

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

**METODOLOGIAS PARA A DETERMINAÇÃO DE
PERDAS ENDÓGENAS DE FÓSFORO PARA SUÍNOS
EM CRESCIMENTO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Débora Aline Alves

Santa Maria, RS, Brasil

2015

**METODOLOGIAS PARA A DETERMINAÇÃO DE PERDAS
ENDÓGENAS DE FÓSFORO PARA SUÍNOS EM
CRESCIMENTO**

Débora Aline Alves

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado 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 **Mestre em Zootecnia.**

Orientador: Prof. Dr. Irineo Zanella

Santa Maria, RS, Brasil

2015

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

Alves, Débora Aline
METODOLOGIAS PARA A DETERMINAÇÃO DE PERDAS ENDÓGENAS
DE FÓSFORO PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO / Débora Aline
Alves.-2015.
56 p.; 30cm

Orientador: Irineo Zanella
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, RS, 2015

1. Avaliação de alimentos 2. Gelatina 3. Método de
regressão 4. Plasma sanguíneo I. Zanella, Irineo II.
Título.

© 2015

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

E-mail: deboraalinealves@yahoo.com.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

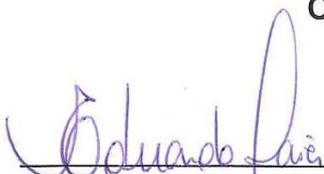
**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação**

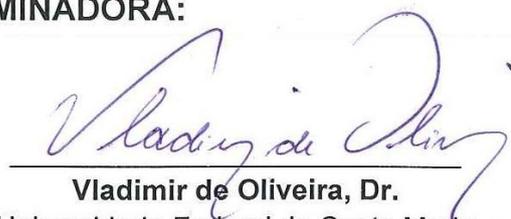
**METODOLOGIAS PARA A DETERMINAÇÃO DE PERDAS
ENDÓGENAS DE FÓSFORO PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO**

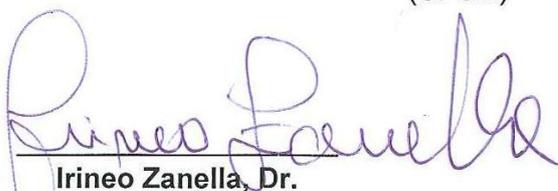
elaborada por
Débora Aline Alves

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

COMISSÃO EXAMINADORA:


Eduardo Gonçalves Xavier, Ph.D.
Universidade Federal de Pelotas
(UFPel)


Vladimir de Oliveira, Dr.
Universidade Federal de Santa Maria
(UFSM)


Irineo Zanella, Dr.
(Presidente/Orientador)
Universidade Federal de Santa Maria
(UFSM)

Santa Maria, 23 de fevereiro de 2015.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar coragem, saúde e perseverança, 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 dissertação.

Aos professores Gerson Guarez Garcia e Arlei Rodrigues Bonet de Quadros, alunos de pós-graduação, graduação e colaboradores do Setor de Suínos pela ajuda e colaboração na execução dos trabalhos.

Ao “Colégio Politécnico da UFSM” pelo empréstimo dos animais usados no experimento.

Ao professor e amigo Walter Lucca pela doação dos ingredientes e pelo conhecimento adquirido.

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

Aos meus pais Maria Lúcia Rodrigues e João Batista Alves por serem meus eternos professores, pela educação e criação que tive. Muito obrigada por me ensinarem a ser uma pessoa simples e batalhadora. Por acreditarem junto comigo nos meus sonhos e nos meus objetivos e por estarem sempre ao meu lado.

A minha avó Herta Lúcia Roos *“in memorium”* que sempre me incentivou na busca de um futuro melhor, ajudando-me nos custos de minha formação, hoje deixa saudades, minha eterna gratidão.

Aos meus amigos pelo incentivo e pelo companheirismo. Por estarem comigo sempre nos momentos tristes e nos momentos de felicidade. Por entenderem, por vezes, minha ausência. Agradeço a todos por todo apoio e carinho recebido nessa caminhada.

Ao meu querido orientador Prof. Dr. Irineo Zanella pela orientação, apoio, confiança e respeito. Pelo incentivo em continuar, por acreditar no meu potencial e por seus conselhos, pois é um homem que já aprendeu muito com a vida.

Ao amigo e Prof. Dr. Vladimir de Oliveira pela participação decisiva em minha trajetória profissional. Professor que me apresentou a pesquisa de outra forma. Entendeu minhas dificuldades e me fez acreditar que eu poderia vencer e atingir meus objetivos. Professor que tenho muito orgulho e gratidão e que é meu exemplo, para que num futuro próximo eu possa dedicar-me, da mesma forma, aos meus alunos dando-lhes o mesmo entusiasmo e respeito que um dia também recebi.

Aos ex-colegas de pós-graduação Walter Lucca, Marcos Speroni Ceron e Bruno Neutzling Fraga pela cooperação na execução dos trabalhos, companheirismo e disponibilidade em todos os momentos em que precisei.

LISTAS DE TABELAS

Dissertação

- Tabela 1 - Média, desvio padrão, mínimo e máximo do peso vivo e dos macro ingredientes utilizados em dietas isentas de fósforo, tendo a gelatina como fonte de proteína23
- Tabela 2 - Média, desvio padrão, mínimo e máximo do peso vivo e dos macro ingredientes utilizados nas dietas basais em experimentos empregando o método da regressão24
- Tabela 3 - Perdas endógenas de fósforo de dieta isenta de fósforo, tendo a gelatina como fonte de proteína25
- Tabela 4 - Fósforo endógeno basal e digestibilidade total verdadeira de fósforo obtidos com o método de regressão25

Artigo

- Tabela 1 - Ingredientes e composição química de dietas semipurificadas com diferentes teores de plasma sanguíneo e de dieta isenta de fósforo41
- Tabela 2 - Digestibilidade aparente da matéria seca e da matéria mineral e balanço de fósforo de suínos em crescimento alimentados com dieta isenta de fósforo e pela técnica da regressão simples42

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Dissertação

Figura 1 - Quantidade de fósforo digestível, fósforo disponível e fósforo total de alimentos orgânicos utilizados na alimentação animal21

Artigo

Figura 1 - Relação entre fósforo absorvido ($\text{mg/kgMS}_{\text{ING}}$) e fósforo ingerido ($\text{mg/kgMS}_{\text{ING}}$) das dietas com plasma sanguíneo desidratado.....43

Figura 2 - Valores de perdas endógenas estimadas com dieta isenta de fósforo ou com o método da regressão.....44

Figura 3 - Efeito da ingestão de teores de fósforo ($\text{mg/kgMS}_{\text{ING}}$) na digestibilidade padronizada e aparente com plasma sanguíneo desidratado.....45

LISTA DE ABREVIATURAS

ATP	Adenosina Trifosfato
Ca	Cálcio
Ca : P	Relação Cálcio e Fósforo
DP	Desvio Padrão
DTAP	Digestibilidade Total Aparente do Fósforo
DTAMM	Digestibilidade Total Aparente da Matéria Mineral
DTAMS	Digestibilidade Total Aparente da Matéria Seca
DTVP	Digestibilidade Total Verdadeira do Fósforo
DTPP	Digestibilidade Total Padronizada do Fósforo
EM	Energia Metabolizável
FDN	Fibra em Detergente Neutro
GEL	Gelatina
MS	Matéria Seca
MS _{ABS}	Matéria Seca Absorvida
MS _{DIG}	Matéria Seca Digestível
MS _{EXC}	Matéria Seca Excretada
MS _{ING}	Matéria Seca Ingerida
MS _{TOTAL}	Matéria Seca Total
MM _{ABS}	Matéria Mineral Absorvida
MM _{DIG}	Matéria Mineral Digestível
MM _{EXC}	Matéria Mineral Excretada
MM _{ING}	Matéria Mineral Ingerida
N	Número de Observações
NRC	National Research Council
P	Fósforo
P _{DISP}	Fósforo Disponível
P _{TOTAL}	Fósforo Total
PB	Proteína Bruta
P _{ABS}	Fósforo Absorvido
P _{DIG}	Fósforo Digestível

$P_{END_{BASAL}}$	Fósforo Endógeno Basal
$P_{END_{ESP}}$	Fósforo Endógeno Específico
$P_{END_{TOTAL}}$	Fósforo Endógeno Total
P_{EXC}	Fósforo Excretado
P_{ING}	Fósforo Ingerido
PS	Plasma Sanguíneo Desidratado

LISTA DE ANEXOS

Anexo A - Sala de digestibilidade	52
Anexo B - Controle de peso de alimento conforme o tratamento.....	53
Anexo C - Dietas utilizadas no experimento.....	54
Anexo D - Procedimento de fornecimento das dietas experimentais	55
Anexo E - Procedimento de coleta de fezes	56

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade Federal de Santa Maria

METODOLOGIAS PARA A DETERMINAÇÃO DE PERDAS ENDÓGENAS DE FÓSFORO PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO

AUTORA: DÉBORA ALINE ALVES

ORIENTADOR: IRINEO ZANELLA

Local e Data da Defesa: Santa Maria, 23 de fevereiro de 2015.

O fósforo (P) é essencial aos suínos e precisa ser fornecido em quantidades adequadas para minimizar os custos de produção e reduzir o impacto ambiental. A digestibilidade padronizada é considerada uma boa estimativa do P útil presente nos alimentos destinados aos suínos. Para a determinação da digestibilidade total padronizada de fósforo (DTPP) é necessário conhecer as perdas endógenas de fósforo. Uma das metodologias mais utilizadas para encontrar as perdas endógenas de P é a da dieta isenta de fósforo. O uso da gelatina (GEL) como ingrediente proteico em dieta isenta de P tem sido adotado por pesquisadores. No Brasil, o plasma sanguíneo desidratado (PS) vem sendo utilizado como fonte proteica em dietas isentas de fósforo. Apesar do baixo conteúdo e a alta digestibilidade do P presente no PS, seu emprego pode gerar valores incorretos de perdas endógenas de P e, em decorrência, superestimar os coeficientes de digestibilidade padronizada do P nos alimentos de suínos. Contudo, uma das vantagens da utilização do PS é seu custo inferior em relação a GEL e, por essa razão, estudos mais aprofundados da influência do PS nas perdas endógenas e digestibilidade de P no PS se justificam. Dessa forma, um experimento foi realizado com o objetivo de comparar as perdas endógenas de P em suínos alimentados com dietas contendo GEL ou PS como fonte proteica e também determinar a DTPP no plasma sanguíneo desidratado. O experimento foi realizado no Setor de Suínos da Universidade Federal de Santa Maria – RS. Utilizaram-se 12 suínos machos castrados com peso médio inicial de 55kg, alojados individualmente em gaiolas de metabolismo. O experimento foi constituído por dois períodos de 12 dias, sendo que cada período compreendeu sete dias destinados à adaptação e cinco para a coleta total de fezes. O início e o final do período de coleta foram determinados pelo aparecimento de fezes marcadas devido a adição de óxido férrico nas dietas. Os animais foram pesados no início e final da adaptação e ao final do período de coleta. Foram distribuídos em quatro tratamentos constituídos por dietas semipurificadas. Um dos tratamentos foi constituído por dieta isenta de P e teve 30% de incorporação de GEL, sendo esta a única fonte proteica da dieta. Os outros três tratamentos utilizaram uma dieta com teores de 10, 20 e 30% de inclusão de plasma sanguíneo desidratado. A relação entre cálcio e P total das dietas foi de 1:1. Os dados foram submetidos a análise de variância utilizado no modelo o efeito do período, animal e tratamentos. Posteriormente, os resultados das três dietas com níveis crescentes de inclusão de PS foram submetidos à análise de regressão linear, sendo que o intercepto da relação entre fósforo ingerido (P_{ING}) e fósforo absorvido (P_{ABS}) representou as perdas endógenas de P e o coeficiente angular da reta indicou a DTPP do plasma sanguíneo desidratado. As estimativas de perdas endógenas obtidas pela dieta isenta de P e pelo método da regressão foram comparados pelo

teste t de Student. As perdas endógenas de P da dieta isenta de P foram de 128,95mg/kgMS_{ING} e 153 mg/kgMS_{ING} (EP=77,0; P<0,06) com a dieta isenta de P, tendo a GEL como fonte de proteína, e pelo método de regressão, estimada com dietas contendo níveis crescentes de PS, respectivamente. A digestibilidade aparente do P foi de 87,9, 94,2 e 92,9% para os tratamentos com 10, 20 e 30% de inclusão de fósforo, respectivamente. Já a estimativa da digestibilidade padronizada de P gerada pela técnica da regressão linear simples foi de 97,4%. A correção dos valores de digestibilidade aparente do P, obtidos com as dietas contendo PS, usando a perda endógena basal estimada pelo método da dieta isenta de P, resultou em digestibilidade total padronizada de 96,9, 98,7 e 95,9% para o P para os níveis de inclusão de PS de 10, 20 e 30%, respectivamente. Com isso, pode-se concluir que o plasma sanguíneo desidratado pode substituir a gelatina como fonte de proteína em dietas isentas de fósforo elaboradas para determinar perdas endógenas de fósforo e a digestibilidade padronizada do fósforo no plasma sanguíneo desidratado foi de 97,2%, estimada pela dieta isenta de fósforo, tendo a gelatina como fonte de proteína e 97,4% pelo método da regressão, utilizando plasma sanguíneo desidratado como fonte de proteína.

Palavras-chave: Avaliação de alimentos. Gelatina. Método de regressão. Plasma sanguíneo.

ABSTRACT

Master's dissertation
Program of Post-Graduation in Animal Science
Federal University of Santa Maria

METHODOLOGIES FOR THE DETERMINATION OF ENDOGENOUS PHOSPHORUS LOSSES IN GROWING PIGS

AUTHORESS: DÉBORA ALINE ALVES

ADVISER: IRINEO ZANELLA

Place and Date of Defense: Santa Maria, February 23, 2015.

Phosphorus (P) is essential for swine and must be supplied in adequate amounts in order to minimize the costs of production and to reduce environmental impact. The standardized digestibility is a good estimate of available P on feedstuffs. To determine the standardized total tract digestibility of P (STTD) it is necessary to know the endogenous losses of P (ELP). The P-free diet is a methodology largely utilized to find ELP. Gelatin (GEL) is the elected protein source to formulate a P-free diet in most trials around the world. In Brazil, however, spray dried plasma (SDP) has been utilized as a protein source in P-free diets. In spite of small content and high digestibility of P present in SDP, its use may lead to incorrect values of ELP and, as a consequence, overestimation of the standardized digestibility coefficients of P in feedstuffs for pigs. However, one of the advantages of SDP use is the small cost in relation to GEL and, for this reason, more studies on the influence of SDP on ELP and P digestibility are justified. Therefore, a trial was carried out to compare the ELP in swine fed diets containing GEL or SDP as a protein source and to determine the STTD in SDP. The study was developed at the Swine Farm of the Federal University of Santa Maria – Brazil. A total of 12 castrated pigs with average initial weight of 55 kg were individually allotted to metabolic crates. The trial was developed in two 12-days periods, with 7 days of adaptation and 5 days of total fecal collection. The beginning and the end of the collection were determined according to the marker-to-marker approach, using ferric oxide as an indigestible marker. Pigs were weighed at the start and at the end of adaptation period and at the end of collection. The treatments were four semi-purified diets. One of them had a P-free diet with 30% of GEL as the only protein source. The other three treatments had 10, 20 and 30% inclusion of SDP. A 1:1 Ca to P ratio was used for all diets. Data were subjected to ANOVA and the model included the effects of period, animal and treatments. Then, the results of the three diets with increased levels of SDP were subjected to linear regression analysis. The intercept of the relation of ingested P and absorbed P represented the endogenous losses of P. The slope indicated the STTD of SDP. The ELP means obtained by P-free diet and regression method were compared with the Student t test. The ELP were 128.95 mg/kgDMI and 153 mg/kgDMI (SE = 77.0; $P < 0.06$) using the P-free diet with GEL as the protein source and the regression method, obtained with diets containing increased levels of SDP, respectively. The apparent digestibility of P was 87.9, 94.2 and 92.9% for the treatments containing 10, 20 and 30% inclusion of P, respectively. The estimated STTD obtained with the linear regression was 97.4%. The corrected values of apparent digestibility of P, obtained with the diets containing SDP, using the basal endogenous loss estimated by the P-free diet, were 96.9, 98.8 and 95.9% for 10, 20 and 30% of SDP, respectively. Therefore, it can be concluded that SDP can replace GEL as a source of protein

(amino acids) in P-free diets to estimate the endogenous losses of P. In addition, the standardized digestibility of P in SDP estimated with the P-free diet with GEL as the protein source was 97.2% and it was 97.4% obtained by the regression method, utilizing SDP as the source of protein.

Key words: Blood plasma. Evaluation of feedstuffs. Gelatin. Regression method.

SUMÁRIO

CAPITULO I	16
INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 Importância do fósforo na alimentação de suínos	20
2.2 Avaliação de fósforo nos alimentos para suínos	21
2.2.1 Disponibilidade e digestibilidade do fósforo.....	21
2.2.2 Digestibilidade aparente e padronizada do fósforo	22
2.2.3 Métodos para determinação do fósforo endógeno	23
2.3 Fósforo endógeno	26
2.4 Gelatina	26
2.5 Plasma sanguíneo desidratado	27
3 CAPÍTULO II	28
ARTIGO	28
RESUMO	28
ABSTRACT	30
INTRODUÇÃO	31
MATERIAL E MÉTODOS	32
RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
CONCLUSÕES	38
REFEFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
ANEXOS	51

CAPITULO I

INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é um dos minerais mais abundantes no corpo dos animais. Cerca de 60 a 80% está localizado no esqueleto e o restante nos tecidos moles (CRENSHAW et al., 2000). O P participa de inúmeras rotas envolvidas no metabolismo intermediário dos carboidratos, gorduras e proteínas. A deficiência de P é prejudicial para a saúde e desempenho dos animais.

As exigências de P para suínos em crescimento podem ser calculadas pelo método fatorial, no qual se consideram as perdas inevitáveis (manutenção) e o P retido nos tecidos como determinantes da quantia a ser fornecida. Para atender a demanda e evitar excessos de P na dieta, é fundamental conhecer o conteúdo de P que é extraído durante processos de digestão e absorção dos alimentos. Sabe-se que tanto a quantia de P como a proporção que os animais conseguem aproveitar varia entre alimentos e, também, dentro de lotes de um mesmo alimento (ROSTAGNO et al., 2011).

A disponibilidade é uma das formas de expressar o conteúdo de P nos alimentos e é definida como a quantia de P que é absorvida e completamente utilizada pelo animal. Pode ser estimada por meio de ensaios que quantificam a retenção desse mineral nos tecidos comparativamente a uma fonte padrão (FAN et al., 2001; BÜNZEN et al., 2012). Outra medida utilizada para expressar o conteúdo de P em matérias primas usadas na dieta de suínos é a digestibilidade, que quantifica o desaparecimento digestivo de P, mas desconsidera sua utilização pós-absortiva (WEREMKO et al., 1997). Mesmo assim, existe uma alta correlação entre valores de digestibilidade e disponibilidade de P em matérias primas usadas para suínos (WEREMKO et al., 1997). Dellaert et al. (1990) sugerem que os valores de digestibilidade correspondem, em média a 90% da disponibilidade. Na prática, a digestibilidade vem sendo usada como medida de disponibilidade do P em alimentos para suínos (SAUVANT et al., 2004; ROSTAGNO et al., 2011; NRC, 2012).

A digestão do P inicia no estômago, mas é no intestino delgado que ocorre a maior parte da digestão e absorção do mineral. Por outro lado, o papel do intestino

grosso na absorção e secreção de P não é totalmente definido, embora alguns estudos indiquem que o intestino grosso não exerce função quantitativamente importante para a homeostase do fósforo (FAN et al., 2001; BOHLKE et al., 2005). Sendo assim, tem-se recomendado utilizar a digestibilidade fecal do P, por ser uma via mais fácil e econômica para medir as perdas de fósforo (NRC, 2012).

A digestibilidade pode ser denominada aparente ou padronizada. A digestibilidade aparente é calculada pela diferença entre o fósforo ingerido (P_{ING}) e o fósforo recuperado nas fezes que é composto pelo P não digerido e P endógeno. Na digestibilidade padronizada uma estimativa de perda endógena é utilizada para corrigir as perdas fecais de P. Com isso, ao considerar um mesmo alimento espera-se que o valor de fósforo digestível (P_{DIG}) verdadeiro seja maior que o valor de P_{DIG} aparente.

Valores de digestibilidade total padronizada de fósforo (DTPP) são mais adequados para utilização na formulação de dietas para suínos. Isso ocorre em razão que dados de digestibilidade aparente do P são dependentes dos níveis de inclusão do alimento teste utilizado no experimento de determinação. Como não há padronização entre estudos, possuem alta variabilidade, mesmo quando se considera um único alimento (FAN et al., 2001). Além disso, estimativas de digestibilidade total aparente do fósforo (DTAP) em alimentos individuais, nem sempre são aditivas (ALMEIDA e STEIN, 2012) e a aditividade é uma premissa básica para a formulação de dietas pelo método linear.

Para o cálculo de valores de DTPP é necessário obter estimativas de fósforo endógeno basal ($P_{END_{BASAL}}$). O P endógeno é oriundo do suco salivar, gástrico, biliar, secreção pancreática e da descamação celular (FAN et al., 2001). Diferentes métodos são utilizados para determinar o P endógeno, entre os mais comuns estão o da dieta isenta de P e o método da regressão. No primeiro caso, a ideia é fornecer, por um determinado período, uma dieta isenta de P e quantificá-lo nas fezes (BÜNZEN et al., 2012).

No método da regressão, o ingrediente teste é diluído em uma dieta basal de forma a elaborar dietas com teores crescentes de P, mas abaixo das exigências. A relação entre fósforo ingerido (P_{ING}) e fósforo fecal ou fósforo absorvido (P_{ABS}) é calculada e o intercepto da equação de regressão linear representa uma estimativa do fósforo endógeno (FAN e SAUER, 1997). Em ambos os casos é necessário formular uma dieta isenta de P, seja para utilizá-la diretamente (isenta de P) ou para

diluir o alimento teste (método da regressão). O $PEND_{BASAL}$ é relacionado à ingestão de matéria seca (MS) oriundo da dieta basal e do alimento teste (ALMEIDA e STEIN, 2010). Recomenda-se que ao corrigir os valores de digestibilidade utilizando perdas endógenas estimadas com dietas isentas desse mineral, se use a denominação de digestibilidade padronizada (NRC, 2012).

Entre as principais dificuldades encontradas para formular dietas isentas de P está à seleção de uma fonte de proteína (aminoácidos) que não contenha P, garantindo que o P recuperado nas fezes seja apenas de origem endógena. Alguns autores têm verificado que o uso de gelatina (GEL) é uma boa alternativa para contornar o problema, desde que suplementada com os aminoácidos limitantes (PETERSEN et al., 2005; PETERSEN e STEIN, 2006). Outra alternativa que pode proporcionar uma economia dos custos experimentais é o uso de uma dieta com baixo P, empregando o plasma sanguíneo desidratado (PS) como ingrediente proteico (BÜNZEN et al., 2012). Nesse último caso, o único inconveniente é que as perdas endógenas também refletem o P não digestível oriundo do plasma sanguíneo desidratado. Acredita-se que essas perdas sejam mínimas, em razão da alta digestibilidade do P presente no plasma sanguíneo desidratado (ROSTAGNO et al., 2011), embora não tenham sido encontrados estudos avaliando essa questão de maneira específica.

A GEL é uma fonte de proteína normalmente incluída na alimentação humana e também em rações para animais de companhia (PETERSEN et al., 2005). A GEL é desprovida de P, sendo útil para constituir dietas isentas de P, de forma que o único P recuperado nas fezes será de origem endógena (PETERSEN e STEIN, 2006). Para utilização da GEL como fonte de proteína nas dietas de suínos é necessário adicionar aminoácidos, pois esse alimento contém baixos teores de triptofano e pequenas quantidades de metionina, isoleucina, histidina e treonina (PETERSEN et al., 2005).

Seria muito importante avaliar com mais detalhes metodologias de determinação da DTPP, tanto por razões econômicas como ambientais. A digestibilidade padronizada é considerada uma boa estimativa do P útil presente nos alimentos destinados aos suínos. Para a determinação da DTPP é necessário conhecer o fósforo endógeno basal. Uma das metodologias mais utilizadas para encontrar o P endógeno é a da dieta isenta de fósforo. O uso da GEL como ingrediente proteico em dieta isenta de P tem sido adotado por pesquisadores. No

Brasil, o PS vem sendo utilizado como fonte proteica em dietas isentas de fósforo. Apesar do baixo conteúdo e a alta digestibilidade do P presente no PS, seu emprego pode gerar valores incorretos de $PEND_{BASAL}$ e, em decorrência, superestimar os coeficientes de digestibilidade padronizada do P nos alimentos de suínos. Contudo, uma das vantagens da utilização do PS é o seu custo inferior em relação a GEL e, por essa razão, estudos mais aprofundados da influência do PS nas $PEND_{BASAL}$ se justificam. Dessa forma, o objetivo do estudo foi comparar as perdas endógenas de fósforo em suínos alimentados com dietas contendo gelatina ou plasma sanguíneo desidratado e também determinar a digestibilidade padronizada do fósforo no plasma sanguíneo desidratado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância do fósforo na alimentação de suínos

O fósforo (P) é um mineral essencial aos suínos e tem grande participação na manutenção e desenvolvimento do tecido ósseo. Também desempenha funções fundamentais no metabolismo dos carboidratos, gorduras, nitrogênio e em inúmeras outras rotas metabólicas importantes para os animais (BERTECHINI, 2006).

As dietas de suínos precisam conter quantidade ideal de P, tanto para promover o desempenho adequado como para evitar a excreção excessiva que resulta em aumento do impacto ambiental da atividade. Durante as fases de crescimento e terminação, dietas equilibradas nutricionalmente proporcionam o consumo de aproximadamente 1kg de fósforo total (P_{TOTAL}), o que equivale a 0,75 kg de fósforo digestível (P_{DIG}) (ROSTAGNO et al., 2011).

A quantia de P_{TOTAL} nas principais matérias primas de origem vegetal utilizadas para elaboração de dietas para suínos é baixa e variável, assim como varia a proporção do P_{TOTAL} que os animais conseguem aproveitar. Alimentos como o milho e o farelo de soja, por exemplo, possuem 0,25 e 0,56% de P_{TOTAL} , respectivamente, mas apenas 0,44 e 0,46% desse P é absorvido e fica disponível para utilização metabólica ou deposição (ROSTAGNO et al., 2011), conforme exemplo apresentado na figura 1. O uso de fontes inorgânicas para suplementação de P e também a adição de enzimas visando aumentar a digestibilidade do P em fontes vegetais são estratégias comuns na alimentação de suínos.

Além disso, julga-se necessário avaliações do conteúdo de P em matérias primas e o estudo de metodologias que tornem esse processo mais acurado, preciso, rápido e econômico.

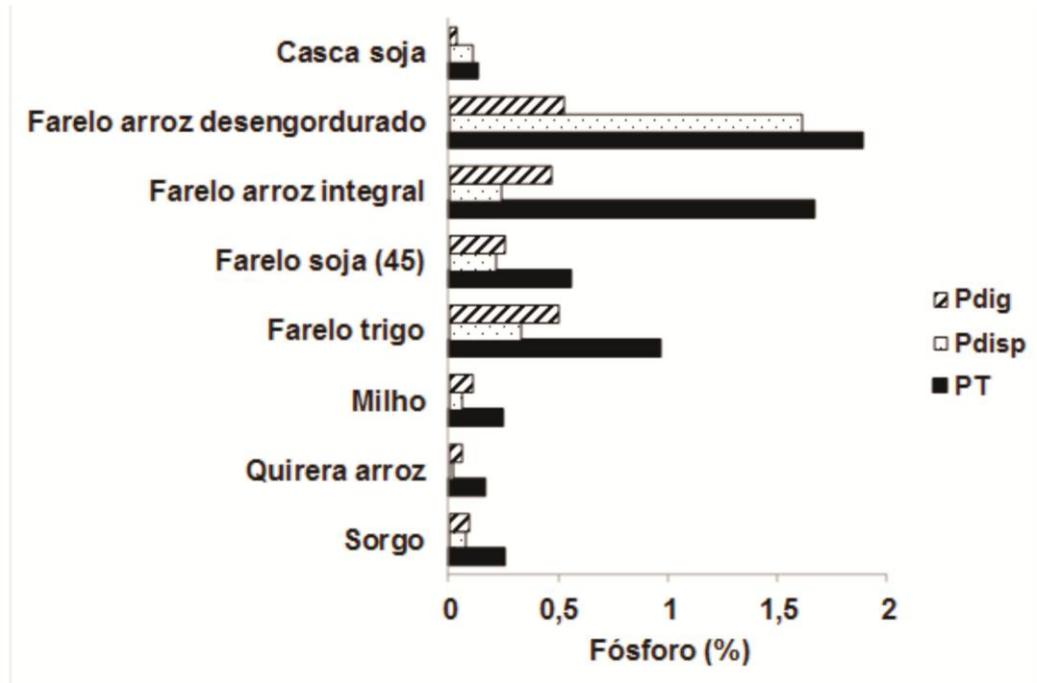


Figura 1 - Quantidade de fósforo digestível, fósforo disponível e fósforo total de alimentos orgânicos utilizados na alimentação animal

Fonte: Rostagno et al. (2011).

2.2 Avaliação de fósforo nos alimentos para suínos

Os suínos necessitam de fósforo (P) para atender demandas de manutenção e produção. A avaliação do potencial de ingredientes para contribuir no atendimento dessas demandas é uma etapa importante para formular dietas mais adequadas as exigências dos animais.

2.2.1 Disponibilidade e digestibilidade do fósforo

Há diferentes maneiras de expressar o conteúdo de fósforo (P) contido nos alimentos para suínos. O fósforo total (P_{TOTAL}) indica a quantidade de P obtida por análise química. Como existe variação na quantidade de P que é digerida e absorvida, o P_{TOTAL} não é uma medida adequada para uso na nutrição animal. O fósforo

digestível (P_{DIG}) é uma medida mais útil, por sua vez, é uma estimativa de P digerido e absorvido e que poderia ser utilizado na nutrição animal.

A disponibilidade é uma das formas de expressar o conteúdo de P nos alimentos e é definida como a quantia de P que é absorvida e completamente utilizada pelo animal. Pode ser estimada por meio de ensaios que quantificam a retenção desse mineral nos tecidos comparativamente a uma fonte padrão (FAN et al., 2001; BÜNZEN et al., 2012).

Outra medida utilizada para indicar o P em matérias primas usadas na dieta de suínos é a digestibilidade, que quantifica o desaparecimento digestivo de P, mas desconsidera sua utilização pós-absortiva. Mesmo assim, existe uma alta correlação entre valores de digestibilidade e disponibilidade de P em matérias primas usadas para suínos (WERENKO et al., 1997). Dellaert et al. (1990) sugerem que os valores de digestibilidade correspondem, em média a 90% da disponibilidade e talvez isso explique o motivo pelo qual, na prática, a digestibilidade venha sendo usada como medida de disponibilidade do P em alimentos para suínos (SAUVANT et al., 2004; ROSTAGNO et al., 2011; NRC, 2012).

A digestão do P inicia no estômago, mas é no intestino delgado que ocorre a maior parte da digestão e absorção do mineral. Por outro lado, o papel do intestino grosso na absorção e secreção de P não é totalmente definido, embora alguns estudos indiquem que o intestino grosso não exerça função significativa para a homeostase do fósforo (FAN et al., 2001; BOHLKE et al., 2005). Sendo assim, tem-se recomendado utilizar a digestibilidade fecal do P, por ser uma via mais fácil e econômica para medir as perdas de fósforo (NRC, 2012).

2.2.2 Digestibilidade aparente e padronizada do fósforo

A digestibilidade pode ser denominada aparente ou padronizada. A digestibilidade aparente é calculada pela diferença entre o fósforo ingerido (P_{ING}) e o fósforo recuperado nas fezes, que é composto pelo P não digerido e P endógeno. Na digestibilidade padronizada uma estimativa de perda endógena é utilizada para corrigir as perdas fecais de P. Com isso, ao considerar um mesmo alimento espera-

se que o valor de fósforo digestível (P_{DIG}) verdadeiro seja maior que o valor de P_{DIG} aparente.

Valores de digestibilidade total padronizada de fósforo (DTPP) são mais adequados para utilização na formulação de dietas para suínos. Isso ocorre em função de que dados de digestibilidade aparente do P são dependentes dos níveis de inclusão do alimento teste utilizado no experimento de determinação. Como não há padronização entre estudos, possuem alta variabilidade, mesmo quando se considera um único alimento (FAN et al., 2001). Além disso, estimativas de digestibilidade total aparente do fósforo (DTAP) em alimentos individuais, nem sempre são aditivos (ALMEIDA e STEIN, 2012) e a aditividade é uma premissa básica para a formulação de dietas pelo método linear.

2.2.3 Métodos para determinação do fósforo endógeno

Entre os métodos mais comuns para a determinação de fósforo (P) endógeno destacam-se o da dieta isenta de P e o método da regressão. No primeiro método mencionado, a ideia é fornecer, durante determinado período de tempo, uma dieta que não contenha P (Tabela 1) e quantificar o P nas fezes, assumindo que seja de origem endógena (ALMEIDA e STEIN, 2010; BÜNZEN et al., 2012).

Tabela 1 - Média, desvio padrão, mínimo e máximo do peso vivo e dos macro ingredientes utilizados em dietas isentas de fósforo, tendo a gelatina como fonte de proteína*

Item	Média	DP	Mínimo	Máximo
PVM, kg	23,25	15,34	11,0	53,1
Lactose, %	20,00	0,00	20,0	20,0
Gelatina, %	21,43	3,78	20,0	30,0
Amido, %	45,12	7,73	29,2	49,2
Celulose, %	4,00	0,00	4,0	4,0

*Petersen e Stein (2006); Almeida e Stein (2010); Almeida e Stein (2012); Kim et al. (2012); Rojas e Stein (2012); Baker et al. (2013); Sulabo e Stein (2013).

PVM=Peso vivo médio.

DP=Desvio Padrão.

No método da regressão, o ingrediente teste é diluído em uma dieta basal (Tabela 2) de forma a elaborar dietas com teores crescentes de P, mas abaixo das exigências. A relação entre fósforo ingerido (P_{ING}) e fósforo fecal ou fósforo absorvido (P_{ABS}) é calculada e o intercepto da equação de regressão linear representa uma estimativa do fósforo endógeno (FAN e SAUER, 1997). Em ambos os casos é necessário formular uma dieta isenta de P, seja para utilizá-la diretamente (isenta de P) ou para diluir o alimento teste (método da regressão).

Tabela 2 - Média, desvio padrão, mínimo e máximo do peso vivo e dos macro ingredientes utilizados nas dietas basais em experimentos empregando o método da regressão*

Item	Média	DP	Mínimo	Máximo
PVM, kg	28,5	9,76	13,8	49,0
Lactose, %	15,0	0,00	15,0	15,0
Dextrose, %	11,6	4,28	10,0	25,0
Amido, %	63,2	11,09	31,3	74,3
Celulose, %	5,2	3,22	2,0	8,4
Sacarose, %	12,5	5,59	2,5	15,0
Óleo vegetal, %	1,0	0,00	1,0	1,0
Óleo de soja, %	2,1	1,21	1,0	4,5
Óleo de milho, %	3,1	2,19	1,8	5,6
Óleo de canola, %	3,0	0,00	3,0	3,0

*Fan et al. (2001); Shen et al. (2002); Ajakaiye et al. (2003); Dilger e Adeola (2006); Yang et al. (2007); Zuo et al. (2007a); Zuo et al. (2007b); Akinmusire e Adeola (2009); Zhang et al. (2008); Johnston et al. (2013); Liu et al. (2014).

PVM=Peso vivo médio.

DP=Desvio Padrão.

Em teoria, tanto dietas isentas de P (Tabela 3) como o método de regressão (Tabela 4) fornecerão estimativas de fósforo endógeno basal ($PEND_{BASAL}$), as quais refletem o fluxo de fósforo induzido pela ingestão de matéria seca da dieta basal. O $PEND_{BASAL}$ é considerado como sendo as perdas mínimas de P do animal e representa um custo metabólico que precisa ser considerado nas exigências. Recomenda-se que ao corrigir os valores de digestibilidade utilizando valores de $PEND_{BASAL}$, esta passe a ser denominada de digestibilidade padronizada (NRC, 2012).

Tabela 3 - Perdas endógenas de fósforo de dieta isenta de fósforo, tendo a gelatina como fonte de proteína

Fonte	Perdas endógenas de fósforo (mg/kgMS _{ING})
Petersen e Stein (2006)	139
Almeida e Stein (2010)	199
Almeida e Stein (2012)	206
Kim et al. (2012)	153
Rojas e Stein (2012)	187
Baker et al. (2013)	174
Sulabo e Stein (2013)	106

Tabela 4 - Fósforo endógeno basal e digestibilidade total verdadeira de fósforo obtidos com o método de regressão

Autoria	PEND _{BASAL} (mg/kgMS _{ING})	DTVP, %	P _{ING} , g/kgMS _{ING}	Alimento
Fan et al. (2001)	310	48,5	1,06-4,28	Farelo de soja
Shen et al. (2002)	670	59,8	0,67-2,83	Milho
Yang et al. (2007)	725	58,2	0,80-3,61	Arroz vermelho
Zuo et al. (2007a)	294	56,1	1,08-5,95	Sorgo
Zuo et al. (2007a)	294	39,4	1,08-5,95	Farelo de soja
Zuo et al. (2007b)	526	28,0	1,12-5,07	Farelo de soja
Zuo et al. (2007b)	526	38,9	1,12-5,07	Farelo de amendoim
Zhang et al. (2008)	1.077	48,8	1,45-6,18	Farelo de soja
Ajakaiye et al. (2009)	450	51,3	0,98-3,91	Farelo de soja
Akinmusine e Adeola (2009)	101	34,3	1,54-4,31	Farelo de canola
Akinmusine e Adeola (2009)	158	61,4	0,95-2,32	Farelo de soja
Johnston et al. (2013)	160	51,0	1,10-2,82	Ervilha
Liu et al. (2014)	434	43,4	1,59-4,18	Farelo de soja
Liu et al. (2014)	361	36,1	3,32-5,91	Farelo de soja/Milho

PEND_{BASAL}=Fósforo endógeno basal.

DTVP=Digestibilidade total verdadeira de fósforo.

P_{ING}=Fósforo ingerido.

Entre as principais dificuldades encontradas para formular dietas isentas de P está a seleção de uma fonte de proteína (aminoácidos) que não contenha P, visando garantir que o P recuperado nas fezes seja apenas de origem endógena. Alguns autores têm verificado que o uso de gelatina (GEL) é uma boa alternativa para solucionar o problema (PETERSEN et al., 2005; PETERSEN e STEIN, 2006). Outra

alternativa que pode proporcionar uma economia dos custos experimentais é o uso de ingrediente com baixo conteúdo de P altamente digestível, como o plasma sanguíneo desidratado (PS) (BÜNZEN et al., 2012).

Nesse último caso, o único inconveniente é que as perdas endógenas também refletem o P não digestível oriundo do plasma sanguíneo desidratado. Acredita-se que essas perdas sejam mínimas, em razão da alta digestibilidade do P presente no mesmo (ROSTAGNO et al., 2011), embora não tenham sido encontrados estudos avaliando essa questão de maneira específica.

2.3 Fósforo endógeno

O fósforo (P) endógeno resulta principalmente da secreção dentro do trato digestório tendo origem nas glândulas salivares, suco gástrico, pancreático, fluido biliar e intestinal, descamações, restos celulares, enzimas e sucos digestivos (SHEN et al., 2002). Estes são responsáveis apenas por pequena quantidade do P inorgânico secretado.

O P endógeno pode ser dividido em dois componentes: fósforo endógeno basal ($PEND_{BASAL}$) e fósforo endógeno específico ($PEND_{ESP}$). O $PEND_{BASAL}$ está associado à ingestão de matéria seca da dieta basal e alimento teste. Quando determinado com uma dieta semipurificada, as perdas endógenas também são denominadas perdas mínimas inevitáveis porque refletem a quantidade de P que o animal necessariamente elimina (NRC, 2012).

O $PEND_{ESP}$ ou extra é induzido pela presença de polissacarídeos não amiláceos e fatores antinutricionais presentes no alimento teste.

2.4 Gelatina

A gelatina (GEL) é uma proteína derivada da hidrólise parcial do colágeno animal, contido em ossos e peles, principalmente de suínos e bovinos. Gelatinas obtidas por tratamento ácido são designadas do tipo A, enquanto que as do tipo B

são as obtidas por tratamento alcalino. O processo produtivo de obtenção da GEL consiste de três etapas: tratamento da matéria-prima, extração da GEL e purificação/secagem.

Aminoácidos em uma dieta à base de GEL são altamente digestíveis para suínos (PETERSEN et al., 2005). A GEL é desprovida de fósforo (P) e utilizada em dietas formuladas isentas de P. Suínos alimentados com uma dieta à base de GEL eliminarão nas fezes o P excretado proveniente de uma única origem, a endógena. Se uma fonte de fosfato é adicionada a esta dieta isenta de P, o único P na dieta será originário do fosfato ingerido. A dieta isenta de P também é utilizada para estimar o fósforo endógeno basal ($PEND_{\text{BASAL}}$) proveniente de suínos. Este, por sua vez, permite dividir a produção fecal de P em frações provenientes de fontes endógenas e dietéticas (PETERSEN e STEIN, 2006).

2.5 Plasma sanguíneo desidratado

Plasma sanguíneo desidratado (PS) é obtido do sangue fresco integral, seco por pulverização (*spray-drying*) do plasma, o qual foi previamente separado de suas células vermelhas e brancas por meio de processo químico e mecânico. A proteína contida no plasma é formada principalmente por albumina, globulina e fibrinogênio.

Possui uma alta digestibilidade e é oriundo do processamento de extração do sangue dos animais (suíno ou bovino) no frigorífico. O plasma seco pelo processo *spray-dried*, quando mal armazenado, pode perder suas propriedades biológicas, pois existe a possibilidade de oxidar.

BÜNZEN et al. (2012) propôs a utilização do plasma sanguíneo como fonte proteica em dietas isentas. Embora o conteúdo de fósforo nesse ingrediente seja relativamente baixo e altamente digestível, seu uso pode gerar estimativas incorretas, pois as perdas endógenas também irão refletir o fósforo não digestível oriundo do plasma sanguíneo.

3 CAPÍTULO II

ARTIGO

RESUMO

METODOLOGIAS PARA A DETERMINAÇÃO DE PERDAS ENDÓGENAS DE FÓSFORO PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO

Um experimento foi realizado com o objetivo de comparar as perdas endógenas de fósforo (P) em suínos alimentados com dietas contendo gelatina (GEL) ou plasma sanguíneo desidratado (PS) como fonte proteica na dieta e também determinar a digestibilidade total padronizada do fósforo (DTPP) no plasma sanguíneo desidratado. O experimento foi realizado no Setor de Suínos da Universidade Federal de Santa Maria – RS. Utilizaram-se 12 suínos machos castrados com peso médio inicial de 55kg, alojados individualmente em gaiolas de metabolismo. O experimento foi constituído por dois períodos de 12 dias, sendo que cada período compreendeu sete dias destinados à adaptação e cinco para a coleta total de fezes. O início e o final do período de coleta foram determinados pelo aparecimento de fezes marcadas devido a adição de óxido férrico nas dietas. Os animais foram pesados no início e final da adaptação e ao final do período de coleta. Foram distribuídos em quatro tratamentos constituídos por dietas semipurificadas. Um dos tratamentos foi constituído por dieta isenta de P e teve 30% de incorporação de GEL, sendo esta a única fonte proteica da dieta. Os outros três tratamentos utilizaram uma dieta com teores de 10, 20 e 30% de inclusão de plasma sanguíneo desidratado. A relação entre cálcio e P total das dietas foi de 1:1. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando no modelo o efeito do período, animal e tratamentos. Posteriormente, os resultados das três dietas com níveis crescentes de inclusão de PS foram submetidos à análise de regressão linear, sendo que o intercepto da relação entre fósforo ingerido (P_{ING}) e fósforo absorvido (P_{ABS}) representou as perdas endógenas de P e o coeficiente angular da reta indicou a DTPP do plasma sanguíneo desidratado. As estimativas de perdas endógenas obtidas pela dieta isenta de P e pelo método da regressão foram comparados pelo teste t de Student. As perdas endógenas da dieta isenta de P foram de $128,95\text{mg/kgMS}_{ING}$ e 153 mg/kgMS_{ING} ($EP=77,0$; $P<0,06$) com a dieta isenta de P, tendo a GEL como fonte de proteína, e pelo método de regressão, estimada com dietas contendo níveis crescentes de PS, respectivamente. A digestibilidade total aparente do fósforo (DTAP) foi de 87,9, 94,2 e 92,9% para os tratamentos com 10, 20 e 30% de inclusão de P, respectivamente. Já a estimativa da DTPP gerada pela técnica da regressão linear simples foi de 97,4%. A correção dos valores de DTAP, obtidos com as dietas contendo PS, usando a perda endógena basal estimada pelo método da dieta isenta de P, resultou em digestibilidade total padronizada de 96,9, 98,7 e 95,9% para o P para os níveis de inclusão de PS de 10, 20 e 30%, respectivamente. Com isso, pode-se concluir que o plasma sanguíneo desidratado pode substituir a gelatina como fonte de proteína em dietas isentas de fósforo

elaboradas para determinar perdas endógenas de fósforo e a digestibilidade total padronizada do fósforo no plasma sanguíneo desidratado foi de 97,2%, estimada pela dieta isenta de fósforo, tendo a gelatina como fonte de proteína e 97,4% pelo método da regressão, utilizando o plasma sanguíneo desidratado como fonte de proteína.

Palavras-chave: Avaliação de alimentos. Gelatina. Método de regressão. plasma sanguíneo.

ABSTRACT**METHODOLOGIES FOR THE DETERMINATION OF ENDOGENOUS PHOSPHORUS LOSSES IN GROWING PIGS**

A study was conducted to compare the endogenous losses of phosphorus (ELP) in swine fed diets containing gelatin (GEL) or spray dried plasma (SDP) as protein sources and to determine the standardized total tract digestibility of phosphorus (STTD) in SDP. The trial was carried out at the Swine Farm of Federal University of Santa Maria – Brazil. A total of 12 castrated swine with initial body weight of 55 kg were individually allotted to metabolic crates. The study was performed in two 12-days periods, with 7 days of adaptation and 5 days of total fecal collection. The beginning and the end of the collection were determined according to the marker-to-marker approach, using ferric oxide as an indigestible marker. Pigs were weighed at the start and at the end of adaptation period and at the end of collection as well. The treatments were four semi-purified diets. One of them had a P-free diet with 30% of GEL as the only protein source. The other three treatments had 10, 20 and 30% inclusion of SDP. A 1:1 Ca to P ratio was used for all diets. Data were subjected to ANOVA and the model included the effects of period, animal and treatments. Then, the results of the three diets with increased levels of SDP were subjected to linear regression analysis. The intercept of the relation of ingested P and absorbed P represented the endogenous losses of P. The slope indicated the STTD of SDP. The ELP means obtained by P-free diet and regression method were compared with the Student t test. The ELP were 128.95 mg/kgDMI and 153 mg/kgDMI (SE = 77.0; $P < 0.06$) using the P-free diet with GEL as the protein source and the regression method, obtained with diets containing increased levels of SDP, respectively. The apparent digestibility of P was 87.9, 94.2 and 92.9% for the treatments containing 10, 20 and 30% inclusion of P, respectively. The estimated STTD obtained with the linear regression was 97.4%. The corrected values of apparent digestibility of P, obtained with the diets containing SDP, using the basal endogenous loss estimated by the P-free diet were 96.9, 98.8 and 95.9% for 10, 20 and 30% of SDP, respectively. Therefore, it can be concluded that SDP can replace GEL as a source of protein in P-free diets to estimate the endogenous losses of P. In addition, the STTD in SDP estimated with the P-free diet with GEL as the protein source was 97.2% and it was 97.4% by the regression method, utilizing SDP as the source of protein.

Key words: Blood plasma. Evaluation of feedstuffs. Gelatin. Regression method.

INTRODUÇÃO

As dietas de suínos precisam conter quantidade ideal de fósforo (P), tanto para promover o desempenho adequado como para evitar a excreção excessiva que resulta em aumento do impacto ambiental da atividade. A quantia de fósforo total (P_{TOTAL}) nas principais matérias primas utilizadas para elaboração de dietas para suínos é variável, assim como varia a proporção do P_{TOTAL} que os animais conseguem aproveitar (ROSTAGNO et al., 2011).

A disponibilidade é uma das formas de expressar o conteúdo de P nos alimentos e é definida como a quantia de P que é absorvida e completamente utilizada pelo animal. Outra medida utilizada para expressar o conteúdo de P em matérias primas usadas na dieta de suínos é a digestibilidade, que quantifica o desaparecimento digestivo de fósforo.

A digestibilidade pode ser denominada aparente, padronizada ou verdadeira. A digestibilidade aparente é calculada pela diferença entre o fósforo ingerido (P_{ING}) e o fósforo total recuperado nas fezes. Para o cálculo de valores de digestibilidade padronizada e verdadeira é necessário obter estimativas de perdas endógenas. O P endógeno é oriundo do suco salivar, gástrico, biliar, secreção pancreática e da descamação celular (FAN et al., 2001). Na digestibilidade padronizada são consideradas apenas as perdas basais (NRC, 2012). Pela facilidade em estimar o fósforo endógeno basal ($P_{END_{BASAL}}$) considera-se que sejam mais adequados para utilização na formulação de dietas para suínos, quando comparados com digestibilidade aparente. Isso ocorre em razão da alta variabilidade nos dados de digestibilidade aparente, mesmo quando se considera um único alimento (FAN et al., 2001).

Diferentes métodos são utilizados para determinar o P endógeno, entre os mais comuns estão o da dieta isenta de P e o método da regressão. No primeiro caso, a ideia é fornecer por um determinado período, uma dieta isenta de P e quantificá-lo nas fezes (PETERSEN e STEIN, 2006; ALMEIDA e STEIN, 2012). No método da regressão, dietas com teores crescentes de P, oriundo apenas do ingrediente teste e em quantia abaixo das exigências, são fornecidas aos animais e o fósforo endógeno basal ($P_{END_{BASAL}}$) é determinado pelo intercepto da relação entre fósforo absorvido (P_{ABS}) e P_{ING} (FAN et al., 2001). Em teoria, tanto com o uso

de dietas isentas de P como com o método da regressão obtêm-se estimativas de fósforo endógeno basal (ALMEIDA e STEIN, 2010).

O uso da gelatina (GEL) como ingrediente proteico em dieta isenta de P tem sido adotado por pesquisadores que estudam o assunto. No Brasil, dietas com baixo P têm sido produzidas com o plasma sanguíneo desidratado (PS) como fonte proteica (BÜNZEN et al., 2012). Apesar do baixo conteúdo e a alta digestibilidade do P presente no PS, seu emprego pode gerar estimativas incorretas de perdas endógenas de P e, em decorrência, superestimar os coeficientes de digestibilidade padronizada do P nos alimentos de suínos. Contudo, uma das vantagens da utilização do PS é o custo inferior em relação à GEL e, desde que gere estimativas adequadas de perdas endógenas de P, o PS poderia ser uma alternativa como ingrediente proteico em dietas isentas de P. Contudo, estudos comparando as perdas endógenas tendo a GEL ou o PS como fonte de P não foram encontrados na bibliografia consultada.

Diante disso, um estudo foi realizado com o objetivo de comparar as perdas endógenas de fósforo em suínos alimentados com dietas contendo gelatina ou plasma sanguíneo desidratado como fonte de proteína e, também, determinar a digestibilidade padronizada do fósforo no plasma sanguíneo desidratado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Setor de Suínos do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), utilizando 12 suínos castrados de linhagem comercial em fase de crescimento e com peso vivo médio inicial de $55,0 \pm 2,5$ kg. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas metabólicas equipadas com comedouro, recipientes para coleta de fezes e coletor de urina. Possuíam regulagem de largura e altura visando ajustar a área útil ao peso do animal. As gaiolas foram mantidas em sala com temperatura na faixa de $22^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ com o auxílio de condicionador de ar.

O período experimental foi dividido em duas fases consecutivas com duração de 12 dias (sete dias de adaptação às condições experimentais e cinco dias de coleta de fezes) distribuídos em quatro tratamentos com seis repetições. Em um

intervalo de três dias entre as fases foi fornecida uma dieta contendo nível de fósforo (P) adequado para atender as exigências nutricionais dos animais.

Os tratamentos foram constituídos de quatro dietas semipurificadas, sendo uma delas isenta de P e com gelatina (GEL) como fonte de proteína. As demais continham 10, 20 ou 30% de plasma sanguíneo desidratado (PS) (*spray dried*) como fonte de proteína (Tabela 1). As dietas com adição de PS foram isoenergéticas e em todos os tratamentos a relação entre cálcio e fósforo total (Ca:P) foi de 1:1, sendo o restante dos minerais e vitaminas incluídos para atender ou superar as recomendações de Rostagno et al. (2011).

Os animais receberam diariamente quatro refeições (8:00, 11:30, 14:00 e 17:30h), na quantia de $75\text{g/kgPV}^{0,75}$. A ração não consumida foi recolhida, pesada, secada e deduzida da quantia total fornecida.

Foi utilizado o método de coleta total de fezes e o óxido férrico (1%) como marcador fecal. As fezes foram recolhidas duas vezes ao dia (ADEOLA, 2001), acondicionadas em sacos plásticos e conservadas em congelador a temperatura de -18°C . Ao término de cada período, as fezes foram descongeladas, homogeneizadas e uma alíquota foi retirada para secagem a temperatura de 65°C em uma estufa de ar forçado e, posteriormente, moída para determinações químicas. As análises de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e P foram realizadas conforme AOAC (2005). Na análise do P das rações e excretas utilizou-se a metodologia de digestão úmida e a leitura para ambos foi realizada com uso do espectrofotômetro.

O fósforo endógeno basal ($\text{PEND}_{\text{BASAL}}$) oriundo das dietas com PS foi obtido através do método de regressão pelo valor do intercepto (Y) da relação linear entre o fósforo absorvido (P_{ABS}) e o fósforo ingerido (P_{ING}), enquanto a digestibilidade verdadeira total padronizada do fósforo (DTPP) do PS foi obtida pelo coeficiente angular da relação mencionada anteriormente (FAN et al., 2001). Para o método da dieta isenta de P todo o P recuperado nas fezes dos suínos recebendo dieta isenta de P foi considerado perda endógena basal (PETERSEN e STEIN, 2006).

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando no modelo os efeitos fixos do animal, período e tratamento. As médias de balanço de P foram comparadas pelo teste de Dunnett, assumindo a gelatina como controle. As perdas endógenas foram comparadas pelo teste t de Student. As relações entre P_{ING} e P_{ABS} foram estudadas pelos procedimentos de regressão linear simples. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico MINITAB (2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os animais permaneceram saudáveis durante todo o período experimental, sem nenhum tipo de anormalidade evidente e a coleta de fezes transcorreu normalmente.

A gelatina (GEL) utilizada para a formulação da dieta isenta de P apresentou 0,003% de fósforo total (P_{TOTAL}) e foi suplementada com DL-Metionina, L-Treonina e L-Triptofano para aumentar a qualidade de sua proteína. O plasma sanguíneo desidratado (PS) (AP 920) utilizado no presente estudo continha 1,4% de fósforo total.

Os suínos ingerindo a ração isenta de P, com a GEL como fonte de proteína, tiveram consumo 18,5% inferior ($P < 0,01$) aos animais das dietas com inclusão de PS (1128,6 e 1382,4g/d, respectivamente). É possível que a menor ingestão observada nos animais consumindo dieta com GEL tenha ocorrido pela palatabilidade reduzida desse ingrediente. Contudo, em outros experimentos nos quais o P endógeno foi determinado com a GEL sendo a fonte proteica da dieta isenta de P, não foram registrados problemas de consumo pelos animais (KIM et al., 2012; ROJAS e STEIN, 2012; BAKER et al., 2013).

A comparação entre os tratamentos contendo PS evidenciou consumo 15% superior nos suínos ingerindo dietas com 20% do ingrediente teste e igualdade entre os teores de 10 e 30%. Não há, no momento, explicações para o maior consumo dos suínos recebendo dietas com níveis intermediários de plasma sanguíneo desidratado.

A DTAMS na dieta com GEL foi maior ($P < 0,05$) em comparação as dietas com PS (95,5 e 93,2%, respectivamente). Acredita-se que esses resultados ocorreram em razão das diferenças na digestibilidade da matéria seca entre a GEL e o plasma sanguíneo desidratado. A comparação entre dietas contendo PS não indicou diferenças ($P > 0,05$) entre os níveis de inclusão.

Houve diferença ($P < 0,01$) na matéria mineral ingerida (MM_{ING}) entre os tratamentos GEL e PS. Esses dados refletem a quantia de matéria mineral (MM) presente na GEL e PS (1,45 e 7,74%, respectivamente). Por outro lado, ocorreu o inverso com a digestibilidade total aparente da matéria mineral (DTAMM), sendo que

a dieta com GEL proporcionou DTAMM cerca de 3 pontos percentuais menor que a dieta com plasma sanguíneo desidratado.

As dietas com PS proporcionaram ingestão de P maior que a dieta GEL, o que era esperado, pois a GEL é virtualmente livre de P. Dentro dos tratamentos com PS ocorreu aumento linear de fósforo ingerido (P_{ING}) com o nível de PS da dieta. A linearidade na relação entre ingestão e excreção de P é uma das pressuposições para validade das conclusões quando se utiliza o método da regressão (FAN et al., 2001; STEIN et al., 2007).

As perdas endógenas da dieta isenta de P foram de 128,95mg/kgMS_{ING}, valor cerca de 8% inferior ao encontrado por Petersen e Stein (2006) que utilizaram dietas contendo 30% de inclusão de GEL e suínos com peso médio de 53,1kg. Valores 21% inferiores foram obtidos no estudo de Sulabo e Stein (2013) incluindo 20% de GEL na dieta teste e utilizando suínos de 18kg de peso médio. Ao ampliarmos o número de estudos considerados, verifica-se que as perdas endógenas estimadas com dietas isentas de P, tendo a GEL como fonte de proteína, tiveram um valor médio de 166,3 e desvio padrão de 35,8 mg/kg/MS_{ING} (PETERSEN e STEIN, 2006; ALMEIDA e STEIN, 2010; ALMEIDA e STEIN, 2012; KIM et al., 2012; ROJAS e STEIN, 2012; BAKER et al., 2013; SULABO e STEIN, 2013). Com isso, constata-se que os valores estimados no presente estudo se aproximaram de valores médios relatados na literatura.

Os dados de perdas endógenas e digestibilidade padronizada do P das dietas com PS foram calculados através da técnica da regressão linear simples, conforme metodologia de Fan et al. (2001). A relação entre o fósforo absorvido (P_{ABS}) e ingerido (P_{ING}) indicou intercepto de 153 mg/kgMS_{ING} (EP=77,0; P<0,06). É estimativa do fósforo endógeno basal ($P_{END_{BASAL}}$) presente nas fezes (Figura 1). Pela análise de dados divulgados na literatura verifica-se que a perda endógena de P estimada pelo método da regressão é bastante variável. Em experimentos realizados com o farelo de soja como fonte de P, por exemplo, são encontrados valores médios de 505 e desvio padrão de 270 mg/kgMS_{ING}. Diferenças nas condições experimentais como dieta basal, alojamento, genética dos animais pode determinar essas diferenças.

O conteúdo fecal de P é decorrente do P não absorvido com origem na dieta consumida pelo animal e também do P endógeno. As perdas endógenas, por sua vez, podem ser decompostas em perdas basais ou não específicas e extras ou

específicas, sendo as primeiras atribuídas exclusivamente ao consumo de matéria seca da dieta basal ou alimento teste, enquanto a segunda é relacionada com a composição do alimento teste (MOSENTHIN et al., 2000). Em teoria, se espera que o método da regressão origine uma estimativa de perdas endógenas semelhante a obtida com dieta isenta de P, desde que a composição da dieta basal seja semelhante nos dois métodos.

O objetivo do presente estudo foi verificar se as perdas endógenas determinadas com o método da regressão, utilizando o PS como fonte de proteína, seriam compatíveis com as perdas basais estimadas utilizando-se dietas isentas de fósforo. A comparação entre as perdas endógenas mostra que não ocorreu diferença ($P > 0,05$) seja a estimativa obtida pelo método de dieta isenta de P, tendo a GEL como fonte de proteína ou ainda pelo método da regressão. Destaca-se, contudo, que a dieta isenta de P induziu perda aproximadamente 18% inferior ao método da regressão (Figura 2).

Diante disso, sugere-se que o PS possa servir de ingrediente proteico, como fonte de aminoácidos, em dietas elaboradas para estimar as perdas endógenas basais de P. Deve-se considerar, contudo, que a digestibilidade do P no PS é alta, mas não 100%, o que leva a necessidade de considerar a fração indigestível nos cálculos de perdas endógenas.

Suínos com peso de 60kg devem ingerir 6,4g de fósforo digestível (P_{DIG}) ao dia. Considerando o consumo de 2,3kg de MS diariamente e associando esses dados com nossas estimativas verifica-se que o conteúdo de fósforo endógeno basal ($P_{END_{BASAL}}$) perdido nas fezes representa 7% das exigências de P_{DIG} dos suínos (ROSTAGNO et al., 2011). Esse valor é superior aos 25% encontrados por Shen et al. (2002), o que pode se justificar em razão dos autores terem obtido perdas endógenas basais 4 vezes superior ao valor médio obtido no presente experimento.

A comparação entre os valores de digestibilidade aparente do P, com os valores de digestibilidade padronizada do P (97,4%), oriundos da técnica da regressão simples está representada na figura 3. A digestibilidade aparente do P foi de 87,9, 94,2 e 92,9% para os tratamentos com 10, 20 e 30% de inclusão de fósforo, respectivamente. Valores de digestibilidade aparente aumentam em resposta ao maior consumo de P porque as perdas endógenas, quando expressas em percentual do P total recuperado nas fezes, decrescem proporcionalmente (MOSENTHIN et al., 2000; STEIN et al., 2007). Já a estimativa da digestibilidade padronizada de P

(97,4%) gerada pela técnica de regressão linear simples, corrige os valores pelo fluxo endógeno basal de P, de forma que permanece inalterado independentemente do nível de inclusão de P (YANG et al., 2007).

O valor digestibilidade padronizada do P no PS encontrado no nosso experimento foi 5 pontos percentuais superior ao citado por Rostagno et al. (2011), mas próximo ao valor de 98% de digestibilidade padronizada apresentado no NRC (2012). Esse resultado demonstra que o P no PS possui alta digestibilidade que, associado ao seu baixo conteúdo, pode ser recomendado como substituto da GEL em dietas isentas de P.

Se corrigirmos os valores de digestibilidade aparente do P, estimado nos diferentes teores de inclusão de PS, conforme a equação sugerida por Mosenthin et al. (2000), na qual: $(DTPP, \% = DTAP, \% + ((\text{Perda basal de P, mg/kgMS}_{\text{ING}} / \text{Conteúdo de P na dieta, mg/kgMS}) \times 100)$ pela perda basal obtida pelo método da dieta isenta de P, com a GEL como fonte de proteína, chega-se aos valores de 96,9, 98,7 e 95,9% de digestibilidade padronizada do P para os teores de 10, 20 e 30% de inclusão de plasma sanguíneo desidratado, respectivamente, e a um valor médio de 97,2%.

Stein et al. (2007) recomendam que o fluxo de aminoácidos basal seja medido rotineiramente em estudos realizados com o objetivo de avaliar digestibilidade ileal. A sugestão deriva da constatação de que mesmo com condições experimentais como composição e ingredientes usados na dieta basal, obtenção de amostras e procedimentos analíticos padronizadas, discrepâncias são detectadas, o que na opinião desses autores ocorre possivelmente em razão de variação nas condições de alojamento, saúde intestinal e genótipo dos animais. Essa mesma recomendação pode ser estendida para estudos cujo objetivo seja o de determinar as perdas endógenas basais de fósforo.

CONCLUSÕES

1. O plasma sanguíneo desidratado pode substituir a gelatina como fonte de proteína em dietas isentas de fósforo elaboradas para determinar perdas endógenas de fósforo.
2. A perda endógena basal de fósforo, que representa as perdas mínimas inevitáveis de fósforo pelos suínos foi de 141,3 mg/kgMS ingerida.
3. A digestibilidade padronizada do fósforo no plasma sanguíneo desidratado foi de 97,2%, estimada pela dieta isenta de fósforo, tendo gelatina como fonte de proteína e 97,4% pelo método da regressão, utilizando plasma sanguíneo desidratado como fonte de proteína.

REFEFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEOLA, O. Digestion and balance techniques in pigs. **Swine Nutrition**. A. J. Lewis and L. L. Southern, ed.CRC Press, Washington, DC. p.903-916. 2001.
- ALMEIDA, F. N.; STEIN, H. H. Performance and phosphorus balance of pigs fed diets formulated on the basis of values for standardized total tract digestibility of phosphorus. **Journal Animal Science**, v.88, p.2968-2977, 2010.
- ALMEIDA, F. N.; STEIN, H. H. Effects of graded levels of microbial phytase on the standardized total tract digestibility of phosphorus in corn and corn coproducts fed to pigs. **Journal Animal Science**, v.90, p.1262-1269, 2012.
- AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS) **Official methods of analysis**, Arlington. AOAC, 2005.
- BAKER, S. R.; KIM, B. G.; STEIN, H. H. Comparison of values for standardized total tract digestibility and relative bioavailability of phosphorus in dicalcium phosphate and distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. **Journal Animal Science**, v.91, p.203-210, 2013.

BÜNZEN, S.; ROSTAGNO, H. S.; KIEFER, C.; et al. Níveis de fósforo digestível para suínos em fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.320-325, 2012.

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. **Journal Nutritional Science**, v.131, p.2388-2396, 2001.

KIM, B. G.; LEE, J. W.; STEIN, H. H. Energy concentration and phosphorus digestibility in whey powder, whey permeate, and low-ash whey permeate fed to weanling pigs. **Journal Animal Science**, v.90, p.289-295, 2012.

MINITAB **Minitab Statistical Software**, version 16.1, 2013.

MOSENTHIN, R.; SAUER, W. C.; BLANK, R.; HUISMAN, J.; FAN, M. Z. The concept of digestible amino acids in diet formulation for pigs. **Livestock Production Science**, v.64, p.265-280, 2000.

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

PETERSEN, G. I.; STEIN, H. H. Novel procedure for estimating endogenous losses and measurement of apparent and true digestibility of phosphorus by growing pigs. **Journal Animal Science**, v.84, p.2126-2132, 2006.

ROJAS, O. J.; STEIN, H. H. Digestibility of Phosphorus by Growing Pigs of Fermented and Conventional Soybean Meal Without and With Microbial Phytase. **Journal Animal Science**, v.90, p.1506-1512, 2012.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 ed. Viçosa, MG: UFV. Departamento de Zootecnia, 252 p., 2011.

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

STEIN, H. H.; SÉVE, B.; FULLER, M. F.; MOUGHAN, P. J.; LANG, C. F. M. Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: Terminology and application, **Journal Animal Science**, v.85, p.172-180, 2007.

SULABO, R. C.; STEIN, H. H. Digestibility of phosphorus and calcium in meat and bone meal fed to growing pigs. **Journal Animal Science**, v.91, p.1285-1294, 2013.

YANG, H.; LI, K.; YIN, Y. L.; LI, T. J.; WANG, Z. R.; WU, G.; HUANG, R. L.; KONG, X. F.; YANG, C. B.; KANG, P.; DENG, J.; WANG, S. R.; TAN, B. E.; HU, G.; XING, F. F.; WU, X.; HE, Q. H.; YAO, K.; LIU, Z. J.; TANG, Z. R.; YIN, F. G.; DENG, Z. Y.; 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. **Animal**, v.1, p.213-220, 2007.

Tabela 1 - Ingredientes e composição química de dietas semipurificadas com diferentes teores de plasma sanguíneo e de dieta isenta de fósforo

Ingrediente (g/kg)	Gelatina	Plasma sanguíneo (%)		
		10	20	30
Gelatina	300,00	-	-	-
Plasma sanguíneo	-	100,00	200,00	300,00
Amido	352,50	590,50	485,10	379,00
Açúcar	200,00	200,00	200,00	200,00
Sal	4,00	-	-	-
Óleo	60,00	30,00	30,00	30,00
Celulose	42,00	42,00	42,00	42,00
Calcário	2,00	5,00	10,00	15,00
L-treonina	3,00	0,30	0,50	0,50
DL-metionina	4,50	1,00	2,00	3,00
L-triptofano	2,00	0,20	0,40	0,50
Supl. Vit/Min.*	30,00	30,00	30,00	30,00
Total	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00
EM, Kcal/kg***	3163,00	3370,00	3375,00	3380,00
PB, %***	28,20	7,20	14,50	21,70
MS, %**	90,83	89,99	90,34	90,59
MM, %**	0,80	1,40	2,48	3,48
FDN, %***	3,80	3,80	3,80	3,80
Lisina, %***	1,29	0,64	1,28	1,92
Metionina, %***	0,75	0,19	0,39	0,58
Treonina, %***	0,82	0,43	0,86	1,26
Triptofano, %***	0,21	0,13	0,27	0,39
Cálcio, %***	0,09	0,21	0,43	0,64
Fósforo total, %**	0,01	0,14	0,29	0,43
Ca:P, %***	-	1:5	1:5	1:5

EM=Energia Metabolizável; PB=Proteína bruta; MS= Matéria seca; MM=Matéria mineral; FDN=Fibra detergente neutro.

*Quantidade/kg de mistura vitamínica e mineral: 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.

**Valores analisados.

***Valores calculados

Tabela 2 - Digestibilidade aparente da matéria seca e da matéria mineral e balanço de fósforo de suínos em crescimento alimentados com dieta isenta de fósforo e pela técnica da regressão simples

Variáveis	Gelatina	Plasma Sanguíneo (%)			CV, %	EPM	PROB.
		10	20	30			
N	6	6	6	6	-	-	-
Peso Vivo Médio (kg)	54,87	58,32	61,21	60,10	-	-	-
Ração Ingerida (g/d)	1.242,34	1.450,94	1.670,94	1.470,60	7,17	54,10	A** D**
Fezes recuperadas (g/d)	477,2	939,2	896,2	1180,2	18,81	84,80	D** P**
MS Ingerida (g/d)	1.128,6	1.305,8	1.509,4	1.331,9	7,16	48,80	A** D**
MS Excretada nas fezes (g/d)	51,32	83,81	90,88	101,25	13,77	5,82	D**
MS Absorvida (g/d)	1.077,3	1.222,0	1.418,5	1.230,7	7,92	97,93	A* D* P*
Digestibilidade Aparente da MS (%)	95,48	93,65	93,83	92,12	1,31	0,64	D*
MM Ingerida (g/d)	93,2	210,5	349,7	446,1	22,98	18,20	D** P**
MM Excretada nas fezes (g/d)	5,94	6,71	9,56	11,46	27,46	1,19	P**
MM Absorvida (g/d)	87,20	203,80	340,10	434,60	7,92	33,00	D* P*
Digestibilidade Aparente da MM (%)	93,67	95,80	97,10	97,35	1,30	0,64	D* P**
P Ingerido (g/d)	0,02	2,15	4,11	5,50	20,25	0,31	D** P*
P Excretado nas fezes (g/d)	0,16	0,26	0,24	0,39	23,93	0,03	D** P**
P Absorvido (g/d)	-0,14	1,89	3,87	5,11	23,47	0,32	D** P*
Digestibilidade Aparente P (%)	-	87,90	94,16	92,91	0,83	0,52	D* P**

P = Fósforo; N = Número de repetições por tratamento; MS = Matéria Seca; MM = Matéria Mineral; EPM = Erro padrão; CV = Coeficiente de Variação; PROB= Probabilidade *P<0,05 e **P<0,01

A = Efeito do animal; D = Efeito da dieta; P = Efeito do Período

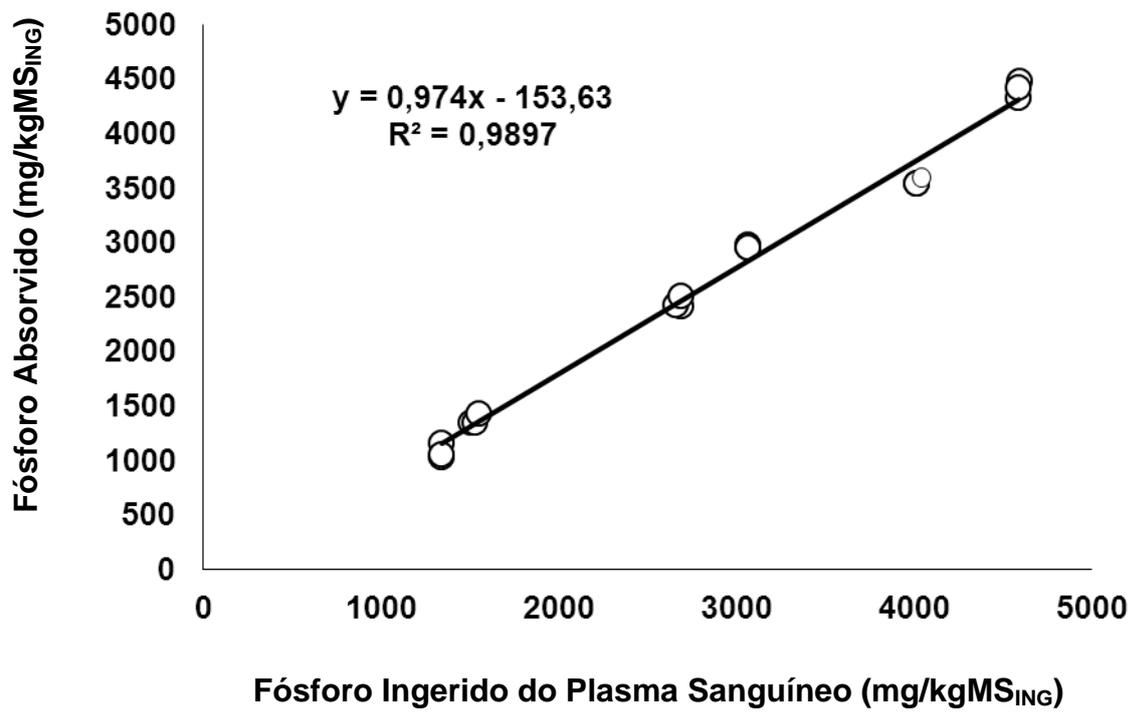


Figura 1 - Relação entre fósforo absorvido (mg/kgMS_{ING}) e fósforo ingerido (mg/kgMS_{ING}) das dietas com plasma sanguíneo desidratado

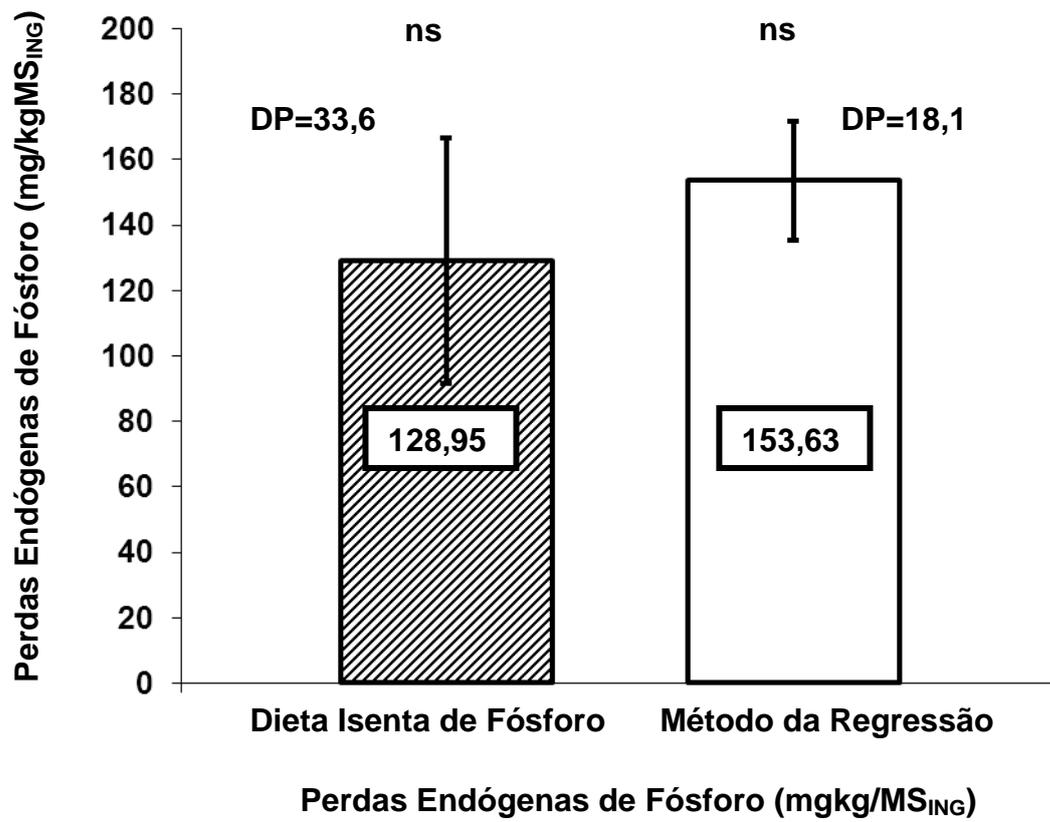


Figura 2 - Valores de perdas endógenas estimadas com dieta isenta de fósforo ou com o método da regressão

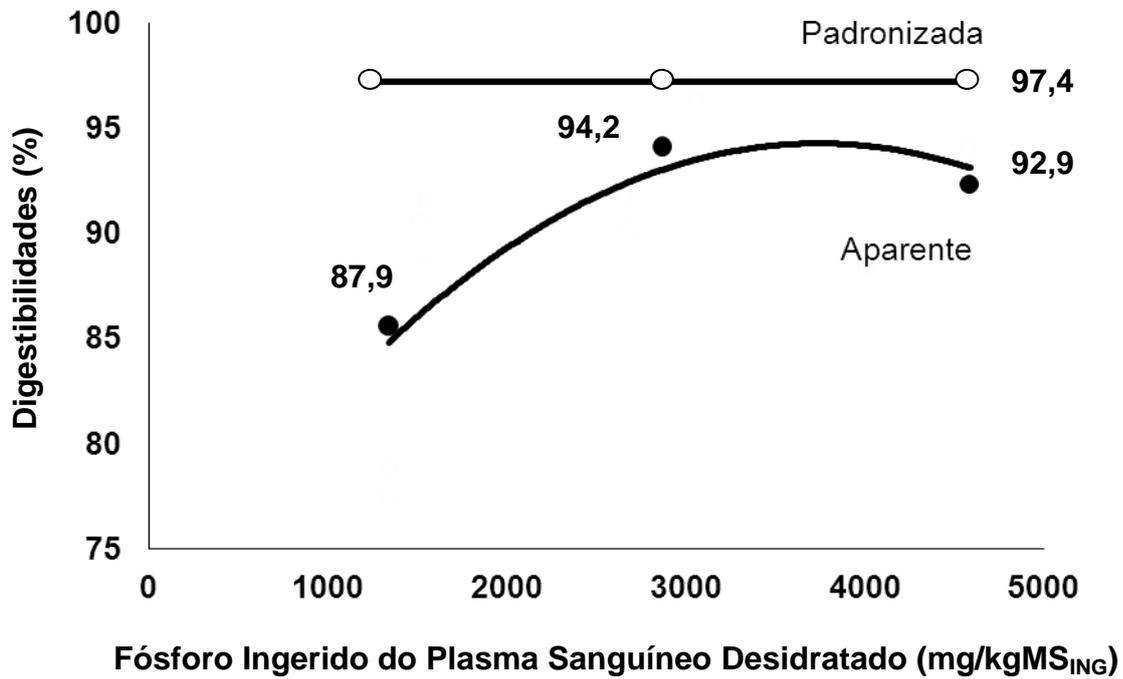


Figura 3 - Efeito da ingestão de teores de fósforo (mgkg/MS_{ING}) na digestibilidade padronizada e aparente com plasma sanguíneo desidratado

CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. As perdas endógenas de fósforo foram 128,95 e 153,63 mg/kgMS ingerida estimadas com a gelatina como a fonte de proteína na dieta isenta de fósforo ou com o plasma sanguíneo desidratado no método de regressão, respectivamente.
2. A digestibilidade verdadeira do plasma sanguíneo desidratado foi de 97,4 e 97,2% determinada pelo método de regressão ou calculada utilizando as perdas endógenas obtidas com a dieta isenta de fósforo, contendo a gelatina como fonte de proteína. Apesar de esses valores demonstrarem que o fósforo do plasma sanguíneo desidratado é quase completamente digerido, há uma pequena fração indigestível que deve ser considerada quando esse ingrediente substitui a gelatina em dietas isentas de fósforo.
3. O plasma sanguíneo desidratado pode substituir a gelatina como fonte de proteína em dietas isentas de fósforo elaboradas para avaliação da digestibilidade de fósforo em alimentos para suínos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEOLA, O. Digestion and balance techniques in pigs. **Swine Nutrition**. A. J. Lewis and L. L. Southern, ed. CRC Press, Washington, DC. p. 903-916. 2001.

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

AKINMUSIRE, A. S.; ADEOLA, O. True digestibility of phosphorus in canola and soybean meals for growing pigs: Influence of microbial phytase. **Journal Animal Science**, v. 87, p. 977-983, 2009.

ALMEIDA, F. N.; STEIN, H. H. Effects of graded levels of microbial phytase on the standardized total tract digestibility of phosphorus in corn and corn coproducts fed to pigs. **Journal Animal Science**, v. 90, p. 1262-1269, 2012.

ALMEIDA, F. N.; STEIN, H. H. Performance and phosphorus balance of pigs fed diets formulated on the basis of values for standardized total tract digestibility of phosphorus. **Journal Animal Science**, v. 88, p. 2968-2977, 2010.

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

BAKER, S. R.; KIM, B. G.; STEIN, H. H. Comparison of values for standardized total tract digestibility and relative bioavailability of phosphorus in dicalcium phosphate and distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. **Journal Animal Science**, v. 91, p. 203-210, 2013.

BERTECHINI, A.G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, Lavras, MG, 2006, 301p.

BOHLKE, R. A.; THALER, R. C.; STEIN, H. H. Calcium, phosphorus, and amino acid digestibility in low-phytate corn, normal corn, and soybean meal by growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 2396-2403, 2005.

BÜNZEN, S.; ROSTAGNO, H. S.; KIEFER, C. et al. Níveis de fósforo digestível para suínos em fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 320-325, 2012.

CRENSHAW, T. D. Calcium, Phosphorus, Vitamin D, and Vitamin K in Swine Nutrition. In: Lewis AJ, Southern LL, editors. **Swine nutrition**. 2 nd ed. New York (NY): CRC Press; p. 187-212, 2000.

DELLAERT, B. M.; VAN DER PEET, G. F. V.; JONGBLOED, A. W.; BEERS, S. A comparison of different techniques to assess biological availability of feed phosphates in pig feeding. **Netherlands Journal Agricultural Science**, v. 38, p. 555- 566, 1990.

DILGER, R. N.; ADEOLA, O. Estimation of true phosphorus digestibility and endogenous phosphorus loss in growing pigs fed conventional and low-phytate soybean meals. **Journal Animal Science**, v. 84, p. 627-634, 2006.

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. **Journal Nutritional Science**, v. 131, p. 2388-2396, 2001.

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**, v. 73, p. 189 - 199, 1997.

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**, v. 185, p. 169-174, 2013.

KIM, B. G.; LEE, J. W.; STEIN, H. H. Energy concentration and phosphorus digestibility in whey powder, whey permeate, and low-ash whey permeate fed to weanling pigs. **Journal Animal Science**, v. 90, p. 289-295, 2012.

LIU, J. B.; YANG, Y. K.; HE, J. Effect of dietary phosphorus levels on the true phosphorus digestibility estimated by the linear regression method. **Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica**, v. 45, p. 572-577, 2014.

MINITAB. **Minitab Statistical Software**, version 16.1, 2013.

MOSENTHIN, R.; SAUER, W. C.; BLANK, R.; HUISMAN, J.; FAN, M. Z. The concept of digestible amino acids in diet formulation for pigs. **Livestock Production Science**, v. 64, p. 265-280, 2000.

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

PETERSEN, G. I.; SMIRCKY-TJARDES, M. R.; STEIN, H. H. Apparent and standardized ileal digestibility of amino acids in gelatin based diets by growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 119, p. 107-115, 2005.

PETERSEN, G. I.; STEIN, H. H. Novel procedure for estimating endogenous losses and measurement of apparent and true digestibility of phosphorus by growing pigs. **Journal Animal Science**, v. 84, p. 2126-2132, 2006.

ROJAS, O. J.; STEIN, H. H. Digestibility of Phosphorus by Growing Pigs of Fermented and Conventional Soybean Meal Without and With Microbial Phytase. **Journal Animal Science**, v. 90, p. 1506-1512, 2012.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV. Departamento de Zootecnia, 252 p., 2011.

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

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

STEIN, H. H.; SÉVE, B.; FULLER, M. F.; MOUGHAN, P. J.; LANG, C. F. M. Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: Terminology and application, **Journal Animal Science**, v. 85, p. 172-180, 2007.

SULABO, R. C.; STEIN, H. H. Digestibility of phosphorus and calcium in meat and bone meal fed to growing pigs. **Journal Animal Science**, v. 91, p. 1285-1294, 2013.

WEREMKO, D.; FANDREJEWSKI, H.; ZEBROWSKA, T. et al. Bioavailability of phosphorus in feeds of plant origin for pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v. 10, p. 551-566, 1997.

YANG, H.; LI, K.; YIN, Y. L.; LI, T. J.; WANG, Z. R.; WU, G.; HUANG, R. L.; KONG, X. F.; YANG, C. B.; KANG, P.; DENG, J.; WANG, S. R.; TAN, B. E.; HU, G.; XING, F. F.; WU, X.; HE, Q. H.; YAO, K.; LIU, Z. J.; TANG, Z. R.; YIN, F. G.; DENG, Z. Y.; 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. **Animal**, v. 1, p. 213-220, 2007.

ZHANG, T. Y.; ZHANG, Y. L.; YAN, S. M.; YIN, Y. L.; FAN, M. Z.; WANG, J. Study on the determination of endogenous outputs and true digestibility of calcium and phosphorus with soybean meal for growing pigs by linear regression analysis technique. **Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica**, v. 39, p. 1684-1691, 2008.

ZUO, J. J.; WANG, J.; ZHANG, T. Y.; ZHANG, C. M.; FENG, D. Y.; YIN, Y. L.; FAN, M. Z. Endogenous outputs and true digestibility of phosphorus associated with peanut meal and soybean meal in growing pigs by multiple linear regression analysis technique. **Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica**, v. 38, p. 678-684, 2007b.

ZUO, J. J.; WANG, J.; ZHANG, T. Y.; FENG, D. Y.; YIN, Y. L.; FAN, M. Z. Study on Endogenous outputs and true digestibility of phosphorus with sorghum and soybean meal in growing pigs by multiple linear regression analysis technique. **Chinese Journal of Animal Nutrition**, v. 19, p. 91-98, 2007a.

ANEXOS

Anexo A – Sala de digestibilidade



Anexo B – Controle de peso de alimento conforme o tratamento



Anexo C – Dietas utilizadas no experimento



Anexo D – Procedimento de fornecimento das dietas experimentais



Anexo E – Procedimento de coleta de fezes

