

CARLOS MAGNO DA ROCHA JUNIOR

**DIGESTIBILIDADE DO FÓSFORO EM FOSFATOS EM PÓ E
MICROGRANULADO PARA SUÍNOS**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012

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

T

R672c
2012

Rocha Junior, Carlos Magno da, 1981-
Digestibilidade do fósforo em fosfatos em pó e
microgranulado para suínos / Carlos Magno da Rocha Junior.
– Viçosa, MG, 2012.
xii, 41f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Aloízio Soares Ferreira

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 30-40

1. Suíno - Nutrição. 2. Digestibilidade. 3. Fósforo.
4. Fosfatos. 5. Granulometria. I. Universidade Federal de
Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 636.40852

CARLOS MAGNO DA ROCHA JUNIOR

**DIGESTIBILIDADE DO FÓSFORO EM FOSFATOS EM PÓ E
MICROGRANULADO PARA SUÍNOS**

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


APROVADA: 20 de Julho de 2012.


Vanusa Patrícia de A. Ferreira


Darci Clementino Lopes


Alexandre de O. Teixeira
(Coorientador)


Melissa Izabel Hannas
(Coorientadora)


Aloizio Soares Ferreira
(Orientador)

Eu andarei vestido com as roupas e as armas de Jorge
Para que meus inimigos tenham pés, não me alcancem,
Para que meus inimigos tenham mãos, não me peguem não me toquem,
Para que meus inimigos tenham olhos e não me vejam
E nem mesmo um pensamento eles possam ter para me fazerem mal
Armas de fogo, meu corpo não alcançarão,
Facas, lanças se quebrem, sem o meu corpo tocar,
Cordas, correntes se arrebentem, sem o meu corpo amarrar...
Eu estou vestido com as roupas e as armas de Jorge!

DEDICATÓRIA

Ao PAI e ao FILHO.

Aos meus pais Carlos Magno da Rocha e Diana Cleide Marques Rocha pelo empenho, dedicação e incentivo em me educar.

Aos meus irmãos André Luiz Marques Rocha, Marcus Vinícius Marques Rocha e Carla Beatriz Marques Rocha pela presença e amizade.

A minha sobrinha Gabriella Marques Rocha e Mucci por trazer um ambiente mais divertido em minha vida.

A minha amada noiva Fernanda de Castro Pereira pelo amor, companheirismo, amizade e incentivo.

A todos os meus familiares e amigos que apoiaram, acreditaram e torceram por mim.

AGRADECIMENTOS

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

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

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento da pesquisa realizada.

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal (INCTCA), pela concessão de ingredientes.

A Universidade Federal de São João del Rei (UFSJ), pelo apoio e parceria.

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

Ao professor Darci Clementino Lopes que acreditou em mim como um pai, pela amizade, oportunidade, confiança e ensinamentos.

Ao professor Aloízio Soares Ferreira, pela orientação, pelos ensinamentos e pela confiança.

Ao professor Alexandre de Oliveira Teixeira, que foi como um irmão, pelos ensinamentos constantes, pela disposição, pela paciência, pela competência e amizade.

A professora Melissa Izabel Hannas pelos ensinamentos, amizade e por me fazer dedicar mais ao trabalho.

A professora Vanusa Patrícia de A. Ferreira, pela disposição, boa vontade e pelas sugestões.

Ao professor Oswaldo Pinto Ribeiro Filho, pelas críticas, sugestões e amizade.

Ao professor e amigo Odemir Baêta, pelo constante incentivo aos estudos.

As minhas cunhadas Mônica (Mon) e Silvana (Sil) pelo incentivo.

A Rosana Alvarenga, por me mostrar que os caminhos difíceis nos tornam pessoas melhores, e dessa forma, desistir jamais.

A minha avó Maurita (*in memoriam*) e Maria Fernandes (Cotinha), pelas constantes rezas.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura da UFV, Alessandro, Francisco Ilário (“Chico”), Francisco Ferreira (“Marreco”), Raimundo, Sebastião (“Tião”) e Vítor, pelo apoio e pela amizade, e ao funcionário José Alberto “Dedeco”, pela dedicação, pela presteza e pelo apoio, fundamental na realização deste trabalho.

Aos funcionários do Setor de Avicultura da UFV e Fábrica de Ração do DZO, em especial a Mauro Godoi, pela amizade e eficiência.

Ao meu amigo e irmão André (Fefê), pela força, pelo companheirismo e pela torcida. “Vamo Mengo”!

A família da minha noiva, Pedro Alcântara, Maria Fernandes, Flávia Maria e Francis Franco, pelo apoio e confiança.

Aos estudantes e amigos Ana Lúcia, Bárbara, Carlota, Fernanda, Santiago, Samuel e Thony pela valiosa ajuda no experimento.

Aos amigos da turma do Boca: Bernardo (Bernadauros), Ériton (Pidão), Geraldo (Geraldum), Róberson (Pink), Samuel (Piu-piu), Tiago (Birrento) e Wesley (Snites), pela amizade, apoio e cerveja. Ica de cabo!!!!

Ao amigo Juninho, por ser um verdadeiro irmão, pela amizade de sempre.

A meu amigo Eli Lauro, cada vez mais companheiro.

Aos demais professores, colegas e funcionários do Departamento de Zootecnia, em especial a Fernanda, pela presteza e boa vontade.

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

Aos animais...

BIOGRAFIA

CARLOS MAGNO DA ROCHA JUNIOR, filho de Carlos Magno da Rocha e Diana Cleide Marques Rocha, nascido em Ponte Nova, MG, em 29 de Agosto de 1981.

Em Março de 2004, iniciou na Universidade Federal de Viçosa (UFV) o Curso de Graduação em Zootecnia, concluindo-o em Janeiro de 2010.

Em Agosto de 2010, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFV, em nível de mestrado, na área de Nutrição e Produção de Monogástricos, submetendo-se à defesa de tese em 20 de Julho de 2012.

CONTEÚDO

LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	lix
ABSTRACT	xii
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA_	4
MATERIAL E MÉTODOS.....	13
RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
CONCLUSÕES	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
APÊNDICE	41

LISTA DE TABELAS

Digestibilidade do fósforo em fosfatos em pó e microgranulado para suínos

Tabela 1 – Comparação dos valores de biodisponibilidade e digestibilidade de fosfatos minerais de acordo com diferentes fontes de citação.....	10
Tabela 2 – Composição centesimal (g/kg de MS) da ração referência e das rações com as diferentes fontes de fosfato.....	15
Tabela 3 – Distribuição do tamanho e Diâmetro Geométrico Médio (DGM) de partículas das fontes de fósforo.....	20
Tabela 4 – Composição química, solubilidade e relação entre minerais das fontes de fósforo	21
Tabela 5 – Coeficiente de Digestibilidade Aparente da Matéria Seca (CDMS) nas dietas.....	22
Tabela 6 – Parâmetros relacionados ao metabolismo do fósforo de diferentes fosfatos e coeficientes de digestibilidade fecal aparente (DFA) e digestibilidade fecal standardizada (DFE) pelos métodos de coleta total de fezes (T) e do indicador fecal (I).....	23

RESUMO

ROCHA JUNIOR, Carlos Magno da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2012. **Digestibilidade do fósforo em fosfatos em pó e microgranulado para suínos.** Orientador: Aloízio Soares Ferreira. Coorientadores: Alexandre de Oliveira Teixeira e Melissa Izabel Hannas.

O experimento foi realizado com o objetivo de avaliar a digestibilidade de fosfatos em pó e microgranulado em dietas para suínos selecionados geneticamente para deposição de carne magra na carcaça, na fase de crescimento, com a utilização de duas metodologias para avaliação da digestibilidade. Para a avaliação simultânea dos métodos de digestibilidade através da coleta total de fezes e do método do indicador fecal cinza ácida insolúvel, foram utilizados 42 suínos machos castrados, híbridos comerciais, com peso médio inicial de 37 kg. Os suínos foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com sete tratamentos, sendo uma dieta referência (Rref), três dietas contendo os fosfatos pó (Pó A = Fosfato pó A; Pó B = Fosfato pó B e Pó C = Fosfato pó C) e três dietas contendo os fosfatos microgranulados com 15, 45 e 75% de solubilidade em água (Mc 15 = Fosfato microgranulado 15%; Mc 45 = Fosfato microgranulado 45% e Mc 75 = Fosfato microgranulado 75%), seis repetições e um suíno como unidade experimental.

O peso dos suínos foi adotado como critério na formação de blocos. A ração referência (Rref) utilizada no ensaio de digestibilidade do fósforo (P) foi elaborada com ingredientes que continham baixo teor de P, sendo que esta dieta continha 0,20% de P total e 0,30% de Ca total, estabelecendo uma relação Ca:P de 1,5:1. As rações foram isoprotéicas, contendo 170 g/Kg Ms de PB e isocalóricas, com 3.341 kcal/kg de ED. Os tratamentos foram formulados com base nos valores de P total, sendo isofosfóricos com 0,45% de P total e isocálcicos com 0,70% de Ca total, estabelecendo uma relação Ca:P de 1,5:1. Os tratamentos foram: FPA = Rref + Fosfato Bicálcico pó A; FPB = Rref + Fosfato Bicálcico pó B; FPC = Rref + Fosfato Bicálcico pó C; FM15 = Rref + Fosfato Bicálcico microgranulado 15%; FM45 = Rref + Fosfato Bicálcico microgranulado 45% e FM75 = Rref + Fosfato Bicálcico microgranulado 75%). Para a determinação do conteúdo de P digestível estandardizado dos tratamentos, o conteúdo de P digestível aparente foi transformado para estandardizado aplicando a correção do P endógeno excretado, sendo utilizado o valor de 258 mg P/ Kg MS ingerida. Os coeficientes de digestibilidade fecal estandardizada do P pelo método de coleta total nas dietas em % foram: Rref: 46,8; FPA: 62,4; FPB: 61,0; FPC: 60,6; FM15: 62,6; FM45: 67,3 e FM75: 67,8. Os coeficientes de digestibilidade fecal estandardizada do P pelo método do indicador - cinza ácida insolúvel (CAI) nas dietas em % foram: Rref: 44,4; FPA: 63,3; FPB: 58,3; FPC: 56,0; FM15: 67,8; FM45: 64,4 e FM75: 67,1. Os coeficientes de digestibilidade estandardizada dos fosfatos avaliados pelo método de coleta total, em % foram: Pó A = 86,9; Pó B = 84,9; Pó C = 81,9; Mc 15 = 89,4; Mc 45 = 88,8 e Mc 75 = 92,6. Os coeficientes de digestibilidade estandardizada dos fosfatos avaliados pelo método do indicador (CAI), em % foram: Pó A = 75,9; Pó B = 75,4; Pó C = 75,6; Mc 15 = 84,9; Mc 45 = 78,0 e Mc 75 = 79,4. Os valores da digestibilidade fecal estandardizada dos diferentes fosfatos avaliados foram diferentes entre os métodos avaliados, porém ambas metodologias podem ser utilizadas para determinar a digestibilidade deste mineral em dietas para suínos.

ABSTRACT

ROCHA JUNIOR, Carlos Magno da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2012. **Phosphorus digestibility in powder phosphates and grain phosphates in diets for pigs.** Adviser: Aloízio Soares Ferreira. Co-advisers: Alexandre de Oliveira Teixeira and Melissa Izabel Hannas.

The purpose of this study was to determine the apparent total tract digestibility and the standardized total tract digestibility of different phosphates for barrows in growing phase. For the simultaneous evaluation of digestibility by total collection of feces method and fecal indicator method acid insoluble ash, were used 42 barrows commercial hybrids with average initial weight of 37 kg. The pigs were divided into experimental design of randomized blocks with seven treatments, with a reference diet (Rref), three diets containing powder phosphates (Pó A = powder dicalcium phosphate, Pó B = powder dicalcium phosphate B and Pó C = powder dicalcium phosphate C) and three diets containing grain dicalcium phosphates with 15, 45 and 75% of water solubility (Mc 15 = grain dicalcium phosphate 15% , Mc 45 = grain dicalcium phosphate 45% and Mc 75 = grain dicalcium phosphate 75%), six replicates and one pig as experimental unit. The weight of the pigs was adopted as a criterion in the

formation of blocks. The reference diet (Rref) for testing digestibility of phosphorus (P) was made with ingredients containing low P content, and this diet contained 0.20% total P and 0.30% Ca, establishing a Ca: P 1.5:1. The diets were isoproteic with 170 g/Kg DM of Crude Protein (CP) and isocaloric with 3,341 kcal / kg of Digestible Energy DE). The treatments were formulated based on the values of total P and were isophosphoric with 0.45% of total P and isocalcium with 0.70% Ca, establishing a Ca: P ratio of 1.5:1. Treatments consisted of phosphates used in the experiment of P digestibility and were added to Rref diet, providing 0.25% of total P. The treatments were: FPA = Rref + powder phosphate A; FPB = Rref + powder phosphate B; FPC = Rref + powder phosphate C; FM15 = Rref + granular phosphate 15%; FM45 = Rref + granular phosphate 45% and FM75 = Rref + granular phosphate 75%. Values for standardized total tract digestibility of P were calculated by correcting apparent total tract digestibility values for basal endogenous losses. Was used as basal endogenous losses the value of 258 mg P / kg of dry matter intake. The standardized total tract digestibility of P in diets by total collection method was in %: Rref: 46,8; FPA: 62,4; FPB: 61,0; FPC: 60,6; FM15: 62,6; FM45: 67,3 and FM75: 67,8. The standardized total tract digestibility of P in diets by fecal indicator method with acid insoluble ash (AIA) as marker was: Rref: 44,4; FPA: 63,6; FPB: 58,3; FPC: 56,0; FM15: 67,8; FM45: 64,4 and FM75: 67,1. The STTD of P in different phosphates by total collection method was in %: Pó A = 86,9; Pó B = 84,9; Pó C = 81,9; Mc 15 = 89,4; Mc 45 = 88,8 e Mc 75 = 92,6. The STTD of P in different phosphates by fecal indicator method (AIA) was in %: Pó A = 75,9; Pó B = 75,4; Pó C = 75,6; Mc 15 = 84,9; Mc 45 = 78,0 e Mc 75 = 79,4. The values of standardized total tract digestibility of different phosphates evaluated showed differences between total collection method and fecal indicator method (AIA) but both can be used to determine the digestibility of this mineral in diets to swine.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a suinocultura brasileira tem experimentado diversos períodos de instabilidade, em função do baixo preço do produto associado aos elevados custos de produção. Os ingredientes mais utilizados nas dietas de aves e suínos, milho e farelo de soja, tiveram elevação de preço, refletindo na margem de lucro do suinocultor. Estes ingredientes não suprem as necessidades nutricionais dos suínos e dessa forma, aditivos, suplementos minerais e vitamínicos devem ser inseridos na dieta elevando o custo da ração. O fósforo (P) complementar é, na maioria das vezes, suplementado pelo fosfato bicálcico, que é uma fonte inorgânica de elevado valor. Portanto, o maior conhecimento das fontes de P, garantirá melhor desempenho dos animais a um menor custo.

Na elaboração ou formulação de dietas para suínos existem 15 minerais que precisam ser considerados (Richert, 2010). Apesar de todos minerais serem importantes, muita atenção atualmente é dirigida para o P, um elemento abundante, que é disponível em muitas formas com o íon mais comum o HPO_4^{2-} (Anderson et al., 2006). O P tem sido reconhecido como um dos mais importantes minerais na nutrição animal sendo considerado o terceiro nutriente mais oneroso nas rações de suínos depois de energia e proteína (Fan et al., 2001; Shurson e Pomerence, 2008; Saraiva et al., 2012).

Níveis de P acima do requerimento dos suínos podem resultar em excesso de P nas fezes e potencial problemas ambientais. Conseqüentemente,

a utilização de P na dieta de suínos precisa ser otimizada para minimizar o custo da dieta e a excreção de P nas fezes (Hanson et al., 2012).

Cerca de 80,0% do P está presente nos ossos e dentes, o restante encontra-se amplamente distribuído nos tecidos moles, glóbulos vermelhos, ácidos nucleicos, membranas celulares, músculos e tecidos nervosos. No entanto, além da formação e manutenção do sistema ósseo e dentes, o P participa da utilização, armazenamento e transferência de energia, nas formas de adenosina mono, di e trifosfato, faz parte da estrutura dos ácidos nucleicos (DNA e RNA); como fosfolípideo, contribui para fluidez e integridade da membrana celular; como fosfato, contribui para manutenção do equilíbrio ácido-base e da pressão osmótica, participa de inúmeros sistemas enzimáticos, no tamponamento do sangue e outros fluídos, na atividade da bomba de sódio/potássio (Na^+/K^+) e no metabolismo de proteínas (Lehninger et al., 2002).

A concentração adequada de P na dieta é aquela que irá proporcionar maior deposição de tecido muscular e manter o estoque de P nos ossos para garantir força estrutural e estabilidade. Recebendo quantidades inadequadas de P dietético, suínos com alta capacidade para deposição de carne magra irão mobilizar P dos ossos e, até um determinado nível, do músculo, mas não o suficiente para otimizar sua performance (Stahly, 2001).

O fosfato bicálcico é a forma mais comum de suplementação das dietas para produção comercial (Lima, 1999). Além do fosfato bicálcico, outras fontes de P disponíveis são os produtos de origem animal como farinha de ossos, farinha de carne e farinha de peixe. O leite e seus resíduos também são ricos em P podendo ser utilizados no processo de suplementação (Underwood e Suttle, 1999).

Os fosfatos são formados por sais de ácido fosfórico e resultam numa grande variedade de produtos comerciais, que diferem devido as diferenças na estrutura química, processamento, tamanho de partículas, pH e presença de contaminantes (Lima et al., 1999).

O Brasil é o sexto maior produtor de fosfato, com produção de cerca de 6,3 milhões de toneladas de concentrado em 2010. Esse volume representa 3,6% da produção mundial estimada, de 160 milhões de toneladas (Instituto Brasileiro de Mineração, 2011).

Devido a elevação dos preços do fosfato, o governo brasileiro e a indústria de nutrição animal buscam otimizar a produção através do conhecimento da composição, digestibilidade e biodisponibilidade dos fosfatos existente nos mercados brasileiro e internacional, para evitar que no momento da escassez do fosfato, as indústrias de nutrição animal tenham segurança no uso de diferentes fontes de P na ração.

O P de diferentes fontes pode ser absorvido em proporções variadas pelo organismo, devido a uma série de fatores, como espécie e idade do animal, estrutura molecular, processamento das fontes, relação cálcio: fósforo, pH intestinal, níveis dietéticos, presença da vitamina D e gordura. Nenhum elemento é totalmente absorvido e utilizado pelo animal, já que uma parte é perdida nos processos normais de digestão e de metabolismo.

No Brasil, existe carência de informações sobre a digestibilidade do P de fosfatos em função da estrutura química, granulometria e solubilidade, determinadas para suínos com alto potencial genético de deposição de músculo. Logo, o conhecimento dos valores da digestibilidade fecal estandardizada do P nos fosfatos para suínos pode diminuir a suplementação de P e permitir a formulação de rações o mais próximo das exigências deste nutriente para os animais.

O experimento foi realizado com o objetivo de avaliar a digestibilidade de fosfatos em pó e microgranulados em dietas para suínos com a utilização de duas metodologias para avaliação da digestibilidade dos fosfatos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Necessidade de fonte suplementar de fósforo

No suíno adulto, apenas 25,0% do total de fósforo (P) reside nos tecidos moles (Reese et al., 2010). O P restante é armazenado nos ossos que dão ao animal força estrutural e estabilidade. As quantidades de consumo de P que são necessários para mineralização óssea e para sustentar o crescimento máximo são diferentes. Se o nível de P dietético atende máximo potencial de crescimento, o animal não terá ingestão de P suficiente para atingir sua capacidade máxima de mineralização óssea (Cromwell et al., 1970).

As dietas para suínos e aves no Brasil são formuladas utilizando grande quantidade de ingredientes de origem vegetal, principalmente milho e farelo de soja, sendo a digestibilidade destes ingredientes baixa, pois parte do P nesses vegetais estão ligados ao fitato, que é pouco digerido pelos suínos (Selle e Ravindran, 2008; Almeida e Stein, 2012).

Alimentos comuns para monogástricos têm apresentado aproximadamente dois terços do P na forma de P fítico (Oshima et al., 1964). Até recentemente os nutricionistas consideravam o P disponível como 33,0% do P contido nos alimentos. Estudos de digestão com frangos e suínos, no entanto indicam que a digestibilidade do P fítico varia entre os alimentos (Simons e Versteegh, 1990; Van Der Klis e Versteegh, 1993, 1996).

Uma das alternativas para melhorar a digestibilidade do P está no uso da enzima exógena fitase, que conseqüentemente reduz a excreção de P no ambiente (Nitrayová et al., 2009; Kerr et al., 2010; Cervantes et al., 2010; Rojas e Stein, 2012).

No Canadá, suínos na fase de terminação alimentados com cultivares de cevada de baixo fitato, apresentaram melhor utilização do P em relação a suínos alimentados com cultivar de cevada normal (Ige et al., 2010).

A pobre digestibilidade do P em alimentos de origem vegetal pode ser compensada pela suplementação de P inorgânico na dieta de suínos, normalmente o fosfato bicálcico, mas este tornou-se caro devido aos custos crescentes do P inorgânico (Almeida e Stein, 2012; Rojas e Stein, 2012).

Para avaliar a utilização de fosfatos como fonte de P para suínos, é necessário conhecer a composição química da fonte, a padronização da composição, a biodisponibilidade dos nutrientes, os efeitos sobre o desempenho dos animais e os efeitos da ingestão de produtos oriundos desses animais na alimentação humana (Teixeira 2002; Teixeira et al., 2004 a,b,c; Teixeira et al., 2005 a,b).

2.2. Fontes de P utilizadas na formulação das dietas

Para uso adequado dos ingredientes e suplementos utilizados na formulação de dietas deve-se conhecer a composição química e valores nutritivos. Estes podem ser obtidos em tabelas estrangeiras, tendo como exemplo o National Research Council (NRC, 1998) para suínos, ou através de tabelas brasileiras para aves e suínos (Rostagno et al., 2011), além de outras recomendações contidas no certificado de análise químico-física expedido pelas empresas de ingredientes para nutrição animal.

A escolha de uma fonte suplementar de P deve levar em consideração o custo por unidade do elemento, a forma química em que o elemento está presente, a granulometria, a solubilidade e o teor de impurezas (Viana, 1985).

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).

Duas fontes comuns de P inorgânico utilizadas como complemento na nutrição de suínos são o fosfato monocálcico (FMC) e o fosfato bicálcico (FBC).

Acredita-se que P do FMC é mais digestível que o P do FBC (Eekhout e De Paepe, 1997).

O estudo de fontes inorgânicas de P é importante para determinar quanto do P inorgânico é absorvido pelo animal. Em experimento realizado utilizando dieta a base de milho e farelo de soja para suínos na fase de crescimento com o FMC como fonte inorgânica de P, houve aumento linear no consumo de P e na excreção de P nas fezes à medida que foi incluído FMC na dieta. Observou-se aumento linear do P absorvido e P retido com a inclusão do FMC (Stein et al., 2008).

Pesquisa realizada com suínos na fase de crescimento alimentados com dieta de milho e farelo de soja verificou aumento linear e quadráticos sobre o consumo de P e P nas fezes com inclusão de P inorgânico na dieta (Akinmusire e Adeola, 2009).

Em suínos nas fases de crescimento e terminação, os níveis de substituição do fosfato monobicálcico pelo fosfato bicálcico não influenciaram o desempenho dos animais (Teixeira et al., 2005a).

Utilizando uma dieta a base de amido de milho, gelatina e sacarose para suínos na fase de crescimento, concluiu-se que digestibilidade aparente ou verdadeira do P no FMC e FBC não foram diferentes e a concentração de FMC no fosfato não influenciou a digestibilidade do P (Petersen e Stein, 2006).

2.3. Granulometria das fontes de P

A granulometria dos ingredientes da ração é um método de análise que permite classificar as partículas de uma amostra pelos respectivos tamanhos e medir as frações correspondentes a cada tamanho (Zanotto et al., 1999).

O termo granulometria é usado para caracterizar o tamanho dos grânulos de um produto moído, dado pelo Diâmetro Geométrico Médio (DGM) de suas partículas (Zanotto et al., 1999). O diâmetro geométrico médio (DGM) está correlacionado de forma positiva com o tamanho dos grãos, e o grau de moagem é caracterizado de acordo com o tamanho das partículas (Pozza et al., 2005).

O tamanho da partícula alimentar, formato e estrutura influenciam a digestibilidade dos nutrientes, a homogeneidade, a densidade e a fluidez das

rações nos sistemas automatizados de mistura e de abastecimento dos comedouros (Costa, 1998).

A eficiência da digestão dos alimentos pode ser influenciada, entre outros fatores, pela superfície de exposição destes às secreções digestivas, bem como pelo tempo de passagem no trato gastrintestinal dos suínos. Dessa forma, o grau de moagem dos alimentos pode determinar variações no valor da digestibilidade dos nutrientes (Zanotto et al., 1995).

A granulometria, assim como a densidade, permite prever a mixibilidade e capacidade de segregação de partículas do produto, quando em mistura com ingredientes de uso rotineiro na alimentação animal. Produtos excessivamente pulverulentos, finos (com alta percentagem de partículas menores que 0,3 mm) apresentam menor probabilidade de manter-se em misturas a base de grãos, cereais e oleaginosas. Além disso, fosfatos pulverulentos resultam em problemas de ordem prática no manuseio nas fábricas de ração (Lima et al., 1995).

Resultados de pesquisa destacam o tamanho da partícula como variabilidade nos dados de disponibilidade do P (Gillis et al. 1951; Griffith e Schexnailder, 1970; Burnerll et al. 1990), semelhante ao observado com poedeiras em relação à disponibilidade de cálcio em função da granulometria das fontes de cálcio suplementar.

O grau de moagem do fosfato bicálcico também deve ser considerado, uma vez que quanto maior o tamanho da partícula, maior será a disponibilidade do elemento P (Potter, 1988).

Em experimento, com frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, arraçoados com dieta contendo milho inteiro (DGM 2282 μm) e moído (DGM 860 e 517 μm) não foram observadas diferenças no desempenho zootécnico dos animais (Freitas et al. 2008).

Pesquisa avaliando os efeitos do tamanho da partícula do fosfato bicálcico (fina e granulada) em rações para frangos de corte contendo 0,5%, 0,6% e 0,7% de P total, a inclusão do fosfato granulado resultou em melhor desempenho das aves, sendo o nível de 0,6% de P total o mais recomendado (Junqueira et al., 2001).

Dietas formuladas com fosfato bicálcico fino ou granulado e com 0,28% de P disponível atendem à exigência de P de galinhas poedeiras semipesadas de 24 a 58 semanas de idade (Araújo et al., 2010).

Em trabalhos com suínos, vários autores demonstraram esses animais se beneficiam mais da redução de partículas dos alimentos, como milho e soja, quando comparados às aves, com melhoras na eficiência alimentar e digestibilidade de nutrientes (Mavromichalis et al., 2000; Oryschak et al., 2002; Lawrence et al., 2003; Fastinger, 2003; Kim et al., 2005; Ngoc et al., 2011).

2.4. Digestibilidade do P nas fontes

A análise química de um mineral realizada em alimentos ou misturas minerais não fornecem informações sobre a disponibilidade do mineral para os animais. O termo “biodisponibilidade” é definido como o grau de absorção de um nutriente ingerido de uma forma que possa ser utilizado pelo metabolismo de um animal normal. Digestibilidade, absorção aparente ou retenção são muitas vezes descritas como sinônimo para descrever quanto um nutriente pode ser utilizado pelos tecidos do animal (Ammerman et al., 1995).

A biodisponibilidade relativa é calculada para diversas formas de elementos minerais relacionando sua resposta a uma fonte padrão do elemento com um valor designado como “100”. Os valores resultantes são úteis na formulação de dietas e na comparação de custos. Dentre as técnicas utilizadas para se conhecer a disponibilidade biológica do P podem-se citar as técnicas da relação dos coeficientes de regressão, da curva-padrão, da diluição isotópica, de Sullivan e da simulação do fluxo biológico (Sakomura e Rostagno, 2007).

Os métodos das abscissas e da relação dos coeficientes de regressão são comparativos e levam em conta apenas a absorção aparente do elemento, sem determinar as suas perdas endógenas, e, por isso, subestima o seu valor real (Bellaver et al., 1983). A técnica de diluição isotópica, através do uso de radiotraçadores, é a única que torna possível a determinação das perdas endógenas do elemento; esta técnica é considerada “real”, enquanto as demais são “aparentes” (Teixeira et al., 2004b).

Jongbloed e Kemme (1990) sugeriram que a disponibilidade do P pode ser estimada através dos coeficientes de digestibilidade aparente do P dos

alimentos, o que de acordo com O'Quinn et al. (1997) possui vantagens econômicas e práticas, por ser um ensaio relativamente rápido e com baixo custo.

A digestibilidade é uma metodologia prática e rápida para determinar a digestibilidade do P nos alimentos, através da condução de ensaios em gaiolas metabólicas, uma vez que, para avaliar a disponibilidade deste mineral utilizam-se ensaios de crescimento que demandam maior tempo e número de animais, além do sacrifício destes para avaliar a deposição do mineral nos tecidos (Jongbloed et al., 1992).

Jongbloed et al. (1996) compararam a digestibilidade do P em aves e suínos utilizando animais de mesmo lote com diversos alimentos. A digestibilidade do P foi maior nas aves que em suínos para os alimentos de origem vegetal, enquanto houve efeito contrário para os alimentos de origem animal ou inorgânico. Além disso, as aves parecem apresentar maior capacidade que os suínos em identificar alimentos com fonte de P inorgânico de menor qualidade.

Existe uma grande variação com relação aos valores de biodisponibilidade e digestibilidade dos fosfatos encontrados na literatura (Tabela 01). As perdas de P endógeno, que ocorrem através do muco, células de descamação e enzimas, devem ser consideradas na determinação da digestibilidade deste nutriente, obtendo valores de digestibilidade verdadeira do P, pois o coeficiente de digestibilidade fecal aparente do P (DFA) subestima o real aproveitamento de P pelos animais (Shen et al., 2002).

Tabela 01 – Comparação dos valores de biodisponibilidade e digestibilidade de fosfatos minerais de acordo com diferentes fontes de citação para suínos.

	TBAS* (2011)	INRA *(1994)	NRC *(1998)	CVB *(1997)
	P digestível	P disponível ¹	P disponível ²	P digestível
Fosfato monocálcico	78,2	100,0	100,0	83,0
Fosfato bicálcico anhidro	-	-	-	64,0
Fosfato bicálcico 2H ₂ O	75,0	90,0	95,0-100,0	70,0
Fosfato monobicálcico	85,3	-	-	82,0
Fosfato mono ou bissódico	-	100,0	100,0	87,0-89,0
Fosfato monoamônio	-	95,0	100,0	-
Ácido fosfórico	90,0	100,0	-	-
Fosfato de Ca-Mg-Na	-	-	-	81,0-85,0
Fosfato de Rocha	63,3	-	40,0-60,0	-
Superfosfato triplo	76,9	-	-	-
Fosf. Rocha desfluorizado	-	90,0	85,0-95,0	-

¹Disponibilidade em relação ao fosfato monossódico; ²Disponibilidade em relação ao fosfato monossódico ou monocálcico. * TBAS = Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos; INRA = Institute National de la Recherche Agronomique; NRC = National Research Council; CVB = Central Veevoederbureau

A digestibilidade aparente do P é o critério mais eficiente para representar o valor nutricional de vários alimentos fosfatados em suínos, compensando fatores de confundimento (porção de P endógeno presente nas fezes e o P contido na fração da urina). A compensação dessas frações (digestibilidade verdadeira) é considerada para melhor reflexão da disponibilidade de P (Dellaert et al., 1990).

É difícil quantificar as perdas endógenas em suínos devido as falhas inerentes a metodologias atuais. Sabe-se que as perdas endógenas são variáveis e que são influenciadas pela composição da dieta, a concentração de minerais, o nível de alimentação, o fornecimento de energia, a idade e a taxa de crescimento do animal (Jongbloed, 1987).

O valor do P endógeno tem sido estimado em aproximadamente sete mg/Kg de peso vivo (PV), sendo seis mg/kg PV atribuídos para as perdas endógenas fecais e o restante atribuído ao P urinário (Petty et al., 2006).

A determinação do P endógeno pode ser feita por diferentes metodologias, como análise de regressão (Fan et al., 2001; Shen et al., 2002; Dilger e Adeola, 2006), P radioativo (Fernandez, 1995; Teixeira et al., 2004b) e

uso de dietas purificadas ou semi purificadas, isentas de P (Petty et al., 2006; Petersen e Stein, 2006; Bünzen, 2009a,b; Baker, 2010).

Outro método utilizado para o cálculo da digestibilidade do P é a digestibilidade fecal estandardizada (DFE), sendo este um método mais preciso (Petersen e Stein, 2006; Almeida e Stein, 2010; Baker, 2010; Rojas e Stein, 2012; Kim et al, 2012). Este procedimento envolve a mensuração de valores para digestibilidade fecal aparente (DFA) de P, bem como a determinação de perdas endógenas basais de P. Valores para DFE são calculados pela correção dos valores da DFA do P pelas perdas endógenas basais. A vantagem importante do método DFE é que os valores DFE nos ingredientes individuais são considerados aditivos em dietas mistas. Acredita-se, portanto, que as dietas formuladas baseadas nos valores de DFE de P possuem maior precisão por satisfazer os requisitos dos animais e ao mesmo tempo minimizar a excreção de P nas fezes (Baker, 2010).

Os valores da DFE só podem ser calculados pela estimação das perdas endógenas basais do P. Este valor é determinado por uma dieta livre de P, mas como a variabilidade entre experimentos é relativamente pequena, pode-se utilizar como aproximação um valor médio para as perdas endógenas basais de 200 mg P/Kg de matéria seca ingerida (Stein, 2011).

A biodisponibilidade do P varia principalmente com a forma da molécula de fosfato. No entanto, fatores como a proporção de Ca:P e interação com outros elementos podem afetá-la. Assim, dois fosfatos podem ser equivalentes no teor de P, porém, diferirem na disponibilidade (Vitti et al., 1991).

2.5. Solubilidade das fontes de P

Os fosfatos possuem relações de FMC: FBC que variam entre 50:50 e 67:33. Essa relação possui efeito sobre a utilização (biodisponibilidade) do P. (Teixeira et al., 2007). Uma forma de definir as proporções de FMC e FBC é pela solubilidade em água. Assumindo-se que o FMC é completamente solúvel em água e que o FBC é completamente insolúvel em água (Viljoen, 2001).

Estudos *in vitro* foram desenvolvidos objetivando determinar a biodisponibilidade de P dos fosfatos, os quais compreendem em linhas gerais em testes de solubilidade em água, ácido clorídrico, ácido cítrico, em citrato

neutro de amônio e líquido abomasal (Underwood, 1977; Rosa et al, 1986; Sullivan et al, 1992; Rostagno et al., 1993).

Vários fatores podem interferir na solubilidade do P nos diferentes extratores, tais como: fonte do P, tempo de incubação, relação de extração e grupo genético do animal doador do líquido abomasal (Lima, 1995).

Pesquisa utilizando 36 fontes de fosfato houve baixa correlação entre a biodisponibilidade e os valores de solubilidade do P em água e ácido clorídrico a 0.4%, entretanto os valores de solubilidade do P em citrato neutro de amônio e em ácido cítrico a 2,0 % apresentaram alta correlação com a biodisponibilidade (Sullivan et al, 1992).

Somente a solubilidade em água não deve ser utilizada como indicador da disponibilidade dos fosfatos, uma vez que muitos fosfatos insolúveis em água estão bem disponíveis aos animais (Rosa, 1991).

Segundo Kemme et al. (1993), a solubilidade em água subestima a digestibilidade dos fosfatos bicálcicos e a solubilidade em ácido cítrico superestima a digestibilidade de todos os fosfatos alimentícios.

A solubilidade em ácido cítrico a 2,0%, de acordo com o método convencional, proposto por Guéguen (1995), vem sendo a mais utilizada para prever o valor biológico dos fosfatos (Duarte et al., 2003).

A solubilidade em ácido cítrico é superior a 85,0% para todos os bons, superior a 90,0% para todos altamente disponível e inferior a 50,0% para todos os pouco disponíveis fosfatos (Payne, 2005).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O protocolo experimental foi revisado e aprovado pelo Comitê de Ética para Uso de Animais do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, processo no 27/2011, estando de acordo com os princípios éticos da experimentação animal, estabelecidos pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA) em 09/07/2011.

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, no período de outubro a dezembro de 2011.

Para a avaliação simultânea dos métodos de digestibilidade através da coleta total de fezes e do método do indicador fecal cinza ácida insolúvel, com uso de celite como indicador, foram utilizados 42 suínos machos castrados, híbridos comerciais, com peso médio inicial de 37 kg. Os suínos foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com sete tratamentos, sendo uma dieta referência (Rref) e três dietas contendo os fosfatos pó de três empresas A, B e C (PoA= Fosfato pó A; PoB= Fosfato pó B e PoC= Fosfato pó C) e três dietas contendo os fosfatos microgranulados com 15, 45 e 75% de solubilidades em água (Mc15= Fosfato microgranulado 15%; Mc45= Fosfato microgranulado 45% e Mc75= Fosfato microgranulado 75%), seis repetições e um suíno como unidade experimental. Os fosfatos microgranulados possuem uma maior concentração de fosfato monocálcico em sua composição, em relação aos fosfatos em pó.

Os tratamentos foram: FPA= Rref + Fosfato pó A; FPB= Rref + Fosfato pó B; FPC= Rref + Fosfato pó C; FM15= Rref + Fosfato microgranulado 15%; FM45= Rref + Fosfato microgranulado 45% e FM75= Rref + Fosfato microgranulado 75%).

As dietas foram formuladas segundo informações contidas nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011) e suas composições centesimal encontram –se apresentadas na Tabela 2.

Os animais foram alojados, individualmente, em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), instaladas em prédio com piso de concreto, paredes de alvenaria dotada de exaustores e coberto com telhas francesas. O experimento de digestibilidade teve duração de 12 dias, sendo sete dias destinados à adaptação dos animais às gaiolas, dietas experimentais e para mensuração do consumo para determinação do consumo metabólico e cinco dias destinado à coleta de fezes e urina.

As rações foram isoprotéicas, contendo 170 g/ Kg Ms de PB e isocalóricas, com 3.341 kcal/kg de EM. Os tratamentos foram formulados com base nos valores de P total, sendo isofosfóricos com 0,45% de P total e isocálcicos com 0,70% de Ca total, estabelecendo uma relação Ca:P de 1,5:1.

Os tratamentos consistiram dos fosfatos que foram adicionados a Rref, fornecendo 0,25% de P total. Foi adicionado às dietas experimentais 0,5% de óxido férrico como marcador, para indicar o início e o fim da coleta de fezes.

Tabela 2 Composição centesimal (g/Kg de MS) da ração referência e das rações com as diferentes fontes de fosfato.

Ingredientes	Rref	FPA	FPB	FPC	FM15	FM45	FM75
Milho Pré Cozido	420.0	420.0	420.0	420.0	420.0	420.0	420.0
Soja farelo 45%	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1
Açúcar	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Macarrão resíduo	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0
Amido	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
Milho (7,88%)	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
Óleo de Soja	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Calcário	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9
Sal	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10
Supl. Vitamínico ¹	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Supl. Mineral ²	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
L-Lisina	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
DL – Metionina	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
L – Treonina	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Cloreto de Colina	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
B H T	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Celite	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Areia lavada	14.4	0.7	0.5	1.8	1.3	1.9	2.6
Fosfatos ³		13.7	13.9	12.6	13.1	12.5	11.8
Total	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
Composição Calculada							
Proteína Bruta	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0
EM (Kcal/Kg)	3,341	3,341	3,341	3,341	3,341	3,341	3,341
Lisina Dig.	10.49	10.49	10.49	10.49	10.49	10.49	10.49
Met. + Cist. Dig.	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47
Treonina Dig.	6.03	6.03	6.03	6.03	6.03	6.03	6.03
Sódio	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Cálcio	3.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Fósforo	2.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5

¹-Composição por kg do produto: Vit A, 9.000.000 UI; Vit D3, 1.500.000 UI; Vit E, 10.000 UI; Vit B1, 2 g; Vit B2, 5 g; Vit B6, 30 g; Ácido Pantotênico 25 g; Vit K3, 4 g; Vit B12, 40 mg; Ácido Nicotínico 40 g; Antioxidante, 30 g; selênio, 23 mg e veículo q.s.p., 1.000 g. ²Composição por kg do produto: Fe, 180 g; Cu, 20 g; Co, 4 g; Mn, 80 g; Zn, 140 g; I, 4 g e veículo q.s.p., 1.000 g. ³Inclusão dos seguintes fosfatos: Pó A = Fosfato pó A; Pó B = Fosfato pó B; Pó C = Fosfato pó C; Mc 15 = Fosfato microgranulado 15%; Mc 45 = Fosfato microgranulado 45% e Mc 75 = Fosfato microgranulado 75%).

As rações experimentais foram fornecidas aos animais em duas refeições, uma às 8:00 horas e outra às 17:00 horas. Durante o período de adaptação o arraçoamento foi *ad libitum*.

Durante a fase de coleta das fezes, o consumo diário das rações experimentais foi baseado no peso metabólico ($P^{0,75}$) dos animais, considerando o menor consumo, dentre os animais de cada bloco, observado na fase de adaptação. As rações foram umedecidas e após a ingestão de todo alimento, água foi ofertada *ad libitum*.

A coleta das fezes no coletor de cada gaiola foi realizada de 12 em 12 horas, com auxílio de espátulas que eram lavadas a cada nova amostra. As fezes foram diariamente pesadas e homogeneizadas, retirando-se uma alíquota de 20%, acondicionadas em sacos plásticos, identificados e armazenados em freezer (-18°C). Ao término do experimento, as amostras foram descongeladas em temperatura ambiente, homogeneizadas e secas em estufas ventiladas a 55°C, por um período de 72 horas. Posteriormente, as amostras foram moídas, armazenadas em recipientes de vidro e identificadas.

A coleta da urina foi realizada no intervalo de 24 horas. A urina excretada foi filtrada em tela de nylon de malha fina, para impedir detritos, fixada na saída do coletor, localizado sob o piso ripado da gaiola, e recolhida em baldes plásticos contendo 20 mL de HCl 1:1, para evitar a proliferação de bactérias. Após homogeneização da urina e aferição do volume com filtragem em peneira fina, retirou-se uma alíquota de 150 mL, colocada em recipiente de vidro com tampa, identificado e armazenada em geladeira (3°C). Para análise laboratorial, a urina armazenada foi novamente homogeneizada, filtrada em gase, sendo retirada alíquota de 50 mL, colocada em recipiente de plástico com tampa, identificado e mantida em refrigeração para posterior análise de P.

As determinações dos teores dos minerais nos fosfatos e os testes de solubilidade foram realizados no laboratório da Rodes Química Cajati Ltda., em Cajati – São Paulo, segundo metodologias descritas pelo Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (CBAA, 2009).

As análises dos teores de matéria seca (MS) e cinzas foram realizadas no laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia – UFV, de acordo com as metodologias descritas por Silva e Queiroz, (2002). A análise do indicador foi feita de acordo com a metodologia descrita no Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (CBAA, 2009), descrita no apêndice 1.

O diâmetro geométrico médio (DGM) das partículas dos fosfatos foram determinados a partir de análises realizadas no Laboratório da Rodes Química

Cajati Ltda, em Cajati - São Paulo, segundo metodologia descrita por Butolo (2002), com peneiras de 2,00; 1,41;0,84;0,50; 0,25; e 0,15 mm. As quantidades retidas nas peneiras foram registradas para cálculo do DGM.

O registro da temperatura ambiental foi realizado diariamente por meio de termômetros analógicos de máxima e mínima, e o registro da umidade relativa do ar por meio de termômetro analógico de bulbo seco e bulbo úmido. Os termômetros de máxima e mínima foram instalados em dois pontos diferentes do galpão e o termômetro de bulbo seco e bulbo úmido foi instalado na parte mediana do galpão. Todos os termômetros foram instalados externo as gaiolas e a meia altura do corpo dos animais.

O consumo de alimento (g) foi determinado, assim como de matéria seca (g), de P total da ração basal e dos tratamentos (g). Foram determinados o P fornecido pela ração basal e pelos tratamentos (%), o teor de P nas rações e fezes (%), a excreção de P (g), o fator de indigestibilidade, P excretado da ração basal e dos tratamentos (%), cinzas e cinza ácida insolúvel. Estes dados foram utilizados nas equações adaptadas por Petersen e Stein (2006) e Rostagno e Featherston (1977) para obtenção dos valores dos coeficientes de digestibilidade aparente de P dos tratamentos através dos dois métodos avaliados.

1. Método coleta total:

Digestibilidade Fecal Aparente do P (DFA) – (Petersen e Stein, 2006).

$$\text{DFA (\%)} = \frac{\text{P ingerido (g)} - \text{P excretado fezes (g)}}{\text{P ingerido (g)}} \times 100$$

2. Método do indicador fecal (CAI):

2.1. Fator de indigestibilidade (FI).

$$\text{FI} = \frac{\% \text{ CAI dieta}}{\% \text{ CAI fezes}}$$

2.2. Digestibilidade Fecal Aparente do P (DFA) - (Adaptado de Rostagno e Featherston, 1977).

$$\text{DFA do P (\%)} = \frac{\% \text{ P dieta} - (\% \text{ P fezes} \times \text{FI})}{\% \text{ P dieta}} \times 100$$

A determinação do conteúdo de P digestível estandardizado dos tratamentos deve ser feita aplicando a correção do P endógeno excretado transformando o conteúdo de P digestível aparente em estandardizado (Rostagno et al., 2011).

Os valores para digestibilidade fecal estandardizada (DFE) foram calculados pela correção das perdas endógenas da dieta basal (Baker, 2010). As perdas endógenas da dieta basal utilizadas para o cálculo da digestibilidade fecal estandardizada do P nas rações e nos fosfatos foram de 258 mg P/ Kg de matéria seca ingerido (Rostagno et al, 2011).

Os valores de DFE do P são calculados subtraindo-se da excreção total de P a fração correspondente das perdas endógenas basais de acordo com a seguinte equação (Almeida e Stein, 2010):

$$\text{DFE do P (\%)} = \frac{[(P_i - (P_f - P_e))]}{P_i} \times 100$$

Onde:

Pe = perdas endógenas basais em g/dia ou em g no conjunto do período experimental.

Os valores de P retido foram calculados usando a seguinte equação (Petersen e Stein, 2006):

$$Pr = \frac{[P_i - \{P_f + P_u\}]}{P_i} \times 100$$

Onde:

Pr = P retido em %;

Pi = P total consumido em g;

Pf = P total excretado nas fezes em g;

Pu = P excretado na urina em g.

A análise estatística dos parâmetros foi realizada pelo Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (2000), utilizando-se os procedimentos para análises de variância e regressão em nível de 5,0% de probabilidade. Utilizou-se o teste Tukey para: comparação da média do tratamento Rref com os demais; comparação das médias das duas metodologias de determinação de digestibilidade; comparação entre os fosfatos pó de diferentes empresas e entre a média dos fosfatos pó e a média dos fosfatos microgranulados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas máxima e mínima médias do ambiente durante todo o período experimental foram $26,1 \pm 2,35$ e $21,9 \pm 1,19^{\circ}\text{C}$, respectivamente. A umidade relativa média durante todo o período experimental foi de $86,4 \pm 6,92\%$.

Os dados de granulometria, composição química e solubilidade das fontes de fósforo (P) são apresentados nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Distribuição do tamanho de partículas das fontes de P e DGM

Malha	Unidade	Fosfatos						
		Pó A	Pó B	Pó C	Mc 15	Mc 45	Mc 75	
Malha # 09	2,00 mm	% Retido	0,07	0,02	0	0	0	0
Malha # 12	1,41 mm	% Retido	0,61	0,34	0,16	3,6	4,8	1,37
Malha # 20	0,84 mm	% Retido	2,17	3,18	9,97	17,5	22,1	30,1
Malha # 35	0,50 mm	% Retido	5,4	10,3	29	30,3	26,9	54,5
Malha # 60	0,25 mm	% Retido	8,7	13,1	20,5	17,2	17,5	11,3
Malha # 100	0,15 mm	% Retido	12	14,7	8,21	8,3	13	1,79
DGM	μm		415,07	438,33	634,66	767,51	756,08	944,68

Tabela 4 – Composição química, solubilidade e relação entre minerais das fontes de P.

Composição química	Unidade	FOSFATOS					
		Pó A	Pó B	Pó C	Mc 15	Mc 45	Mc 75
Umidade	%	1,52	4,2	2,5	2,14	3,2	3,59
P Total	%	18,3	18,0	19,9	19,1	20,0	21,00
P solúvel em ác.cítrico 2%	%	93,0	84,2	94,6	89,1	94	88,8
P Solúvel em água	%	8,0	12,0	4,0	15	45	75
Ca	%	20,8	24,0	23,6	21,1	18,4	14,7
Fe	%	0,43	0,72	1,13	0,44	0,58	0,82
Mg	%	2,16	4,45	0,45	2,26	1,4	0,63
Ca:P		1,14:1	1,33:1	1,19:1	1,1:1	0,92:1	0,71:1
P:F		134,7:1	129,7:1	221,1:1	142,8:1	68,97:1	160,4:1
F	mg/kg	1.358	1.388	900	1.338	2.900	1.309
Mn	mg/kg	687	618	544	700	469	270
Zn	mg/kg	30,5	72,7	150	32,7	36	92,7
Cu	mg/kg	16,4	81,7	115	15,2	40	9,07
Co	mg/kg	15,6	22,9	21,1	14,2	9,2	9,97

Com relação à granulometria, observou-se que existem diferenças numéricas de DGM entre os fosfatos pó provenientes das diferentes empresas fabricantes e entre os fosfatos pó e microgranulado. Os fosfatos bicálcicos pó, exceto o fosfato Pó C, tiveram maior porcentagem dos grânulos abaixo de 0,15 mm. Os fosfatos microgranulados apresentaram granulometria média superior a 0,5 mm. Logo, o aumento do teor de solubilidade em água pode influenciar a formação dos grânulos pelo fato desses serem higroscópicos, aumentando assim a granulometria da fonte. Produtos excessivamente pulverulentos e finos apresentam menor probabilidade de manter-se em misturas à base de grãos, cereais e oleaginosas e aumenta os problemas de pó na fábrica de ração (Lima et al., 1995).

A menor relação cálcio:fósforo foi observada no Mc 75. Maior teor de flúor foi observado no Mc 45. De acordo com a nova legislação, tornam-se impróprias para o consumo animal fontes de fósforo com relação P:F menor do que 15:1 (Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, 2000). Dietas para suínos nas fases de crescimento com uso de fosfato microgranulado deve conter uma relação Ca total: P total entre 0,7:1 e 1,2:1. Tipicamente, o custo da suplementação de P (Ex: fosfato bicálcico) é maior que o da suplementação com fontes de Ca (Ex: calcário calcítico). Na formulação de dietas para suínos,

e preferível trabalhar com relação Ca:P disponível ao invés da relação Ca:P total, para otimizar o custo e o desempenho.

Os valores de consumo e digestibilidade da matéria seca em função da granulometria e solubilidade da fonte de fósforo são apresentados na tabela 5.

Não foram observadas diferenças estatísticas no coeficiente de digestibilidade de matéria seca entre os tratamentos.

Tabela 5 Coeficiente de Digestibilidade Aparente da Matéria Seca (CDMS) nas dietas.

Parâmetros	Tratamentos									CV (%)
	Rref	FPA	FPB	FPC	Médias	FM15	FM45	FM75	Médias	
MS Cons. (Kg/dia)	1.279	1.272	1.268	1.263	1.268	1.250	1.254	1.278	1.252	8,56
Fezes (g/dia)	78,1	66,7	73,7	70,9	70,4	73,0	64,4	68,0	66,7	16,87
CDMS (%)	93,9	94,7	94,2	94,3	94,41	94,1	94,8	94,7	94,6	0,9

[†] (P<0,05) Médias seguidas de letras distintas na linha diferem entre si pelo teste Tukey

Os resultados obtidos corroboram com Sands et al.(2001) e Lindemann et al. (2010), que encontraram valor de 91,1% e de 91,7%, respectivamente, para o CDMS, trabalhando com suínos na fase de crescimento. O resultado difere do trabalho de Lohmann et al.(2010), onde o CDMS diminuiu de 90,3 para 87,2% à medida que o DGM das partículas da silagem de grãos úmidos de milho incluídos na ração aumentou, em animais da mesma categoria.

Silva et al. (2011) e Gomes et al. (2007), determinaram valores de CDMS de 88,4% e 81,9%, respectivamente. Silva et al. (2011) utilizaram elevado teor de milho grão (63,5%) na dieta basal e quando a dieta foi misturada em água na relação 1:1, o CDMS foi para 90,3%. Gomes et al. (2007), utilizaram dieta com 80,8% de milho.

Dilger e Adeola (2006) encontraram valores elevados do CDMS para suínos na fase de crescimento, variando de 94,1% a 97,3%. Estes autores utilizaram elevado teor de sacarose (15%) e dextrose (10%) na dieta.

Os resultados referentes ao ensaio de digestibilidade do fósforo nos fosfatos pó e micro, em função das rações experimentais, estão apresentados na Tabelas 6.

Tabela 6 – Parâmetros relacionados ao metabolismo do fósforo de diferentes fosfatos e coeficientes de digestibilidade fecal aparente (DFA) e digestibilidade fecal estandardizada (DFE) pelos métodos de coleta total de fezes (T) e do indicador fecal (I)¹.

Parâmetros	Un	Tratamentos									CV (%)
		Rref	FPA	FPB	FPC	Médias	FM15	FM45	FM75	Médias	
Peso Inicial	kg	37,4	37,2	37,1	37,2	37,1	36,4	36,9	36,5	36,6	20,7
P cons.	g/dia	2,6	5,8	5,7	5,5	5,7	5,7	5,7	5,9	5,8	7,6
P exc.fezes	g/dia	1,7	2,5	2,6	2,5	2,5	2,4	2,1	2,1	2,2	14,8
P exc. urina	g/dia	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	64,3
P endógeno	g/dia	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	8,7
P retido	g/dia	0,9	3,3	3,3	3,1	3,2	3,2	3,5	3,5	3,4	16,2
P retido	%	35,0	56,2	55,1	54,8	55,4B	56,8	61,3	62,0	60,0A	11,8
DFA ração (T)	%	35,6	57,4	56,0	55,6	56,3B	57,7	62,3	62,8	60,9A	11,2
DFE ração (T)	%	46,8	62,4	61,0	60,6	61,3B	62,6	67,3	67,8	65,9A	10,4
DFE Fosfatos (T)	%		86,9	84,9	81,9	84,6B	89,4	88,8	92,6	90,3A	10,1
DFA ração (I)	%	38,6	61,3a	55,8b	53,3b	56,8B	65,5	62,2	65,1	64,3A	8,8
DFE ração (I)	%	44,4	63,6a	58,3b	56,0b	59,3B	67,8	64,4	67,1	66,4A	8,4
DFE Fosfatos (I)	%		75,9	75,4	75,6	75,6B	84,9	78,0	79,4	80,8A	8,3

¹(P<0,05) Médias minúsculas seguidas de letras distintas na linha diferem entre si pelo teste Tukey. Médias maiúsculas de letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste Tukey entre as médias dos tratamentos pó e micro.

Não houve diferença (P>0,05) somente para o P endógeno e P excretado na urina em relação a Rref. Uma vez que este valor é estimado em função da MS ingerida e percentual de P na dieta, estes resultados estão de acordo com a ingestão de ração.

O consumo de P foi menor (P<0,05) nos animais que consumiram a ração referência (2,6g/dia) do que nos demais tratamentos. O consumo de P foi em média de 5,7g/dia para os tratamentos que receberam fonte suplementar de P dos fosfatos em pó e de 5,8g/dia para os tratamentos que receberam fonte suplementar de P dos fosfatos microgranulados. Estes resultados podem estar associados ao nível dietético de P na ração, concordando com diversas pesquisas que têm demonstrado que a ingestão de P está associada ao seu nível dietético na ração (Fernandez, 1995; Lopes, 1998; Figueirêdo et al., 2001; Teixeira, 2002).

Os resultados médios encontrados de 5,7 e 5,8 g/dia para P consumido nos fosfatos em pó e microgranulado, respectivamente, foram semelhantes aos obtidos por Stein et al.(2008), que trabalhando com suínos de 22Kg, em média,

utilizando fosfato monocálcico com 15.6% Ca e 21.0% P, obtiveram um consumo de P médio de 5,2 g/dia.

Bellaver et al. (1983) e Bellaver et al. (1984) observaram consumo de P, em rações semelhantes, de 3,1 e 4,0 g de P/dia para leitões de 21,2 e 29,5 kg de peso, respectivamente.

Não houve diferença ($P>0,05$) entre o P consumido, P excretado nas fezes, P excretado na urina, P retido e entre a digestibilidade fecal aparente do P e digestibilidade fecal estandardizada do P nas rações pela metodologia da coleta total de fezes. Pela metodologia do indicador fecal houve diferença ($P<0,05$) entre a digestibilidade fecal aparente do P e digestibilidade fecal estandardizada do P nas rações contendo fosfato pó de diferentes empresas, observaram-se maiores ($P<0,05$) valores para o FPA e menor para o FPC, sendo o fosfato pó B intermediário.

Os valores de P excretado nas fezes foram semelhantes ($P>0,05$) entre os tratamentos, o que também foi verificado por Broce (1986), Figueirêdo et al. (2001), Teixeira (2002) e Bünzen (2005; 2009a,b).

Pode-se observar uma diminuição do P excretado nas fezes entre os tratamentos com fosfato em pó e microgranulado, com uma menor excreção de P neste último. Isto pode ocorrer devido a melhor digestibilidade dos fosfatos microgranulados. Estes resultados corroboram com Nitrayová et al. (2009), que trabalhando com suínos com peso inicial de 31,6 Kg e fosfato monocálcico como fonte inorgânica de P, determinaram menor excreção de P nas fezes com a melhora da digestibilidade entre os tratamentos.

O P excretado pela urina não foi influenciado ($P>0,05$) pelas fontes suplementares de P, discordando de Fernandez (1995), Lopes et al. (1999b), Figueirêdo et al. (2001), Teixeira (2002) e Bünzen (2005), os quais observaram que o teor de P nas fezes e na urina aumentou com o aumento do nível de P na ração.

Os valores de P endógeno estimados foram semelhantes ($P>0,05$) entre os tratamentos. Os resultados estão próximos aos determinados por Cupák et al. (1972) e Jongbloed et al. (1992), que relataram que o P endógeno fecal para suínos varia de 5 a 10 mg P/kg p.v/dia e aos 4,6 mg P/kg p.v/dia de perdas endógenas encontrados por Bellaver et al. (1983), porém inferiores aos obtidos

por Fernandez (1995) e Lopes et al. (1999b), que observaram aumento nas perdas endógenas em função do aumento do nível de P da ração.

Dilger e Adeola (2006) trabalhando com suínos de 31 Kg, determinaram valor para perdas endógenas de 4,8 mg/(Kg de $P^{0,75}$ x dia), semelhante aos valores encontrados por Pettey et al. (2004) de 9 e 7 mg/(Kg de $P^{0,75}$ x dia), com animais de 27 e 59 Kg, respectivamente. Estes valores foram inferiores aos resultados encontrados por Fan et al. (2001) e Ajakaiye et al. (2003), de 28 e 56 mg/(Kg de $P^{0,75}$ x dia), com animais de 14 e 49 Kg, respectivamente.

Shen et al. (2002) determinaram 71 mg/(Kg de $P^{0,75}$ x dia) trabalhando com suínos de 35 Kg. Este valor pode estar relacionado a uma dieta rica em milho e amido de milho.

Almeida e Stein (2010) mensuraram as perdas endógenas de P da ração basal de suínos em crescimento, com peso inicial médio de 18.2 ± 2.1 Kg, em uma dieta isenta de P e obtiveram valor de 199 mg de P/Kg de matéria seca ingerida. Este valor oscila entre os valores encontrados de 139, 174, 232, 258 e 310 mg P/Kg MS ingerida, em animais alimentados com dieta isenta de P (Petersen e Stein, 2006; Baker, 2010; Texeira, 2004a; Bünzen, 2009a e Fan et al, 2001).

Akinmusire e Adeola (2008) estimaram as perdas endógenas de P em 48 mg/Kg de MS ingerida para suínos na fase de crescimento, com peso inicial médio de 16.6 Kg.

Baixo valor de P endógeno para suínos na fase de crescimento pode ser esperado quando o P consumido for consideravelmente menor que o requerimento deste mineral (Jongbloed et al., 1991).

O P retido foi menor ($P < 0,05$) nos animais que consumiram a Rref do que nos demais tratamentos, estando correlacionado positivamente com o P consumido, ou seja, quanto maior o consumo de P, maior será o P retido.

Os coeficientes de digestibilidade fecal estandardizada dos fosfatos, pelos dois métodos avaliados, foram maiores aos obtidos por diversos autores trabalhando com suínos na fase de crescimento, que encontraram valores para digestibilidade aparente de fosfatos bicálcico de: 63,8 (Gomes et al., 1989); 63 (Dellaert et al., 1990; Eeckhout and De Paepe, 1996); 66 (Kempe et al., 1994); 66,24 (Bunzen, 2005).

A maioria dos fosfatos são designados como FMC ou FBC, entretanto são misturas de FMC ou FBC, portanto diferenças dentro de uma mesma fonte podem existir. Fontes inorgânicas de P designadas como FMC podem conter entre 50,0 e 70,0% de FMC e espera-se que, quanto maior for o conteúdo de FMC, maior será a disponibilidade do P. Da mesma forma, se água estiver ligada a molécula de P, existe uma maior disponibilidade de P do que se água não estiver ligada (Grimbergen et al., 1985).

Bünzen (2009a) encontrou coeficiente de digestibilidade aparente e verdadeira do P de 74,65 e 74,79%, respectivamente, em fosfato bicálcico com 18,5% de P total.

Pesquisa avaliando a biodisponibilidade do P de fosfato bicálcico com 18,66% de P, através da técnica de diluição isotópica, em suínos na fase de crescimento, com peso médio de 28,95 Kg, determinou valor de 89,44% para a biodisponibilidade do P (Teixeira, 2002).

Pesquisa realizada com suínos com peso inicial de 34,9 Kg avaliando fosfato bicálcico com 19,77% de P, a digestibilidade fecal aparente (DFA) foi de 86,1% e a digestibilidade estandardizada de 93,1% (Baker, 2010).

Existem variações entre os diferentes fosfatos e entre o mesmo produto de diferentes partidas, diferenças estas atribuídas a composição, ao processamento e a estrutura física na qual se apresentam (Jongbloed et al., 1993; Bünzen, 2009a).

Houve diferenças entre as metodologias estudadas ($P < 0,05$), o que pode ser observado nos valores médios encontrados nos coeficientes de digestibilidade. Gomes et al. (1989), Bünzen (2005) e Salguero Cruz (2009) não encontraram diferenças ao avaliar as mesmas metodologias na obtenção dos coeficientes de digestibilidade do P em três diferentes fosfatos.

A metodologia utilizada que proporcionou maiores valores na digestibilidade fecal estandardizada entre os tratamentos foi a de coleta total e a metodologia com menor coeficiente de variação foi a do indicador fecal cinza ácida insolúvel (CAI).

O uso da metodologia CAI pode proporcionar aumento na digestibilidade dos nutrientes devido à alta ingestão de sílica e altos níveis de sílica na dieta. Níveis superiores a 2%, podem reduzir a passagem da digesta no intestino, melhorando a digestibilidade dos nutrientes (Cheng e Coon, 1990).

Apesar da CAI proporcionar valores superestimados de digestibilidade em relação à coleta total de fezes, este indicador apresenta potencial de uso nos ensaios de digestibilidade, tanto pela facilidade como pelo menor custo da análise e maior reprodução dos resultados (Sales e Jansen, 2003).

Lindemann et al. (2010) determinaram 43,03% para a DFA em suínos na fase terminação, com peso inicial de 63 Kg.

Dilger e Adeola (2006) encontraram valor para digestibilidade aparente na ração sem fonte inorgânica de P, de 46,5%, pelo método de indicador fecal, utilizando óxido crômico, em suínos de 18 Kg.

Akinmusire e Adeola (2008), trabalhando com suínos com peso médio inicial de 17 Kg, encontraram valores para a DFA variando de 34,33 a 38,63%. Estes autores trabalharam com incremento de farelo e óleo de soja e redução do amido de milho na ração ofertada aos animais.

Petersen e Stein (2006), trabalhando com suínos de peso inicial de 27 Kg, encontraram valores para digestibilidade aparente e verdadeira, de 81,49 e 88,41%, respectivamente, porém estes autores utilizaram uma ração com 30 % de gelatina, 40% de amido de milho e 19 % de sacarose.

Trabalhando com suínos com peso inicial de 9,2 Kg e dieta a base de amido de milho, soro em pó e sacarose, os resultados de digestibilidade aparente do P foi de 84,3% e a digestibilidade fecal standardizada do P foi de 91,2% (Kim et al., 2012).

Almeida e Stein (2012) avaliando a digestibilidade do milho em dietas para suínos na fase de crescimento, com peso inicial de 18,2 Kg, encontraram valor de 33,5% para digestibilidade aparente do P e 40,9% para digestibilidade fecal standardizada.

Pesquisa realizada em suínos com peso inicial de 14 Kg e dieta a base de farelo de soja, amido de milho e sacarose, obteve valores para a digestibilidade fecal aparente e digestibilidade fecal standardizada de 41,6 e 46,1%, respectivamente (Rojas e Stein, 2012).

A granulometria influenciou ($P < 0,05$) o P nas fezes, o P retido e as digestibilidades fecal aparente e fecal standardizada, pelos dois métodos estudados.

Jongbloed e Kemme (1990) não observaram diferenças significativas pelo efeito da granulometria sobre a digestibilidade do P de dietas baseadas em milho e farelo de soja.

Pesquisa realizada com frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, o fosfato bicálcico granulado foi estatisticamente semelhante ao fosfato bicálcico em pó, demonstrando não haver interferência da granulometria sobre a digestibilidade (Lima, 1995).

O uso de fosfato em pó ou granulado não influenciou o desempenho e a qualidade dos ovos de galinhas poedeiras semipesadas de 24 a 58 semanas de idade, com 0,28 % de fósforo disponível (Araújo et al, 2010).

Os menores valores de coeficientes de digestibilidade obtidos para os fosfatos em pó em relação aos fosfatos granulados avaliados são semelhantes aos dados encontrados na literatura, que citam uma maior solubilidade do fosfato monobicálcico em relação ao bicálcico, o que aumentaria a utilização digestiva do fósforo destas fontes nos animais monogástricos (Jongbloed et al., 1997; Bunzen, 2005). Isto se deve ao fato de que, provavelmente, quanto maior o teor de monocálcico em um fosfato, maior será sua solubilidade em água e conseqüentemente uma melhor digestibilidade.

A solubilidade em água não é aceita como indicador da disponibilidade dos fosfatos, uma vez que muitos fosfatos insolúveis em água estão bem disponíveis aos animais (Rosa, 1991).

Duarte et al. (2003) avaliando a solubilidade do P *in vitro* presente em diferentes fontes de P, determinaram a solubilidade em água do fosfato bicálcico em 33,8%, concluindo que este extrator não deve ser utilizado para determinar a biodisponibilidade de fosfatos.

5. CONCLUSÕES

Com a determinação dos valores de coeficientes de digestibilidade fecal aparente estandardizada (DFE) do fósforo (P) nos fosfatos avaliou-se diferenças entre as metodologias de coleta total e a do indicador fecal cinza ácida insolúvel. A DFE pelo método de coleta total resultou em maiores valores de digestibilidade dos fosfatos, porém a DFE pelo método do indicador fecal resultou em um menor coeficiente de variação. Portanto, ambas metodologias podem ser utilizadas para avaliar a digestibilidade dos fosfatos.

Os fosfatos microgranulados são os mais indicados para alimentação de suínos na fase de crescimento, utilizando ambas metodologias.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akinmusire, A. S., Adeola, O. 2009. True digestibility of phosphorus in canola and soybean meals for growing pigs: Influence of microbial phytase. *J. Anim. Sci.* 87: 977–983
- Almeida, F.N, Stein, H.H. 2012. Effects of graded levels of microbial phytase on the standardized total tract digestibility of phosphorus in corn and corn coproducts fed to pigs. *J. Anim. Sci.* 90: 1262–1269
- Ammerman, C.B., Baker, D.H., Lewis, A.J. 1995. Bioavailability of Nutrients for animals: aminoacids, minerals and vitamins. Academic Press, New York.
- Anderson, J. J. B., Klemmer, P. J., Watts, M. L. S., Garner, S. C., Calvo, M. S. 2006. Phosphorus. Vol. 1, pages. 383-400. In: Present Knowledge in Nutrition. B. A. Bowman e R. M. Russell, ed. Life Sciences Inst., Washington, D.C.B. T.
- Araújo, L. F., Junqueira, O. M., Araújo, C. S. S., Savietto, D., Albuquerque, R., Luís Barbosa, L. C. G. S. 2010. Níveis de fósforo disponível e tamanho de partícula do fosfato bicálcico na dieta de poedeiras comerciais de 24 a 58 semanas de idade. *R. Bras. Zootec.* 39: 1223-1227.
- Baker, S. R. 2010. Aspects of phosphorus nutrition in swine. MS thesis. Univ. IL, Urbana.
- Bellaver, C., Gomes, P.C., Santos, D.I. 1983. Absorção e disponibilidade de fósforo para suínos baseados na diluição de radio fósforo (32P). *Pesq.*

- Agropec. Bras. 18: 1053-1057.
- Bellaver, C., Gomes, P.C., Fialho, E.T., Dos Santos, D.L. 1984. Absorção e disponibilidade do fósforo de fosfatos naturais em rações para suínos. *Pesq. Agrop. Bras.* 19: 1513-1518.
- Bünzen, S. 2005. Digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de alimentos determinada com suínos em crescimento e em terminação. Viçosa, MG: UFV. 72p. Dissertação (Mestrado em Nutrição de Monogástrico) - Universidade Federal de Viçosa.
- Bünzen, S. 2009a. Digestibilidade do fósforo de alimentos e exigência de fósforo digestível de aves e suínos. Viçosa, MG: UFV. 129p. Tese (Doutorado em Nutrição de Monogástrico) - Universidade Federal de Viçosa.
- Bünzen, S., H. S. Rostagno, D. C. Lopes, P. C. Gomes, F. A. M. Hashimoto, L. R. Apolonio, and C. G. Borsatto. 2009b. Digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de alimentos de origem animal para suínos. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 61: 903–909.
- Burnell, T. W., Cromwell, G. L., Stahly, T. S. 1990. Effects of particle size on the biological availability of calcium and phosphorus in defluorinated phosphate for chicks. *Poultry Science.* 69: 1110 – 1117.
- Butolo, J.E. 2002. Qualidade de ingredientes na alimentação animal. Campinas – SP: ed. CBNA, 2002. 430p.
- C.V.B. 1997. Veevoedertabel. Central Veevoederbureau. Lelystad, The Netherlands. In: *Uso de premezclas en fabricación de las materias primas utilizadas en macrocorrectores.* 1998. XIV Curso de Especialización FEDNA. Avances en nutrición y alimentación animal.
- Cervantes, M., Gómez, R., Fierro, S., Barrera, M. A., Morales, A., Araiza, B. A., Zijlstra, R. T., Sánchez, J. E., Sauer, W. C. 2010. Ileal digestibility of amino acids, phosphorus, phytate and energy in pigs fed sorghum-based diets supplemented with phytase and Pancreatin. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 95: 179–186
- C.B.A.A. 2009. *Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal. Guia de métodos*

analíticos. Ed. Sindirações. 217p.

- Cheng, T. K., Coon, C. N. 1990. Research note. Calcium digestibility studies utilizing acid insoluble ash measurements. *Poultry Sci.* 69: 2228 - 2230
- Costa, P.T.C. 1998. Granulometria de microcomponentes para rações de suínos e aves. Simpósio sobre granulometria de ingredientes e rações para suínos e aves. Concórdia, SC. Anais... Concórdia: EMBRAPA-CNPSA. 74 p. Disponível em: <
<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/433785/1/doc52.pdf>>. Acesso em: 14/06/2012. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 52).
- Cromwell, G. L., Hays, V. W., Chaney, C. H., Overfield, J. R. 1970. Effects of dietary phosphorus and calcium level on performance, bone mineralization and carcass characteristics of swine. *J. Anim. Sci.* 30: 519-525.
- Cupák, M., Prochazka, Z., Jambor, V. 1972. Utilization of phosphorus compounds in pigs after endogenous phosphorus determination means of ³²P. *Acta Vet. Brno.* 41: 257-262.
- Dellaert, B.M., Van Der Peet, G.F.V., Jongbloed, A.W., Beers, S. 1990. A comparison of different techniques to assess the biological availability of feed phosphates in pig feeding. *Neth. J. Agric. Sci.* 381: 555-566.
- Dilger, R. N., Adeola, O. 2006. Estimation of true phosphorus digestibility and endogenous phosphorus loss in growing pigs fed conventional and low-phytate soybean meals. *J. Anim. Sci.* 84: 627-634.
- Duarte, H. C., Graça, D. S., Borges, F. M. O., Di Paula, O. J. 2003. Comparação de métodos in vitro para determinação da biodisponibilidade do fósforo. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 5: 436-441.
- Eekhout, W., De Paepe, M. 1997. The digestibility of three calcium phosphates for pigs as measured by difference and by slope-ratio assay. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* 77: 53-60.
- Fan, M. Z., Archbold, T., Sauer, W. C., Lackeyram, D., Rideout, T., Gao, Y., De Lange, C. F. M., Hacker, R. R. 2001. Novel methodology allows simultaneous measurement of true phosphorus digestibility and gastrointestinal endogenous phosphorus outputs in studies with pigs. *J.*

- Nutr. 131: 2388–2396.
- Fastinger, N.D. 2003. Effect of soybean meal particle size on amino acid and energy digestibility in grower-finisher swine. *J. Anim. Sci.*, 81: 697-704.
- Fernandes, J. I. M.; Lima, F. R.; Hays, V. W.; Nendonca Jr., C. X.; Mabe, I.; Albuquerque, R. 1996. Available phosphorus in agriculture grade phosphorus for broiler. *Poultry Sci.* 75: 43. Supplement 1.
- Fernandes, J.I.M., Lima, F.R., Mendonça, C.X. jr., Mabe, I., Albuquerque, R., Leal, P.M., 1999. Relative bioavailability of phosphorus in feed and agricultural phosphates for poultry. *Poultry Sci.* 78: 1729-1736.
- Fernandez, J.A. 1995. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. II. Simultaneous radio-calcium and radio-phosphorus kinetics. *Livestock Production Science.* 41: 243-254.
- Figueirêdo, A.V., Vitti, D.M.S.S., Lopes, J.B., Barbosa, H. P. 2001. Disponibilidade biológica do fósforo de fontes fosfatadas determinada por intermédio da técnica de diluição isotópica. II. Suínos em crescimento. *Rev. Bras. Zootec.* 30: 1514-1520.
- Freitas, E, Nilva, S., Dahlke, F., Ramos, F., Arruda, N. 2008. Desempenho, eficiência de utilização dos nutrientes e estrutura do trato digestório de pintos de corte alimentados na fase pré-inicial com rações de diferentes formas físicas. *R. Bras. Zootec.* 37: 73-78.
- Gillis, M. B., Norris, L. C., Heuser, G. F. 1951. The influence of particle size on the utilization of phosphates by chick. *Poultry Science.* 30: 396 – 368.
- Griffith, G., Schexnailder, R. 1970. The relation of dietary particle size to phosphorus availability in purified diets. *Poultry Science.* 49: 1271 –1274.
- Grimbergen, A. H. M., J. P. Cornelissen, H. P. Stappers. 1985. The relative bioavailability of phosphorus in inorganic feed phosphates for young turkey and pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 13: 117–130.
- Guéguen, L. 1995a. Phosphates fight for a better image. *Feed Internat.*, v.16, p.10-11.
- Hanson, A.R., Xu, G., Li, M., Whitney, M.H., Shurson, G.C. 2012. Impact of dried distillers grains with solubles (DDGS) and diet formulation method on

- dry matter, calcium, and phosphorus retention and excretion in nursery pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 172: 187– 193.
- Ige, D. V., Kiarie, E., Akinremi, O. O., Rossnagel, B., Flatten, D., Nyachoti, C. M. 2010. Energy and nutrient digestibility in a hullless low-phytate phosphorus barley fed to finishing pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 90: 393– 399.
- INRA. 1994. *Alimentation des animaux monogastriques*. 2nd. Ed. Institute National de la Recherche Agronomique, París.
- IBRAM. 2011. Instituto Brasileiro De Mineração. *Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira*, 6^a Ed. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00001669.pdf>>. Acesso em: 21/05/2012.
- Jongbloed, A. W. 1987. Phosphorus in the feeding of pigs: effect of diet on the absorption and retention of phosphorus by growing pigs. Ph.D. Diss. Wageningen Agricultural Univ., Wageningen, The Netherlands.
- Jongbloed, A.W., and Kemme, P. A. 1990. Apparent digestible phosphorus in the feeding of pigs in relation to availability, requirement and environment. Digestible phosphorus in feedstuffs from plant and animal origin. *Neth. Journal Agriculture Science* 38: 567–75.
- Jongbloed, A. W., Kemme, P. A., Mroz, Z. 1996. Em: BASF Technical Symposium. Des Moines, Iowa, BASF, Mount Olive, New Jersey, USA, 44-69.
- Jongbloed, A.W.; Mroz, Z.; Kemme, P.A. 1992. 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. *J. Anim. Sci.* 70: 1159-1168.
- Junqueira, O. M., Lemos, M. G., Araújo, L. F., Mucke, D., Araújo, C. S. S., Andreotti, M. O., Cancherini, L. C., Barbosa, M. J. B. 2001. Uso de Fosfato Bicálcico Granulado Sobre o Desempenho e Mineralização Óssea de Frangos de Corte. *Ver. Bras. Cienc. Avic.* 3: 57 – 64.
- Kemme, P.A., Jongbloed, A.W., Peet, G.F.V. 1993. Em: *Stikstof en fosfor in de voeding van eenmagige landbouwhuisdieren in relatie tot de milieu-*

- problematiek. Kwaliteitsreeks nr. 25, Productschap voor Veevoeder, Den Haag, Nederland.
- Kerr, B. J., Weber, T. E., Miller, P. S., Southern, L. L. 2010. Effect of phytase on apparent total tract digestibility of phosphorus in corn-soybean meal diets fed to finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 88: 238–247
- Kim, J.C., Mullan, B.P., Pluske, J.R. 2005. A comparison of waxy versus non-waxy wheats in diets for weaner pigs: effects of particle size, enzyme supplementation, and collection day on total tract apparent digestibility and pig performance. *Anim. Feed Sci. Technol.* 120: 51–65.
- Kim, B. G., Lee, J. W. e Stein, H. H. 2012. Energy concentration and phosphorus digestibility in whey powder, whey permeate, and low-ash whey permeate fed to weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 90: 289–295
- Lawrence, K. R. Hastad, C. W., Goodband, R. D., Tokach, M. D., Dritz, S. S., Nelssen, J. L., De Rouchey, J. M., Webster, M.J. 2003. Effects of soybean meal particle size on growth performance of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 81: 2118-22.
- Lehninger, A. L.; Nelson, D.L.; Cox, M.M. 2002. *Princípios de Bioquímica*. 3ª Ed. São Paulo: Sarvier. 975 p.
- Lima, F.R. 1999. A importância do fósforo na dieta de vacas de leite. *Revista Balde Branco*. Disponível em: <<http://www.bichoonline.com.br/artigos/bb0029.htm>>. Acesso em: 14/02/2012.
- Lima, I.L. 1995. Disponibilidade de fósforo e de flúor de alguns alimento e exigência nutricional de P para frangos de corte. Viçosa, MG: UFV. 121p. Tese (Doutorado em Nutrição de Monogástrico) - Universidade Federal de Viçosa.
- Mavromichalis, I., Hancock, J.D., Senne, B.W., Gugle, T.L., Kennedy, G.A., Hines, R.H., Wyatt, C.L., 2000. Enzyme supplementation and particle size of wheat in diets for nursery and finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 78, 3086–3095.
- Ngoc, T.T.B., Ninh Thi Len, N.T., Ogle, B., Lindberg, J.E., 2011. Influence of

- particle size and multi-enzyme supplementation of fibrous diets on total tract digestibility and performance of weaning (8–20 kg) and growing (20–40 kg) pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 169: 86– 95.
- NRC. 1998. *Nutrient Requirements of Swine*. 10th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC
- O’Quinn, P.R.; Knabe, D.A.; Gregg, E.J. 1997. Digestible Phosphorus Needs of Terminal-Cross Growing-Finishing Pigs *Journal of Animal Science* 75: 1308–1318.
- Oryschak, M. A., Simmins, P. H. and Zijlstra, R. T. 2002. Effect of dietary particle size and carbohydrase and/or phytase supplementation on nitrogen and phosphorus excretion of grower pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 82: 533–540.
- Oshima, M., Taylor, T.G., Williams, A. 1964. Variations in the concentration of phytic acid in the blood of domestic fowl. *Biochemical Journal* 92: 42-46.
- Payne, S. G. 2005. *The Phosphorus Availability of Feed Phosphates in Broilers*. MS thesis. University of Stellenbosch.
- Pekas, J.C. 1968. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. *Journal of Animal Science*. 27: 1303-1306.
- Petersen, G. I., Stein, H. H. 2006. Novel procedure for estimating endogenous losses and measurement of apparent and true digestibility of phosphorus by growing pigs. *J. Anim. Sci.* 84: 2126–2132.
- Petersen, G. I., Pedersen, C., Lindemann, M. D., Stein, H. H. 2011. Relative bioavailability of phosphorus in inorganic phosphorus sources fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 89: 460–466.
- Petty, L. A., G. L. Cromwell, and M. D. Lindemann. 2006. Estimation of endogenous phosphorus loss in growing and finishing pigs fed semipurified diets. *J. Anim. Sci.* 84: 618–626.
- Potter, L. M. 1988. Bioavailability of phosphorus from various phosphates based on body weights and toe ash measurements. *Poult. Sci.* 67: 96 – 102.
- Pozza, P. C., Pozza, M. S. S., Richart, S., Oliveira, F. G., Gasparotto, E. S., Shlickmann, F. 2005. Avaliação da moagem e granulometria do milho e

- consumo de energia na processamento em moinhos de martelos. *Rev. Ciência Rural*. 35: 235-238.
- Reese, D. E., Carter, S. D., Shannon, M. C., Allee, G. L., Richert, B. T. 2010. Understanding the Nutrient Recommendations in the National Swine Nutrition Guide. Pages 13-21 in National Swine Nutrition Guide. D. J. Meisinger, ed. U. S. Pork Center of Excellence, Ames, IA.
- Richert. 2010. Macro minerals for swine diets. Pages 52-55 in National Swine Nutrition Guide. D. J. Meisinger, ed. U.S. Pork Center of Excellence, Ames, IA.
- Rojas, O. J., Stein, H. H. 2012. Digestibility of Phosphorus by Growing Pigs of Fermented and Conventional Soybean Meal Without and With Microbial Phytase. *J. Anim. Sci.* 90: 1506 –1512.
- Rosa, L. C. A., Silva, J. F. C., Andrade, A. T., Leão, M. I., 1986. Solubilidade abomasal e ruminal de fontes inorgânicas de fósforo em bovinos e bubalinos. *Rev. Soc. Bras. Zootec.* 15: 364–371.
- Rosa, I.V. 1991. Emprego de fontes de fósforo de diferentes solubilidades para bovinos. Em: Mini- Simpósio do Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. Anais..., Campinas. p. 53–78.
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Donzele, J. L., Gomes, P. C., Oliveira, R. F. M., Lopes, D. C., Soares, A. F., Barreto, S. L. T. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos. Ed. Rostagno, H.S. Viçosa: UFV, 252p.
- Rostagno, H. S., Featherston, W. R. 1977. Estudos de Métodos para a Determinação da Disponibilidade de aminoácidos em pintos. *Ver. Soc. Bras. Zootec.* 6: 64–76.
- Rostagno, H. S., Furlan, A. C., Silva, J. F. C., Lima, I. L. 1993. Avaliação de metodologias de solubilidade de fósforo e flúor em líquido ruminal e abomasal ou em ácido cítrico para determinação da biodisponibilidade. *Rev. Soc. Bras. Zootec.* 22: 801–812.
- Sakomura, N.K.; Rostagno, H.S. 2007. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep. 283p.
- Sales, J., Jansen, G. P. J. 2003. The use of markers to determine energy

- metabolizability and nutrient digestibility in avian species. *Word's Poultry Sci.* 59: 314 – 327.
- Saraiva, A., Donzele, J. L., Oliveira, R. F. M. , M. L. T. Abreu, Silva, F. C. O. Guimarães, E. F., Kim, S. W. 2012. Phosphorus requirements for 60- to 100-kg pigs selected for high lean deposition under different thermal environments. *J. Anim. Sci.* 90: 1499–1505.
- Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. 2000. Brasil.
- Selle, P. H., Ravindran, V. 2008. Phytate-degrading enzymes in pig nutrition. *Livest. Sci.* 113: 99–122.
- Shen, Y., Fan, M. Z., Ajakaiye, A., Archbold, T. 2002. Use of the regression analysis technique to determine the true phosphorus digestibility and the endogenous phosphorus output associated with corn in growing pigs. *J. Nutr.* 132: 1199–1206.
- Shurson, J., Pomeroy, J. 2008. Use of US DDGS in practical swine diet formulations. Pages 19–21 in International Distillers Grains Conf., Indianapolis, IN.
- Simons, P.C.M., Versteegh, H.A.J. 1990. De beschikbaarheid van Fosfor in de Gronstoffen bij Slachtkuikens. In: Themadag - Mestproblematiek:: Aanpak voeding van varkens em pluimvee. Lelystad, 19 april, 1990.
- Stahly, T.S. Nutrient needs for high lean pigs. Manitoba agriculture, food and rural initiatives. 2001. Disponível em: <<http://www.gov.mb.ca/agriculture/livestock/pork/swine/bab10s13.html>> Acessado em: 06/06/2012.
- Stein, H. H. 2011. Digestibilidad fecal estandarizada del fósforo en cerdos. In: XXVII Curso de Especialización FEDNA. Madrid, 17 y 18 de Noviembre, 2011
- Stein, H. H., Kadzere, C. T., Kim, S. W., Miller, P. S. 2008. Influence of dietary phosphorus concentration on the digestibility of phosphorus in monocalcium phosphate by growing pigs. *J. Anim. Sci.* 86: 1861–1867.
- Sullivan, T. W., Douglas, J. H., Gonzales, N. J., Bond, P. L. 1992. Correlation of biological value of feed phosphates with their solubility in water, dilute

- hydrogen chloride, dilute citric acid and neutral ammonium citrate. *Poult. Sci.* 71: 2065–2074.
- Teixeira, A.O., Leonel, F.P., Knoop, R., Sousa, D.P., Ferreira, J.J. 2007. Aspectos da nutrição mineral em animais monogástricos. Em: *Iv Encontro sobre Zootecnia de Mato Grosso do Sul, Campo Grande - MS. Anais...* 20p.
- Teixeira, A.O. 2002. Biodisponibilidade e fluxo do fósforo pela técnica de diluição isotópica e utilização de fontes de P para suínos em crescimento e terminação Viçosa, MG: UFV. 121p. Tese (Doutorado em Nutrição de Monogástrico) Universidade Federal de Viçosa.
- Teixeira, A.O., Lopes, D.C., Gomes, P.C., Lopes, J.B., Costa, L.F., Ferreira, V.P.A., Pena, S.M., Moreira, J.A. 2005a. Níveis de substituição do fosfato bicálcico pelo monobicálcico em dietas para suínos nas fases de crescimento e terminação. *Rev. Bras. Zootec.* 34: 142-150.
- Teixeira, A.O., Lopes, D.C., Lopes, J.B., Vitti, M.S.S., Gomes, P.C., Rostagno, H.S., Moreira, J.A., Inácio, F. 2004a. Determinação da biodisponibilidade do fósforo de diferentes fontes por intermédio da técnica de diluição isotópica, com suínos em crescimento. *Rev. Bras. Zootec.* 33: 1231-1237.
- Teixeira, A.O., Lopes, D.C., Lopes, J.B., Vitti, M.S.S., Moreira, J.A., Ferreira, V.P.A., Pena, S.M., Calderano, A.A. 2004b. Cinética do radiofósforo em tecidos de suínos em crescimento alimentados com dietas contendo diferentes fontes de fósforo. *Rev. Bras. Zootec.* 33: 1238-1245
- Teixeira, A.O., Lopes, D.C., Ribeiro, M.C.T., Lopes, J.B., Ferreira, V.P.A., Vitti, M.S.S., Moreira, J.A., Pena, S.M. 2005b. Composição química de diferentes fontes de fósforo e deposição de metais pesados em tecidos de suínos. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 57: 502-509.
- Teixeira, A.O., Lopes, D.C., Vitti, M.S.S., Lopes, J.B., Gomes, P.C., Moreira, J.A., Pena, S.M., Teixeira, M.P. 2004c. Estimativas do fluxo de fósforo entre os compartimentos anatômicos e fisiológicos de suínos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de fósforo. *Rev. Bras. Zootec.* 33: 1246-1253.

- Underwood, E. J. 1977. Trace elements in human and animal nutrition. 4a ed. New York: Academic Press.
- Underwood, E. J.; Suttle, N. F. 1999. The Mineral Nutrition of Livestock. 3rd edition. NY: CABI Publishing, 624 p.
- UFV. 2000. Universidade Federal de Viçosa (UFV). S.A.E.G. (Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas). Viçosa, MG (Versão 8.0).
- Van Der Klis, J.D., Versteegh, H.A.J., 1993. De opneembaarheid van fosfor in grondstoffen bij slachtkuikens. In: Stikstof em fosfor in de voeding van éénmagige landbouwhuisdieren in relatie tot de mestproblematiek. Productschap voor Veevoeder. S-Gravenhage, Kwaliteitsreeks nr. 23 Huufdstuk 8
- Van Der Klis, J.D., Versteegh, H.A.J. 1996. Phosphorus Nutrition of Poultry. In: Recent Advances in Animal Nutrition. Nottingham Feed Manufacturers Conference. Eds. P.C. Garnsworthy, J. Wiseman and W. Haresign. Nottingham UK; p. 71-83.
- Viana JAF. 1985. Fontes de sais minerais para bovinos e o desafio de suplementos de fósforo no Brasil. In: Simpósio Sobre Nutrição de Bovinos; Piracicaba, São Paulo. Brasil; p. 47-66.
- Viljoen, J. 2001. Quality of feed phosphate supplements for animal nutrition. South African Society of Animal Science. Disponível em: < <http://www.sasas.co.za/sites/sasas.co.za/files/Viljoen%20SA%20ANIM%20SCI%202001.pdf> > Acesso em: 21/06/12.
- Vitti, D. M. S. S.; Abdalla, A. L.; Silva Filho, J. C. 1991. Avaliação da disponibilidade biológica do fósforo do fosfato de rocha para ovinos com uso de radiofósforo (P32) como marcador. Pesq. Agro. Bras. 26: 113-118.
- Zanotto, D.L.; Guidoni, A.L.; Brum, P.R. 1999. Granulometria do milho em rações fareladas para frangos de corte. Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 36. Porto Alegre, 1999. Anais... Porto Alegre: SBZ, p. 3.
- Zanotto, D.L.; Nicolaiewsky, S.; Ferreira, A. S.; Guidoni, A. L.; Lima, G. J. M. M. 1995. Granulometria do milho na digestibilidade das dietas para suínos em crescimento e terminação. Rev. Soc. Bras. Zootec. 24: 428-436.

Apêndice 1. Determinação da CAI (CBAA, 2009)

Inicialmente procedeu-se ao preparo de uma solução composta por ácido clorídrico e água destilada (1:1). Após a carbonização das amostras dos alimentos fornecidos e fezes em forno mufla (600°C/3 horas), as cinzas remanescentes nos cadinhos de porcelana foram levadas a um Becker de 250 mL. Cada cadinho foi lavado com 20mL da solução de HCl, com o objetivo de se extrair toda a matéria mineral. Essa operação foi repetida por três vezes. Cada Becker foi aquecido em chapa de resistência elétrica até ebulição, permanecendo por mais cinco minutos em digestão. Após esse tempo, os resíduos foram filtrados em funil com papel filtro quantitativo com 12,5cm de diâmetro e lavados com água destilada aquecida, resultando na separação das cinzas solúveis e insolúveis. Novamente, os resíduos insolúveis com os papéis de filtro foram transferidos para os cadinhos com pesos determinados e colocados em mufla para serem queimados por 3 horas a uma temperatura de 600°C. Para a determinação das cinzas dos papéis de filtro, foram incinerados dois deles como referência. O cálculo para a determinação das cinzas insolúveis em HCl foi realizado gravimetricamente como se segue:

$$\text{Cinza insolúvel em HCl \%} = \frac{(A - B)}{C} \times 100$$

Em que:

A = Peso do recipiente + resíduo

B = Peso do recipiente

C = Peso da amostra original