.

Two studies were carried out in the Department of Animal Science, Federal University of Santa Maria, with the objective of determining the effect of body weight and phytase on the total true digestibility (DTVP) and endogenous phosphorus loss (PEL) of rice bran (RB) using linear regression technique. The sample was composed of 24 castrated pigs, being 12 animals with  $13 \pm 1$  kg and 46 days old, and 12 animals with  $57 \pm 2.5$  kg and 86 days old. The animals were divided into six treatments consisted of diets with three levels (5, 10 and 20%) of RB and two levels of phytase (0 and 750 FTU/kg<sup>-1</sup>). Semi-purified diets were used with inclusion of blood plasma as a source of amino acids and Ca:P ratio of 2:1. Ferric oxide was used as a fecal marker. The experiments were conducted in three periods of 12 days each, being 7 days for adaptation and 5 days for total collection of feces. The total amount of feed was calculated based on the lowest consumption and provided in four meals a day, while water was *ad libitum*. Between each 12 day-period a diet was provided during three days to meet the nutritional requirements of the animals. Pigs were housed in 24 cages with adjustable metabolisms according to their body weight. The room temperature was maintained at 22°Celsius, using air conditioners. The variables were subjected to analysis of variance using the effect of period, animal, treatments and interactions in the model. The average weight in the piglets did not change in relation to the phytase and the RB. On the other hand, the intake of dry matter  $DM_I$ (g/d); excreted dry matter  $DM_E$ (g/d) and digestible dry matter  $DM_D$ (%); ingested phosphorus  $P_I$ (g/d); excreted phosphorus  $P_E$ (g/d) and absorbed phosphorus  $P_{Abs}$ (g/d) were significant by the level of RB and not significant the phytase, while the digestible the  $P_D$ (%) was significant for phytase and RB. The DTVP and EPL of RB with and without the addition of phytase resulted 47.51% and 425.2mgP/kg $DM_I$ ,  $R^2=91\%$  and 34.39% and 461.1 mgP/kg $DM_I$ ,  $R^2=97\%$ , respectively. The addition of phytase in the diet reduced 6.76% the P excretion and the P coming from the RB reduced 38.46%. In the growth phase, live weight and  $DM_I$ (g/d) the  $DM_E$ (g/d),  $DM_D$ (%) and  $P_I$ (g/d) and  $P_{Abs}$ (g/d) were significant for RB. The  $P_E$ (g/d) and  $P_D$ (%) were influenced significant by phytase and RB. The DTVP and EPL of RB with and without phytase resulted 58.42% and 439.7mgP/kg $DM_I$ ,  $R^2 = 92.4\%$  and 32.10% and 260.8mgP/kg $DM_I$ ,  $R^2 = 93.2\%$ , respectively. There was a reduction of the  $P_E$  with the addition of phytase in 27.92% and with the P coming from RB the reduction was 36.25%. The use of phytase in semi-purified diets with added RB promoted a reduction of fecal excretion of P in both studied weights and, consequently, there was

an increase in the DTVP. However, the effect of the enzyme was more pronounced in higher body weight of pigs (38 vs 45%). Phosphorus levels in serum did not change in the studied time periods for either phases and RB is rich in P. Much of this P is in the form of phytate with low digestibility, thus phytase has a significant role in providing this mineral, contributing in the increase of RB nutritional value.

**Key words:** Enzymes. Phytate. Nutrition. Endogenous losses. Swine.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Tese

Figura 1 - Liberação de fósforo do ácido fítico pela ação da fitase.....	34
Figura 2 - Estrutura do fitato. ....	35
Figura 3 - Estrutura do grão de arroz.....	40
Figura 4 - Representa o corte longitudinal do grão de arroz.....	41
Figura 5 - Efeito entre o peso vivo e fitase em relação à digestibilidade total verdadeira do fósforo nas diferentes fases de produção.....	95
Figura 6 - Relação entre $P_{Abs}(g/d)$ versus fitato ingerido(g/d) no farelo de arroz integral na fase de creche. ....	100
Figura 7 - Relação entre $P_{Abs}(g/d)$ versus fitato ingerido(g/d) no farelo de arroz integral na fase de crescimento.....	101

### Artigo I

Figura 1 - Perdas endógenas e coeficiente de digestibilidade verdadeira do P sem a adição da fitase para suínos em fase de creche. ....	59
Figura 2 - Perdas endógenas e coeficiente de digestibilidade verdadeira do P com a adição da fitase para suínos em fase de creche. ....	60

### Artigo II

Figura 1 - Perdas endógenas de P e coeficiente de digestibilidade verdadeira do P no FAI sem a adição da fitase para suínos em crescimento. ....	81
Figura 2 - Perdas endógenas de P e coeficiente de verdadeira do P no FAI com a adição da fitase para suínos em crescimento. ....	81





## LISTAS DE TABELAS

### Tese

Tabela 1 - Valores de fósforo total ( $P_{Total}$ ) fósforo fítico ( $P_{Fítico}$ ) e fósforo disponível ( $P_{disp}$ ), Atividade intrínseca em ingredientes utilizados em rações. ....	38
Tabela 2 - Composição bromatológica e valores energéticos do farelo de arroz na alimentação de suínos e aves (%) na matéria natural.....	43
Tabela 3 - Valores de $P_{Total}(\%)$ , $P_{Fítico}$ no $P_{Total}(\%)$ , $P_{Fítico}(\%)$ e Atividade intrínseca (FTU)no Farelo de arroz integral. ....	90
Tabela 4 - Médias de Digestibilidade Total Verdadeira P (%) e Perdas Endogenas Total P (mgP/kgMS <sub>I</sub> ) e Erro padrão no Farelo de Arroz Integral nas fases creche e crescimento. ....	94
Tabela 5 - Quantidade de Farelo de Arroz Integral na dieta para atender as exigências de P(%) de acordo com a digestibilidade(%) conforme o peso vivo (kg).....	96
Tabela 6 - Percentual de exigências de P(%) atendidas pelos níveis de Farelo de Arroz Integral de acordo com a digestibilidade.....	96
Tabela 7 - Produção de fezes, Matéria :Seca Ingerida (MS <sub>I</sub> ) e matéria seca excretada (MS <sub>E</sub> ), Coeficiente de Matéria Seca Digestível (CMS <sub>D</sub> ) e Coeficiente de Matéria Orgânica da Dieta (CMO <sub>D</sub> ). ....	99
Tabela 8 - Médias e valores do P no soro sanguíneo (mg/dL) para suínos nas fases de creche e crescimento.....	100

### Artigo I

Tabela 1 - Composição das dietas experimentais.....	49
Tabela 2 - Balanço de fósforo para suínos em creche, alimentados com dietas contendo fitase e farelo de arroz integral. ....	53
Tabela 3 - Balanço de fósforo oriundo do FAI em suínos em creche alimentados com dietas contendo fitase e farelo de arroz integral. ....	56

### Artigo II

Tabela 1 - Composição das dietas experimentais.....	71
Tabela 2 - Balanço de fósforo para suínos em crescimento, alimentados com dietas contendo fitase e FAI. ....	75
Tabela 3 - Balanço de fósforo oriundo do FAI em suínos em crescimento alimentados com dietas contendo fitase e farelo de arroz integral.....	78



## LISTAS ABREVIATURAS

AF	Ácido Fóico
ATP	Trifosfato de Adenosina
Ca	Cálcio
Ca : P	Relação Cálcio e Fósforo
CD	Coeficiente de Digestibilidade
CDAP	Coeficiente de Digestibilidade Aparente do Fósforo
CDVP	Coeficiente de Digestibilidade Verdadeira do Fósforo
CDMS	Coeficiente de Digestibilidade da Matéria Seca
CDMO	Coeficiente de Digestibilidade da Matéria Orgânica
CMSD	Coeficiente da Matéria Seca Digestível
CMOD	Coeficiente da Matéria Orgânica Digestível
DTAP	Digestibilidade Total Aparente do Fósforo
DTVP	Digestibilidade Total Verdadeira do Fósforo
EE	Extrato Etéreo
FAI	Farelo de Arroz Integral
FTU	Quantidade de enzima que libera 1micro mol de fósforo inorgânico do fitato de sódio em um minuto em temperatura de 37°C, pH 5,5.
FB	Fibra Bruta
FDA	Fibra Detergente Ácida
FDN	Fibra Detergente Neutra
MM	Matéria Mineral
MM <sub>I</sub>	Matéria Mineral Ingerida
MM <sub>E</sub>	Matéria Mineral Excretada
MM <sub>Abs</sub>	Matéria Mineral Absorvida
MM <sub>D</sub>	Matéria Mineral Digestível
MO <sub>I</sub>	Matéria Orgânica Ingerida
MO <sub>E</sub>	Matéria Orgânica Excretada
MO <sub>Abs</sub>	Matéria Orgânica Absorvida
MO <sub>D</sub>	Matéria Orgânica Digestível
MS <sub>I</sub>	Matéria Seca Ingerida

MS <sub>E</sub>	Matéria Seca Excretada
MS <sub>D</sub>	Matéria Seca Digestível
MS <sub>Abs</sub>	Matéria Seca Absorvida
MS <sub>Total</sub>	Matéria Seca Total
NRC	National Research Council
PEP	Perdas Endógenas de Fósforo
PETP	Perdas Endógenas Total de Fósforo
PB	Proteína Bruta
PNA	Polissacarídeos Não Amiláceos
P	Fósforo
P <sub>I</sub>	Fósforo Ingerido
P <sub>E</sub>	Fósforo Excretado
P <sub>Abs</sub>	Fósforo Absorvido
Ps	Plasma sanguíneo
P <sub>D</sub>	Fósforo Digestível
PTH	Hormônio da Paratireóide (paratormônio)
P <sub>Fítico</sub>	Fósforo Fítico
P <sub>Disp</sub>	Fósforo Disponível
P <sub>Total</sub>	Fósforo Total
VIT D	Vitamina D
U	Umidade

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A - Protocolo na quantificação do ácido fóico. ....	117
Anexo B - Gaiolas de digestibilidade para animais em fase de creche.....	119
Anexo C - Animais nas gaiolas de digestibilidade na fase de creche. ....	120
Anexo D - Sala de digestibilidade para as fases de crescimento e terminação ....	121
Anexo E - Animais em gaiolas de metabolismo na fase de crescimento. ....	122
Anexo F - Balanças utilizadas nos experimentos. ....	123
Anexo G - Quantificação do ácido fóico. ....	124
Anexo H - Controle de peso de alimento conforme tratamentos.....	125
Anexo I - Equipamentos para controle de temperatura ambiente.....	126
Anexo J - Coleta de fezes com presença de marcador fecal. ....	127
Anexo K - Estufa para determinação da matéria parcialmente seca a 60°C.....	128
Anexo L - Parecer da Comissão de Ética no Uso de Animais - UFSM.....	129



## SUMÁRIO

<b>CAPITULO I</b> .....	<b>17</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>25</b>
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>27</b>
2.1 Fósforo (P) .....	27
2.2 Digestibilidade Total Aparente e Verdadeira .....	28
2.3 Fósforo endógeno e perdas endógenas.....	29
2.4 Análise de Regressão .....	32
2.5 Fitase e Ácido fítico .....	32
2.6 Cálcio e Fósforo .....	38
2.7 Farelo de Arroz Integral (FAI).....	40
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>45</b>
<b>ARTIGO I</b> .....	<b>45</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>45</b>
<b>DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA E PERDAS ENDÓGENAS DE FÓSFORO PARA LEITÕES EM CRECHE</b> .....	<b>45</b>
ABSTRACT .....	46
INTRODUÇÃO .....	47
MATERIAL E MÉTODOS.....	47
RESULTADO E DISCUSSÃO .....	52
CONCLUSÕES .....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63
<b>ARTIGO II</b> .....	<b>67</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>67</b>
<b>DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA E PERDAS ENDÓGENAS DE FÓSFORO PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO</b> .....	<b>67</b>
ABSTRACT .....	68
INTRODUÇÃO .....	69
MATERIAL E MÉTODOS.....	70
RESULTADO E DISCUSSÃO .....	74
CONCLUSÕES .....	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	85
<b>CAPITULO III</b> .....	<b>89</b>
<b>DISCUSSÃO GERAL</b> .....	<b>89</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>103</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>115</b>





# CAPITULO I

## INTRODUÇÃO

Na suinocultura existe a consciência da necessidade de maximizar a produtividade, minimizar os custos, proteger o meio ambiente e garantir o bem-estar animal. Isso faz com que nutricionistas busquem alternativas de incluir nas formulações alimentos de menor custo e que atendam as exigências nutricionais.

O mineral P em rações para suínos recebe atenção especial na nutrição de suínos, pois desempenha inúmeras funções no organismo. Atua na formação e mineralização da matriz orgânica do osso, deposição de energia na forma de ATP no tecido muscular, componente dos ácidos nucléicos e fosfolipídios essenciais no crescimento junto com outros elementos (FAN et al., 2001), também participa na manutenção da pressão osmótica, equilíbrio ácido-básico, integridade da membrana celular e é necessário para maior deposição de tecido magro (SARAIVA et al., 2009).

A baixa digestibilidade do P nos alimentos de origem vegetal faz com que grande parte do  $P_i$  seja liberada nas fezes (pouca seja aproveitada) e que haja necessidade de inclusão de níveis elevados de fósforo (BÜNZEN et al., 2008).

A disponibilidade é uma das formas de expressar o P útil nos alimentos e é definida como a quantia de P que é absorvida e depositada pelo animal. Outra medida utilizada para expressar o conteúdo de P em ingredientes usados em dietas de suínos é a digestibilidade, que quantifica o desaparecimento digestivo de fósforo. Na prática, a digestibilidade vem sendo usada como medida de disponibilidade do fósforo em alimentos para suínos (ROSTAGNO et al. 2011; NRC, 2012).

A digestibilidade total ou fecal pode ser denominada de aparente ou verdadeira, sendo que os valores de digestibilidade verdadeira são mais adequados na utilização em formulações de rações para suínos, pois as perdas endógenas gastrointestinais de P são determinadas (FAN et al., 2001).

Existem diferentes métodos que podem ser empregados para determinar a digestibilidade aparente e as perdas endógenas de nutrientes (ADEOLA et al., 2006). Um desses é utilizando coleta total de fezes.

Outra maneira na determinação da digestibilidade é a técnica de análise de regressão linear considerada uma ferramenta na determinação de valores de digestibilidade verdadeira considerando os ingredientes da ração, perdas de P nas fezes, entradas dietéticas de P total e perdas endógenas de P (SHEN et al., 2002). Nessa metodologia, dietas com teores crescentes de fósforo, oriundos apenas do ingrediente teste e em quantidade abaixo das exigências nutricionais são fornecidas aos animais. Assim, a relação linear entre o fósforo ingerido e o fósforo absorvido é calculado, e as perdas endógenas obtidas são determinadas pelo intercepto da equação de regressão (FAN et al., 2001). Tanto as perdas endógenas como a digestibilidade verdadeira são obtidas.

Na busca de melhorar o valor nutricional dos alimentos e melhor aproveitamento do P presente nos alimentos para animais monogástricos utiliza-se a enzima fitase, cuja ação resulta em melhor aproveitamento do P, reduzindo o teor de fósforo e nitrogênio nas excreções fecais e urinárias com redução da suplementação do P inorgânico (SANTOS et al., 2008).

Com relação ao efeito do peso corporal na digestibilidade aparente e quantidade de perdas endógenas de P há poucos estudos na literatura científica. No entanto, existem vários fatores que influenciam nas perdas endógenas e estudos indicam que coeficientes de digestibilidade total dos nutrientes aumentam com o crescimento do peso vivo, porém, a magnitude do efeito do peso corporal depende também das características químicas da dieta, especialmente do teor de fibra e fatores antinutricionais (NOBLET et al., 2002).

O objetivo do estudo foi determinar a digestibilidade verdadeira e perdas endógenas de fósforo pelo método de coleta total de fezes através da técnica de regressão linear. Também se avaliou o efeito da fitase sobre a digestibilidade e perdas endógenas do P nas dietas com diferentes níveis de farelo de arroz integral para suínos nas fases de creche e crescimento.

# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 2.1 Fósforo (P)

O fornecimento de P na dieta pode ser na forma inorgânica como mono, di e trifosfato ou na forma orgânica como fitatos, fosfolipídeos ou fosfoproteínas. A absorção ocorre no intestino delgado dos monogástricos na forma de ortofosfato por difusão simples seguido de gradiente de concentração ou transporte ativo na dependência de vitamina D e sódio. A taxa de absorção depende de fatores como pH, viscosidade intestinal, nível de disponibilidade de P dietético, presença de vit D, relação Ca:P, presença de minerais como ferro, alumínio, magnésio e manganês (PIZZOLANTE, 2000).

O P está envolvido nas funções de crescimento, diferenciação celular, componente dos ácidos nucleicos (DNA e RNA), formação dos fosfolipídios, presente na membrana plasmática, equilíbrio ácido-básico e osmótico (GONZÁLES & SILVA, 2003).

Grande parte do P orgânico presente nas rações para suínos está complexado em uma molécula orgânica chamada fitato. Assim grande parte desse P passa pelo trato digestório dos animais monogástricos sem ser digerido, aumentando o P das fezes e contribuindo com a poluição ambiental.

Normalmente uma fonte de P inorgânico, que possui uma maior disponibilidade e digestibilidade é adicionada em dietas para suínos em crescimento. O P inorgânico, portanto, compensa a baixa disponibilidade e digestibilidade do P encontrado em fontes de alimentos vegetais (PETERSEN et al., 2011).

Por outro lado, dietas com baixo P ocasionam alterações no metabolismo que permitem a secreção de substâncias que promovem a otimização da absorção do P intestinal. A vitamina D é uma das substâncias responsáveis em permitir aumento na absorção do P no intestino. Além da ação intestinal também proporciona a reabsorção do P nos túbulos renais como forma de adaptação à escassez de P dietético. Portanto, os níveis plasmáticos de P e Ca são regulados pelo hormônio da paratireóide e calcitonina. O PTH aumenta o Ca e reduz o P plasmático, aumenta a excreção do fosfato urinário, e a calcitonina exerce efeito antagônico, inibindo a reabsorção óssea do Ca e P (GANONG, 1977).

De acordo com Rostagno et al. (2011), os níveis de exigências de  $P_{\text{Total}}$  e  $P_{\text{Disp}}$  para suínos machos com alto potencial genético com médio desempenho variam conforme o peso vivo: peso de 15 a 30 kg -  $P_D$  0,351%,  $P_{\text{Disp}}$  0,363%; de 30 a 50 kg -  $P_D$  0,302%,  $P_{\text{Disp}}$  0,311%; de 50 a 70kg -  $P_D$  0,248%,  $P_{\text{Disp}}$  0,250%; de 70 a 100kg -  $P_D$  0,230%,  $P_{\text{Disp}}$  0,230%; de 100 a 120kg -  $P_D$  0,216%,  $P_{\text{Disp}}$  0,215%.

O  $P_{\text{Total}}$  representa o fósforo dos alimentos nas diferentes formas, o P digestível é a parte que desaparece durante a passagem do alimento pelo trato digestório quando se mede a ingestão menos a excreção, mas conhecer a disponibilidade do P presente nos ingredientes é de grande importância para que possamos suplementá-lo adequadamente, permitindo, assim, que os suínos e aves tenham um desenvolvimento eficiente e econômico. Todavia, quando o fósforo disponível dos alimentos foi considerado, houve uma economia média de 9,5% de fosfatos, reduzindo, desta forma, o custo das rações experimentais. (BELLAVÉR et al., 1984).

## 2.2 Digestibilidade Total Aparente e Verdadeira

A digestibilidade *in vivo* da dieta é medida tradicionalmente pelo uso da coleta total de fezes, pela utilização de gaiolas metabólicas com dispositivo para separação de urina e fezes, sem contaminação. Apesar de ser um método simples, pode ser considerado oneroso e trabalhoso (SILVA & LEÃO, 1979).

Durante a passagem do alimento pelo trato digestório, consideráveis quantidades de proteínas endógenas são adicionadas na forma de secreções digestivas e células de descamação. As proteínas secretadas são em parte digeridas e absorvidas no intestino delgado. No entanto uma porção dessas proteínas atinge o íleo, criando uma discrepância entre os valores de DTAP e DTVP (RIVEST et al., 2000). A DTAP utiliza uma metodologia prática e rápida e menos onerosa para determinar a digestibilidade de minerais dos alimentos, através da condução de ensaios em gaiolas de metabolismo. No entanto, a avaliação da disponibilidade em ensaios de crescimento demanda maior tempo, maior número de animais, além do sacrifício para avaliar a deposição do mineral nos tecidos.

Alguns estudos utilizam os termos digestibilidade e disponibilidade dos nutrientes erroneamente como sinônimos. A digestibilidade é a medida do

desaparecimento de nutriente durante sua passagem pelo trato digestório e não como sua absorção, uma vez que este nutriente pode ser destruído ou modificado pela ação dos microrganismos em alguns locais do trato digestório ou metabolizado pelas paredes do mesmo (BÜZEM et al., 2008).

No entanto, Sakomura & Rostagno (2007), relatam que a disponibilidade inclui os processos de digestão, absorção e metabolismo sendo definida como a quantidade digerida, absorvida e utilizada no metabolismo pelo animal.

Por outro lado, a determinação de digestão e absorção do P ainda é desafiada e confundida pela presença do P endógeno gastrointestinal. Sem uma correção das perdas endógenas, os valores referem-se a DTAP devido à falta de uma técnica válida para a quantificação das perdas endógenas de P. Três questões primordiais enfrentam o uso de valores de DTAP na formulação da dieta: a) valores de DTAP são muito variáveis dentro dos mesmos ingredientes. b) os valores de DTAP subestimam a utilização DTVP. c) os valores de DTAP são medidos em ingredientes de alimentos individuais e nem sempre são aditivos. Assim, é essencial determinar as perdas endógenas gastrintestinais de P em valores de DTVP em ingredientes de rações para suínos.

Dessa forma, a utilização de dietas semipurificadas com baixos níveis de proteína ou isentas de proteína possibilita estimar a quantidade de substâncias endógenas. Assume-se que essa fração endógena excretada seja constante e que o valor para a excreta no balanço aparente pode ser corrigido para cálculo da digestibilidade verdadeira (LAPLACE, 1996). Entretanto, o fornecimento de uma dieta sem nenhuma fonte de proteína promove um comportamento fisiológico do organismo animal, tanto na síntese enzimática como protéica diferente do observado em animais alimentados com dieta contendo alguma fonte protéica.

### **2.3 Fósforo endógeno e perdas endógenas**

Os minerais no trato gastrointestinal provêm de duas fontes: a exógena, como água e alimentos, e a endógena representada pelas secreções e células de descamação. Quando se mede a diferença entre ingestão e excreção de fósforo obtém-se a assimilação aparente. A absorção real ou disponibilidade biológica é determinada quando se conhece o conteúdo endógeno.

O fósforo endógeno resulta principalmente da secreção dentro do trato digestório sendo oriundo das glândulas salivares (BREVES & SCHRÖDER, 1991), suco gástrico, pancreático, fluido biliar e intestinal (OETZEL, 1988), descamações, restos celulares, enzimas e sucos digestivos Shen et al. (2002), Louvandini, (1995), estes são responsáveis apenas por pequena quantidade do P inorgânico secretado.

A excreção endógena fecal é um mecanismo fisiológico importante no controle da excreção do excesso de fósforo no organismo dos animais (BRAITHWAITE, 1985).

Moreira et al. (2002), afirmaram que o aumento da excreção do fósforo endógeno no trato gastrointestinal é seguido pelo aumento do fósforo endógeno reabsorvido para o plasma.

Há poucos estudos na literatura científica com relação ao metabolismo mineral em suínos quando se considera perdas endógenas de fósforo. Exigências nutricionais são difíceis de ser incluída em formulações de rações balanceadas, econômicas que garantam níveis de produções e lucratividade. Para atender às exigências dos animais é necessário determinar as perdas endógenas, que estão relacionadas ao fluxo da matéria seca ingerida e aos processos metabólicos.

As perdas endógenas são parte integrante da avaliação biológica do alimento, e devem ser incorporadas na avaliação do requisito nutricional, uma vez que, no caso dos minerais, o requisito representa a resposta líquida da fisiologia do suíno (FERNANDEZ, 1995b).

Conforme Lopes et al. (1999), a quantidade média de P endógeno fecal excretado pelos animais é de 4,27 mgP/kg de peso vivo/dia, e pode ser considerada como mínima, uma vez que não é influenciado pelos níveis de P dietético, representando assim as perdas fecais. Além das perdas fecais há perdas urinárias, cujo valor é de 1,43 mgP/kg de peso vivo/dia do P no nível zero de consumo. Esses autores relataram que as perdas endógenas das fezes representam a resposta fisiológica dos animais às várias condições de consumo, e essas perdas devem ser consideradas como parte integral da avaliação dos alimentos e necessidades nutricionais. Assim, 23,92 mgP/kg de peso vivo/dia representa a quantidade mínima de P que o animal deve absorver para suprir as perdas endógenas (LOPES et al., 1999).

A digestibilidade total aparente de fósforo (DTAP), por sua vez subestima o real aproveitamento do fósforo pelos animais por não contemplar as perdas de fósforo endógeno, que ocorrem devido metabolismo do animal.

As perdas endógenas podem ser divididas em dois componentes principais: perda basal e específica. As perdas endógenas basais ou não específicas são independentes das dietas e representam a quantidade mínima de perdas inevitáveis pelos animais, e essas perdas estão relacionadas ao fluxo de matéria seca do alimento pela área digestiva ou do estado metabólico do animal, portanto não são influenciadas pelas dietas (RIBEIRO, 2009).

A determinação de perda endógena basal geralmente é feita através do uso de dieta isenta de fósforo, e é expressa em g/kg de  $MS_i$  Sakomura & Rostagno (2007).

As perdas endógenas específicas ou perdas dependentes dos alimentos, são influenciadas pela composição dos ingredientes da dieta, são induzidas pelas características específicas dos alimentos e contribuem com mais de 50% das perdas endógenas totais. Vários são os fatores que podem influenciar na quantidade de proteínas e aminoácidos endógenos excretados pelos animais, como teor de fibras, gordura e fatores antinutricionais. A ingestão da matéria seca, o peso e a idade do animal também afetam as perdas endógenas (FAN et al., 2001).

Para Séve et al. (1999) sugeriram que quando a  $MS_i$  estiver abaixo de 70 g/kg de peso metabólico ( $kg^{0.75}$ ), o fluxo endógeno não será proporcional a ela. Eles constataram que o peso corporal de suínos foi afetado sobre o nitrogênio ileal e perdas de aminoácidos em g/kg de  $MS_i$ , assim determinaram que as perdas endógenas basais são proporcionais ao total de  $MS_i$  na alimentação e dessa forma são expressas por g/kg de  $MS_i$ .

Séve et al. (1999) observaram através de seus experimentos, não haver efeito do peso corporal sobre a perda endógena basal quando essa são expressas em g/dia, e a resposta no nível alimentar foi indiferente ao peso corporal, mas quando as perdas foram expressas em kilograma de matéria seca o efeito do peso corporal foi alto e as interações com o nível alimentar foram significativas. As perdas endógenas basais em relação ao peso corporal de suínos com pesos de 45 e 70 kg determinadas com proteína livre nas dietas expressas em gramas/kg de  $MS_i$  mostraram pequena variação (SAUER et al., 1997).

## 2.4 Análise de Regressão

Os métodos usados para determinar as necessidades nutricionais dos animais monogástricos têm sido métodos de dose-resposta, o qual determina as exigências com base na resposta do desempenho dos animais alimentados com níveis crescentes nas dietas. A exigência de um nutriente pode ser definida pela quantidade do mesmo a ser fornecida na dieta para atender as necessidades em condições de um ambiente compatível com a boa saúde e desempenho dos animais.

Para Sakomura & Rostagno (2007), a resposta de desempenho é uma função linear do consumo do nutriente *versus* ganho de peso, dessa forma o modelo linear assume que todos os indivíduos são iguais e possuem as mesmas exigências, portanto, esse método evita excessos e permite formulações que atendam a todos os indivíduos proporcionando melhor resposta aos animais e dietas mais econômicas.

De acordo com Shen et al. (2002) a técnica de análise de regressão é válida para a determinação dos valores da DTVP bem como as perdas endógenas do P pelas fezes. Os mesmos autores constataram que o intestino grosso não desempenha papel importante na utilização digestiva, quer exógena ou endógena do P em suínos em crescimento. Portanto, P em dietas é em grande parte responsável pela grande variabilidade na DTAP em relatos na literatura.

A técnica de análise de regressão usando as relações lineares entre a perda fecal de mineral nas fezes e o consumo tem sido desenvolvida e usada para determinar as perdas endógenas de minerais a valores de digestibilidade verdadeiros nos ingredientes de alimentos para suínos (FAN et al., 2001).

## 2.5 Fitase e Ácido fítico

As enzimas são em sua grande maioria proteínas globulares de estrutura terciária ou quaternária, que agem como catalisadores biológicos aumentando a velocidade das reações químicas no organismo. Na forma comercial, as mesmas são geralmente provenientes de bactérias do gênero *Bacillus* sp., fungos do gênero *Aspergillus* sp., e leveduras (FIREMAN & FIREMAN, 1998). Portanto, os



microrganismos são a principal fonte de enzimas exógenas produzidas industrialmente, por meio de culturas aeróbicas, sendo derivadas de fermentações.

A utilização de enzimas na alimentação de suínos vem sendo bastante pesquisada, buscando incorporar às rações, matérias-primas de menor custo, melhorar o aproveitamento das existentes bem como diminuir o potencial de impacto ambiental dos dejetos. São altamente específicas para os substratos, tendo as enzimas digestivas um sítio ativo que permite sua atuação na ruptura de uma determinada ligação química, sob condições favoráveis de temperatura, pH e umidade (PENZ, 1998). As enzimas, referindo-se aos monogástricos, são divididas em dois grupos: as endógenas que são sintetizadas pelo próprio organismo, e as exógenas que não são secretadas porque o código genético destes animais não dispõe da indicação para sua síntese (SOTO-SOLANOVA, 1996) sendo produzidas por bactérias, lactobacilos e fungos. Nestas podem ser citadas: celulase, hemicelulase, pentosanase,  $\beta$ -glucanase, xilanase, galactosidase, fitase e pectinase. A enzima fitase é adicionada as dietas de suíno para liberar os nutrientes ligados ao fitato, aumentando a disponibilidade de P para o animal. A adição de fitase nas dietas reduz a excreção do P nas fezes de 20 a 30% e aumenta a disponibilidade de outros nutrientes, tais como minerais (cálcio, zinco, cobre), proteínas e aminoácidos e energia. Esta enzima é produzida industrialmente pelos fungos *Aspergillus níger*, *Aspergillus ficcum*, por intermédio de técnicas de recombinação de DNA. O potencial da enzima é influenciado pelo nível da dieta de fósforo total e disponível (incluindo o fósforo fítico), pela quantidade de fitase suplementada, pelo nível de Vit D e pela relação Ca:P (LUDKE et al., 2000). A enzima fitase (mio-inositol hexafosfato fosfohidrolase) é uma fosfatase que catalisa a hidrólise do ácido fítico a fosfato de inositol, myo-inositol e fósforo inorgânico (JONGBLOED et al., 1994; PETERSEN et al., 2001), conforme pode ser visto na Figura 1.

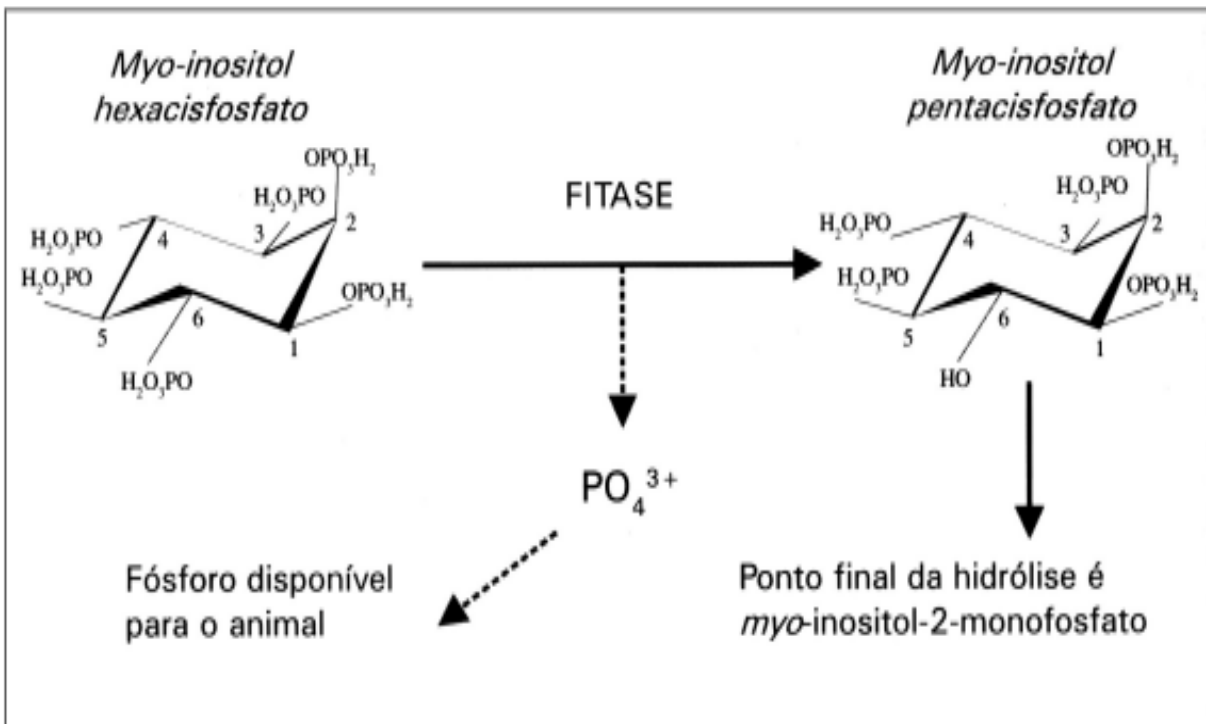


Figura 1– Liberação de fósforo do ácido fítico pela ação da fitase.  
Fonte – Petersen et al. (2001).

Ácido fítico (mio-inositol hexafosfato, IP6), é uma molécula cíclica simples que carrega seis fosfatos. Os sais do ácido fítico são descritos como fitato. Em ingredientes vegetais, a maior parte do P é encontrada como fósforo fítico. O fósforo na forma de fitato, em geral, não é biodisponível para os animais não ruminantes devido à falta da enzima digestiva fitase, que é requerida para separar o fósforo da molécula de fitato.

A Figura 2 mostra a estrutura do fitato, formando complexos com nutrientes da dieta e a posição de ação da fitase onde ocorre a hidrólise do fosfato.

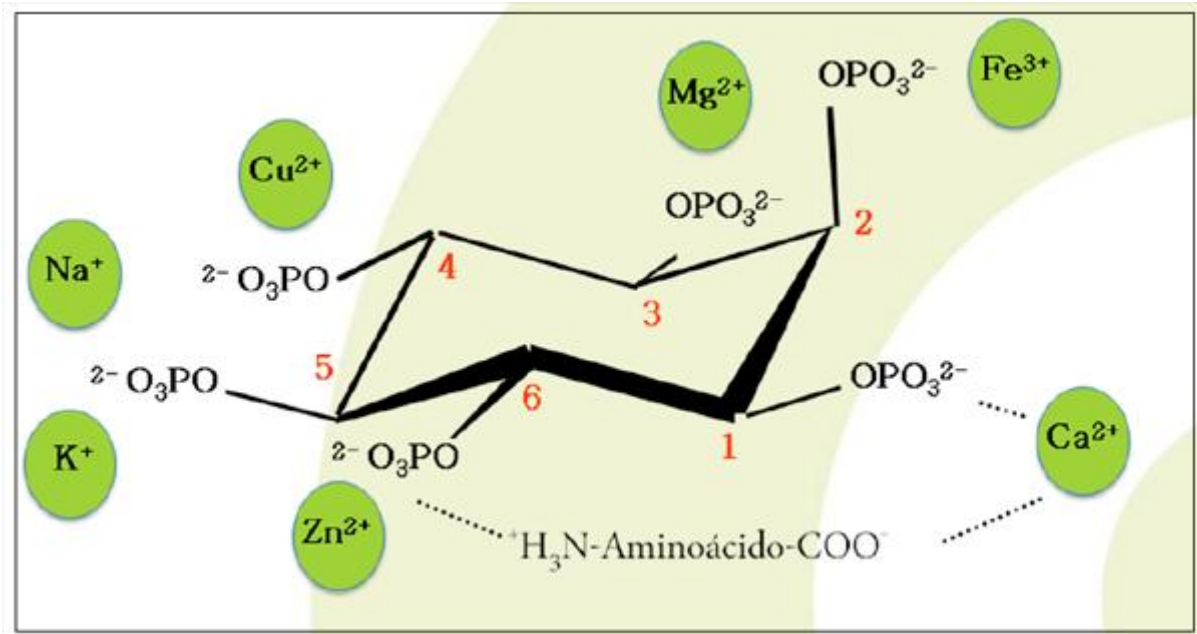


Figura 2 – Estrutura do fitato.  
Fonte – Dari & Shiroma, (2012).

A fitase, quando adicionada às rações atua nas ligações do grupo fosfato liberando o fósforo e outros minerais, que fazem parte dessa molécula. A maioria do fósforo nos grãos de cereais está na forma do complexo orgânico fitato. De acordo com Lehninger (1993), o fitato ou fósforo fítico é a designação dada ao fósforo, que faz parte da molécula do ácido fítico (hexafosfato de inositol) encontrado nos vegetais. O ácido fítico ou mio-inositol hexafosfato, (C<sub>6</sub>H<sub>18</sub>O<sub>24</sub>P<sub>6</sub>) é um componente natural de todas as sementes, constituindo de 1% a 3% do peso nas leguminosas e cereais, o que responde por 60% a 90% do fósforo total e entorno de 28,2% de P inorgânico (ROSTAGNO et al., 2011).

Conforme Moreira et al. (2003) que estudaram a biodisponibilidade e as perdas endógenas mínimas de P em dietas com níveis crescentes de fitase e perceberam melhor aproveitamento do P fítico com o nível de 759 FTU/kg<sup>-1</sup> para suínos.

Uma FTU representa a quantidade de enzima que libera 1 micro mol de fósforo inorgânico do fitato de sódio em um minuto, em condições padrão, determinada num substrato fitato a temperatura de 37°C e pH 5,5. A atividade específica é entendida como sendo a atividade por unidade de peso da proteína, no entanto, a atividade catalítica não se refere ao peso e nem a quantidade de enzimas.

Os animais monogástricos não sintetizam a enzima fitase, tendo como consequência a baixa eficiência do aproveitamento do fósforo de origem vegetal, uma vez que apenas 25 a 30% desse mineral ficam disponíveis ao organismo (MOREIRA et al., 2004).

De acordo com Rodehutscord (2001), um dos principais contribuintes para a variação na digestibilidade do P é o teor de ácido fítico em sementes e subprodutos. O P ligado com o ácido fítico só pode ser absorvido após a hidrólise, que conta com a enzima fitase, não fornecida por tecidos intestinais. Alimentos ricos em ácido fítico e com baixa atividade de fitase intrínseca apresentam portanto, baixa digestibilidade do fósforo.

A atividade intrínseca da fitase é muito reduzida na mucosa intestinal em suínos, essa atividade endógena somente é capaz de hidrolizar as moléculas intermediárias do inositol fosfato com escassos íons de ortofosfato dando lugar ao inositol livre (KEMME et al., 1998). O conteúdo digestivo do estômago e intestino dos suínos e aves possui escassa atividade de fitase própria, (JOENBLOED et al., 1990), e além disso, a atividade intrínseca da fitase não possui interesse prático, pois é reduzida e inativada pela temperatura de pasteurização embora (VALLE, 2010) encontrou valor dessa atividade no FAI em  $120 \text{ FTU/kg}^{-1}$ .

Segundo Kemme et al. (1998), nos suínos e aves a atividade da flora bacteriana é maior no intestino grosso, assim as fitases microbianas hidrolizam os fitatos a liberar o P inorgânico, mas o animal não irá beneficiar-se desse P, que será excretado pelas fezes.

Conforme o NRC (2012), o P endógeno fecal e urinário não sofre influência da ação da enzima fitase microbial e da quantidade de P consumido. A similaridade observada nos valores do fósforo metabólico fecal e urinário pode ser explicada pelo consumo insuficiente de fósforo disponível para atender às exigências de suínos em crescimento. Assim, as excreções de fósforo por essas vias são mínimas e iguais às perdas obrigatórias do metabolismo.

Conforme Figueiredo et al. (2000), as perdas endógenas fecais não são influenciadas pela adição de fitase em dietas com FAI, e a fitase reduziu o  $P_{\text{Total}}$  excretado nas fezes e melhorou a absorção e a disponibilidade biológica do fósforo.

Além de disponibilizar fósforo a adição de fitase em ração de suínos interfere no fluxo biológico deste ingrediente, disponibilizando para os ossos e tecidos moles (MOREIRA et al., 2003).

O uso da fitase em rações para suínos possibilita, além de maior disponibilidade de fósforo, maior digestibilidade da matéria seca (JONGBLOED et al., 1992; CROMWELL et al., 1993), além disso, melhora a disponibilidade de outros minerais como magnésio, cobre, ferro e zinco (CROMWELL et al., 1993), dessa forma podemos reduzir a adição de P inorgânico (LEI et al., 1993).

A intensidade de ação desta enzima, entretanto, depende também de outros fatores, dentre os quais a relação entre cálcio e fósforo da ração, quanto maior a relação, menor a quantidade de fósforo liberado (ADEOLA et al., 2006).

Conforme Selle et al. (2000) o ácido fítico possui alto potencial para a complexação com moléculas carregadas positivamente com cátions, proteínas e enzimas digestíveis diminuindo a digestão e aumentando as perdas endógenas. Assim, o ácido fítico junto com a complexação de PNA reduzem os coeficientes de digestibilidade aparente aumentando o tempo de permanência do alimento e a viscosidade no trato digestório.

Além de o fitato interagir com os minerais essenciais, formando uma grande variedade de sais insolúveis (complexos), o fitato também reduz a digestibilidade de proteínas, carboidratos e lipídeos, formando complexos fitato-proteína-aminoácido ou fitato-mineral-proteína Ferket (1993), os quais são menos solúveis e mais resistentes à proteólise. Em pH ácido ou neutro, as cargas negativas da molécula de ácido fítico, reagem com as cargas positivas de alguns aminoácidos, tais como lisina, arginina, histidina, das moléculas de proteínas, incluindo as enzimas envolvidas na digestão de proteínas, diminuindo a disponibilidade dos aminoácidos (COWIESON et al., 2006; RAVINDRAN et al., 1999; KORNEGAY et al., 1996).

Nos cereais o ácido fítico (AF) está distribuído em diferentes componentes do grão (FILGUEIRAS et al., 2009). Na Tabela 1 observamos a relação entre o  $P_{Total}(\%)$ ,  $P_{Fítico}(\%)$  e a quantia de  $P_{Disp}(\%)$  e atividade intrínseca (FTU) (SAUVANT et al., 2004).

Tabela 1 – Valores de fósforo total ( $P_{Total}$ ) fósforo fítico ( $P_{Fítico}$ ) e fósforo disponível ( $P_{disp}$ ), Atividade intrínseca em ingredientes utilizados em rações.

Ingrediente	$P_{Total}$ (%)	$P_{Fítico}$ no $P_{Total}$ (%)	$P_{Fítico}$ (%)	Atividade intrínseca(FTU kg <sup>-1</sup> )
F. de Arroz integral	1,67	80	1,34	120
F. de arroz desengordurado	1,81	85	1,53	-
F. de Girassol	1,50	77	1,16	-
F. de soja	0,66	60	0,40	20
F. de Trigo	0,99	71	0,71	1770
Milho	0,24	72	0,17	20
Sorgo	0,26	66	0,17	30
Trigo	0,32	69	0,22	460

Fonte – Adaptado por Sauvant et al. (2004)

O AF pode existir na forma de ácido livre, fitato (sal de cálcio do AF) ou fitina (sal de cálcio/magnésio do AF) dependendo do pH e íons metálicos presentes. Sua completa hidrólise resulta em inositol e fosfatos inorgânicos (ROSSET, 2007). Os fosfatos de inositol encontrados em grãos contêm ao redor de 90% do inositol na forma hexafosfórica, correspondendo os restantes 10% a somatório do tri, tetra e pentafosfatos, (QUIRRENBACH, 2007). A molécula de ácido fítico contém aproximadamente 28,2% de fósforo inorgânico, e 71,8% é fósforo indigestível para monogástricos (TEIXEIRA, 2013).

## 2.6 Cálcio e Fósforo

O Ca e o P são os principais elementos estruturais do tecido ósseo, estando mais de 99% do total do Ca corporal e mais de 75% do total do P nos ossos e dentes. Os minerais em geral constituem de 4 a 6 % do peso total do organismo animal, sendo que 1% corresponde ao fósforo, o qual é encontrado principalmente no tecido esquelético. Dentro do organismo, a porcentagem de fósforo encontrada no esqueleto varia de 60 a 80%. Esta variação na porcentagem de fósforo no tecido esquelético não é devido a mudanças na relação Ca:P nas cinzas ósseas, mas sim nas proporções de tecido mole em relação ao tecido esquelético (CRENSHAW, 2001).

Fontes inorgânicas de Ca possuem custo relativamente baixo, mesmo assim, precisamos avaliar o nível de inclusão desse nutriente quando se formula ração com determinado teor de P e atividade de fitase exógena. Se por um lado, o excesso do Ca reduz sua utilização e de outros nutrientes como o P, também diminui a atividade catalítica da fitase (SANTOS et al., 2008), porém, a falta prejudica a atividade óssea e sanguínea e o desempenho dos animais.

A relação destes dois elementos deve ser mantida para a integridade da homeostase. Uma relação alta entre Ca:P diminui a efetividade da fitase e esse declínio pode ser explicado por diversos fatores: a) a utilização de P fitico esta influenciada pelo nível de Ca e P das dietas; b) o Ca pode se unir aos fitatos formando complexo insolúveis menos acessível a fitase; c) o Ca extra reprime a atividade da fitase por competição pelos mesmos espaços de atuação da enzima (KORNEGAY, 1999).

No controle do metabolismo das concentrações plasmáticas de Ca e P, Vit D, PTH e a calcitonina estão envolvidas, onde os níveis plasmáticos de P e Ca são regulados pelo PTH e calcitonina. O PTH além de aumentar o Ca e reduzir o P plasmático, aumenta a excreção do fosfato urinário, enquanto que a calcitonina exerce efeito antagônico, inibindo a reabsorção óssea do cálcio e fósforo. A vitamina D também tem participação importante no metabolismo do Ca e do P, aumentando a absorção intestinal. Assim, em função desses mecanismos fisiológicos, a variável fósforo no plasma torna-se um indicador pobre para se analisar o teor de fósforo das dietas, principalmente para ensaios de metabolismo, devido à sua curta duração.

Estudos realizados por Selle et al. (2000) relatam que dietas com fitase são mais eficientes quando há baixa relação de Ca:P, isso ocorre porque o aumento da concentração do Ca na dieta intensifica a formação do complexo cálcio-fitato resistente a hidrólise da fitase. Liu et al.(1998) sugerem relação inferior a (1,5:1) para que não ocorra redução da utilização do P na espécie suína.

O aporte de P para os animais realiza-se pela alimentação sob forma orgânica ou inorgânica, liberando fosfatos ou ao se hidrolisar no intestino sofre ação de vários fatores antes da absorção, como presença de ácido oxálico, ácido fítico, ácido cítrico, íons ferrosos em excesso que desencadeiam a formação de compostos insolúveis. Nesse complexo, o P não será absorvido pelos monogástricos a menos que o esterfosfórico seja hidrolisado pela ação da enzima fitase (MACARI et al., 2002).

Para Pond et al. (1995), no soro sanguíneo, o fósforo existe em ambas as formas inorgânica e orgânica, sendo esta última como constituinte dos fosfolipídeos. Em relação ao fósforo inorgânico, em torno de 10% deste está ligado às proteínas séricas e de 50 a 60% está ionizado. O fósforo nas células vermelhas do sangue está presente como fósforo inorgânico, fósforo orgânico solúvel em ácido, fosfolipídeos e fósforo-RNA, com as proporções entre eles variando com a espécie e idade. A concentração do fósforo sérico total sob condições normais, na maioria das espécies, varia de 4 a 9 mg/dL.

## 2.7 Farelo de Arroz Integral (FAI)

Na alimentação de suínos o arroz pode ser usado em forma de farelo integral, farelo desengordurado e quirera. O farelo representa cerca de 13% do peso dos grãos, apresenta composição bromatológica variável em função do tipo de processamento. O teor de proteína, fibra bruta e extrato etéreo são superiores ao milho. O amido e a gordura são as principais fontes de energia do farelo de arroz. A proteína é rica em aminoácidos sulfurosos e tem a lisina e a treonina como aminoácidos mais limitantes. O conteúdo de gordura é rico em ácidos graxos insaturados facilmente peroxidáveis como o ácido palmítico, linoléico e oléico. A peroxidação da gordura pode reduzir o valor nutricional do alimento, principalmente em relação aos aminoácidos e as vitaminas, além de causar problemas gastrointestinais nos animais, como diarreia em leitões que pode ser evitada com uso de antioxidantes (ZARDO et al., 1999).



Figura 3 - Estrutura do grão de arroz.  
Fonte - Nitzke e Biedrycki, (2012).



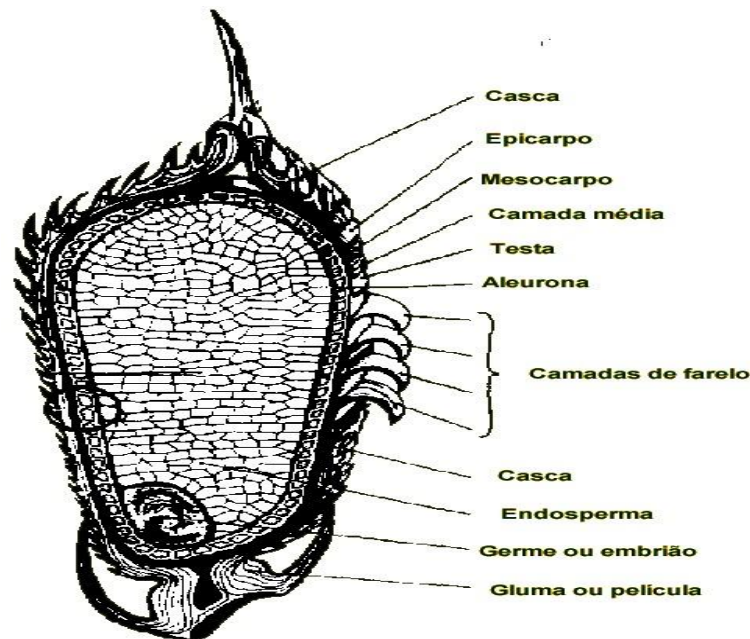


Figura 4 - Representa o corte longitudinal do grão de arroz  
 Fonte - Nitzke e Biedrycki, (2012).

O arroz integral submetido ao polimento perde as camadas de pericarpo, aleurona, subaleurona, embrião e parte do endosperma restando endosperma amiláceo (conhecido como arroz branco). As frações perdidas pelo polimento geram o farelo (STORCK, 2004).

Conforme (GOMES et al., 2012) observaram que na literatura não são comuns os relatos do uso de FAI na alimentação de suínos na fase de creche.

Por outro lado, Conci et al. (1995) observaram que gorduras do farelo de arroz se alteram com facilidade, sofrendo hidrólise e oxidação. A alteração hidrolítica, que dá lugar à produção de ácidos graxos livres é acompanhada de acelerada alteração oxidante. Os produtos da oxidação diminuem o valor nutritivo, por destruição de aminoácidos e vitaminas, causando efeitos patológicos como toxicidade, adenomas gastrointestinais e alteração na pele dos animais. Os fatores que limitam o uso na alimentação de suínos são a presença de casca que tem alto teor de celulose e sílica, os oxalatos e fitatos que são fatores antinutricionais, além teor de fósforo.

Segundo Costa (2001), cerca de 20% do total da produção do arroz é constituído de subprodutos (farelos e quimeras). Modernos sistemas de produção já

implantados em algumas regiões do Brasil utilizam derivados do arroz (estes podendo representar até 80% do volume total e ração consumida pelos animais nas diversas fases de produção) em substituição total ao milho. O farelo de arroz, por sua vez, apresenta um teor protéico mais elevado que o do milho e possibilita ainda uma redução na incorporação de farelo de soja às rações. Apesar disso, são poucos os trabalhos científicos realizados no Brasil que fornecem informações sobre a digestibilidade verdadeira desse ingrediente. Campos et al. (2002) avaliaram o efeito da inclusão do FAI para suínos em crescimento e terminação concluíram que a inclusão de 30% provocou menor ganho de peso e pior conversão alimentar em relação à testemunha, porém sem alterar as características da carcaça.

Conforme Le Golf et al. (2002) a utilização do FAI é limitada devido a efeitos antinutricionais, como o alto teor de fibra, a presença de fitatos, inibidores enzimáticos e a rancidez oxidativa durante o armazenamento e podem prejudicar a digestibilidade dos nutrientes da ração.

Segundo Nelson (1967), o farelo de arroz tem de 5,1% a 8,6% de fitato na sua composição, embora a maioria dos demais cereais possua entre 1% e 2% de fitato.

O farelo de arroz integral possui teores relativamente elevados em  $P_{Total}$  (1,67%), porém apresenta-se em grande parte na forma de fitato, uma forma química de baixa disponibilidade para aves e suínos. Assim, aumentando a disponibilidade do fósforo fítico dos ingredientes das rações destes animais com uso de enzimas, reduz-se a necessidade de suplementação de fósforo inorgânico nas dietas. Por outro lado, o fitato pode complexar cátions como o Ca, Zn, Fe, Mn e outros (ROSTAGNO et al., 2011). Na Tabela 2 encontramos a composição química e valores do FAI na matéria natural.

Tabela 2 – Composição bromatológica e valores energéticos do farelo de arroz na alimentação de suínos e aves (%) na matéria natural.

Parâmetros	Farelo de arroz
Umidade (máxima)	12,00
Matéria Seca	88,00
Matéria Mineral	8,98
PB	13,13
Coeficiente de digestibilidade PB para suínos	74,60
FB	8,07
Gordura	14,49
Ca	0,11
P Total	1,67
P Disponível	0,24
Energia Bruta (kcal/kg)	4335
Energia digestível/suínos (kcal/kg)	3179
Energia metabolizável/suínos (kcal/kg)	3111
Lisina	0,63
Metionina	0,26
Metionina + cistina	0,52
Triptofano	0,16
Treonina	0,49
Arginina	0,98
Glicina + Serina	1,33
Isoleucina	0,46
Valina	0,70
Leucina	0,94
Histidina	0,34
Fenilalanina	0,60
Fenilalanina + Tirosina	0,99

Fonte – Rostagno et al. (2011).



## CAPITULO II

### ARTIGO I

#### RESUMO

### DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA E PERDAS ENDÓGENAS DE FÓSFORO PARA LEITÕES EM CRECHE

O objetivo do estudo foi determinar o efeito da fitase na digestibilidade total verdadeira (DTVP) e perdas endógenas de fósforo (PETP) do farelo de arroz integral (FAI), através da técnica de regressão linear. Utilizaram-se 12 suínos castrados com peso médio de  $13 \pm 1$  kg e 46 dias de idade. Os animais foram distribuídos em seis tratamentos, que consistiram de dietas formuladas com três níveis (5, 10 e 20%) de FAI e dois níveis de fitase (0 e  $750 \text{ FTU/kg}^{-1}$ ). Foram utilizadas dietas semipurificadas com inclusão de plasma sanguíneo (Ps) como fonte de aminoácidos e relação Ca:P de 2:1. O óxido férrico foi utilizado como marcador fecal. Os experimentos foram conduzidos em três períodos (blocos) de 12 dias, sendo 7 dias destinados à adaptação e 5 dias destinados à coleta total de fezes. A quantidade total de ração fornecida foi calculada com base no menor consumo e fornecida em quatro refeições diárias, enquanto a água foi disponibilizada à vontade. Entre cada período de 12 dias foi fornecida uma dieta formulada para atender as exigências nutricionais dos animais. As variáveis foram submetidas à análise de variância sendo utilizado no modelo o efeito do bloco, animal, tratamentos e as interações. O peso médio não sofreu alteração em relação fitase e farelo de arroz integral. A matéria seca ingerida  $MS_i$  (g/d), matéria seca excretada (g/d), matéria seca digestível (%), fósforo ingerido  $P_i$  (g/d), fósforo excretado (g/d), fósforo absorvido (g/d) foram ( $P < 0,05$ ) ao FAI, porém o fósforo digestível (%) foi significativo ( $P < 0,05$ ) a fitase e farelo de arroz integral. A DTVP e PETP no FAI com e sem adição da fitase foram (47,51% e 425,2 mgP/kg $MS_i$ ,  $R^2 = 91\%$  e (34,39% e 461,1 mgP/kg $MS_i$ ,  $R^2 = 97\%$ , respectivamente. Houve redução do  $P_E$  com adição de fitase na dieta em 6,76% e no P oriundo do FAI em 38,46%. Concluiu-se que a DTAP e DTVP foram superiores com a inclusão de fitase (20,10; 38,15%), respectivamente. Os níveis de fósforo no soro sanguíneo mantiveram-se entre 6,61 a 8,36mg/dL. O farelo de arroz integral é rico em P, sendo que grande parte desse encontra-se na forma de fitato com baixa digestibilidade e a fitase tem papel significativo na disponibilização desse mineral, contribuindo no aumento do valor nutricional desse alimento.

Palavras chave: coleta total de fezes, fósforo endógeno, nutrição, suíno.

## ABSTRACT

### DETERMINATION OF TRUE DIGESTIBILITY AND ENDOGENOUS LOSS OF PHOSPHORUS FOR WEANED PIGLETS

The objective of this work was to study the effect of body weight and phytase on the total true digestibility (DTVP) and endogenous loss of phosphorus (EPL) of rice bran (RB) determined by linear regression technique. We used 12 castrated pigs with an average weight of  $13 \pm 1$  kg and 46 days old. The animals were divided into six treatments, which consisted of diets with three levels (5, 10 and 20%) of RB and two levels of phytase (0 and 750 FTU/kg<sup>-1</sup>). Semi-purified diets were used with inclusion of blood plasma as a source of amino acids and Ca:P ratio of 2:1. Ferric oxide was used as a fecal marker. The experiments were conducted in three periods of 12 days, being 7 days for adaptation and 5 days for total collection of feces. The total amount of feed was calculated based on the lowest consumption and provided in four meals a day, while water was *ad libitum*. Between each 12 day-period formulated diet was provided to meet the nutritional requirements of the animals. The variables were subjected to analysis of variance through Minitab program (2013), using the effect of the period, animal, treatments and interactions in the model. The average weight did not change in relation to phytase and RB. The dry matter intake  $DM_I$  (g/d), excreted dry matter  $DM_E$  (g/d), digestible dry matter  $DM_D$ (%), ingested phosphorus  $P_I$ (g/d), excreted phosphorus  $P_E$ (g/d), absorbed phosphorus  $P_A$ (g/d) were affected ( $P < 0.05$ ) by the level of RB, while digestible phosphorus  $P_D$ (%) was significant ( $P < 0.05$ ) phytase and RB. The DTVP and EPL of RB with and without the addition of phytase were 47.51% and 425.2 mg P/kgDM<sub>I</sub>,  $R^2=91\%$  and 34.39% and 461.1mgP/kgDM<sub>I</sub>,  $R^2=97\%$ , respectively. The addition of phytase in the diet reduced 6.76% the P excretion and P coming from the RB reduced 38.46%. We conclude that the DTVP and EPL were higher with the addition of phytase 20.10% and 38.15%, respectively. Phosphorus levels in the serum blood remained between 6.61 and 8.36 mg/dL. RB is rich in P and much of this P is in the form of phytate with low digestibility thus phytase has a significant role in providing such mineral, contributing with the increase of nutritional value of this food.

**Key words:** endogenous phosphorus, nutrition, porcine, total feces collection.

## INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é um mineral de extrema importância para o metabolismo dos animais, participa de muitos processos fisiológicos e da composição óssea. O uso do P na forma orgânica para suínos causa vários transtornos no desempenho animal, pois está contido nos grãos sob a forma de fitato o que, o impede de ser absorvido pelo trato digestório dos monogástricos (MOREIRA et al., 2004). Os monogástricos não sintetizam a enzima fitase e em consequência desencadeia baixa eficiência do aproveitamento do P, levando-o a ser excretado pelas fezes, gerando poluição ambiental. Portanto, o uso da fitase em rações para suínos possibilita maior disponibilidade de fósforo.

O coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo, por sua vez, subestima o real aproveitamento pelos animais por não contemplar as perdas endógenas que são provenientes de restos celulares, enzimas e sucos digestivos Shen et al. (2002), glândulas salivares Breves & Schröder (1991), além do suco gástrico, pancreático, fluido biliar e descamações intestinal (OETZEL, 1988). Shen et al. (2002) destacam a técnica de análise de regressão como válida na determinação dos valores da digestibilidade total verdadeira do P, bem como as perdas endógenas pelas fezes. Fan et al. (2001), estudaram sua utilização nas relações lineares entre as perdas de minerais pelas fezes e a digestibilidade verdadeira nos ingredientes para suínos.

O objetivo do estudo foi determinar digestibilidade verdadeira e perdas endógenas do fósforo no FAI pelo método de coleta total de fezes através da técnica de regressão linear e a ação da fitase em dietas semipurificadas para suínos na fase de creche.

## MATERIAL E MÉTODOS

O protocolo experimental foi revisado e aprovado pelo comitê de ética em experimentação animal da Universidade Federal de Santa Maria (parecer 021/2013).

O experimento foi realizado utilizando 12 suínos castrados em fase de creche com peso vivo  $13 \pm 1$  kg e 46 dias de idade. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas, mantidas em ambiente controlado a uma temperatura média de 22°C. O período experimental foi dividido em três blocos com duração de 12 dias (sete

dias de adaptação às condições experimentais e cinco dias de coleta de fezes). Entre cada período de 12 dias foi fornecida uma dieta formulada para atender as exigências nutricionais dos animais.

Os tratamentos foram constituídos por dieta semipurificada (Tabela 1) contendo dois níveis de fitase (0, 750 FTU/kg<sup>-1</sup>) e três níveis de FAI (5, 10, 20%). O plasma sanguíneo (AP 920) foi incluído como fonte de aminoácidos, porém sua inclusão foi em proporção constante em relação ao FAI de forma a garantir a mesma relação entre as dietas do P oriundo do FAI e plasma. As proporções de Ca e P foram similares entre os tratamentos e os animais receberam suplemento mineral e vitamínico. As dietas experimentais foram elaboradas pelo conceito de proteína ideal. A enzima fitase utilizada no experimento foi da marca comercial Natuphos, fornecida pela BASF, obtida pela fermentação por meio de fungos do grupo *Aspergillus Níger*.

Os animais receberam diariamente quatro refeições, com as quantidades baseadas no peso metabólico (kg<sup>0,75</sup>), levando em consideração o menor consumo observado na fase pré-experimental, dentro de cada período e água fornecida à vontade. A ração desperdiçada foi pesada, secada e deduzida da quantia total fornecida.



Tabela 1 - Composição das dietas experimentais.

Ingredientes (%)	Dietas		
Farelo de arroz integral	5,00	10,00	20,00
Amido	69,05	61,85	47,00
Açúcar	15,00	15,00	15,00
Plasma sanguíneo	3,75	7,50	15,00
Celulose	3,50	2,30	0,00
Óleo de soja	0,30	0,10	0,00
Calcário	0,50	1,00	2,00
Sal comum	0,30	0,30	0,30
Premix*	0,50	0,50	0,50
L- lisina	0,90	0,60	0,00
DL- metionina	0,50	0,35	0,20
L- triptofano	0,20	0,10	0,00
L- treonina	0,50	0,40	0,00
Total	100	100	100
	Valores calculados		
Energia Metabolizável, kcal/kg	3434	3423	3418
Proteína Bruta (%)**	5,50	7,88	13,57
Lisina (%)	0,98	0,99	1,03
Metionina (%)	0,53	0,43	0,36
Metionina+ Cistina (%)	0,62	0,59	0,69
Treonina (%)	0,66	0,74	0,68
Triptofano (%)	0,25	0,20	0,20
FDN (%)**	4,22	4,22	4,30
Cálcio (%)**	0,21	0,41	0,82
Fósforo total(%)**	0,10	0,20	0,40
Ca:P (%)	2,04	2,04	2,04
Lis:EM (%)	2,85	2,91	3,01
P-FAI (%)	0,84	1,67	3,34
P- Plasma(%)	0,17	0,34	0,68
P-Plasma/P-FAI	0,202	0,202	0,202

\*Quantidade/kg de mistura mineral e vitamínica Vit A 1.750.000 UI; Vit D3 300.000 UI; Vit E 3.000 mg; Vit K3 400 mg; Vit B1 250 mg; Vit B2 750 mg; Vit B6 250 mg; Vit B12 3000 mcg; niacina 5000 mg; Ácido pantotênico 3000 mg; colina, 3000 mg; antioxidante 3750 mg; Fe, 80000 mg; Cu, 12.000 mg; Mn, 70.000 mg; Zn, 100.000 mg. Inclusão de 7,5 g de fitase Natuphos (750 FTU/kg<sup>-1</sup>) em substituição ao amido nos tratamentos com fitase.

\*\*Valores analisados

Foi utilizado o método de coleta total de fezes com o óxido férrico servindo como marcador fecal. As fezes foram coletadas duas vezes ao dia, acondicionadas em sacos plásticos e conservadas em congelador a -18°Celsius. Ao término de cada bloco, o material foi descongelado, homogeneizado, amostrado, pesado e pré-seco em estufa de ventilação forçada regulada para 60°C por 72 horas.

No laboratório de análises bromatológicas do setor de zootecnia da UFSM, foram realizadas as análises conforme (AOAC, 2005), para matéria seca e fósforo.

Na análise do P dos ingredientes, rações e excretas utilizou-se a metodologia de digestão úmida e a leitura para ambos foi realizada com uso do espectrofotômetro.

Na quantificação do ácido fítico considerou-se a reação entre o íon férrico e o ácido sulfossalicílico (Reagente de Wade - RW) com formação de um complexo cor rosa escuro que possui absorvância máxima em  $\lambda = 500$  nm, leitura realizada com uso do espectrofotômetro (LATTA & ESKIN, 1980). O P no soro sanguíneo foi obtido através da coleta de 3 ml de sangue na veia jugular com os animais em jejum no início e no final de cada bloco experimental, e os resultados foram determinados pelo método colorimétrico.

Na determinação dos cálculos dos coeficientes de digestibilidade foram utilizadas as fórmulas descritas por (ALMEIDA et al., 2011):

a) Coeficiente de Digestibilidade Aparente do Fósforo - CDAP

$$\text{CDAP (\%)} = [(P_{i\text{Total}} - P_{f\text{Total}}) / P_{i\text{Total}}] * 100$$

CDAP = Coeficiente de Digestibilidade Aparente do P

$P_{i\text{Total}}$  = Fósforo ingerido total (g/d)

$P_{f\text{Total}}$  = Fósforo nas fezes total (g/d)

b) Coeficiente de Digestibilidade Verdadeira do Fósforo - CDVP

$$\text{CDVP (\%)} = [P_{i\text{Total}} - (P_{f\text{Total}} - P_{e\text{Total}}) / P_{i\text{Total}}] * 100$$

$P_{i\text{Total}}$  = Fósforo ingerido total(g/d)

$P_{f\text{Total}}$  = Fósforo nas fezes total (g/d)

$P_{e\text{Total}}$  = Fósforo endógeno total (mg/kg MSI)

O P endógeno foi obtido aplicando-se a técnica de regressão linear simples, utilizando como variável independente o P ingerido e como variável dependente o P nas fezes conforme (SHEN et al., 2002).

c) Fósforo nas fezes total -  $P_{f\text{Total}}$

$$P_{f\text{Total}} = P_{e\text{Total}} + b_1 * P_{i\text{Total}}$$

$P_{f\text{Total}}$  = P nas fezes total (variável dependente)

$P_{e\text{Total}}$  = Perdas endógenas total de P

$b_1$  = Coeficiente de indigestibilidade do P

$P_{i\text{Total}}$  = P ingerido total (variável independente).

Para o cálculo do P no FAI e digestibilidade do P no FAI usou-se as seguintes equações:

a) Fósforo ingerido no FAI = ( $P_{i\text{FAI}}$ )

$$P_{i\text{FAI}} = (\text{FAI}_i * P_{\text{FAI}\%}) + (\text{Plasma}_i * P_{\text{Plasma}\%})$$

$\text{FAI}_i$  = Farelo de arroz ingerido %

$P_{\text{FAI}\%}$  = Fósforo no Fai em %

$\text{Plasma}_i$  = Plasma Ingerido

$P_{\text{plasma}\%}$  = Fósforo no plasma em %

b) Digestibilidade do Fósforo total = (Digest  $P_{\text{Total}}$ )

$$\text{Digest } P_{\text{total}} = 100 * [(P_{i\text{Total}} - P_{f\text{Total}}) / P_i]$$

$P_{i\text{Total}}$  = Fósforo ingerido total

$P_{f\text{Total}}$  = Fósforo nas fezes total

$P_i$  = Fósforo ingerido

c) Fósforo no Farelo de arroz integral ingerido = ( $P_{\text{FAI}_i}$ )

$$P_{\text{FAI}_i} = \text{FAI}_i * P_{\text{FAI}\%}$$

$\text{FAI}_i$  = Farelo de arroz integral ingerido

$P_{\text{FAI}\%}$  = Fósforo no farelo de arroz ingerido em %

d) Digestibilidade do Fósforo no FAI = (Digest  $P_{\text{FAI}}$ )

$$\text{Digest } P_{\text{FAI}} = 100 * [(P_{i\text{Total}} - P_{f\text{Total}}) / P_{i\text{FAI}}]$$

$P_i$  = Fósforo ingerido

$P_f$  = Fósforo nas fezes

$P_{i\text{FAI}}$  = Fósforo ingerido

e) Fósforo nas fezes do Farelo de arroz integral = ( $P_{f\text{FAI}}$ )

$$P_{f\text{FAI}} = P_{f\text{Total}} - (P_{i\text{Plasma}\%} * P_{\text{indigPlasma}})$$

$P_{f\text{total}}$  = Fósforo nas fezes total

$P_{i\text{plasma}\%}$  = Fósforo Ingerido do Plasma %

$P_{\text{indig plasma}}$  = Fósforo Indigestível do Plasma

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial (2x3), dois níveis de fitase, três FAI, seis tratamentos, seis repetições em três

períodos e o animal considerado a unidade experimental. Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão com o programa estatístico (MINITAB, 2013).

## **RESULTADO E DISCUSSÃO**

A Tabela 2 apresenta dados de estudo do metabolismo do P de suínos alimentados com dietas com diferentes níveis de FAI e com e sem inclusão da fitase na fase de creche.

Tabela 2 - Balanço de fósforo para suínos em creche, alimentados com dietas contendo fitase e farelo de arroz integral.

Fitase/FAI	(0 FTU/kg <sup>-1</sup> )			(750 FTU/kg <sup>-1</sup> )			Probabilidade		
	5	10	20	5	10	20	CV%	Fitase	FAI
PV(kg)	12,43	13,44	13,13	12,03	13,97	14,00	9,63	-	-
MS <sub>I</sub> (g/d)	333,45	409,16	390,12	355,33	405,51	428,87	12,03	0,231	0,002
MS <sub>E</sub> (g/d)	16,12	28,66	36,45	18,15	29,56	39,34	32,96	0,534	0,001
MS <sub>D</sub> (%)	95,32	93,20	90,76	94,53	93,47	90,89	2,07	0,842	0,001
P <sub>I</sub> (g/d)	0,534	1,278	2,447	0,567	1,267	2,693	21,66	0,402	0,001
P <sub>E</sub> (g/d)	0,438	0,726	1,211	0,447	0,542	1,221	31,47	0,500	0,001
P <sub>Abs</sub> (g/d)	0,096	0,552	1,235	0,120	0,726	1,471	25,73	0,186	0,001
P <sub>D</sub> (%)	15,93	43,94	50,73	22,19	57,28	53,35	26,62	0,049	0,001

PV(kg) - Peso vivo

MS<sub>I</sub>(g/d) - Matéria seca ingerida

MS<sub>E</sub>(g/d)- Matéria seca excretada

MS<sub>D</sub>(%) - Matéria seca digestível

P<sub>I</sub> (g/d) - Fósforo ingerido

P<sub>E</sub> (g/d) - Fósforo excretado

P<sub>Abs</sub>(g/d) - Fósforo absorvido

P<sub>D</sub>(%) - Fósforo digestível

Regressão linear (P < 0,05);

Houve diferença para a  $MS_I$ ,  $MS_E$  e  $MS_D$  em relação ao FAI e não diferiram em relação à fitase, é possível que isso tenha ocorrido pelo tipo de fibra das dietas experimentais e deduz-se que a fibra interfere nos processos digestivos (WILFART et al., 2007), além de que, os suínos nessa faixa de idade apresentam o sistema digestório imaturo no desenvolvimento enzimático para algumas enzimas, bem como os ingredientes utilizados nas dietas terem digestibilidade elevada (NRC, 2012).

No entanto, o consumo de ração pode diminuir com o aumento da fração fibrosa nas rações em decorrência do aumento da viscosidade da digesta que, por sua vez, pode aumentar o volume ocupado pelo alimento no trato gastrointestinal, mantendo a saciedade física por mais tempo e diminuindo o estímulo do animal em consumir ração (BEDFORD, 2000).

A quantidade de  $P_I$  foi significativa aos FAI nas dietas, o que está de acordo com os objetivos propostos no estudo, pois na presença de um volume maior do mineral espera-se uma maior ingestão. A fitase não foi ( $P > 0,05$ ), mas pode ter contribuído na ação sobre o fitato, resultado similar foi observado por Fernandez (1995a) que constatou maior ingestão de P quanto maior a disponibilidade desse mineral na dieta.

Houve efeito ( $P < 0,05$ ) na excreção do P no FAI, indicando que a utilização do P consumido é regulada tanto pela ação intestinal e renal, resultado semelhante foi encontrado por Fernandez (1995b). A resposta da fitase sobre a excreção de P reduziu em média 9,38% a excreção com a presença da fitase. Resultados semelhantes foram encontrados por Figueiredo et al. (2000) e Trujillo et al. (2010) na excreção fecal de P quando da adição da fitase em dietas com farelo de arroz integral.

O  $P_{Abs}$  mostrou efeito ( $P < 0,05$ ) ao FAI onde houve melhora em 23,13% com inclusão da fitase na absorção do P do FAI, isso foi possível pela maior concentração de P conforme os níveis de FAI, e pela ação da fitase sobre o fitato melhorando a absorção e retenção desse mineral, mesmo sem efeito ( $P > 0,05$ ) para a fitase. Resultados semelhantes foram evidenciados por Cromwell et al. (1995), Fernandez (1995a).

Por outro lado, a digestibilidade aparente foi ( $P < 0,05$ ) para fitase e FAI quando a unidade foi expressa em percentagem, valor 20,10% superior em digestibilidade com a inclusão da fitase na dieta.

A análise de regressão e o efeito da inclusão ou não da fitase sobre o metabolismo do P em relação ao farelo de arroz integral encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Balanço de fósforo oriundo do FAI em suínos em creche alimentados com dietas contendo fitase e farelo de arroz integral.

Fitase	(0 FTU/kg <sup>-1</sup> )			(750 FTU/kg <sup>-1</sup> )			Probabilidade			
	FAI	5	10	20	5	10	20	CV%	Fitase	FAI
P <sub>I</sub> (g/d)*		0,41	0,87	1,53	0,41	0,82	1,83	25	0,393	0,001
P <sub>E</sub> (g/d)*		0,51	0,68	0,97	0,35	0,30	0,92	31	0,171	0,001
P <sub>Abs</sub> (g/d)*		- 0,10	0,07	0,41	0,05	0,47	0,75	99	0,057	0,001
P <sub>D</sub> (%)*		- 4,23	16,40	29,83	- 5,41	48,52	36,49	99	0,047	0,001

P<sub>I</sub>(g/d) - Fósforo ingeridoP<sub>E</sub>(g/d) - Fósforo excretadoP<sub>Abs</sub>(g/d) - Fósforo absorvidoP<sub>D</sub>(%) - Fósforo digestível

Regressão linear\* (P &lt; 0,05)



O  $P_i$  na variável FAI mostrou-se significativo quanto ao balanço de FAI, porém houve regressão linear entre as variáveis  $P_i$  e FAI da dieta.

A excreção do P mostrou-se significativa só ao FAI no balanço oriundo do farelo de arroz e não a fitase, onde a excreção do P do FAI com inclusão da fitase reduziu 37,67% a excreção do fósforo. Conforme Naves (2009) o fitato presente no FAI é hidrolisado pela ação da fitase a ésteres fosfatos de mio-inositol menores por meio de uma série de reações de fosforilação, liberando o fósforo inorgânico.

Dessa forma, ação da fitase começa a hidrólise do fosfato na posição 3, em seguida, hidrolisa-o na posição 4, 5, 6 e por último na posição 1 que representam a parte equatorial, sendo mais ativa a hidrólise. O grupo fosfato na posição 2 não é hidrolisado pela fitase e representa a parte axial (KIES, 1996), porque as maiores aglomerações eletrônicas que geram interações não digeridas ocorrem nessa posição, isso nos permite dizer que o átomo do carbono do anel ciclo hexano que orienta o fosfato da posição 2 é perpendicular ao centro do plano do anel da molécula e os ligantes nesse caso estão muito próximos.

Segundo Figueiredo et al. (2000) em seus estudos com suínos com peso médio de 25 kg, e 1250 FTU/kg<sup>-1</sup> de fitase observaram redução de 44,70% na excreção de P com dietas com farelo de arroz integral. Ludke et al. (2000) estudaram diferentes dietas contendo 20% farelo de arroz desengordurado (FAD), milho, farelo de soja e nível de (0; 750 FTU/kg<sup>-1</sup>) de fitase e animais com peso de 21,16 kg de peso vivo onde obtiveram (20,50 e 23,46%) de excreção de P com e sem inclusão da fitase, respectivamente, portanto houve em média 14,43% maior liberação de P ao meio ambiente e em consequência maior poluição ambiental e eutrofização das águas.

O  $P_{Abs}$  oriundo do FAI não apresentou diferença a fitase mas apresentou diferença ao farelo de arroz integral. Entretanto, o nível de 5% de FAI sem a adição da enzima acusou absorção negativa de fósforo. Isso pode ser justificado pela quantidade de P ingerida ser relativamente baixa em comparação as perdas endógenas, fazendo com que seja recuperada quantidade superior de P em relação à ingestão. Resultado semelhante foram encontrados por Yang et al. (2006).

Segundo Jongbloed et al. (1992) a fitase inicia sua atividade no estômago seguindo para o intestino delgado principalmente na porção duodenal, onde ocorre sua maior ação. O principal produto da hidrólise da fitase é o P inorgânico ou, ortofosfato ( $PO_4$ -3), que é absorvido através de difusão ativa e passiva, podendo

também ser absorvido juntamente com alguns fosfolipídios. Nos estudos de Trujillo et al. (2010) com 30% de FAI obtiveram 48,76% maior absorção com uso da enzima, valor semelhante aos encontrados por Moreira et al. (2010) com mesmo nível de farelo de arroz integral.

A digestibilidade aparente do P oriundo do FAI foi influenciada de forma significativa tanto pela fitase como pelo nível de farelo de arroz integral. A digestibilidade aparente do P oriundo do FAI com e sem a inclusão da enzima foi em média de 26,53% e 14%, respectivamente.

No entanto, o nível de 5% de inclusão de FAI tanto com e sem adição da enzima os coeficientes de digestibilidade foram negativos. Isso pode ser justificado pela quantidade de P ingerida ser relativamente baixa em comparação as perdas endógenas fazendo com que seja recuperada quantidade superior de P em relação à ingestão. Yang et al. (2006) também encontraram valores negativos para digestibilidade aparente do P (-35,6%) quando forneceram dietas com baixo P ( 0,8 g/kgMS) para leitões na fase de creche.

Houve variação nos resultados pesquisados para a digestibilidade aparente do FAI em diversos estudos onde Figueiredo et al. (2000) com zero e 1250 FTU/kg<sup>-1</sup> de fitase encontraram 33,6% e 86% de digestibilidade aparente, respectivamente.

Trujillo et al. (2010) com 750 FTU/kg<sup>-1</sup> encontraram para o nível 30% de FAI 15 e 31,5% valores de digestibilidade sem e com enzima, respectivamente.

A função de utilização de enzimas exógenas na alimentação de suínos não é somente melhorar o aproveitamento dos alimentos, mas favorecer a hidrólise de fatores antinutricionais reduzindo a viscosidade da digesta melhorando a digestibilidade (FURLAN et al., 1997).

De acordo com Ruiz et al. (2008) animais jovens têm o sistema digestório imaturo e produção insuficiente de diversas enzimas para digestão de ingredientes de origem vegetal. Assim, fatores antinutricionais presentes no FAI afetam mais severamente os animais jovens do que adultos. Portanto, há uma maior expressão do efeito positivo da fitase exógena.

As perdas endógenas representam uma resposta fisiológica do animal as diferentes condições de consumo Braithwaite (1985) e essas perdas devem ser consideradas como parte integral da avaliação dos alimentos, dessa forma, quando não se avalia as perdas endógenas as variáveis que definem a utilização dos alimentos subestimam os valores.

Os valores de digestibilidade total verdadeira do fósforo (DTVP) e perdas endógenas total de fósforo (PETP) obtidos pela técnica de regressão revelam uma relação linear ( $P < 0,05$ ) com o P ingerido oriundo do farelo de arroz integral. Os resultados obtidos sem e com a inclusão de fitase para as PETP e DTVP estão representado pelas equações  $\hat{Y} = 461,1 + 34,39 * x$  (mgP/kgMS<sub>i</sub>);  $R^2 = 97\%$  e  $\hat{Y} = 425,2 + 47,51 * x$  (mgP/kgMS<sub>i</sub>);  $R^2 = 91,0\%$ , respectivamente, onde  $y =$  fósforo fecal e  $x = P_i$  oriundo do farelo de arroz integral. O valor de 461,1 mgP/kgMS<sub>i</sub> corresponde as PETP no consumo zero de P, e a DTVP foi de 34,39% 34,39 sem a adição de fitase Figura 1. O valor de 425,2 mgP/kgMS<sub>i</sub> corresponde as PETP no consumo zero de P, e a DTVP foi de 47,51% com adição de fitase Figura 2.

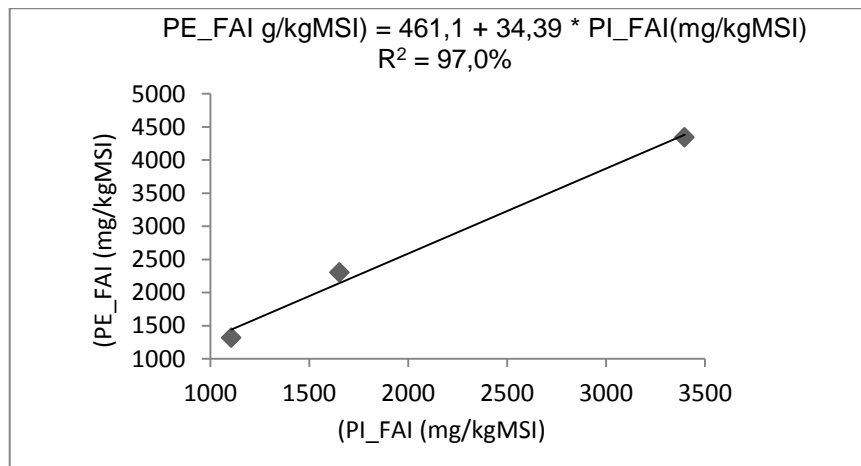


Figura 1- Perdas endógenas e coeficiente de digestibilidade verdadeira do P sem a adição da fitase para suínos em fase de creche.

As PETP na fase de creche dos animais responderam de forma semelhante sem e com adição de fitase o que vem ao encontro a nossa hipótese, onde esperávamos valores menores para essas perdas sem a inclusão da enzima, e a resposta foi 8,45% superior. Isso possivelmente ocorreu devido a baixa quantidade de P na dieta, onde os animais que absorveram menor quantidade de P apresentaram maiores perdas endógenas. Essas maiores perdas fazem parte possivelmente da baixa quantidade de P da dieta e parte do P recuperado no intestino delgado (FAN et al., 2001).

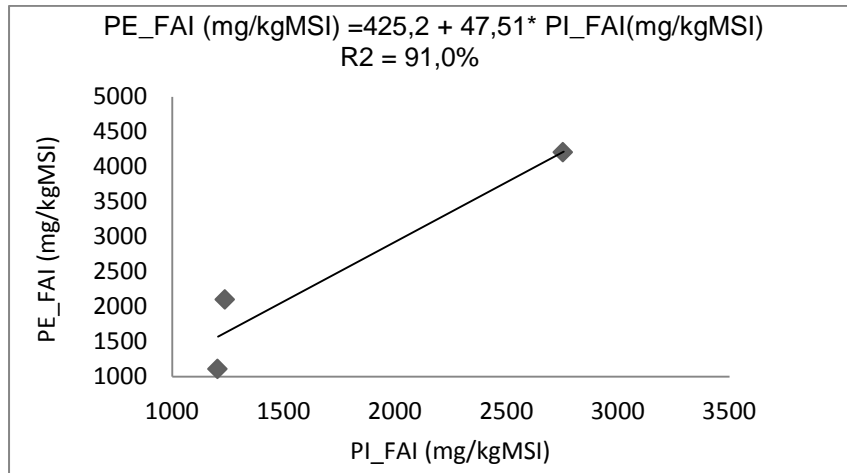


Figura 2 - Perdas endógenas e coeficiente de digestibilidade verdadeira do P com a adição da fitase para suínos em fase de creche.

As perdas endógenas representam o P proveniente de secreções dentro do trato digestório sendo oriundo das glândulas salivares Breves & Schröder, (1991), suco gástrico, pancreático, fluido biliar e intestinal, descamações, restos celulares, enzimas e sucos digestivos Shen et al. (2002). As PETP podem ser basais e específicas sendo as últimas associadas ao ingrediente teste, no presente caso, o farelo do arroz integral. As perdas endógenas basais ou não específicas são independentes das dietas e representam a quantidade mínima de perdas inevitáveis pelos animais, e essas perdas estão relacionadas ao fluxo de matéria seca do alimento pela área digestiva ou do estado metabólico do animal, portanto não são influenciadas pelas dietas Ribeiro, (2009), sua determinação geralmente é feita através do uso de dieta isenta de proteína, e é expressa em g/kg de MS<sub>i</sub> (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007).

As perdas endógenas específicas ou perdas dependentes dos alimentos, são influenciadas pela composição dos ingredientes da dieta, são induzidas pelas características específicas dos alimentos e contribuem com mais de 50% das perdas endógenas totais, assim vários são os fatores que podem influenciar na quantidade de proteínas e aminoácidos endógenos excretados pelos animais, como teor de fibras, gordura, proteínas e fatores antinutricionais. As perdas endógenas representam uma resposta fisiológica do animal as diferentes condições de consumo Braithwaite (1985), e essas perdas devem ser consideradas como parte integral da

avaliação dos alimentos, dessa forma, quando não se avalia as perdas endógenas as variáveis que definem a utilização dos alimentos subestimam os valores.

A DTVP no FAI foi em média 34,39% sem fitase, valor um pouco acima dos resultados encontrados por Rostagno et al. (2011) 28%, NRC (2012) a biodisponibilidade do P foi 25% e Ruan et al. (2007) 23,41%. Essas diferenças podem ser explicadas por diversos fatores entre eles o processo de beneficiamento e fatores metodológicos da determinação da digestibilidade e análise do fósforo.

Shen et al. (2002), aplicando a técnica de análise de regressão obteve valores de digestibilidade verdadeira fecal do P para milho de 57% o que representa um valor superior de DTVP encontrado para o farelo de arroz integral. Contudo, em termos o  $P_{Total}$  do FAI é quase 7 vezes superior ao milho que sinaliza a importância do estudo de tecnologias para aumentar a liberação do P do FAI no trato gastrointestinal, como por exemplo uso da fitase.

O teor de fósforo no soro não mostrou associação significativa ( $P>0,05$ ) com o consumo deste elemento, certamente, em função do tempo curto dos experimentos. No estudo da avaliação do P no soro sanguíneo os valores permaneceram na faixa, entre 6,61 a 8,36 mg/dL na fase de creche, portanto valores considerados normais pela literatura que ficaram entre (4,0 e 9,0 mg/dL), valores semelhantes foram encontrados por Underwood et al. (1981), Gürtler et al. (1984). Segundo Engstrom et al. (1985), a hipofosfatemia instala-se em suínos após um período de 34 a 41 dias de restrição do mineral na dieta.

## CONCLUSÕES

- A digestibilidade total verdadeira do fósforo no farelo de arroz integral foi de 34,39 e 47,5%, sem e com fitase, respectivamente.
- As perdas endógenas do fósforo não sofreram influência da fitase.
- A fitase melhorou em 20% a digestibilidade do fósforo das dietas com farelo de arroz integral.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. N.; STEIN, H. H. Standardized total tract digestibility of phosphorus in blood products fed to weanling pigs. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 24, p. 617-622, 2011.

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS) **Official methods of analysis**, Arlington. AOAC, 2005.

BRAITHWAITE, G. D. Endogenous fecal losses of phosphorus in growing lambs and the calculation of phosphorus requirements. **Journal Agriculture Science**, v. 105, p. 67-72, 1985.

BEDFORD, M. R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition: their current value and future benefits. **Animal Feed Science and Technology**, v. 86, p. 1-13, 2000.

BREVES, G.; SCHRÖDER, B. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. **Nutrition Research Reviews**, v. 4, p. 125-140, 1991.

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

ENGSTRON, G. W.; HORST, R. L.; REINHART, T. A. Effect of dietary phosphorus levels on porcine renal 25-hydroxyvitamin D-1 $\alpha$  and 24R-hydroxylase activities and plasma 1,25-dihydroxyvitamin D<sub>3</sub> concentration. **Journal of Animal Science**, v. 4, n. 60, p. 1005-1011, 1985.

FAN, M. Z. & SAUER, W. C. Determination of true ileal amino acid digestibility in feedstuffs for pigs with the linear relationships between distal ileal outputs and dietary inputs of amino acids. **Journal of Science the Food and Agriculture**, n. 73, p. 189-199, 1997.

FERNANDEZ, J. A. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. Absorption and balance studies. **Livestock Production Science**, v. 41, p. 232-241, 1995a.

FERNANDEZ, J. A. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. II Simultaneous radio-calcium and radio-phosphorus kinetics. **Livestock Production Science**, v. 41, p. 243-254, 1995b.

FIGUEIRÊDO, A. V.; FIALHO, E. T.; VITTI, D. M. S. S.; LOPES J. B.; FILHO, J. C. S.; TEIXEIRA, A. S.; LIMA, J. A. de F. 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, p. 177-182, 2000.

FURLAN, A. C.; FRAIHA, M.; MURAKAMI, A. E. Utilização de complexo multienzimático em dietas de frangos de corte contendo triticales. 1. Ensaio de digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, p. 759-764, 1997.

GURLER, L.; KETZ, H. A.; KOLB, E. **Fisiologia veterinária**. 4. ed., Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1984, 612 p.

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

KIES, A. K. Phytate: model of action. In: COELHO, M. C.; KORNEGAY, E. T. Phytase in Animal Nutrition and Waste Management: BASF Reference Manual 1996. New Jersey: BASF, p. 205-212, 1996.

LATTA, M. & ESKIN, M. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. **Journal Agriculture Food Chemistry**, n. 28, p. 1313-1315. 1980.

LUDKE, M. C. M. M.; LÓPEZ, J.; NICOLAIEWSKY, S. Efeito da fitase em dietas com ou sem fosfato para suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, Viçosa, 2000.

Minitab Statistical Software, versão. 16.1, 2013.

MOREIRA, J. A.; VITTI, D. M. S. S.; LOPES, J. B. Cinética do fósforo em tecidos de suínos alimentados com dietas contendo enzima fitase. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, p. 74-80, 2004.

MOREIRA, J. A.; VITTI, D. M. S. S.; PATINO, R. M.; SILVA, T. S.; BUENO, I. C.; BERENCHTEIN, B. Impacto ambiental provocado pelo P em dietas suplementadas com enzima fitase e proteína ideal para suínos em crescimento: estudo do fluxo do fósforo no metabolismo animal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 5, p. 1206-1215, 2010.



NATIONAL RESEARCH COUNCIL (Washington, Estados Unidos). **Nutrient requirements of poultry**, 9 ed. Washington: National Academy, 2012, 155 p.

NAVES, L. P. **Atividades de fitase microbianas em diferentes condições de armazenamento, pH, temperatura e processamento térmico**. Lavras, MG: UFLA, 2009, 60p. Tese de Mestrado - Universidade Federal de Lavras, 2009.

OETZEL, G.R. Parturient paresis and hypocalcemia in ruminant livestock. **Veterinary Clinical of North America: Food and Animal Practical**, v. 4, n. 2, p. 331-349, 1988.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F. de; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; TOLEDO BARRETO, S. L.; EUCLIDES, R. F.. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Zootecnia, 2011, 251p.

RUAN, Z.; ZHANG, Y. G.; YIN, Y. L.; LI, T. J.; HUANG, R. L.; KIM, S. W.; WU, G. Y.; DENG, Z. Dietary requirement of true digestible phosphorus and total calcium for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 20, n. 8, p. 1236-1242, 2007.

RIBEIRO F. B., Avaliação da perda endógena de aminoácidos, em função de diferentes níveis de fibra para suínos. **Revista Eletrônica Nutrime**, v. 6, n. 2, p. 890-897, 2009.

RUIZ, U. S.; THOMAZ, M. C.; HANNAS, M. I. Complexo enzimático para suínos: digestão, metabolismo, desempenho e impacto ambiental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 3, p. 458-468, 2008.

SANTOS, Z. A. S.; FREITAS, T. F.; FIALHO, E. T.; LIMA, J. A. F.; CARELLOS, D. C.; BRANCO, P. A. C.; CANTARELLI, V. S. Valor nutricional de alimentos para suínos determinado na Universidade Federal de Lavras, **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 1, Lavras, 2005.

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

SHEN, Y.; FAN, M. Z.; AJAKAIYE, A. Use of the regression analysis technique to determine the true phosphorus digestibility and the endogenous phosphorus output associated with corn in growing pigs. **Journal of Nutrition**, v. 132, p. 1199-1206, 2002.

TRUJILLO, J. H.; LINDEMANN, M. D.; CROMWELI, G. L. Phosphorus utilization in growing pigs fed a phosphorus deficient diet supplemented with a rice bran product and amended with phytase. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 23, n. 4, Colômbia, Medellín, p. 429-443, 2010.

UNDERWOOD, E. J. **The mineral nutrition of livestock**. Commonwealth Agricultural Bureaux. London, 2. ed., 1981, 179 p.

WILFART, A.; MONTAGNE, L. P. H. SIMMINS, P. H. ; MILGEN, J. V.; NOBLET, J. Sites of nutrient digestion in growing pigs: Effect of dietary fiber. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 4, p. 976-983, 2007.

## ARTIGO II

### RESUMO

#### DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA E PERDAS ENDÓGENAS DE FÓSFORO PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO

O objetivo do estudo foi determinar o efeito do peso vivo e da fitase na digestibilidade total verdadeira (DTVP) e perdas endógenas de fósforo (PETP) do farelo de arroz integral (FAI), através da técnica de regressão linear. Utilizaram-se 12 suínos castrados com peso médio de  $57 \pm 2,5$  kg e 86 dias de idade. Os animais foram distribuídos em seis tratamentos, que consistiram de dietas formuladas com três níveis (5, 10 e 20%) de FAI e dois níveis de fitase (0 e 750 FTU/kg<sup>-1</sup>). Foram utilizadas dietas semipurificadas com inclusão de plasma sanguíneo (Ps) como fonte de aminoácidos e relação Ca:P de 2:1. O óxido férrico foi utilizado como marcador fecal. Os experimentos foram conduzidos em três períodos (blocos) de 12 dias, sendo 7 dias destinados à adaptação e 5 dias destinados à coleta total de fezes. A quantidade total de ração fornecida foi calculada com base no menor consumo e fornecida em quatro refeições diárias, enquanto a água foi disponibilizada à vontade. Entre cada período de 12 dias foi fornecida uma dieta formulada para atender as exigências nutricionais dos animais. As variáveis foram submetidas à análise de variância utilizando no modelo o efeito do bloco, animal, tratamentos e as interações. Não houve significância do peso vivo e matéria seca ingerida  $MS_I$  (g/d). A matéria seca excretada  $MS_E$  (g/d), matéria seca digestível (%) e fósforo ingerido  $P_I$  (g/d) e fósforo absorvido (g/d) foram significativos ao farelo de arroz integral. O fósforo excretado  $P_E$  (g/d), e fósforo digestível (%) foram significativos a fitase e ao farelo de arroz integral. A DTVP e PETP no FAI com e sem fitase resultaram em (58,42% e 439,7 mgP/kg $MS_I$ ,  $R^2=92,4\%$  e (32,10% e 260,8 mgP/kg $MS_I$ ,  $R^2=93,2\%$ , respectivamente. Houve redução do  $P_E$  com adição de fitase na dieta em 27,92% e no P oriundo do FAI em 36,25%. Concluiu-se que o FAI influenciou na excreção e digestibilidade da MS, e a fitase nas dietas foi efetiva na excreção e digestibilidade do fósforo e perdas endógenas. Os níveis de fósforo no soro sanguíneo mantiveram-se entre 7,48 a 8,09 mg/dL. O farelo de arroz integral é rico em P, sendo que grande parte desse encontra-se na forma de fitato com baixa digestibilidade e a fitase tem papel significativo na disponibilização desse mineral, contribuindo no aumento do valor nutricional desse alimento.

**Palavras-chave:** enzima, fósforo endógeno, fitato, nutrição.

**ABSTRACT****TRUE DIGESTIBILITY AND ENDOGENOUS LOSS OF PHOSPHORUS FROM RICE BRAN FOR GROWING PIGS**

The objective of the study was to determine the effect of body weight and phytase on the total true digestibility (DTVP) and endogenous loss of phosphorus (EPL) of rice bran (RB) by linear regression technique. The sample was composed of 12 castrated pigs with an average weight of  $57 \pm 2.5$  kg and 86 days old. The animals were divided into six treatments, which consisted of diets with three levels (5, 10 and 20%) of RB and two levels of phytase (0 and 750 FTU/kg<sup>-1</sup>). Semi-purified diets were used with the inclusion of blood plasma as a source of amino acids and Ca:P ratio of 2:1. Ferric oxide was used as a fecal marker. The experiments were conducted in three periods of 12 days being 7 days for adaptation and 5 days for total collection of feces. The total amount of feed was calculated based on the lowest consumption and provided in four meals a day, while water was available ad libitum. Between each 12 day-period a formulated diet was provided to meet the nutritional requirements of the animal. The variables were subjected to analysis of variance using the effect of the period, animal, treatments and interactions in the model. There was no significance in the live weight and intake dry matter  $DM_I$  (g/d). Excreted dry matter  $DM_E$  (g/d), digestible dry matter  $DM_D$  (%) and ingested phosphorus  $P_I$  (g/d) and absorbed phosphorus  $P_{Abs}$  (g/d) were significant to RB. The excreted phosphorus  $P_E$  (g/d) and digestible phosphorus  $P_D$  (%) were significant to phytase and RB. The DTVP and EPL in the RB with and without phytase resulted 58.42% and 439.7mgP/kgDM<sub>I</sub>,  $R^2=92.4\%$  and 32.10% and 260.8mgP/kgDM<sub>I</sub>,  $R^2=93.2\%$ , respectively. There was a reduction of  $P_E$  with the addition of phytase in the diet 27.92% and P coming from the RB reduced 36.25%. Rice bran influenced the excretion and digestibility of dry matter, and the addition of phytase in the diets was effective in the excretion and digestibility of phosphorus and endogenous losses. Phosphorus levels in blood serum remained between 7.48 and 8.09 mg/dL. Rice bran is rich in P, and much of this P is in the form of phytate, which has low digestibility, thus phytase has a significant role in providing such mineral, contributing to the of increase the nutritional value of this food.

**Key words:** enzyme, endogenous phosphorus, phytate, nutrition.

## INTRODUÇÃO

Devido à baixa margem de lucro na suinocultura, a busca dos produtores por alimentos alternativos cresceu nos últimos anos, já que a alimentação representa em média 70% dos custos de produção (TALAMINI et al., 2006).

O fósforo (P) é um elemento essencial na composição corporal dos suínos, sendo o terceiro nutriente mais caro na elaboração das dietas (FAN et al., 2001). Apesar de o FAI ser uma fonte barata de fósforo, a maior parte está na forma de ácido fítico, que apresenta baixa biodisponibilidade biológica. Esse ácido forma complexos insolúveis com minerais e proteínas, reduzindo o aproveitamento dos nutrientes pelo animal e elevando a excreção de fósforo (RODEHUTSCORD, 2001).

A digestibilidade é a medida do desaparecimento de nutriente durante sua passagem pelo trato digestório e não como sua absorção, uma vez que este nutriente pode ser destruído ou modificado pela ação dos microrganismos ou metabolizado pelas paredes do mesmo (BUZEM et al., 2009). Por outro lado, a disponibilidade é definida como a quantidade digerida, absorvida e utilizada no metabolismo animal (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007).

O coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo, por sua vez, subestima o real aproveitamento do fósforo pelos animais por não contemplar as perdas de fósforo endógeno que são provenientes de restos celulares, enzimas e sucos digestivos Shen et al. (2002), glândulas salivares Breves & Schröder (1991), além do suco gástrico, pancreático, fluido biliar e descamações intestinal (OETZEL, 1988).

Nesse sentido existem falhas de informações aos nutricionistas e indústrias processadoras de rações sobre a disponibilidade biológica verdadeira do fósforo. Assim, a técnica de regressão tem sido uma ferramenta que contempla essas deficiências.

O objetivo do estudo foi determinar as perdas endógenas e digestibilidade verdadeira do fósforo no FAI pelo método de coleta total de fezes através da técnica de regressão e a ação da fitase em dietas semipurificadas para suínos na fase de crescimento.

## MATERIAL E MÉTODOS

O protocolo experimental foi revisado e aprovado pelo comitê de ética em experimentação animal da Universidade Federal de Santa Maria (parecer 021/2013).

O experimento foi realizado utilizando 12 suínos castrados em fase de crescimento com peso vivo  $57 \pm 2,5$  kg. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas, mantidas em ambiente controlado a uma temperatura média de 22°C. O período experimental foi dividido em três blocos com duração de 12 dias (sete dias de adaptação às condições experimentais e cinco dias de coleta de fezes). Entre os períodos foi fornecida uma dieta durante três dias com níveis de P para atender as exigências nutricionais dos animais, na tentativa de restabelecer as reservas corporais.

Os tratamentos foram constituídos por dietas semipurificadas (Tabela 1) contendo dois níveis de fitase (0, 750 FTU/kg<sup>-1</sup>) e três níveis de FAI (5, 10, 20%). O plasma sanguíneo (AP 920) foi incluído como fonte de aminoácidos, porém sua inclusão foi em proporção constante em relação ao FAI, de forma a garantir a mesma relação entre as dietas do P oriundo do FAI e plasma. As proporções de Ca e P foram similares entre os tratamentos e os animais receberam suplemento mineral e vitamínico. As dietas experimentais foram elaboradas pelo conceito de proteína ideal. A enzima fitase utilizada no experimento foi da marca comercial Natuphos, fornecida pela BASF, obtida pela fermentação por meio de fungos do grupo *Aspergillus Níger*.

Os animais receberam diariamente quatro refeições, com as quantidades baseadas no peso metabólico (kg<sup>0,75</sup>), levando em consideração o menor consumo observado na fase pré-experimental, dentro de cada bloco, e água fornecida à vontade. A ração desperdiçada foi pesada, secada e deduzida da quantia total fornecida.

Tabela 1 - Composição das dietas experimentais

Ingredientes (%)	Dietas		
Farelo de arroz integral	5,00	10,00	20,00
Amido	69,05	61,85	47,00
Açúcar	15,00	15,00	15,00
Plasma sanguíneo	3,75	7,50	15,00
Celulose	3,50	2,30	0,00
Óleo de soja	0,30	0,10	0,00
Calcário	0,50	1,00	2,00
Sal comum	0,30	0,30	0,30
Premix*	0,50	0,50	0,50
L- lisina	0,90	0,60	0,00
DL- metionina	0,50	0,35	0,20
L- triptofano	0,20	0,10	0,00
L- treonina	0,50	0,40	0,00
Total	100	100	100
		Calculado	
Energia Metabolizável, kcal/kg	3434	3423	3418
Proteína Bruta(%)**	5,50	7,88	13,57
Lisina(%)	0,98	0,99	1,03
Metionina(%)	0,53	0,43	0,36
Metionina+Cistina(%)	0,62	0,59	0,69
Treonina(%)	0,66	0,74	0,68
Triptofano(%)	0,25	0,20	0,20
FDN(%)**	4,22	4,22	4,30
Cálcio (%)**	0,21	0,41	0,82
Fósforo total (%)**	0,10	0,20	0,40
Ca:P (%)	2,04	2,04	2,04
Lis:EM (%)	2,85	2,91	3,01
P-FAI (%)	0,84	1,67	3,34
P- Plasma(%)	0,17	0,34	0,68
P-Plasma/P-FAI	0,202	0,202	0,202

\*Quantidade/kg de mistura mineral e vitamínica Vit A 1.750.000 UI; Vit D3 300.000 UI; Vit E 3.000 mg; Vit K3 400 mg; Vit B1 250 mg; Vit B2 750 mg; Vit B6 250 mg; Vit B12 3000 mcg; niacina 5000 mg, Ác. pantotênico 3000 mg; colina, 3000 mg; antioxidante 3750 mg; Fe, 80000 mg; Cu, 12.000 mg; Mn, 70.000 mg; Zn, 100.000 mg. Inclusão de 7,5g de fitase Natuphos (750 FTU/kg<sup>-1</sup>) em substituição ao amido nos tratamentos com fitase.

\*\*Valores analisados.

Foi utilizado o método de coleta total de fezes com o óxido férrico servindo como marcador fecal. As fezes foram coletadas duas vezes ao dia, acondicionada em sacos plásticos e conservadas em congelador a -18°Celsius. Ao término de cada bloco, o material foi descongelado, homogeneizado, amostrado, pesado e pré-seco em estufa de ventilação forçada regulada para 60°C por 72 horas.

No laboratório de análises bromatológicas do setor de zootecnia da UFSM, foram realizadas as análises conforme (AOAC, 2005), para matéria seca, fósforo. Na análise do P dos ingredientes, rações e excretas utilizou-se a metodologia de digestão úmida e a leitura para ambos foi realizada com uso do espectrofotômetro.

Na quantificação do ácido fítico considerou-se a reação entre o íon férrico e o ácido sulfossalicílico (Reagente de Wade - RW) com formação de um complexo cor rosa escuro que possui absorvância máxima em  $\lambda = 500$  nm, leitura realizada com uso do espectrofotômetro (LATTA & ESKIN, 1980). O P no soro sanguíneo foi obtido através da coleta de 3 ml de sangue na veia jugular com os animais em jejum no início e no final de cada bloco experimental, e os resultados foram determinados pelo método colorimétrico. Na determinação dos cálculos dos coeficientes de digestibilidade foi utilizada as fórmulas descritas por (ALMEIDA et al., 2011):

c) Coeficiente de Digestibilidade Aparente do Fósforo - CDAP

$$\text{CDAP (\%)} = [(P_{i\text{Total}} - P_{f\text{Total}}) / P_{i\text{Total}}] * 100$$

CDAP = Coeficiente de Digestibilidade Aparente do P

$P_{i\text{Total}}$  = Fósforo ingerido total (g/d)

$P_{f\text{Total}}$  = Fósforo nas fezes total (g/d)

d) Coeficiente de Digestibilidade Verdadeira do Fósforo - CDVP

$$\text{CDVP (\%)} = [P_{i\text{Total}} - (P_{f\text{Total}} - P_{e\text{Total}}) / P_{i\text{Total}}] * 100$$

$P_{i\text{Total}}$  = Fósforo ingerido total(g/d)

$P_{f\text{Total}}$  = Fósforo nas fezes total (g/d)

$P_{e\text{Total}}$  = Fósforo endógeno total (mg/kg MSI)

O P endógeno foi obtido aplicando-se a técnica de regressão linear simples, utilizando como variável independente o P ingerido e como variável dependente o P nas fezes conforme (SHEN et al., 2002).

c) Fósforo nas fezes total -  $P_{f\text{Total}}$

$$P_{f\text{Total}} = P_{e\text{Total}} + b_1 * P_{i\text{Total}}$$

$P_{f\text{Total}}$  = P nas fezes total (variavel dependente)

$P_{e\text{Total}}$  = Perdas endógenas total de P

$b_1$  = Coeficiente de indigestibilidade do P



$P_{i\text{Total}}$  = P ingerido total (variável independente).

Para o cálculo do P no FAI e Digestibilidade do P no FAI usou-se as seguintes equações:

f) Fósforo ingerido no FAI = ( $P_{i\text{FAI}}$ )

$$P_{i\text{FAI}} = (\text{FAI}_i * P_{\text{FAI}\%}) + (\text{Plasma}_i * P_{\text{Plasma}\%})$$

$\text{FAI}_i$  = Farelo de arroz ingerido %

$P_{\text{FAI}\%}$  = Fósforo no Fai em %

$\text{Plasma}_i$  = Plasma Ingerido

$P_{\text{plasma}\%}$  = Fósforo no plasma em %

g) Digestibilidade do Fósforo total = ( $\text{Digest}_{P\text{Total}}$ )

$$\text{Digest}_{P\text{Total}} = 100 * [(P_{i\text{Total}} - P_{f\text{Total}}) / P_i]$$

$P_{i\text{Total}}$  = Fósforo ingerido total

$P_{f\text{Total}}$  = Fósforo nas fezes total

$P_i$  = Fósforo ingerido

h) Fósforo no Farelo de arroz integral ingerido = ( $P_{\text{FAI}_i}$ )

$$P_{\text{FAI}_i} = \text{FAI}_i * P_{\text{FAI}\%}$$

$\text{FAI}_i$  = Farelo de arroz integral ingerido

$P_{\text{FAI}\%}$  = Fósforo no farelo de arroz ingerido em %

i) Digestibilidade do Fósforo no FAI = ( $\text{Digest}_{P_{\text{FAI}}}$ )

$$\text{Digest}_{P_{\text{FAI}}} = 100 * [(P_{i\text{Total}} - P_{f\text{Total}}) / P_{i\text{FAI}}]$$

$P_i$  = Fósforo ingerido

$P_f$  = Fósforo nas fezes

$P_{i\text{FAI}}$  = Fósforo ingerido

j) Fósforo na fezes do Farelo de arroz integral = ( $P_{f\text{FAI}}$ )

$$P_{f\text{FAI}} = P_{f\text{Total}} - (P_{i\text{Plasma}\%} * P_{\text{IndigPlasma}})$$

$P_{f\text{total}}$  = Fósforo nas fezes total

$P_{i\text{plasma}}$  = Fósforo Ingerido do Plasma %

$P_{\text{indig plasma}}$  = Fósforo Indigestível do Plasma

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial (2x3), dois níveis de fitase, três FAI, seis tratamentos, seis repetições em três períodos, e o animal considerado a unidade experimental. Os resultados foram submetidos à análise de variância e regressão com o programa estatístico (MINITAB, 2013).

## **RESULTADO E DISCUSSÃO**

A Tabela 2 apresenta dados de estudo do metabolismo do P de suínos alimentados com dietas com diferentes níveis de FAI e com e sem suplementação de fitase.

Tabela 2 - Balanço de fósforo para suínos em crescimento, alimentados com dietas contendo fitase e FAI.

Fitase/FAI	(0 FTU/kg)			(750 FTU/kg)			Probabilidade		
	5	10	20	5	10	20	CV%	Fitase	FAI
PV (kg)	55,85	58,10	59,45	56,38	56,77	59,49	5,83	-	-
kg <sup>0,75</sup>	20,43	21,04	21,41	20,57	20,68	21,42	10,68	-	-
MS <sub>I</sub> (g/d)	1290,10	1394,40	1454,73	1273,87	1386,84	1421,10	14,44	0,779	0,170
MS <sub>E</sub> (g/d)	55,88	84,34	134,66	69,37	82,83	127,75	18,49	0,773	0,001
MS <sub>D</sub> (%)	95,66	93,89	90,54	94,42	94,06	91,04	1,09	0,592	0,001
P <sub>I</sub> (g/d)	2,06	4,36	9,16	2,06	4,33	9,08	26,13	0,907	0,001
P <sub>E</sub> (g/d)	1,55	2,15	4,83	1,39	1,67	3,59	17,67	0,009	0,001
P <sub>Abs</sub> (g/d)	0,51	2,21	4,33	0,67	2,67	5,59	32,93	0,055	0,001
P <sub>D</sub> (%)	25,42	49,49	45,73	32,67	61,16	60,07	19,79	0,001	0,001

PV(kg) - Peso vivo

kg<sup>0,75</sup> - Peso metabólico

MS<sub>I</sub>(g/d) - Matéria seca ingerida

MS<sub>E</sub>(g/d) - Matéria seca excretada

MS<sub>D</sub>(%) - Matéria seca digestível

P<sub>I</sub> (g/d) - Fósforo ingerido

P<sub>E</sub> (g/d) - Fósforo excretado

P<sub>Abs</sub>(g/d) - Fósforo absorvido

P<sub>D</sub>(%) - Fósforo digestível

Regressão linear (P < 0,05)

Não houve diferença ( $P>0,05$ ) na quantidade de  $MS_I$  entre os tratamentos, porém, os suínos que receberam dietas com 20% de FAI apresentaram consumo aproximado em 12% a mais que os animais que consumiram 5% de FAI. Quando foi considerado o peso metabólico a diferença não foi significativa ( $P>0,05$ ) entre os níveis de 20% e 5% de FAI e essa diferença foi apenas de 7%.

Houve efeito ( $P<0,05$ ) do nível de FAI na  $MS_E$ , o que pode estar associado ao tipo de fibra das dietas experimentais. Sabe-se que a fibra interfere nos processos digestivos e que a magnitude dos efeitos é dependente do tipo de fibra ingerida (WILFART et al., 2007).

A maior excreção da matéria seca devido ao FAI provocou redução ( $P<0,05$ ) na digestibilidade da MS. Mesmo assim os valores de digestibilidade aparente da MS foram superiores a 90% em todos os tratamentos, o que possivelmente ocorreu em razão da maior parte dos ingrediente utilizados nas dietas terem sido de digestibilidade elevada (NRC, 2012).

A quantidade de  $P_I$  foi influenciada ( $P<0,05$ ) pelos níveis de FAI nas dietas, o que está de acordo com os objetivos propostos no estudo. É importante destacar que o consumo mais elevado de FAI proporcionou cerca de 75% da quantidade recomendada (9,1 *versus* 12,4 g/d) para animais com a mesma faixa de peso corporal (NRC, 2012).

Na análise do  $P_E$  observou-se efeito ( $P<0,05$ ) para fitase e FAI, isso mostra que a fitase exógena melhorou a utilização de P do fitato presente no FAI, diminuindo o potencial poluente, aspecto importante para o meio ambiente, resultado em acordo com estudos de Figueiredo et al. (2000), Trujillo et al. (2010). Entretanto, a intensidade de ação desta enzima, depende também de outros fatores como pH, temperatura e relação Ca:P (JONGBLOED et al., 1998).

No presente estudo a fitase reduziu em média 22% o conteúdo de P nas fezes, no entanto reduções de  $P_E$  em dietas com FAI foram encontrados nos estudos de Figueiredo et al. (2000) que usaram 1250 FTU/kg<sup>-1</sup> de fitase com redução de 44,7% para suínos em crescimento e Trujillo et al. (2010) encontraram redução de 26% desse mineral nas fezes. As fezes dos animais se não forem manejadas adequadamente, podem atingir fontes de água e provocar a eutrofização dos mananciais hídricos.

O  $P_{Abs}$  foi influenciado tanto pelo FAI como fitase ( $P < 0,05$ ) e isso pode ter ocorrido pela maior concentração de P conforme os níveis do FAI e pela ação da fitase que agiu sobre o fitato permitindo maior absorção desse mineral, resultados semelhantes foram evidenciados (RODEHUTSCORD, 2001).

Os efeitos da fitase possivelmente ocorreram em razão da liberação do P do ácido fítico que representa em média 86% do  $P_{Total}$  do FAI (ROSTAGNO et al., 2011).

A presença da fitase aumentou em média 27,58% a digestibilidade aparente em dietas com níveis de FAI estudado. No entanto, Trujillo et al. (2010) trabalhado com e sem níveis de ( $750 \text{ FTU/kg}^{-1}$ ) de fitase e nível de 30% de FAI em dietas para suínos com  $87,5 \pm 2,51 \text{ kg}$  encontraram diferença de 81,25% para digestibilidade aparente com inclusão da enzima.

O trato gastrointestinal dos suínos desempenha importante papel no controle homeostático do P do organismo, aumentando ou reduzindo a taxa de absorção conforme as necessidades e que à presença de fatores antinutricionais aumentam a viscosidade intestinal da digesta impedindo uma melhor digestibilidade (FIGUEIREDO et al., 2000).

A Tabela 3 apresenta resultados do balanço do Fósforo oriundo do FAI para suínos em crescimento alimentados com dietas contendo fitase e farelo de arroz integral.

Tabela 3 - Balanço de fósforo oriundo do FAI em suínos em crescimento alimentados com dietas contendo fitase e farelo de arroz integral.

Fitase	(0 FTU kg <sup>-1</sup> )			(750 FTU kg <sup>-1</sup> )			CV%	Probabilidade	
	FAI (%)	5	10	20	5	10		20	Fitase
P <sub>I</sub> (g/d)*	1,664	3,351	5,913	1,110	2,649	5,956	16	0,907	0,001
P <sub>E</sub> (g/d)*	1,432	1,971	3,601	1,494	0,979	2,653	27	0,009	0,001
P <sub>Abs</sub> (g/d)*	0,222	1,042	1,703	- 0,384	1,518	2,864	55	0,509	0,001
P <sub>D</sub> (%)*	- 2,807	29,431	25,482	- 2,936	53,529	51,571	46	0,014	0,001

P<sub>I</sub> (g/d) - Fósforo ingerido

P<sub>E</sub> (g/d) - Fósforo excretado

P<sub>Abs</sub>(g/d) - Fósforo absorvido

P<sub>D</sub>(%) - Fósforo digestível

Regressão linear \* (P < 0,05)

A ingestão de P foi significativa ( $P < 0,05$ ) devido aos níveis de FAI. Houve regressão linear entre as variáveis  $P_i$  e FAI na dieta. O fósforo excretado foi significativo ( $P < 0,05$ ) para fitase e FAI no balanço do fósforo oriundo do FAI, onde a adição da fitase reduziu 36,26% à excreção do P no FAI com uso da enzima. O fitato presente no FAI é hidrolisado pela ação da fitase a ésteres fosfatos de mio-inositol menores por meio de uma série de reações de fosforilação, liberando o fósforo inorgânico (NAVES, 2009). A ação da fitase começa na hidrólise do fosfato na posição 3, em seguida, hidrolisa-o na posição 4, 5, 6 e por último na posição 1 que representam à parte equatorial com maior atividade a hidrólise. O grupo fosfato na posição 2 não é hidrolisado pela fitase e representa a parte axial (KIES, 1996).

De acordo com Trujillo et al. (2010) em estudos com 30% de FAI, com e sem 750 FTU/kg<sup>-1</sup> de fitase a média de redução na excreção foi de 52% de P, enquanto Figueiredo et al. (2000) trabalhando com 1250 FTU/kg<sup>-1</sup> fitase observaram redução de 44,70% na excreção fósforo.

O  $P_{Abs}$  foi influenciado pelo FAI com aumento de 34,78% devido a inclusão de fitase. Entretanto, o nível de 5% de FAI com a adição da enzima acusou absorção negativa de fósforo. Isso pode ser justificado pela quantidade de P ingerida ser relativamente baixa em comparação as perdas endógenas, fazendo com que seja recuperada quantidade superior de P em relação à ingestão. Resultado semelhante foram encontrados por Yang et al. (2006).

Segundo Jongbloed et al. (1992) a fitase inicia sua atividade no estômago seguindo para o intestino delgado principalmente na porção duodenal, onde ocorre sua maior ação. O principal produto da hidrólise da fitase é o P inorgânico ou, ortofosfato ( $PO_4-3$ ), que é absorvido através de difusão ativa e passiva, podendo também ser absorvido juntamente com alguns fosfolipídios. Nos estudos de Trujillo et al. (2010) com 30% de FAI obtiveram 48,76% maior absorção com uso da enzima, valor semelhante ao encontrado por Moreira et al. (2010) com mesmo nível de FAI.

A digestibilidade aparente do P oriundo do FAI foi influenciada ( $P < 0,05$ ) tanto pela fitase como pelo FAI. Com a inclusão da enzima a digestibilidade aparente do P oriundo do FAI foi em média de 34,15% e sem a inclusão foi de 17,27%.

No entanto, o nível de 5% de inclusão de FAI tanto com e sem adição da enzima o coeficiente de digestibilidade mostrou-se negativo. Isso pode ser

justificado pela quantidade de P ingerida ser relativamente baixa em comparação as perdas endógenas fazendo com que seja recuperada quantidade superior de P em relação à ingestão. Yang et al. (2007) também encontraram valores negativos para digestibilidade aparente do P (-35,6%) quando forneceram dietas com baixo P (0,8g/kgMS) para leitões na fase de creche.

Houve variação nos resultados pesquisados para a digestibilidade aparente do FAI em diversos estudos onde Figueiredo et al. (2000) com zero e 1250 FTU/kg<sup>-1</sup> de fitase encontraram (33,6 e 86%) de digestibilidade aparente, respectivamente.

Trujillo et al. (2010) com 750 FTU/kg<sup>-1</sup> trabalhando com 30% de FAI encontraram (15 e 31,5%) valores de digestibilidade sem e com enzima, respectivamente.

A função de utilização de enzimas exógenas na alimentação de suínos não é somente melhorar o aproveitamento dos alimentos, mas favorecer a hidrólise de fatores antinutricionais reduzindo a viscosidade da digesta e melhorando a digestibilidade (FURLAN et al., 1997).

Os valores de digestibilidade total verdadeira do fósforo (DTVP) e perdas endógenas total de fósforo (PETP) obtidas pela técnica de análise de regressão revelam uma relação linear ( $P < 0,05$ ) com o P ingerido oriundo do FAI. Os resultados obtidos sem e com a inclusão da fitase para as PETP e DTVP estão representado pelas equações  $\hat{Y} = 260,8 + 32,10 * x$  (mg/kgMS<sub>i</sub>);  $R^2 = 93,2\%$  e  $\hat{Y} = 439,7 + 58,42 * x$  (mg/kgMS<sub>i</sub>);  $R^2 = 92,4\%$ , respectivamente, onde y = fósforo fecal e x = P<sub>i</sub> oriundo do FAI. O valor de 260,8 mgP/kgMS<sub>i</sub> corresponde as PETP no consumo zero de P e 32,10% é o coeficiente de regressão linear e representa a digestibilidade total verdadeira do fósforo sem a ação da fitase (Figura 1), e o valor de 439,7 mgP/kgMS<sub>i</sub> corresponde as PETP no consumo zero de P é 58,42% e o coeficiente de regressão linear representa a DTVP (Figura 2).



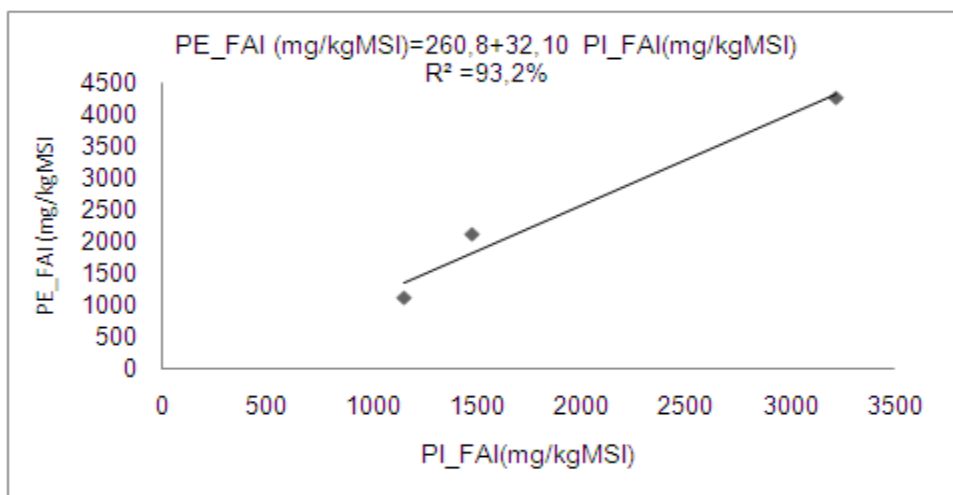


Figura 1 - Perdas endógenas de P e coeficiente de digestibilidade verdadeira do P no FAI sem a adição da fitase para suínos em crescimento.

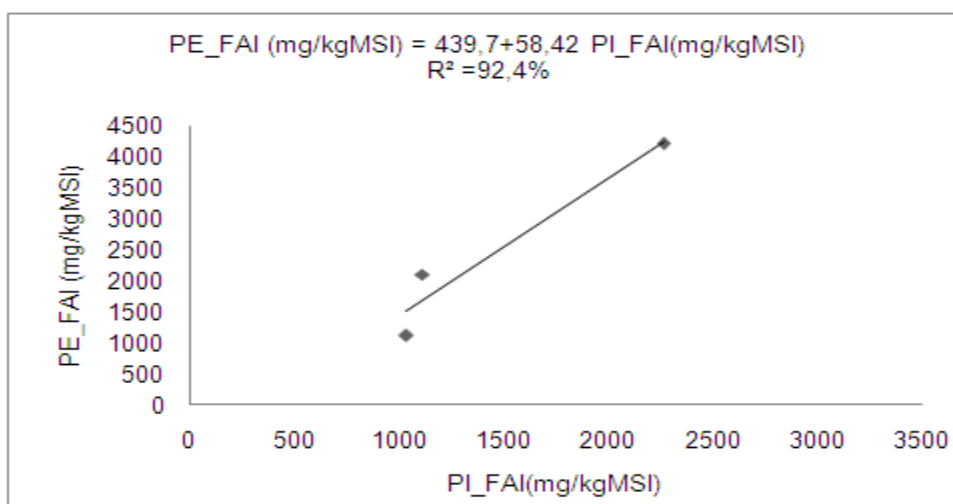


Figura 2 - Perdas endógenas de P e coeficiente de verdadeira do P no FAI com a adição da fitase para suínos em crescimento.

Os valores das perdas endógenas para o FAI tiveram variações de 260,8 a 439,7 mgP/kgMS<sub>i</sub> sem e com a inclusão de fitase, respectivamente. Esses valores estão em consonância com a faixa de variação de PETP citadas na literatura com variações em diferentes alimentos. Valores de perdas endógenas encontrados na literatura apresentam variações para diferentes alimentos entre 160 mgP/kgMS<sub>i</sub> (JOHNSTON et al., 2013) para a ervilha e 725 mgP/kgMS<sub>i</sub> para o arroz vermelho (YANG et al., (2007). O efeito observado devido a presença da fitase contraria a nossa hipótese inicial, uma vez que não esperávamos que houvesse diferença entre os níveis de fitase. Os nossos resultados contrariam resultados encontrados

por Figueiredo et al. (2000) que não observaram efeito da fitase sobre as perdas endógenas. A justificativa mais provável pela ação da fitase deu-se em função da maior absorção do P do FAI, que elevou os níveis de P no organismo. As perdas endógenas são influenciadas pela composição dos ingredientes da dieta, são induzidas pelas características específicas dos alimentos e contribuem com mais de 50% das perdas endógenas totais (RIBEIRO, 2009).

Para Braithwaite (1985), as perdas endógenas representam uma resposta fisiológica do animal às diferentes condições de consumo.

Por outro lado, diferentes valores de PETP foram constatados para diferentes alimentos Fan et al. (2001), Shen et al.(2002), Yang et al. (2006), Fang et al.( 2007), Ajakaiye et al. (2003), Johnton et al. (2009) que encontraram 310, 670, 725, 650, 450 mgP/kgMS<sub>i</sub>, para o farelo de soja, milho, arroz vermelho, trigoilho, farelo de soja e ervilha, respectivamente.

As perdas endógenas representam o P proveniente de secreções dentro do trato digestório sendo oriundo das glândulas salivares Breves & Schröder, (1991), suco gástrico, pancreático, fluido biliar e intestinal, descamações, restos celulares, enzimas e sucos digestivos Shen et al. (2002). As PETP podem ser divididas em basais e específicas sendo as últimas associadas ao ingrediente teste, no presente caso, o farelo do arroz integral.

Em nosso estudo a DTVP sem adição de fitase foi em média 32,10%, valor próximo ao descrito por Rostagno et al. (2011), que encontraram 28% de DTVP no farelo de arroz integral, NRC (2012) a biodisponibilidade do P foi 25% e Ruan et al.(2007) encontraram 23,41% de DTVP no farelo de arroz integral. Essas diferenças podem ser explicadas por diversos fatores entre eles o processo de beneficiamento e fatores metodológicos da determinação da digestibilidade e análise do fósforo.

Shen et al.(2002), aplicando a técnica de análise de regressão obtiveram valores de digestibilidade verdadeira fecal do P para milho de 59,8% o que representa quase duas vezes o valor de DTVP encontrado para o farelo de arroz integral. Contudo, em termos o P<sub>Total</sub> do FAI é quase 7 vezes superior ao milho, o que sinaliza a importância do estudo de tecnologias para aumentar a liberação do P do FAI no trato gastrintestinal, como por exemplo uso da fitase.

O teor de fósforo no soro não mostrou associação significativa ( $P>0,05$ ) com o consumo deste elemento, certamente, em função do tempo curto dos

experimentos. Na avaliação do P no soro sanguíneo os valores permaneceram na faixa, entre 7,48 a 8,09 mg/dL para suínos na fase de crescimento, portanto valores considerados normais pela literatura onde variam entre 4,0 e 9,0 mg/dL. Valores semelhantes foram encontrados por Underwood et al. (1981), Gürtler et al. (1984).

Segundo Engstron et al. (1985), a hipofosfatemia instala-se em suínos após um período de 34 a 41 dias de restrição do mineral na dieta.

## CONCLUSÕES

- A digestibilidade total verdadeira do fósforo no farelo de arroz integral foi de 32 e 58,4%, sem e com fitase, respectivamente.
- As perdas endógenas do fósforo do farelo de arroz integral sofreram influência ação da fitase.
- A fitase melhorou em 27,58% a digestibilidade do fósforo das dietas com farelo de arroz integral.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. N.; STEIN, H. H. Standardized total tract digestibility of phosphorus in blood products fed to weanling pigs. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 24, p. 617-622, 2011.

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS) **Official methods of analysis**, Arlington. AOAC, 2005.

AJAKAIYE, A.; FAN, M. Z.; ARCHBOLD, T.; HACKER, R. R.; FORSBURG, C. W.; PHILLIPS, J. P. Determination of true digestive utilization of phosphorus and endogenous phosphorus outputs associated with soybean meal for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 2766 – 2775, 2003.

BÜNZEN, S.; ROSTAGNO, H. S.; LOPES, D. C.; GOMES, P. C.; HASHIMOTO, F. A. M. ; APOLÔNIO, L. R. ; BORSATTO C. G. Digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de alimentos de origem animal para suínos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, v. 61, n. 4, Belo Horizonte, 2009.

BREVES, G.; SCHRÖDER, B. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. **Nutrition Research Reviews**, v. 4, p. 125-140, 1991.

ENGSTRON, G. W.; HORST, R. L.; REINHART, T. A. Effect of dietary phosphorus levels on porcine renal 25-hydroxyvitamin D-1 $\alpha$  and 24R-hidroxilase activities and plasma 1,25-dihydroxyvitamin D<sub>3</sub> concentration. **Journal of Animal Science**, v. 4, n. 60, p. 1005-1011, 1985.

FAN, M. Z.; ARCHBOLD, T.; SAUER, W. C.; LACKEYRAM, D.; RIDEOUT, T.; GAO, Y.; LANGE, C. F. M.; HACKER, R. R. Novel methodology allows simultaneous measurement of true phosphorus digestibility and the gastrointestinal endogenous phosphorus outputs in studies with pigs. **Food and Nutritional Science**, University of Alberta, Canada, 2001.

FANG, R. J.; YIN, Y.L.; WANG, K. N.; HE, J. H.; CHEN, Q. H.; LI, T. J.; FAN, M. Z.; WU, G. Comparison of the regression analysis technique and the substitution method for the determination of true phosphorus digestibility and fecal endogenous phosphorus losses associated with feed ingredients for growing pigs. **Livestock Science**, v. 109, p. 251-254, 2007.

FIGUEIREDO, A. V.; FIALHO, E. T.; VITTI, D. M. S. S.; LOPES J. B.; FILHO, J. C. S.; TEIXEIRA, A. S.; LIMA, J. A. de F. 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, p.177-182, 2000.

FURLAN, A. C.; FRAIHA, M.; MURAKAMI, A. E. Utilização de complexo multienzimático em dietas de frangos de corte contendo triticales. 1. Ensaio de digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, p. 759-764, 1997.

GÜRTLER, L.; KETZ, H. A.; KOLB, E. **Fisiologia veterinária**. 4. ed., Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1984, 612 p.

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

JONGBLOED, A.W.; MROZ, Z.; KEMME, P.A. The effect of supplementary *Aspergillus niger* pyhtase in diets for pigs on concentration and apparent digestibility of dry matter, total phosphorus, and phytic acid in different sections of the alimentary tract. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 4, p. 1159-1168, 1998.

JOHNSTON, A. M.; WOYENGO, T.A.; NYACHOTI, C. M. True digestive utilization of phosphorus in pea (*Pisum sativum*) fed to growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, 2013.

KIES, A. K. Phytate: model of action. In: COELHO, M. C.; KORNEGAY, E. T. Phytase in Animal Nutrition and Waste Management: **BASF Reference Manual**, 1996. New Jersey: BASF, p. 205-212, 1996.

LATTA, M. & ESKIN, M. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. **Journal Agriculture Food Chemistry**, n. 28, p. 1313-1315, 1980.

MOREIRA, J. A.; VITTI, D. M. S. S.; PATINO, R. M.; SILVA, T. S.; BUENO, I. C.; BERENCHTEIN, B. Impacto ambiental provocado pelo P em dietas suplementadas com enzima fitase e proteína ideal para suínos em crescimento: estudo do fluxo do fósforo no metabolismo animal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 5, p. 1206-1215, 2010.

Minitab Statistical Software, version 16.1, 2013.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (Washington, Estados Unidos). **Nutrient requirements of poultry**, 9. ed. Washington: National Academy, 2012, 155 p.

NAVES, L. P. **Atividades de fitase microbianas em diferentes condições de armazenamento, pH, temperatura e processamento térmico**. Lavras, MG: UFLA, 2009, 60p. Tese de Mestrado - Universidade Federal de Lavras, 2009.

OETZEL, G. R. Parturient paresis and hypocalcemia in ruminant livestock. **Veterinary Clinical of North America: Food and Animal Practical**, v. 4, n. 2, p. 331 - 349, 1988.

RIBEIRO F. B., Avaliação da perda endógena de aminoácidos, em função de diferentes níveis de fibra para suínos. **Revista Eletrônica Nutrime**, v. 6, n. 2, p. 890-897, 2009.

RODEHUTSCORD, M. Current phosphorus evaluation systems for livestock in Germany. **Information Lohmann**, (Halle-Wittenberg, Germany) v. 25, 2001.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F. de; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; TOLEDO BARRETO, S. L.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Zootecnia, 2011, 251p.

RUAN, Z.; ZHANG, Y. G.; YIN, Y. L.; LI, T. J.; HUANG, R. L.; KIM, S. W.; WU, G. Y.; DENG, Z. Dietary requirement of true digestible phosphorus and total calcium for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 20, n. 8, p. 1236-1242, 2007.

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

SANTOS, Z. A. S.; FREITAS, T. F.; FIALHO, E. T.; LIMA, J. A. F.; CARELLOS, D. C.; BRANCO, P. A. C.; CANTARELLI, V. S.; Valor nutricional de alimentos para suínos determinado na Universidade Federal de Lavras, **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 1, Lavras, Jan./Feb. 2005.

SHEN, Y.; FAN, M. Z.; AJAKAIYE, A. et al. Use of the regression analysis technique to determine the true phosphorus digestibility and the endogenous phosphorus output associated with corn in growing pigs. **Journal of Nutrition**, v. 132, p. 1199-1206, 2002.

TALAMINI, T. J. D.; ARBOIT, C.; WOLOZSYN, N.; MARTINS, F. M. Análise econômica da produção integrada de suínos nas fases de leitões e de terminação. Custos e Agronegócio online. v. 2, Edição Especial - Out - 2006. ISSN 1808-2882, [www.custoseagronegocioonline.com.br](http://www.custoseagronegocioonline.com.br), Acesso em: 03- 01-2014.

TRUJILLO, J. H.; LINDEMANN, M. D.; CROMWELI, G. L. Phosphorus utilization in growing pigs fed a phosphorus deficient diet supplemented with a rice bran product and amended with phytase. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 23, n.4, Colômbia, Medellín, p. 429 - 443, 2010.

UNDERWOOD, E. J. **The mineral nutrition of livestock**. Commonwealth Agricultural Bureaux. London, 2. ed., p. 179, 1981.

YANG, H.; LI, A. K.; WANG, Z. R.; YIN, YANG. L.; HUANG, R. L.; KONG, X. F.; YANG, C. B.; KANG, P.; DENG, J.; WANG, B. E.; TAN, B. E.; HU, Q.; XING, F. F.; WU, X.; HE, Q. H.; YAO, K.; LIU, Z. J.; TANG, Z. R.; YIN, F. G.; DENG, Z. G.; XIE, M. Y.; FAN, M. Z. True phosphorus digestibility and the endogenous phosphorus outputs associated with brown rice for weanling pigs measured by the simple linear regression analysis technique. **Cambridge Journals Online**, v. 2, p. 213-220, 2006.

WILFART, A.; MONTAGNE, L.; P. H. SIMMINS, P. H. ; MILGEN, J. VAN.; NOBLET, J. Sites of nutrient digestion in growing pigs: Effect of dietary fiber. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 4, p. 976-983, 2007.



## CAPITULO III

### DISCUSSÃO GERAL

Os resultados obtidos através dos experimentos executados foram discutidos com objetivo de elucidar valores da digestibilidade verdadeira e perdas endógenas de P em dietas para suínos nas fases de creche e crescimento, com e sem adição de fitase na presença de diferentes níveis de FAI, empregando a técnica de regressão linear. Para esses estudos utilizamos animais com peso corporal de  $13 \pm 1$  kg com idade de 46 dias e  $57 \pm 2,5$  kg com idade de 86 dias.

Esses animais receberam dietas semipurificadas com  $P_{Total}$  entre (1; 2; 4g/d), e níveis de proteína bruta (5,5; 7,88; 13,57%) e relação Ca:P (2,04:1) igual nas dietas com níveis (5; 10; 20%) de FAI, respectivamente. A PB foi fornecida com níveis abaixo das recomendações do NRC (2012), objetivando apenas manter os animais saudáveis, embora os níveis de lisina (0,98; 0,99; 1,03%) usados nas dietas com níveis de (5, 10, 20%), respectivamente, de FAI ficaram acima das exigências de manutenção. No entanto, é possível que a lisina tenha respondido de forma linear e ascendente na taxa de proteína corporal permitindo maior eficiência na síntese protéica (NETO et al., 2001).

A Tabela 3 mostra diferentes valores de  $P_{Total}(\%)$ ,  $P_{Fítico}$  no  $P_{Total}(\%)$ ,  $P_{Fítico}(\%)$  e Atividade intrínseca ( $FTU\ kg^{-1}$ ) encontrados por diferentes pesquisadores para o FAI e essa variação pode ser explicada pela forma de obtenção do farelo durante o processo de beneficiamento do arroz. Em nosso estudo encontramos valor de 1,41% de  $P_{Fítico}(\%)$  no FAI, e conforme Storck (2004), o arroz integral submetido ao polimento perde as camadas de pericarpo, aleurona, subaleurona, embrião e parte do endosperma restando endosperma amiláceo (arroz branco), sendo que o fitato se encontra na sua grande maioria nas camadas aleurona e subaleurona entre outras.

Tabela 3 – Valores de  $P_{Total}(\%)$ ,  $P_{Fítico}$  no  $P_{Total}(\%)$ ,  $P_{Fítico}(\%)$  e Atividade intrínseca (FTU) no Farelo de arroz integral.

Autores	$P_{Total}(\%)$	$P_{Fítico}$ no $P_{Total}(\%)$	$P_{Fítico}(\%)$	Atividade intrínseca (FTU $kg^{-1}$ )
Valle (2010)	1,67	80,00	1,34	120
Ravindran et al. (1994)	1,34	76,90	1,03	-
Selle et al.(2003)	1,75	90,20	1,58	-
Godoy et al. (2005)	1,57	72,00	1,13	-
Sauvant et al. (2004)	1,61	85,00	1,37	120
Rostagno et al. (2009)	1,67	85,60	1,43	-
Eeckhout & Paepe (1993)	1,71	64,00	1,10	-

Na avaliação do peso vivo os suínos em fase de creche e crescimento não responderam de forma significativa ( $P>0,05$ ) a fitase e farelo arroz integral. Vale salientar que as rações foram semipurificadas com o nível de energia metabolizável muito próximos.

A  $MS_i$  não respondeu de forma significativa a fitase em relação às dietas, mas respondeu ( $P<0,05$ ) ao FAI para ambas as fases creche e crescimento, resultados contrários foram encontrados por (JONGBLOED et al., 1992; CROMWELL et al., 1993) que perceberam maior digestibilidade da MS com uso da fitase.

Na fase de creche a  $MS_i$ ,  $MS_E$  e  $MS_D(\%)$  responderam de maneira ( $P<0,05$ ) ao FAI e não ( $P>0,05$ ) à fitase, assim é possível afirmar que o conteúdo de fibra elevou a excreção e mesmo dessa forma a digestibilidade da MS atingiu um valor médio de 93,02% tanto com e sem uso de fitase. Na fase de crescimento não houve diferença ( $P>0,05$ ) na quantidade de  $MS_i$  entre os tratamentos, porém, os suínos que receberam dietas com 20% de FAI apresentaram consumo aproximado em 12% a mais que os animais que consumiram 5% de farelo de arroz integral.

Quanto a  $MS_E$  essa respondeu de forma ( $P<0,05$ ) aos níveis de FAI, pois na análise bromatológica encontramos valor de FDN 29,9%, e esse é um fator antinutricional para suínos (WILFART et al. 2007). A variável  $P_i$  para suínos na fase de creche e crescimento mostrou-se ( $P<0,05$ ) ao FAI, resultados em acordo com os estudos de Fernandez (1995a), Pettey et al. (2006) que constataram maior ingestão de P quanto maior a disponibilidade desse mineral na dieta.

Houve efeito ( $P<0,05$ ) na excreção do P no FAI nas dietas para ambas as fases, onde animais na fase de creche a redução média foi de 9,37% superior com

a inclusão de fitase e na fase de crescimento a média na redução foi de 27,93%, Assim, pode-se afirmar que a redução da excreção de P foi três vezes superior aos animais em crescimento. Na análise da excreção Figueiredo et al. (2000) com 1250 FTU/kg<sup>-1</sup> e sem FAI a redução alcançou valor de 29,25% e com FAI a redução foi de 44,70%. Já para Pettey et al. (2006) a excreção de P nas fezes com suínos de 27 kg e 59 kg recebendo 0,08% de P na dieta os resultados de excreção foram 15,2% e 29,3%, respectivamente.

O  $P_{Abs}$  oriundo do FAI apresentou diferença ( $P < 0,05$ ) com fitase e FAI em ambas as fases de produção. Entretanto, animais na fase de creche com nível de 5% de FAI sem a adição da enzima acusaram absorção negativa de fósforo. Isso pode ser justificado pela quantidade de P ingerida ser relativamente baixa em comparação as perdas endógenas, fazendo com que seja recuperada quantidade superior de P em relação à ingestão. Resultados semelhantes foram encontrados por (YANG et al., 2007). Já os animais em crescimento a maior absorção ocorreu pela maior concentração de P conforme os níveis do FAI e pela ação da fitase que agiu sobre o fitato permitindo maior absorção desse mineral, resultados semelhantes foram evidenciados (RODEHUTSCORD, 2001).

Segundo Jongbloed et al. (1992) o principal produto da hidrólise da fitase é o P inorgânico ou, ortofosfato ( $PO_4^{3-}$ ), que é absorvido através de difusão ativa e passiva, podendo também ser absorvido juntamente com alguns fosfolipídios. Nos estudos de Trujillo et al. (2010) com 30% de FAI e enzima obtiveram 48,76% maior absorção, valor semelhante aos encontrados por Moreira et al. (2010) com mesmo nível de farelo de arroz integral.

A DTAP conforme níveis do FAI em estudo nas dietas influenciaram ( $P < 0,05$ ) a fitase e FAI tanto aos animais em creche como em crescimento e os valores médios sem e com a inclusão da enzima foram (36,86 e 44,27%) para leitões, e (40,21 e 51,30%) para suínos em crescimento, respectivamente, portanto, a fitase foi efetiva na determinação da digestibilidade, assim é possível inferir que a fitase possui forte ação sobre o fitato diminuindo a excreção do P e melhorando a absorção e reduzindo a poluição ambiental com menor eutrofização das águas.

A resposta do estudo das dietas na fase de creche quanto a DTAP mostrou-se significativa a ( $P < 0,049$ ), esse resultado condiz com a eficácia da enzima sobre o fitato. A DTAP com inclusão da enzima nas dietas foi em média 20,07% superior ao não uso da enzima na creche com os mesmos níveis de FAI, no entanto, na

fase de crescimento o resultado de digestibilidade com a fitase foi 27,56% superior quando da inclusão da enzima. Com esses dados podemos inferir que a digestibilidade aparente das dietas para os animais na fase de crescimento apresentaram 7,49% melhor digestibilidade aparente dos animais na fase de creche.

Por outro lado, valores de DTAP foram encontrados por Trujillo et al.(2010) sem e com 750 FTU/kg<sup>-1</sup> de fitase e sem e com 30% de FAI na dieta para animais de crescimento os valores foram (25,49% e 37,03%), respectivamente, valor 45,27% superior com o FAI e inclusão da enzima. No entanto, Fan et al. (2001) estudando digestibilidade pelo método de coleta fezes com suínos com média de 7 kg de peso corporal e dieta a base de soja com 4 níveis de P variando de 1,1 a 4,3 g/kg de MS observaram aumento de 18,8% para 42,5% de digestibilidade.

Conforme Ruiz et al. (2008) o sistema digestório dos animais em crescimento está mais maduro ao sistema enzimático em relação aos animais jovens que possuem esse sistema imaturo, dessa forma a idade permitiu maior absorção e em conseqüência maior digestibilidade e redução na excreção.

Na avaliação do P oriundo do FAI a variável  $P_i$  foi significativa ( $P < 0,05$ ) tanto na fase de creche como crescimento ao FAI da dieta, ação eficaz da fitase sobre o fitato do farelo de arroz integral. No entanto, na análise do  $P_E$  esse se mostrou de forma ( $P < 0,05$ ) só ao FAI na fase de creche, mas na fase de crescimento a fitase como o FAI apresentou efeito ( $P < 0,05$ ) no balanço do fósforo oriundo do FAI, sendo que na fase de creche a fitase reduziu a excreção em 37,67% em relação a não inclusão da enzima, já o valor de excreção na fase de crescimento foi 36,26% com uso da fitase, onde podemos inferir que 3,9% a excreção de P foi maior na fase de creche comparada a fase de crescimento com uso da enzima. O fitato presente no FAI é hidrolisado pela ação da fitase a ésteres fosfatos de mio-inositol menores por meio de uma série de reações de fosforilação, liberando o fósforo inorgânico (NAVES, 2009).

O  $P_{Abs}$  oriundo do FAI na fase em crescimento foi influenciada somente pelo FAI com aumento de 34,78% devido a inclusão de fitase. Entretanto, o nível de 5% de FAI com a adição da enzima acusou absorção negativa de fósforo. Isso pode ser justificado pela quantidade de P ingerida ser relativamente baixa em comparação as perdas endógenas, fazendo com que seja recuperada quantidade

superior de P em relação à ingestão. Resultados semelhantes foram encontrados por (YANG et al. 2007).

A DTAP oriundo do FAI na fase de creche, sem e com fitase foram em média (14 e 26,53%), respectivamente, na fase de crescimento os valores sem e com fitase foram (17,36 e 34,05%) respectivamente, porém nos níveis de 5% de FAI a resposta foi negativa tanto com e sem a presença da fitase na fase de crescimento, portanto a inclusão da fitase melhorou a digestibilidade aparente em média de 90% para ambas as fases.

O uso da técnica de regressão linear na determinação dos valores de DTVP e PETP no FAI nos níveis de (5, 10, 20%) para a fase de creche sem e com fitase apresentaram média de (34,39 e 47,51%) e PETP (461,1 e 425,2 mgP/kgMS<sub>i</sub>), respectivamente, para fase de creche. Na fase de crescimento a DTVP os valores sem e com fitase foram (32,10 e 58,42%), portanto 81,99% maior em digestibilidade com a inclusão da enzima, o mesmo comportamento foi observado nas PETP cujos resultados sem e com a ação da enzima foram (260,8 e 439,7 mg de P/kg MS<sub>i</sub>), valor superior em 68,59% nas perdas endógenas com o adição da fitase.

Na comparação com valores de DTVP na literatura com diferentes alimentos há variações na digestibilidade verdadeira dentro de uma faixa entre 23,41% a 63,7%. Shen et al.(2002), obtiveram valores de digestibilidade verdadeira do P para milho de 59,8%, Yang et al. (2006) 58,2% para arroz vermelho, Rostagno et al. (2011) 28% no farelo de arroz integral e NRC (2012) apresenta 23,41% no farelo de arroz integral.

Os resultados obtidos indicaram uma PETP de 260,8 mgP/kgMS<sub>i</sub> para o FAI, fase de crescimento, valor inferior aos encontrados por Fan et al. (2001), Shen et al.(2002) e Yang et al. (2006) que foram de (310, 670 e 725 mgP/kgMS<sub>i</sub>), para o farelo de soja, milho e arroz vermelho), respectivamente. No entanto, é importante salientar que as perdas endógenas representam o P proveniente de secreções dentro do trato digestório sendo oriundo das glândulas salivares Breves & Schröder, (1991), suco gástrico, pancreático, fluido biliar e intestinal, descamações, restos celulares, enzimas e sucos digestivos Shen et al. (2002). As PETP na fase de creche dos animais responderam de forma diferente a nossa hipótese, onde esperávamos valores menores para essas perdas sem a inclusão da enzima, e a resposta foi 8,44% superior. Isso possivelmente ocorreu devido abaixo quantidade

de P na dieta, onde os animais que absorveram menor quantidade de P apresentaram maiores perdas endógenas.

Na fase de crescimento quanto maior a digestibilidade do P maior foi as perdas endógenas, esse comportamento também foi encontrado por Moreira et al. (2002), que afirmaram que o aumento da excreção do fósforo endógeno no trato gastrointestinal é seguido pelo aumento do fósforo endógeno reabsorvido para o plasma.

A Tabela 4 mostra um resumo dos valores encontrados para digestibilidade verdadeira do P e perdas endógenas total de P no FAI e Erro padrão das dietas com e sem uso da fitase.

Tabela 4 - Médias de Digestibilidade Total Verdadeira de P (%) e Perdas Endógenas Total de P (mgP/kgMS<sub>i</sub>) e Erro padrão no farelo de arroz integral nas fases creche e crescimento.

FTU/kg <sup>-1</sup>	Fase creche (13 ± 1 kg)		Fase crescimento (57 ± 2,5 kg)	
	0	750	0	750
DTVP	34,39 ± 1,50 <sup>b</sup> B	47,51 ± 4,00 <sup>a</sup> B	32,10 ± 2,90 <sup>b</sup> B	58,42 ± 3,10 <sup>a</sup> A
PETP	461,1 ± 41,07 <sup>b</sup> A	425,20 ± 112,62 <sup>b</sup> A	260,8 ± 80,98 <sup>b</sup> B	439,7 ± 82,45 <sup>a</sup> A

Médias com letras minúsculas indicam diferenças da enzima dentro das fases de produção e letras maiúsculas indicam diferenças entre as fases de produção, para um mesmo nível de enzima pelo teste t de Student (P < 0,05).

A Figura 5 permite analisar a interação entre o peso vivo de (13 e 57 kg) e fitase (0 e 750 FTU/kg<sup>-1</sup>) em relação à DTVP (%).

Houve interação entre o peso vivo e fitase na DTVP, sendo que os animais com níveis zero de fitase não apresentaram efeito ao P para ambos os pesos (34,39 ± 1,50 *versus* 32,10 ± 2,90). Entretanto, os animais de maior peso vivo (57 kg) que receberam dietas suplementadas com fitase apresentaram digestibilidade (47,51 ± 4,00 *versus* 58,42 ± 3,10), relação de 11 pontos percentuais superiores aos animais de menor peso vivo (13 kg). De acordo com Sulabo (2003), esses resultados devem-se a relação enzima substrato (fitase x fitato) onde os animais menores possuíam pouco substrato em relação à fitase quando comparados aos animais maiores (0,82 g/d x 3,15 g/d), respectivamente.

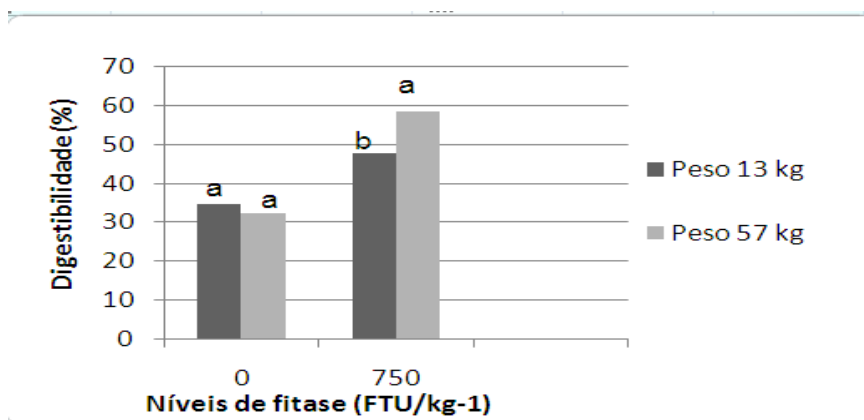


Figura 5 – Efeito entre o peso vivo e fitase em relação à digestibilidade total verdadeira do fósforo nas diferentes fases de produção. (Letras minúsculas indicam diferenças entre as fases com relação à fitase ( $P < 0,05$ )).

A Tabela 5 ilustra de maneira prática a importância do uso de fitase na valorização do fósforo do FAI. Como se percebe, utilizando uma digestibilidade média de 30% (comum no FAI) sem fitase seriam necessários acima de 46,46% de FAI nas dietas, em todas as fases consideradas, para atender as exigências de fósforo. Por outro lado, incluindo-se fitase seria possível atender toda a exigência de fósforo na fase de terminação com 25% de farelo de arroz integral.

Tabela 5 – Quantidade de farelo de arroz integral na dieta para atender as exigências de P(%) de acordo com a digestibilidade (%) conforme o peso vivo (kg).

	PV	15 - 30	30 - 50	50 - 70	70 - 100	100 - 120
Exigência de P (%)		0,368	0,304	0,268	0,248	0,230
Quantidade de FAI (kg) na dieta para atender as exigências de P de acordo com a digestibilidade						
Digestibilidade (%)	100	22,30	18,42	16,24	15,03	13,94
	90	24,80	20,54	18,11	16,75	15,54
	80	27,87	23,03	20,30	18,78	17,42
	70	31,38	26,32	23,20	21,47	19,91
	60	37,17	30,70	27,07	25,05	23,23
	50	44,60	36,84	32,48	30,06	27,88
	40	55,75	46,06	40,61	37,57	34,85
	30	74,34	61,41	54,14	50,10	46,46
	20	111,51	92,12	81,21	75,15	69,69
	10	223,03	184,24	162,42	150,30	139,39

Fonte – Adaptados de Rostagno et al. (2011).

A Tabela 6 faz uma análise com relação aos níveis de FAI incluídos nas dietas para animais com diferentes pesos e as exigências de P (%) atendidas pelo FAI conforme os níveis de digestibilidade.

Tabela 6 – Percentual de exigências de P (%) atendidas pelos níveis de farelo de arroz integral de acordo com a digestibilidade.

	Peso vivo (kg)	15 - 30	30 - 50	50 - 70	70 - 100	100 - 120
FAI na dieta (%)		10	15	15	20	20
P no FAI (%)		0,165	0,247	0,247	0,330	0,330
Exigência P (%)		0,368	0,304	0,268	0,248	0,230
Exigências de P (%) atendidas pelo FAI de acordo com a digestibilidade						
Digestibilidade (%)	10	4,5	8,14	9,23	13,31	14,34
	20	9,0	16,28	18,46	26,62	28,69
	30	13,5	24,42	27,69	39,93	43,02
	40	18,0	32,56	36,92	53,24	57,36
	50	22,5	40,70	46,15	66,55	71,70
	60	27,0	48,84	55,38	79,86	86,04
	70	31,5	56,98	64,61	93,17	100,30
	80	36,0	65,12	73,84	106,48	114,72
	90	40,5	73,26	83,07	119,79	129,06
	100	45,0	81,40	92,30	133,10	143,40

Fonte – Adaptados de Rostagno et al.(2011).



Considerando que a digestibilidade de 30% sem a inclusão da fitase com um nível de FAI (20%) sugerido por Rostagno et al. (2011) é possível atender no máximo 43% das exigências de fósforo. Por outro lado, com uma digestibilidade de 60% com inclusão de fitase o nível de FAI sugerido seria possível atender acima de 80% das exigências de fósforo somente com o farelo de arroz integral. Isso mostra importância da enzima para valorizar o FAI, um subproduto com grande disponibilidade no RS e reduzir os custos de produção e a poluição ambiental.

Nesse contexto é de fundamental importância reduzir as quantidades de P inorgânico ou fosfato bicálcico incluindo nas dietas, barateando o custo das rações com redução de fosfato bicálcico e utilizando como alimento alternativo o farelo de arroz integral em substituição de parte do milho e farelo de soja. O fosfato bicálcico é obtido através do ácido ortofosfórico, que por sua vez tem origem nas rochas fosfáticas, cuja tendência desse elemento na natureza é finita. Associado a isso, precisamos produzir cada vez mais proteína animal e nesse contexto incluir alimentos alternativos no processo produtivo. A busca por matérias primas renováveis e de baixo custo para a obtenção de diferentes insumos é crescente nos últimos tempos, principalmente devido ao fato de possibilitar a redução de custo de produtos alimentícios com alto valor nutritivo. O farelo de arroz com sua riqueza em nutrientes, principalmente como fonte de vitaminas e minerais é um subproduto da agroindústria brasileira com potencial para ser aproveitado na formulação de alimentos, principalmente rações. No processo de beneficiamento do arroz, o farelo de arroz se destaca como importante subproduto, o qual segundo o Instituto Rio-grandense do Arroz vem sendo subaproveitado no montante de mais de um milhão de toneladas/ano (IRGA, 2008). O maior problema é a rápida deterioração que ocasiona problemas de armazenagem, que, segundo pesquisas realizadas pela Embrapa (2006), poderiam ser atenuados com a adoção de modelos de estabilização térmica do farelo (com calor seco ou microondas) a fim de classificá-lo para o consumo humano e animal. Outros fatores limitantes ao uso em maior percentual de FAI na alimentação de não ruminantes é a questão das fibras e fitato.

O fitato é um composto constituído com o grupo ortofosfato que é altamente ionizado e complexa com alguns cátions (Ca, Mg, Mn, Cu, etc). 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 um

pouco acima da exigência do animal com o objetivo de se ter uma margem de segurança em relação a este elemento na dieta. Com isso, o fósforo fítico de baixa disponibilidade para estes animais, juntamente com este excesso de fósforo inorgânico adicionado às rações é eliminado nas fezes, ocasionando assim, problemas ambientais, salvo se incluirmos a enzima fitase.

O fitato presente no FAI é hidrolisado pela ação da fitase a ésteres fosfatos de mio-inositol menores por meio de uma série de reações de fosforilação, liberando o fósforo inorgânico (NAVES, 2009).

Na avaliação das variáveis de matéria mineral,  $MM_I(g/d)$ ,  $MM_E(g/d)$ ,  $MM_{Abs}(g/d)$ ,  $MM_D(\%)$ ,  $MO_I(g/d)$ ,  $MO_E(g/d)$ ,  $MO_{Abs}(g/d)$ ,  $MO_D(\%)$  com relação aos níveis de fitase, FAI e interação na fase de crescimento infere-se que somente o FAI respondeu de forma significativa ( $P < 0,05$ ), assim foi possível afirmar que a fitase não tem influência sobre essas variáveis talvez pelo volume de FAI ser baixo, mas a fibra resultou em maior volume de material orgânico nas fezes.

Os resultados de produção de fezes são apresentados Tabela 7. O peso vivo e o nível de FAI influenciou a quantidade de fezes eliminadas, embora o efeito foi dependente da unidade utilizada para expressar os resultados. Em termos absolutos, leitões produziram menor quantidade de fezes que animais em crescimento (55,4 *versus* 184,4 g/d, respectivamente), porém por unidade de peso vivo verificou-se o inverso (3,99 *versus* 3,14 g/d, respectivamente). Quando a quantidade de fezes foi expressa em gramas por kg de  $MS_I$  não ocorreram diferenças entre os leitões (139,0 g/d) e animais em crescimento (134,1 g/d). A regressão linear indicou que o FAI teve efeito mais pronunciado na quantidade de fezes dos leitões ( $b_1=1,16$ ) que nos animais em crescimento ( $b_1=0,91$ ). A menor digestibilidade do FAI em relação à dieta basal pode ter sido a causa desse resultado. O teor médio de umidade das fezes foi 50% e não alterou devido aos tratamentos. Esses valores são relativamente baixos e podem estar relacionados à alta digestibilidade das dietas e também aos baixos valores de FDN das dietas experimentais.

Tabela 7 – Produção de fezes, Matéria :Seca Ingerida (MS<sub>I</sub>) e Matéria Seca Excretada (MS<sub>E</sub>), Coeficiente de Matéria Seca Digestível (CMS<sub>D</sub>) e Coeficiente de Matéria Orgânica da Dieta (CMO<sub>D</sub>).

	DIETA		(g/d)	FEZES		DIETA	
	MS <sub>I</sub> (g/d)	MS <sub>E</sub> (g/d)		g/kgMS <sub>I</sub> /d	g/kg/pv/d	CMS <sub>D</sub> (%)	CMO <sub>D</sub> (%)
Peso vivo (kg)							
13	387,07 b	28,05 a	55,40 a	139,03 a	3,99 a	93,03 a	94,51a
57	1373,49a	92,54 b	184,40 b	134,11a	3,14 a	93,27a	94,71a
Farelo de arroz integral (%)							
5	813,18 c	39,88 c	81,16 c	101,11c	2,49 c	94,98 a	95,66 a
10	898,97 b	56,34 b	110,85 b	127,00 b	3,37 b	93,65 b	94,90 b
20	928,68 a	84,66 a	166,09 a	181,60 a	4,83 a	90,81c	93,27 c

Médias com letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os coeficientes de digestibilidade (CD) da matéria seca (CDMS) e matéria orgânica (CDMO) do FAI calculados pelo método de regressão foram de 68,6 e 80,6%, respectivamente. O CDMO obtidos foram 11 e 18,5% maiores que os citados por Rostagno et al. (2011) e Sauvant et al. (2004), respectivamente. No nosso estudo foi utilizada uma dieta semipurificada de alta digestibilidade o que, associado aos baixos teores de FAI adicionados (5, 10 e 20%) pode ter contribuído para os resultados. O método de regressão é recomendado para avaliação de determinados alimentos, pois permite verificar possíveis interações entre dieta basal e alimento teste (BAIDOO et al.,1996). Contudo, as características da dieta basal podem influenciar a digestibilidade dos nutrientes e não necessariamente interagir com os níveis e isso deve ser considerado nos ensaios de metabolismo.

A Tabela 8 mostra a diferença dos valores do P no soro sanguíneo (mg/dL) para animais em creche e crescimento.

Tabela 8 – Médias e valores do fósforo no soro sanguíneo (mg/dL) para suínos nas fases de creche e crescimento.

Fitase	(0 FTU/kg <sup>-1</sup> )			(750 FTU/kg <sup>-1</sup> )			Probabilidade			
	FAI	5	10	20	5	10	20	CV(%)	Fitase	FAI
Creche		7,37	8,04	8,38	7,31	6,61	6,69	13,71	0,06	0,850
Crescimento		8,02	8,09	7,48	7,89	7,84	7,75	8,56	0,905	0,424

(P < 0,05).

O teor de fósforo no soro não mostrou associação significativa (P>0,05) com o consumo deste elemento, certamente, em função do tempo curto dos experimentos. Em nossos estudos para a avaliação do P no soro sanguíneo os valores permaneceram na faixa, entre 6,61 a 8,36 mg/dL na fase de creche, e 7,48 a 8,09 mg/dL fase de crescimento, portanto em ambas as fases os valores permaneceram na faixa considerada normal pela literatura (4,0 e 9,0 mg/dL), valores semelhantes foram encontrados por Underwood et al. (1981), Gürtler et al. (1984). Segundo Engstron et al. (1985), a hipofosfatemia instala-se em suínos após um período de 34 a 41 dias de restrição do mineral na dieta.

A Figura 6 apresenta as quantidades de P<sub>Abs</sub>(g/d) em relação a quantidade de ácido fítico ingerido(g/d) na fase de creche.

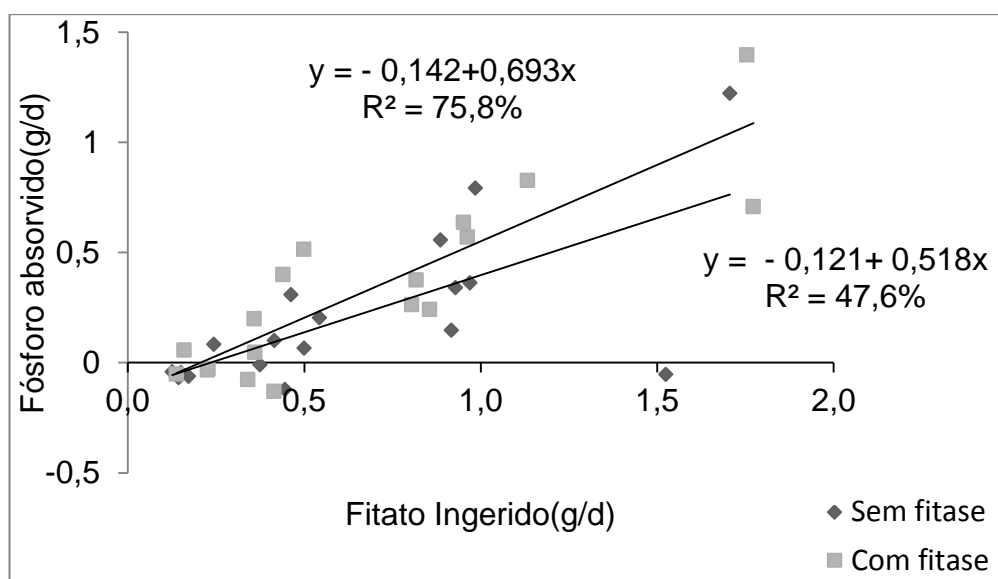


Figura 6 – Relação entre P<sub>Abs</sub>(g/d) versus fitato ingerido(g/d) no farelo de arroz integral na fase de creche.

Os suínos na fase de creche que não receberam fitase a cada 1(g/d) a mais de fitato ingerida espera-se em média um acréscimo de 0,518 g/d de fósforo absorvido pelos suínos. Já para os suínos que receberam fitase espera-se em média um acréscimo de 0,693 g/d de  $P_{Abs}$  pelos suínos. Portanto os animais que receberam fitase tiveram 33,78% maior absorção de P em relação aos alimentados sem fitase. A Figura 7 apresenta as quantidades de  $P_{Abs}$ (g/d) em relação a quantidade de ácido fítico ingerido (g/d) na fase de crescimento.

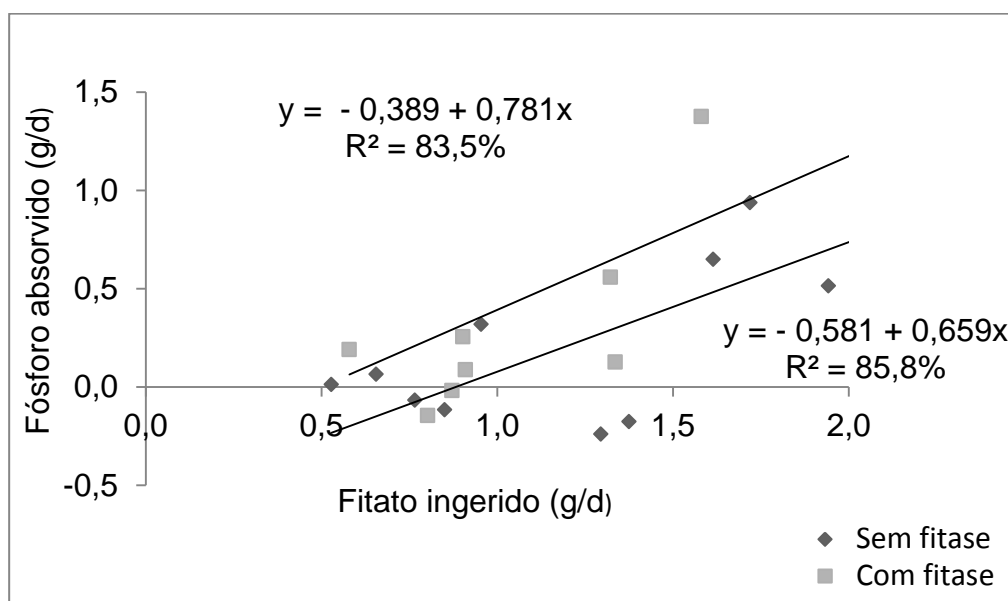


Figura 7– Relação entre  $P_{Abs}$ (g/d) versus fitato ingerido(g/d) no farelo de arroz integral na fase de crescimento.

Os suínos na fase de crescimento que não receberam fitase a cada 1(g/d) a mais de fitato ingerida espera-se em média um acréscimo de 0,659 g/d de fósforo absorvido pelos suínos. Já para os suínos que receberam fitase essa média tem um acréscimo de 0,781 g/d de  $P_{Abs}$  pelos animais. Portanto, os suínos que receberam fitase tiveram 18,52% maior absorção de P em relação aos alimentados sem fitase.

Na comparação entre as fases de produção observa-se, que na fase de creche a presença da enzima foi em média 82,39% superior a não inclusão, isso foi possível devido o sistema digestivo estar ainda imaturo a determinadas enzimas.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A adição de fitase nas dietas com FAI para suínos em fase de creche e crescimento influenciou a digestibilidade verdadeira, porém as perdas endógenas do fósforo só foram influenciadas na fase de crescimento.
- O farelo de arroz integral é rico em P, sendo que grande parte desse encontra-se na forma de ácido fítico com baixa digestibilidade, e a fitase tem papel significativo na disponibilização desse mineral.
- Sem a inclusão da fitase não houve diferença na digestibilidade verdadeira para os diferentes pesos dos animais, porém com a inclusão da enzima a digestibilidade do fósforo no farelo de arroz integral foi superior em 23% na fase de crescimento.
- Pelos resultados obtidos um único valor de digestibilidade verdadeira do fósforo é suficiente para formulações de rações nas fases de creche e crescimento.
- A digestibilidade total verdadeira do fósforo nas duas fases de produção foi superior quando a enzima foi incluída.
- O efeito da fitase na hidrólise do fósforo foi diferente de acordo com as fases de produção, sendo inferior na fase de creche.
- Os níveis de P no soro sanguíneo não sofreram alteração no período estudado e permaneceram dentro da faixa normal com variação entre 4,0 e 9,0 mg/dL tanto para suínos na fase de creche e crescimento.





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEOLA, O.; OLUKOSI, O.A.; JENDZA, J.A.; DILGER, R.N. e BEDFORD, M.R. Response of growing pigs to Peniphoralyciie *Escherichia coli* derived phytase or varying ratios of calcium to total phosphorus. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 637-644, 2006.

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS) **Official methods of analysis**, Arlington.AOAC, 2005, 1141p.

ALMEIDA, F. N, STEIN, H. H. Standardized total tract digestibility of phosphorus in blood products fed to weanling pigs. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 24, p. 617- 622, 2011.

BAIDOO, S.K.; CLOWES, E.J.; AHERNE, F.X. The digestible energy value of canola oil for growing pigs as measured by level of inclusion. **Animal Feed Science Technology**. v. 62, p. 111-119, 1996.

BELLAVER, C.; GOMES, P. C.; E. T. FIALHO, P. C.; SANTOS D. L. Absorção e disponibilidade do fósforo de fosfatos naturais em rações para suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 19; n. 12, p. 1513-18, 1984.

BREVES, G.; SCHRÖDER, B. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. **Nutrition Research Reviews**, v. 4, p. 125-140, 1991.

BÜNZEN, S.; SALGUERO, S.; ALBINO, L. F. T; ROSTAGNO, H. S.; Recentes avanços na nutrição de suínos. **Anais do I Simpósio Brasil Sul de Suinocultura**, 13 a 15 de agosto, Chapecó, SC, Brasil, 2008.

BÜNZEN, S.; ROSTAGNO, H. S.; LOPES, D. C.; GOMES, P. C.; HASHIMOTO, F. A. M.; APOLÔNIO, L. R.; BORSATTO C. G. Digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de alimentos de origem animal para suínos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, v. 61, n. 4, Belo Horizonte, 2009.

BRAITHWAITE, G. D. Endogenous fecal losses of phosphorus in growing lambs and the calculation of phosphorus requirements. **Journal Agriculture Science**, v. 105, p. 67- 72, 1985.

CAMPOS, R. M.; LUDKE J. V.; TERRA N. N. Farelo de arroz integral e farinha de mandioca integral na dieta de suínos e o efeito na carcaça e no pernil. In: **Anais do Congresso Latino Americano de Suinocultura**, v. 1, p. 239-240, 2002.

CONCI, V. A.; MAGALHÃES, R. M.; BENDER, P. E.; WIEDERICEHR, N. A.; OLIVEIRA, M. F. G.; COSTA. M. S. S. Avaliação de subprodutos do arroz na alimentação de suínos. O farelo integral de arroz nas fases de recria e terminação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**. Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 69-77, 1995.

COSTA, P. T. O arroz na alimentação animal. In: Simpósio Sobre Ingredientes na Alimentação Animal, **Anais**. Campinas- SP: CBNA, p. 77-85, 2001.

CONTE, A. J.; TEIXEIRA, A. S.; FIGUEIRÊDO, .V.; VITTI, D. M. S. S.; FILHO, J. C. S. Efeito da fitase na biodisponibilidade do fósforo do farelo de arroz em frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 547-552, 2002.

COWIESON, A.J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M. R.; Phytic acid and phytase: implications for protein utilization by poultry. **Poultry Science**, v. 85, n. 5, p. 878-885, 2006.

CROMWELL, G. L.; STAHLY, T. S.; COFFEY, R. D.; MONEGUE, H. J.; RONDOLPH, J. H. Efficacy of phytate in improving the bioavailability of phosphorus in soybean meal and corn- soybean meal diet for pigs. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 1831-1840, 1993.

CRENSHAW, T. D. Calcium, phosphorus, vitamin D and vitamin K in swine nutrition. In: LEWIS, A. J.; SOUTHERN, L. L. (ed.). **Swine Nutrition**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, p. 187-212, 2001.

**Censo Agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Brasil, p. 1-146, 2006.

DARI, R. L & SHIROMA, N. **Fitase Nutrição Animal**, Engormix, 2012. Disponível em: <http://www.pt.engormix.com/MA-avicultura/nutricao/artigos/fitase-smizyme-t1129/141-p0.htm>. Acesso em: 8 maio, 2014.

ENGSTRON, G. W.; HORST, R. L.; REINHART, T. A. Effect of dietary phosphorus levels on porcine renal 25-hydroxyvitamin D-1 $\alpha$  and 24R-hidroxilase activities and plasma 1,25-dihydroxyvitamin D<sub>3</sub> concentration. **Journal of Animal Science**, v. 4, n. 60, p. 1005 - 1011, 1985.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- Uso do farelo de arroz na alimentação humana. 2006. Disponível em: <http://www.sct.embrapa.br/radio/2006/abordagens/norte/release>. Acesso em : 20 de maio, 2014.

FAN, M. Z.; ARCHBOLD, T.; SAUER, W. C.; LACKEYRAM, D.; RIDEOUT, T.; GAO, Y.; LANGE, C. F. M.; HACKER, R. R. Novel methodology allows simultaneous measurement of true phosphorus digestibility and the gastrointestinal endogenous phosphorus outputs in studies with pigs. **Food and Nutritional Science**, University of Alberta, Canada, 2001.

FERNANDEZ, J. A. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. Absorption and balance studies. **Livestock Production Science**, v.41, p. 232 - 241, 1995 a.

FERNANDEZ, J. A. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. II Simultaneous radio-calcium and radio-phosphorus kinetics. **Livestock Production Science**, v. 41, p. 243-254, 1995b.

FERKET, P. R. Practical use of feed enzymes for turkeys and broilers. **Journal Applied Poultry**, n. 2, p. 75-81, 1993.

FILGUEIRAS, C. T.; SOARES, A. L.; SHIMOKOMAKI, M; IDA, E. I. Avaliação da atividade antioxidante do ácido fítico de germe de milho. **Química Nova**, v. 32, n. 7, p. 1787-1791, Paraná, Londrina, 2009.

FIREMAN, F. A. T.; FIREMAN, A. K. B. A. T. Enzimas na alimentação de suínos. **Ciência Rural**, v. 28, n. 1, p.173-178, 1998.

FIGUEIREDO, A. V. de; FIALHO, E. T.; VITTI, D. M. S. S.; LOPES, J. B.; FILHO, J. C. da S.; TEIXEIRA, A. S.; LIMA, J. A. de F.; 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**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 177-182, 2000.

GANONG, W. F. Fisiologia Médica. São Paulo. **Atheneu**, 3. ed., 1977, 585 p.

GONZÁLVIZ, F. H. D. & SILVA, S. C. **Introdução à bioquímica clinica animal**. POA, Gráfica UFRGS, 2003.

GOMES, T. R.; CARVALHO, L. E. de ; FREITAS, E. R., NEPOMUCENO, R. C.; ELLERY, E. A. C.; RUFINO, R. H. M. Efeito da inclusão de farelo de arroz integral em rações para leitões de 21 a 42 dias de idade. **Archivos de Zootecnia**, v. 61,p.129-139, 2012.

GÜRTLER, L.; KETZ, H. A.; KOLB, E. **Fisiologia veterinária**. 4. ed., Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1984, 612 p.

IRGA - INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ. Farelo de arroz: uma nova visão. 2008. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/index.php?action>. Acessado em 20 de maio, 2014.

JONGBLOED, A. W.; Kemme, P. A. Apparent digestible phosphorus in the feeding of pigs in relation to availability, requirement and environment. Digestible phosphorus in feedstuffs from plant and animal origin. **Journal Agriculture Science**, v. 38, p. 56-75, 1990.

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

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

KEMME, P. A.; A. W. JONGBLOED, A. W.; MROZ, Z.; BEYNEN, A. C. Diurnal variation in degradation of phytic acid by plant phytase in the pig's stomach. **Livestock Production Science**, v. 54, p. 33-44, 1998.

KIES, A. K. Phytate: model of action. In: COELHO, M.C.; KORNEGAY, E. T. Phytase in Animal Nutrition and Waste Management: **BASF Reference Manual**, New Jersey: BASF, p. 205-212, 1996.

KORNEGAY, E.T. **Nutrient management of food animals to enhance and protect the environment**. Danvers: CRC Press LLC, 1996, 279 p.

KORNEGAY, E.T. Feeding to reduce nutrient excretion: effects of phytase on phosphorus and other nutrients. **Biotechnology in the Feed Industry**, v. único, p. 461-489, 1999.

TEIXEIRA, E. N. M.; SILVA J. H. V. da; GOULART C. de C.; Filho, J. J; RIBEIRO, M. L. G. Suplementação da fitase em rações com diferentes níveis de fósforo disponível para frangos de corte. **Revista Ciências Agrônômica**, v. 44, n. 2, Fortaleza, 2013.

LAPLACE, J. P. **Amino acid availability in pig feeding**. In: World Congress of Animal Feeding. Madrid. Anais: Congress Animal Feeding, Madrid, v. 1, p. 109-129, 1996.

LOUVANDINI, H. **Perda endógena de fósforo em ovinos suplementados com diferentes níveis do elemento na dieta**. 1995. 87f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear) Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Universidade de São Paulo. São Paulo, 1995.

LOPES, J. B.; VITTI D. M. S. S.; FIGUEIRÊDO A. V.; BARBOSA, H. P. Absorção real, perdas endógenas e exigência de fósforo para suínos em final de crescimento, pela técnica da diluição isotópica. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 51, n. 4, Belo Horizonte, 1999.

LE GOFF, G.;VAN MILGEN, J.;NOBLET, J. Influence of dietary fiber on digestive utilization and rate of passage in growing pigs, finishing pigs and adult sows. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 503-515, 2002.

LEHNINGER, A. L. **Princípios de Bioquímica**. São Paulo, Sarvier, 1993, 375p.

LEI, X. G.; Ku, P. K.; MELLER, P. R. et al. Supplementing corn - soy bean meal diets with microbial phytase linearly improves phytase phosphorus utilization by weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 3359-3367,1993.

LIU, B. L.; RAFIQ, A.; TZENG Y. M. The induction and characterization of phytase and beyond. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 22, p. 415-424, 1998.

LUDKE, M. C. M.;LOPEZ, J.; NICOLAIEWSKY, S. Efeito da fitase em dietas com e sem fosfato inorgânico para suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 485-494, 2000.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal:FUNEP/UNESP, 2002, 375p.

MOREIRA, I. et al. Exigência de lisina para machos castrados de dois grupos genéticos de suínos na fase de terminação, com base no conceito de proteína ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 96-103, 2002.

MOREIRA, J. A.; VITTI, D. M. S. S.; LOPES, J. B.; TRINDADE NETO, M. A.; Biodisponibilidade e perdas endógenas mínimas de P em dietas com níveis crescentes de fitase para suínos em crescimento pela técnica de diluição isotópica. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, n. 3, Belo Horizonte, 2003.

MOREIRA, J. A.; VITTI, D. M. S. S.; LOPES, J. B. Cinética do fósforo em tecidos de suínos alimentados com dietas contendo enzima fitase. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, p. 74-80, 2004.

**NATIONAL RESEARCH COUNCIL** (Washington, Estados Unidos). Nutrient requirements of poultry, 9. ed. Washington: National Academy, 2012, 155 p.

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

NETO, M. A. T.; BARBOSA, H. P.; KRONKA, R. N.; SORDI, I. M. P. de; SCHUMMASS, E. A. Determinação do nível de lisina na fase de creche e de crescimento de suínos, através da composição química e reposição de tecido e efeito na terminação. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, SP, v. 58, n. 1, p. 59 -71, 2001.

NOBLET, J.; LEGOFF, G.; VAN MILGEN, J.; Influence of dietary fibre on digestive utilization and rate of passage in growing pigs, finishing pigs and adult sows. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 503-515, 2002.

NITZKE J. A.; BIEDRZYCKI, A. Terra de arroz. Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em <<http://www.ufrgs.br/alimentus/terraearroz/index.htm>>. Acesso em 05 de maio de 2014.

OETZEL, G. R. Parturient paresis and hypocalcaemia in ruminant livestock. **Veterinary Clinical of North America: Food and Animal Practical**, v. 4, n. 2, p. 331-349, 1988.

PENZ Jr., A. M. Enzimas em rações para aves e suínos. **In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, p. 165-178, 1998.

PETERSEN, S. T. Propriedades e características de Ronozime<sup>TM</sup>P, a nova fitase da Roche. **In: SIMPÓSIO ROCHEDE NUTRIÇÃO ANIMAL**. Campinas. **Anais...**Campinas:Roche, p. 17-30, 2001.

PETERSEN, G. I.; PEDERSEN, C.; LINDEMANN, M. D.; STEIN, H. H. Relative bioavailability of phosphorus in inorganic phosphorus sources fed to growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 89. p. 460 - 466, 2011.

PETTEY, L. A.; CROMWELL, L. G.; LINDEMANN, M. D. Estimation of endogenous phosphorus loss in growing and finishing pigs fed semi-purified diets, **Journal of Animal Science**, v. 84. p. 618 - 626, 2006.

PIZZOLANTE, C.C. **Estabilidade da fitase e sua utilização na alimentação de frangos de corte**. 2000,117f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

POND, W. G.; CHURCH, D. C.; POND, K. R. Basic animal nutrition and feeding. 4<sup>th</sup> ed. Nova York, **John Wiley & Sons**, 1995, 615 p.

QUIRRENBACH, H. R. **Determinação das constantes de estabilidade, síntese e caracterização dos complexos de ácido fítico com os íons fe(II) e fe(III)**, 2007. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2007.

RAVINDRAN, V.; CABAHUG, S.; RAVINDRAN, G. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feed stuffs for broiler. **Poultry of Animal Science**, v. 78, p. 699-706, 1999.

ROSSET, M. **Distribuição de Ácido Fítico e Minerais durante o Processamento de Extrato Hidrossolúvel de Soja e Tofu**. 2007, 78f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

RIBEIRO, F. B., Avaliação da perda endógena de aminoácidos, em função de diferentes níveis de fibra para suínos. **Revista Eletrônica Nutrime**, v. 6, n. 2, p. 890-897, 2009.

RIVEST, J.; BERNIER, J. F.; POMAR, C. A. Dynamic model of protein digestion in the small intestine of pigs. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 328-340, 2000.

RODEHUTSCORD, M. Current phosphorus evaluation systems for livestock in Germany. **Information Lohmann** (Halle-Wittenberg, Germany) n. 25, 2001.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F. de; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; TOLEDO BARRETO, S. L.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Zootecnia, 2011, 251p.

RUIZ, U. S.; THOMAZ, M. C.; HANNAS, M. I. Complexo enzimático para suínos: digestão, metabolismo, desempenho e impacto ambiental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 3, p.458-468, 2008

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

SANTOS, S. P.; NUNES, R. C.; LOPES, E. L. Retirada do suplemento micromineral-vitâmico, redução de fósforo inorgânico e adição de fitase em rações de suínos na fase de terminação. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, p. 663 - 671, 2008.

SARAIVA, A.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M.; ABREU, M. L. T.; SILVA, F. C. O.; HAESE, D.; Níveis de fósforo disponível em rações para suínos de alto potencial genético para deposição de carne dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 7, p. 1279-1285, 2009.

SAUER, W. C.; STOTHERS, and PHILLIPS, G. D., Apparent and true availabilities of amino acids in wheat and milling by products for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 57, p. 775 - 7784, 1997.

SAUVANT, D.; PEREZ, J. M.; TRAN, G. Tables of composition and nutritional value of feed materials. Paris: **Wageningen Academic Publishers and INRA editions**, 2004, p.304.

SAKOMURA, N. K.; LONGO, F. A.; RABELLO, C. B.; WATANABE, K.; PELÍCIA, K.; FREITAS, E. R. Efeito do nível de energia metabolizável da dieta no desempenho e metabolismo energético de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 1758 - 1767, 2004.



SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V.; CALDWELL, R. A.; BRYDEN, N. L; Phytate and phytase: Consequences for protein utilization. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 13, p. 255 - 278, 2000.

SÉVE, B.; HESS, V. Effects of body weight and feed intake level on basal ileal endogenous losses in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 77, p 3281-3288, 1999.

SHEN, Y.; FAN, M. Z.; AJAKAIYE, A. Use of the regression analysis technique to determine the true phosphorus digestibility and the endogenous phosphorus output associated with corn in growing pigs. **Journal of Nutrition**, v. 132, p. 1199-1206, 2002.

SILVA, J. F. C.; LEÃO, M. I. **Fundamentos da Nutrição de Ruminantes**. Piracicaba, SP, Livraria Ceres, 1979, p.380.

SOTO-SALANOVA, M. The use of enzymes to improve the nutritional value of corn soy diets for poultry and swine. In: SIMPÓSIO LATINO - MERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES. **Anais...** Campinas,SP. CBNA, p. 1-13, 1996.

STORCK, C. R. **Variação na composição química em grãos de arroz submetidos a diferentes beneficiamentos**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2004. 108f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

SULABO, R. C. **Effect of body weight and reproductive status on phosphorus digestibility and efficacy of phytase in pigs**. Literature review. South Dakota State University. July 2003.

UNDERWOOD, E. J. **The mineral nutrition of livestock**. Commonwealth Agricultural Bureaux. London, 2. ed., p. 179, 1981.

TRUJILLO, J. H.; LINDEMANN, M. D.; CROMWELI, G. L. Phosphorus utilization in growing pigs fed a phosphorus deficient diet supplemented with a rice bran product and amended with phytase. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 23, n. 4, Colômbia, Medellín, p. 429-443, 2010.

VALLE, F. L. P. **Uso de fitase em dietas comerciais para frangos de corte contendo ou não ingrediente de origem animal**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2010. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

VIPPERMAN, J. R.; PEO, J. R.; CUNNINGHAM, P. J.; Effect of dietary calcium and phosphorus level upon calcium, phosphorus and nitrogen balance in swine. **Journal of Animal Science**, v. 38, p. 758 - 765, 1974.

YANG, H.; LI, A. K.; WANG, Z. R.; YIN, Y. L.; HUANG, R. L.; KONG, X. F.; YANG, C. B.; KANG, P.; DENG, J.; WANG, B. E.; TAN, B. E.; HU, Q.; XING, F. F.; WU, X.; HE, Q. H.; YAO, K.; LIU, Z. J.; TANG, Z. R.; YIN, F. G.; DENG, Z. G.; XIE, M. Y.; FAN, M. Z. True phosphorus digestibility and the endogenous phosphorus outputs associated with brown rice for weanling pigs measured by the simples linear regression analysis technique. **Cambridge Journal**. Online, v. 2, p. 213 - 220, 2006.

ZARDO, A. O.; LIMA, G. J. M. M. Alimentos para suínos. **Boletim Informativo de Pesquisa - Embrapa Suínos e Aves e Extensão, Emater - RS (BIPERS)** - Concórdia, SC, 1999.

## **ANEXOS**



## Anexo A - Protocolo na quantificação do ácido fítico.

### QUANTIFICAÇÃO DE ÁCIDO FÍTICO

#### Reagentes

- 1) HCl 2,4% ou 0,65 N - diluir 54 mL de HCl em 1 L de água destilada;
- 2) Soluções de NaCl – 0,1 e 0,7 M;
- 3) Reagente Wade – 0,03%  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  e 0,3% ácido sulfosalicílico em água destilada;
- 4) Solução padrão de fitato de sódio – fazer a curva padrão contendo 5-40  $\mu\text{L}/\text{mL}$  (para determinar usar 3 mL de solução + 1 mL de reagente). Para facilitar a pesagem, pode-se fazer uma solução estoque e depois as diluições.

#### Descontaminação da vidraria

- 1) Descontaminar toda a vidraria a ser utilizada com HCl 1:5 e enxaguar bem com água destilada.

Caso a contaminação influencie nos resultados obtidos, utilizar a descontaminação padrão abaixo.

#### *Descontaminação padrão*

- 1) Deixar a vidraria de molho no EDTA 2% (12 horas)
- 2) Enxaguar e deixar de molho no HCl 1:5 (24h)
- 3) Enxaguar com água de Mili-Q.

#### Extração do ácido fítico

- 1) Pesar 2 g de amostra;
- 2) Extrair com 40 mL HCl 2,4% a temperatura ambiente em tubos de centrífuga fechado. Colocar os tubos deitados no banho e utilizar a agitação rápida por 1,5h;
- 3) Após centrifugar, filtrar e descartar o precipitado (a solução é estável em geladeira por até 1 semana) ;
- 4) Diluir o sobrenadante (Geralmente de 1 a 2 mL de amostra em balão volumétrico de 25 mL com água destilada) dependendo da concentração de ácido fítico da amostra.

#### Preparação da coluna

- 1) Monte a coluna bem firme em um eixo de suporte o mais reta possível;
- 2) Recorte um pedacinho pequeno de lã de vidro (quadrado), molhe com água e com auxílio de bastão de vidro introduza até o fundo da coluna (mas sem compactar muito);
- 3) Pesar em um béquer pequeno 0,5g da resina "bio-rad" (ela é úmida, após utilizar fechar bem o pote e vedar com parafilme);
- 4) Colocar 3 mL de água na coluna (registro fechado);

- 5) Colocar um pouco de água ao béquer e verter a suspensão de resina na coluna (registro fechado);
- 6) Após assentar ao fundo abrir o registro p/ que a água escoe, mas sem secar a resina;
- 7) Lavar a resina com **15 mL** de solução de **NaCl 0,7M** (cuidar p/ não secar a coluna);
- 8) Após lavar com **15 mL** de **água** e a coluna está ativada e pronta para correr a amostra.

*Obs.: Cada coluna montada dá para passar um branco + 3 amostras.*

Para correr a amostra

- 1) Transferir o conteúdo do balão de 25 mL da amostra preparado anteriormente, **gradualmente** para a coluna e **descartar** o eluato; (Nesta etapa, dependendo da concentração de ácido fítico da amostra, pode-se eluir 10 mL, 15 mL ou 25 mL).
- 2) Eluir pela coluna **15 mL** de **água** e **descartar** o eluato;
- 3) Adicionar **15 mL** de solução **NaCl 0,1M** e **descartar** o eluato;
- 4) Adicionar **15 mL** da solução **NaCl 0,7M** e **COLETAR** o eluato para ser feito imediatamente a determinação.

*Obs.: Sempre entre uma amostra e outra eluir 15 mL de água destilada*

Para correr o “branco reagente”

- 1) Diluir 1 ou 2 mL da solução ácida utilizada na extração (HCl 2,4%) em um balão de 25 mL;
- 2) Correr o conteúdo do balão da mesma forma como se procedeu com a amostra.

*Obs.: No momento da leitura o branco reagente deve ter um valor de absorbância mais alto que o valor encontrado para as amostras, pois o Ácido Fítico complexa o Ferro e o Reagente Wade fica menos corado.*

Determinação

- 1) Imediatamente, pipetar 3 mL do eluato que foi coletado da coluna para um copinho plástico e adicionar 1 mL do reagente de cor Wade.
- 2) Dar uma agitadinha, aguardar **15 min** e ler no espectro em **500nm**
- 3) Zerar o espectro com água.

*Obs.: Se no momento que adicionar o reagente Wade ficar incolor, é porque a concentração de ácido fítico está muito alta e ajustes devem ser feitos.*

Referência

Latta, M., Eskin, M., 1980. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. J. Agric. Food. Chem., 28, 1313-1315.

Anexo B – Gaiolas de digestibilidade para animais em fase de creche.



Anexo C – Animais nas gaiolas de digestibilidade na fase de creche.





Anexo D – Sala de digestibilidade para as fases de crescimento e terminação



Anexo E – Animais em gaiolas de metabolismo na fase de crescimento.



Anexo F – Balanças utilizadas nos experimentos.



Anexo G – Quantificação do ácido fítico.



Anexo H – Controle de peso de alimento conforme tratamentos.



Anexo I – Equipamentos para controle de temperatura ambiente.



Anexo J – Coleta de fezes com presença de marcador fecal.



Anexo K – Estufa para determinação da matéria parcialmente seca a 60°C.





## Anexo L – Parecer da Comissão de Ética no Uso de Animais - UFSM.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS-UFSM

**CARTA DE APROVAÇÃO**

A Comissão de Ética no Uso de Animais-UFSM, analisou o protocolo de pesquisa:

**Título do Projeto:** Peso vivo e fitase na digestibilidade total aparente e verdadeira do fósforo no farelo de arroz integral para suínos

**Número do Parecer:** 021/2013

**Pesquisador Responsável:** Prof. Dr. Irineo Zanella

Este projeto foi **APROVADO** em seus aspectos éticos e metodológicos. Toda e qualquer alteração do Projeto, assim como os eventos adversos graves, deverão ser comunicados imediatamente a este Comitê.

Os membros da CEUA-UFSM não participaram do processo de avaliação dos projetos onde constam como pesquisadores.

**Anualmente deve-se enviar à CEUA relatório parcial ou final deste projeto.**

**DATA DA REUNIÃO DE APROVAÇÃO:** 17/07/2013

Santa Maria, 05 de setembro de 2013

Atenciosamente,

Prof. Dr. Alexandre Krause  
Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA - UFSM