RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 01/08/2027

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL

EFEITOS DA FITASE EXÓGENA NO DESEMPENHO, COMPOSIÇÃO CORPORAL E EQUIVALÊNCIA DE FÓSFORO EM COMPARAÇÃO AO FOSFATO BICÁLCICO EM LEITÕES NA FASE DE CRECHE

Larissa Gonçalves Barbosa Vilela
Zootecnista

2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CAMPUS DE JABOTICABAL

EFEITOS DA FITASE EXÓGENA NO DESEMPENHO, COMPOSIÇÃO CORPORAL E EQUIVALÊNCIA DE FÓSFORO EM COMPARAÇÃO AO FOSFATO BICÁLCICO EM LEITÕES NA FASE DE CRECHE

Discente: Larissa Gonçalves Barbosa Vilela

Orientador: Prof. Dr. Luciano Hauschild

Coorientador: Dra. Alini Mari Veira

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título em Mestre em Ciência Animal.

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

V699e

Vilela, Larissa Gonçalves Barbosa

Efeitos da fitase exógena no desempenho, composição corporal e equivalência de fósforo em comparação ao fosfato bicálcico em leitões na fase de creche / Larissa Gonçalves Barbosa Vilela. -- Jaboticabal, 2025

50 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Luciano Hauschild

Coorientadora: Alini Mari Veira

1. Suinocultura. 2. Nutrição de suínos. 3. Enzima. 4. Fitase. 5. Composição corporal. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFEITOS DA FITASE EXÓGENA NO DESEMPENHO, COMPOSIÇÃO CORPORAL E EQUIVALÊNCIA DE FÓSFORO E COMPARAÇÃO AO FOSFATO BICÁLCICO EM LEITÕES NA FASE DE CRECHE

AUTORA: LARISSA GONÇALVES BARBOSA VILELA
ORIENTADOR: LUCIANO HAUSCHILD
COORIENTADORA: ALINI MARI VEIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciência Animal, área: Nutrição Animal pela Comissão Examinadora:

gov.br Documento assinado digitalmente
LUCIANO HAUSCHILD
Data: 05/08/2025 10:23:16-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. LUCIANO HAUSCHILD (Participaçao Presencial)
Departamento de Zootecnia / FCAV UNESP Jaboticabal

gov.br Documento assinado digitalmente
INES ANDRETTA
Data: 06/08/2025 22:52:58-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. INES ANDRETTA (Participaçao Virtual)
Departamento de Zootecnia / Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - Porto Alegre/RS

gov.br Documento assinado digitalmente
SABRINA LUZIA CAETANO
Data: 04/08/2025 17:17:09-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. SABRINA LUZIA CAETANO (Participaçao Virtual)
Departamento de Ciencias Exatas / FCAV UNESP Jaboticabal

Jaboticabal, 01 de agosto de 2025

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

LARISSA GONÇALVES BARBOSA VILELA– Nasceu no município de Fernandópolis, Estado de São Paulo, no dia 18 de novembro de 1997, filha de Luiz Vanderlei Barbosa e Sandra de Arruda Gonçalves Barbosa. Ingressou no curso de Zootecnia em 2018 pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP), Jaboticabal/SP, graduando-se em 2023. Em agosto de 2023, iniciou as atividades no curso de Mestrado em Ciência Animal na Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP), Campus Jaboticabal, São Paulo, sob orientação do Prof. Dr. Luciano Hauschild, e coorientação da Dra. Alini Mari Veira, sendo bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (CAPES).

Dedico ao meu pai, à minha mãe,
à minha irmã, ao meu marido
e ao meu grande amor, meu filho. Meu muito obrigada!

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar força, saúde e sabedoria para não desistir em momento algum. Por me fazer rocha nos momentos em que fui chuva, sempre me iluminando e guiando.

Aos meus pais, Luiz Vanderlei Barbosa e Sandra de Arruda Barbosa, e à minha irmã, Lenise Gonçalves Barbosa. Obrigada pelos ensinamentos, por todo apoio e ajuda. Sem vocês, eu não teria chegado tão longe. Essa etapa da minha vida não é uma conquista minha, mas nossa. Agradeço imensamente por cada renúncia que fizeram para proporcionar o melhor legado que uma família pode deixar: a educação. Seguirei estudando e me dedicando para dar ainda mais orgulho a vocês! Amo-os de todo o meu coração e para sempre.

Ao meu marido, João Felipe Facco Vilela, por ter abraçado todos os meus sonhos, por ter ficado ao meu lado nos momentos mais difíceis dessa jornada do mestrado. Em tão pouco tempo se fez tão presente e tão incrível. Não posso deixar que pontuar que me deu o melhor presente da minha vida: Lucas, nosso filho. A quem já agradeço por ter me escolhido como mãe, já amo imensamente, e a quem prometo tentar ser a melhor mãe e pessoa do mundo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luciano Hauschild, pela orientação, paciência e confiança depositada em mim. Sua sabedoria e exemplo foram fundamentais para meu crescimento.

À minha orientadora, Dra. Alini Mari Veira, por toda a ajuda e paciência durante essa etapa. Sua dedicação e orientação foram extremamente importantes.

À equipe do Laboratório de Estudos em Suinocultura (LabSui) pelo companheirismo e disponibilidade em todos os momentos. Sem o grupo, este projeto não teria sido realizado, e cada contribuição foi de grande importância para a finalização deste estudo. Em especial, ao senhor José Antonio Segecic, que me ajudou desde a época da graduação, dando conselhos, auxiliando e dando um ombro amigo.

Aos meus amigos, Mariana de Oliveira Nascimento, Willian Aparecido de Souza, Fernanda Eduarda Garcia e Andressa Cristina Felix Felca, que compartilharam

comigo vários momentos, mesmo que de longe, ajudando a tornar tudo mais leve e feliz. A vocês, meu muito obrigada e espero que nossa amizade nunca acabe!

À Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP), Campus de Jaboticabal, pela minha formação como Mestre.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, meu eterno agradecimento.

AGRADEÇO!

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS 13

Fitato 13

Fitase 13

Fitase na nutrição 14

Fitase na nutrição de suínos 15

Fitase na fase de creche 16

Bioequivalência do fósforo da fitase 17

Referências 18

CAPÍTULO II – EFEITO DA FITASE EXÓGENA NO DESEMPENHO, COMPOSIÇÃO CORPORAL E BIOEQUIVALÊNCIA DE FÓSFORO EM COMPARAÇÃO AO FOSFATO BICÁLCICO PARA LEITÕES NA FASE DE CRECHE 23

1. Introdução 26

2. Material e métodos 27

2.1. **Animais, instalações e design experimental** 27

2.2. **Requerimento nutricional e dietas** 27

2.3. **Manejo e coleta de dados** 28

2.4. **Análises químicas** 29

2.5. **Cálculos** 29

2.6. **Análise estatística** 30

3. Resultados 30

4. Discussão 32

4.1 Desempenho, composição corporal e eficiência de utilização do N, Ca e P 32

4.2 Bioequivalência da fitase relativa ao fósforo do fosfato bicálcico 33

5. Conclusão 33

Conflito de interesses 34

Agradecimentos 34

6. Referência bibliográfica 34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Ingredientes (%) da batida basal. 38
Tabela 2. Composição das dietas experimentais, calculado e analisado. 39
Tabela 3. Desempenho e composição de leitões alimentados com dietas com diferentes níveis de P disponível e fitase na fase de creche. 40
Tabela 4. Composição corporal de leitões alimentados com dietas com diferentes níveis de P disponível e fitase na fase de creche. 41
Tabela 5. Eficiência de utilização de N, P e Ca em leitões alimentados com dietas com diferentes níveis de P disponível e fitase na fase de creche. 43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Bioequivalência da fitase relativa ao fósforo do fosfato bicálcico referente ao ganho de peso diário. 44
Figura 2. Bioequivalência da fitase relativa ao fósforo do fosfato bicálcico referente à eficiência alimentar 44
Figura 3. Bioequivalência da fitase relativa ao fósforo do fosfato bicálcico referente à deposição diária de proteína 45
Figura 4. Bioequivalência da fitase relativa ao fósforo do fosfato bicálcico referente à deposição diária de fósforo 45
Figura 5. Bioequivalência da fitase relativa ao fósforo do fosfato bicálcico referente à deposição diária de cálcio 46

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal

CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado **"Biodisponibilidade do fósforo para suínos alimentados com dietas suplementadas com fitase na fase de creche"**, protocolo nº 3296/2023, sob a responsabilidade do Prof. Dr. LUCIANO HAUSCHILD, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP.

Vigência do Projeto	03/07/2023 a 24/07/2023
Espécie / Linhagem	Suínos / Comercial
Nº de animais	216
Peso / Idade	11 – 25 kg
Sexo	Machos castrados e fêmeas
Origem	Granja comercial – São Paulo

Jaboticabal, 16 de maio de 2023.

Profa. Dra. Paola Castro Moraes
Vice-coordenadora em exercício – CEUA FCAV

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n CEP 14884-900 - Jaboticabal - SP - Brasil
Tel. 16 3209-7100 - www.fcav.unesp.br

EFEITO DA FITASE EXÓGENA NO DESEMPENHO, COMPOSIÇÃO CORPORAL E BIOEQUIVALÊNCIA DE FÓSFORO EM COMPARAÇÃO AO FOSFATO BICÁLCICO PARA LEITÕES NA FASE DE CRECHE

RESUMO

Neste estudo, foram avaliados os efeitos da suplementação com diferentes doses de uma fitase exógena em dietas para leitões na fase de creche. O experimento foi conduzido com 216 leitões, distribuídos em nove tratamentos: uma dieta com 0,12% de P disponível (Pd), três dietas com fosfato bicálcico (0,18; 0,24 e 0,30% Pd) e cinco dietas com inclusão de fitase (250, 500, 750, 1.000 e 2.000 FTU/kg), durante 21 dias. O estudo foi conduzido no Laboratório de Estudos em Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP (FCAV- UNESP- Jaboticabal). Foram avaliados o desempenho zootécnico, a retenção de nutrientes e a composição corporal, com o objetivo de verificar o potencial da fitase como substituta do fósforo inorgânico. Adicionalmente, curvas de bioequivalência de fósforo foram estabelecidas com base em diferentes critérios de resposta. A suplementação com fitase resultou em melhora significativa do ganho de peso diário (GPD) e da eficiência alimentar (EA), com efeitos quadráticos para as doses de fitase ($P < 0,05$). As deposições diárias de proteína, cálcio e fósforo também aumentaram de forma quadrática com as doses de fitase. Além disso, observou-se maior eficiência de utilização de P e Ca ($P < 0,05$) com a enzima, com tendência para nitrogênio ($P = 0,06$). Quanto à bioequivalência da fitase em relação ao P do fosfato bicálcico, os valores de liberação de P variaram conforme o critério utilizado. Níveis de 1.000 e 2.000 FTU/kg foram mais eficazes, superando as dietas com fosfato bicálcico principalmente nas deposições. Esses resultados confirmam que a fitase exógena melhora o desempenho zootécnico, a retenção de nutrientes e a eficiência de utilização de P, N e Ca, além de apresentar bioequivalência relevante ao P inorgânico, reforçando seu uso como estratégia sustentável e eficaz na nutrição de suínos na fase de creche.

Palavras-chave: aditivo, enzimas exógenas, eficiência alimentar, desempenho zootécnico, nutrição, nutrientes.

PHYTASE SUPPLEMENTATION FOR NURSERY PIGMENTS

ABSTRACT

This study evaluated the effects of supplementing nursery pig diets with different doses of an exogenous phytase. A total of 216 nursery pigs were assigned to nine dietary treatments: one diet containing 0.12% available phosphorus (aP), three diets supplemented with dicalcium phosphate to provide 0.18, 0.24, or 0.30% aP, and five diets supplemented with phytase at 250, 500, 750, 1,000, or 2,000 FTU/kg for 21 days. The experiment was conducted at the Swine Research Laboratory of the Department of Animal Science, School of Agricultural and Veterinary Sciences, São Paulo State University (FCAV–UNESP), Jaboticabal, Brazil. Growth performance, nutrient retention, and body composition were evaluated to determine the potential of phytase as a substitute for inorganic phosphorus. In addition, phosphorus bioequivalence curves were established based on different response criteria.

Phytase supplementation significantly improved average daily gain (ADG) and gain-to-feed ratio (G:F), with quadratic responses to increasing phytase doses ($P < 0.05$). Daily protein, calcium, and phosphorus deposition also increased quadratically with phytase supplementation. Furthermore, phytase improved the utilization efficiency of phosphorus and calcium ($P < 0.05$), with a tendency to improve nitrogen utilization efficiency ($P = 0.06$). The phosphorus bioequivalence values of phytase relative to phosphorus supplied by dicalcium phosphate varied according to the response criterion used. Supplementation with 1,000 and 2,000 FTU/kg phytase resulted in the greatest responses, exceeding those obtained with dicalcium phosphate, particularly for nutrient deposition variables. These findings demonstrate that exogenous phytase enhances growth performance, nutrient retention, and the utilization efficiency of phosphorus, nitrogen, and calcium, while providing substantial bioequivalence to inorganic phosphorus. Therefore, phytase represents an effective and sustainable nutritional strategy for nursery pigs.

Keywords: exogenous enzymes, feed efficiency, feed additive, growth performance, nutrition, nutrients.

INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é um nutriente extremamente importante para os suínos, participando do sistema esquelético, dos fosfolipídeos da membrana celular, bem como do DNA (Zhai *et al*., 2022). Esse nutriente é obtido pelos animais por meio da alimentação em que os ingredientes utilizados para produzir as rações são, em sua maioria, advindos de fontes vegetais, que possuem o P orgânico ligado ao fitato (P-fitato; An *et al*., 2020), o qual possui baixa digestibilidade no trato gastrointestinal (TGI) de animais não ruminantes (Cowieson *et al*., 2011).

Deste modo, são utilizadas fontes inorgânicas de P nas dietas, pois o P presente nesses ingredientes não é ligado ao fitato e pode ser facilmente absorvido, atendendo à exigência nutricional dos animais (Sung *et al*., 2023). Contudo, essas fontes, como o fosfato mono e bicálcico, podem ser limitadas, uma vez que são um recurso não renovável, o que pode causar um enorme impacto ambiental (An *et al*., 2020).

Dessa maneira, são necessárias estratégias nutricionais para reduzir a utilização de fosfatos inorgânicos. Dentro desse contexto, uma prática que pode ser adotada na nutrição de suínos é a utilização de enzimas exógenas, como a fitase. Embora a fitase seja produzida endogenamente pelos suínos, não é secretada em quantidade suficiente para tornar todo o P-fitato disponível para a absorção intestinal (Gourley *et al*., 2018). Assim, há uma redução na disponibilidade do P para os animais, sendo necessário, então, a utilização de tal estratégia para que as dietas atendam às exigências desse nutriente.

Para tanto, pode-se observar que a utilização desse aditivo é consolidade há dácadas, com diversas gerações, e seu uso permite reduzir a excreção de P (Jendza *et al*., 2006), melhorar o ganho de peso e conversão alimentar (Yáñez *et al*., 2013), bem como a biodisponibilidade do fósforo (Cromwell *et al*., 1993). Contudo, embora sejam produzidos vários tipos de enzimas exógenas, as fitases tradicionais perdem parte de sua atividade durante processamentos com temperaturas elevadas, como o processo de peletização, e acabam reduzindo sua eficiência (Yáñez *et al*., 2013). Apesar disso, as fitases de quarta geração prometem ser resistentes à temperatura e degradar melhor o fitato, tornando, assim, o P mais disponível (Zhang *et al*., 2022).

Além disso, o uso de altas doses de fitase tem resultado em bons ganhos para os suínos. Holloway *et al*. (2018) observaram que a dosagem elevada

melhorou o ganho peso diário e a conversão alimentar para suínos na fase de creche. Já em leitões desmamados, doses superiores a 1000 FTU/ kg também melhoraram o ganho de peso diário e a conversão alimentar, além de reduzir a excreção de cálcio (Ca) e P (Dersjant-Li *et al*., 2019).

Adicionalmente, é importante pontuar que na indústria de alimentação animal, existem diversos tipos de fitases, as quais podem diferir quanto à estabilidade térmica, pH ótimo e fonte microbiana, o que determina diferenças na eficácia de liberação do P na dieta. Entretanto, é necessário estabelecer a eficácia de cada nova fitase para que não haja problemas na formulação das dietas (Sung *et al*., 2023).

Torna-se evidente, portanto, que estudos com o uso de fitase devem ser conduzidos. Assim, objetiva-se com esta pesquisa avaliar os efeitos da suplementação de uma fitase concentrada sobre o desempenho e a composição corporal de leitões na fase de creche, bem como avaliar a bioequivalência do fósforo proporcionada por essa enzima.

5. Conclusão

A suplementação com fitase em dietas para leitões na fase de creche promoveu melhorias significativas no desempenho, na deposição corporal de nutrientes e na eficiência de utilização de fósforo e cálcio, demonstrando

bioequivalência superior ao fósforo advindo do fosfato bicálcico para as variáveis avaliadas.

Conflito de interesses

Os autores declaram que não há conflito de interesses.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Estadual Paulista (UNESP) pela disponibilização da estrutura utilizada para a condução do experimento. Este estudo contou com apoio financeiro da empresa Kemin. A primeira autora também agradece à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil) pela concessão da bolsa de estudos.

6. Referência bibliográfica

Adeola O, Lawrence BV, Sutton AL, Cline TR. 1995. Phytase-induced changes in mineral utilization in zinc-supplemented diets for pigs. J Anim Sci 73:3384–3391.

Adeola O, Walk CL. 2013. Linking ileal digestible phosphorus and bone mineralization in broiler chickens fed diets supplemented with phytase and highly soluble calcium. Poult Sci 92:2109–2117.

An SH, Sung JY, Kong C. 2020. Ileal digestibility and total tract retention of phosphorus in inorganic phosphates fed to broiler chickens using the direct method. Animals 10:2167.

AOAC. 2019. Official Methods of Analysis. 21st ed. Gaithersburg, MD, USA: Association of Official Analytical Chemists.

ARAUJO GA; MARTINS J S; SANTOS V T; MONTEIRO ANTR; POZZA PC. Growing pigs' diets with increased phytase activity and reduced available phosphorus resulted in similar performance and environmental impacts. Animal Nutrition and Feed Science, 2023.

Becker LL, Wenseley MR, DeRouchey JM, Woodworth JC, Tokach MD, Goodband RD, Gebhardt JT, Raab MR, Lessardi PA. 2021. Determining the phosphorus release of GraINzyme phytase in diets for nursery pigs. Transl Anim Sci 5(3): txab112.

Calderón-Díaz JA, Berry DP, Rebeiz N, Metzler-Zebeli BU, Magowan E, Gardiner GE, Lawlor PG. 2017. Feed efficiency in growing pigs. Journal of Animal Science 95(7):3037–3045.

Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal. 2023. Método 40. MA-002 R.

Cowieson AJ, Wilcock P, Bedford MR. 2011. Super-dosing effects of phytase in poultry and other monogastrics. *World's Poult Sci J* 67:225–236.

Cromwell GL, Stahly TS, Coffey RD, Monegue HJ, Randolph JH. 1993. Efficacy of phytase in improving the bioavailability of phosphorus in soybean meal and corn-soybean meal diets for pigs. *J Anim Sci* 71:1831–1840.

D'Mello JPF. 1982. A comparison of two empirical methods of determining amino acids requirements. *World Poult Sci J* 38:114–119.

Dersjant-Li Y, Wealleans AL, Barnard LP, Lane S. 2017. Effect of increasing *Buttiauxella* phytase dose on nutrient digestibility and performance in weaned piglets fed corn or wheat-based diets. *Anim Feed Sci Technol* 234:101–109.

Gourley KM, Woodworth JC, DeRouchey JM, Dritz SS, Tokach MD, Goodband RD. 2018. Determining the available phosphorus release of Natuphos E 5,000 G phytase for nursery pigs. *J Anim Sci* 96:1349–1361.

Hickmann FMW; LÉTOURNEAU-MONTMINY M-P; ANDRETTA I.
Environmental impacts of phytase supplementation in pig and poultry production: insights from a systematic review. In: Nutrição Animal: novas perspectivas e avanços para a sustentabilidade e otimização dos sistemas de criação, 2025.

Jendza JA, Dilger RN, Sands JS, Adeola O. 2006. Efficacy and equivalency of

an *Escherichia coli*-derived phytase for replacing inorganic phosphorus in the diets of broiler chickens and young pigs. *J Anim Sci* 84:3364–3374.

Letourneau-Montminy MP, Narcy A, Dourmad JY, Crenshaw T, Pomar C. 2015. Modeling the metabolic fate of dietary phosphorus and calcium and the dynamics of body ash content in growing pigs. *J Anim Sci* 93:1200–1217.

NRC. 2012. Nutrient requirements of swine. 12th ed. Washington, DC: National Academy Press.

Patience JF, Rossoni-Serão MC, Gutiérrez NA. 2015. A review of feed efficiency in swine: biology and application. *J Anim Sci Biotechnol* 6:33.

Pomar C, Rivest J. 1996. The effect of body position and data analysis on the estimation of body composition of pigs by dual energy X-ray absorptiometry (DEXA). *Proc Can Soc Anim Sci* 46:26.

Rodrigues VV, Cantarelli VS, Amaral NO, Zangeronimo JAG, de Brito MG, Fialho ET. 2011. Nutrient reduction in rations with phytase for growing pigs. *Rev Bras Zootec* 40(2):370–376.

Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Oliveira RF, Lopes DC, Ferreira AS, Barreto SLT. 2017. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4ª ed. Viçosa: UFV.

Salman AKD, Ferreira ACD, Soares JPG, Souza JP. 2010. Metodologia para avaliação de ruminantes. Porto Velho: Embrapa Rondônia.

Selle PH, Cowieson AJ, Cowieson NP, Ravindran V. 2012. Protein–phytate interactions in pig and poultry nutrition: a reappraisal. *Nutr Res Rev* 25:1–17.

Selle PH, Ravindran V. 2007. Microbial phytase in poultry nutrition. *Anim Feed Sci Technol* 135:1–41.

Souza JPP, Lima MD, Lopes IMG. 2022. Exogenous enzymes in the diet of weaned piglets. *Ciênc Anim* 32(2):68–84.

Sung JY, Emmert BJ, Karcher DM, Walk CL, Adeola O. 2023. Phosphorus equivalency of exogenous phytase relative to phosphorus in monosodium phosphate in broiler chickens. *Poult Sci* 102:102606.

Yáñez JL, Landero JL, Owusu-Asiedu A, Cervantes M, Zijlstra RT. 2013. Growth performance, diet nutrient digestibility, and bone mineralization in weaned pigs fed pelleted diets containing thermostable phytase. *J Anim Sci* 91:3921–3930.

Zeng ZK, Wang D, Piao XS, Li PF, Zhang HY, Shi C, Yu SK. 2014. Effects of adding super dose phytase to the phosphorus-deficient diets of young pigs on growth performance, bone quality, minerals and amino acids digestibilities. *Asian-Australas J Anim Sci* 27(2):237–246.

Zhai H, Adeola O, Liu J. 2022. Phosphorus nutrition of growing pigs. *Anim Nutr* 9:127–137.