

Utilização de enzimas exógenas para suínos em fase pós-desmame

Application of exogenous enzymes for post-weaning pigs

Aplicación de enzimas exógenas para cerdos en la fase postdestete

DOI: 10.55905/oelv22n10-235

Receipt of originals: 09/20/2024

Acceptance for publication: 10/11/2024

João Paulo Pereira de Souza

Mestre em Zootecnia

Instituição: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais

Endereço: Martinho Campos, Minas Gerais, Brasil

E-mail: j-paulo211@hotmail.com

Idael Matheus Góes Lopes

Mestre em Produção Animal

Instituição: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais

Endereço: Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

E-mail: idaell.matheus@gmail.com

Naiara Cristina dos Santos Silveira

Graduação em Zootecnia

Instituição: Universidade Federal de Uberlândia

Endereço: Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

E-mail: nai.silveira@hotmail.com

Marcelo Dourado de Lima

Mestre em Zootecnia

Instituição: Escola de Veterinária, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais

Endereço: Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

E-mail: mlima.2326@gmail.com

Cinara da Cunha Siqueira Carvalho

Doutora em Engenharia Agrícola

Instituição: Universidade Federal de Viçosa

Endereço: Janaúba, Minas Gerais, Brasil

E-mail: cinara.carvalho@unimontes.br

Victor Crespo de Oliveira

Mestre em Engenharia Agrícola
Instituição: Universidade Federal de Viçosa
Endereço: Botucatu, São Paulo, Brasil
E-mail: victor.crespo@unesp.br

Carolina Magalhães Caires Carvalho

Doutora em Ciências Veterinárias
Instituição: Universidade Federal de Uberlândia
Endereço: Montes Claros, Minas Gerais, Brasil
E-mail: carollcaires@ufmg.br

Diego Vicente da Costa

Doutor em Zootecnia
Instituição: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais
Endereço: Montes Claros, Minas Gerais, Brasil
E-mail: diego@ica.ufmg.br

RESUMO

O estudo avaliou diferentes combinações de enzimas para 120 leitões desmamados (Lin. PIC x PIC 337, idade inicial 25 dias, final 64 dias, peso inicial $5,0 \pm 0,2$ Kg), utilizando delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos: controle com Fitase (Fit), Fitase + Protease (Fit + Prot), Fitase + Carboidrases (Fit + Carb), Fitase + β -mananase (Fit + β -man) e Blend enzimático, seis repetições e quatro animais por box. Foram analisados consumo de ração médio diário (CRMD), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA), peso médio final (PMF) e escore fecal (EF) em três fases, pré inicial (3kg), pré inicial II (4kg) e inicial (21kg). Em seguida foi realizada uma análise econômica entre os tratamentos utilizados para determinação do índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo médio (ICM) e análise de componentes principais (ACP). Durante a fase pré inicial I e Pré-inicial II, animais que consumiram a dieta contendo Fit e Fit + Prot obteve uma melhora na CRMD e no GPD ($P < 0,05$). Avaliando o período total do experimento, animais que consumiram dietas Fit e dieta Fit + Prot Obtiveram melhor GPD, CRMD e PMF ($P < 0,05$). Os diferentes tratamentos não influenciaram a análise de escore fecal ($P > 0,05$). A análise econômica mostrou que a combinação Fitase + Protease teve melhor IEE e ICM em algumas fases do experimento, indicando melhor desempenho com essa adição enzimática. A adição de Fit e Fit + Prot na dieta de leitões desmamados proporcionou melhora no desempenho zootécnico e no índice de eficiência econômica.

Palavras-chave: Enzimas, Pós-Desmame, Creche, Desempenho Zootécnico.

ABSTRACT

The study evaluated different enzyme combinations for 120 weaned piglets (Lin. PIC x PIC 337, initial age 25 days, final age 64 days, initial weight 5.0 ± 0.2 kg), using a completely randomized design with five treatments: Control with Phytase (Phyt), Phytase

+ Protease (Phyt + Prot), Phytase + Carbohydases (Phyt + Carb), Phytase + β -mannanase (Phyt + β -man), and Enzyme blend, with six replications and four animals per pen. Average daily feed intake (CRMD), daily weight gain (GPD), feed conversion ratio (CA), final average weight (PMF), and fecal score (EF) were analyzed across three phases: pre-initial (3 kg), pre-initial II (4 kg), and initial (21 kg). Subsequently, an economic analysis was conducted to determine the index of economic efficiency (IEE) and average cost index (ICM), along with principal component analysis (PCA). During pre-initial phases I and II, animals fed diets containing Fit. and Fit + Prot showed improved CRMD and GPD ($P < 0.05$). Evaluating the entire experimental period, piglets fed Fit diets and Fit + Prot diets achieved better GPD, CRMD, and PMF ($P < 0.05$). The different treatments did not influence fecal score analysis ($P > 0.05$). Economic analysis indicated that the Phytase + Protease combination had better IEE and ICM in certain phases of the experiment, suggesting improved performance with this enzymatic addition. The inclusion of Fit. and Fit + Prot in the diets of weaned piglets resulted in improved zootechnical performance and economic efficiency.

Keywords: Enzimas, Post-Weaning, Nursery, Zootechnical Performance

RESUMEN

El estudio evaluó diferentes combinaciones de enzimas para 120 lechones destetados (Lin. PIC x PIC 337, edad inicial 25 días, final 64 días, peso inicial $5,0 \pm 0,2$ Kg), utilizando un diseño completamente aleatorizado con cinco tratamientos: control con Fit. (Fit), Fit. + Proteasas (Fit + Prot.), Fit. + Carbohidrasas (Fit + Carb), Fit. + β -manananasas (Fit + β -man) y Mezcla enzimática, con seis repeticiones y cuatro animales por corral. Se analizó el consumo promedio diario de alimento (CRMD), la ganancia diaria de peso (GPD), la conversión alimenticia (CA), el peso promedio final (PMF) y el puntaje fecal (EF) en tres fases: preinicial (3 kg), preinicial II (4 kg) e inicial (21 kg). Posteriormente, se realizó un análisis económico entre los tratamientos utilizados para determinar el índice de eficiencia económica (IEE), el índice de costo medio (ICM) y un análisis de componentes principales (ACP). Durante las fases preiniciales I y II, los animales que consumieron la dieta con Fit. y Fit. + Prot. mostraron una mejora en CRMD y GPD ($P < 0,05$). Al evaluar todo el período experimental, los lechones alimentados con dietas Fit. y Fit. + Prot. lograron mejores resultados en GPD, CRMD y PMF ($P < 0,05$). Los diferentes tratamientos no afectaron el análisis del puntaje fecal ($P > 0,05$). El análisis económico indicó que la combinación de Fit. + Prot. tuvo mejores valores de IEE y ICM en algunas fases del experimento, lo que sugiere un mejor desempeño con esta adición enzimática. La inclusión de Fit y Fit + Prot en la dieta de lechones destetados resultó en una mejora en el rendimiento zootécnico y en la eficiencia económica.

Palabras clave: Enzimas, Postdestete, Guardería, Rendimiento Zootécnico.

1 INTRODUÇÃO

O desmame é um momento de desafio para os leitões em decorrência da mudança de ambiente, alterações fisiológicas, imunológicas, sociais e nutricionais. Assim sendo, há uma busca constante de estratégias capazes de mitigar os efeitos deletérios que ocorrem nos primeiros dias da fase de creche. Entre as estratégias disponíveis, destaca-se, principalmente, as nutricionais (Faccin *et al.*, 2020).

Além disto, após o desmame, observa-se que os problemas entéricos têm sido os principais responsáveis pela queda de desempenho zootécnico e, muitas vezes, são provocados justamente pela mudança da dieta e pelos desafios sanitários aos quais os animais são submetidos. Com isso, haverá redução na absorção de nutrientes devido a atrofia nas vilosidades das diferentes porções do intestino delgado, além disto ocorre a redução na população de microrganismos benéficos que constituem a microbiota dos animais, prejudicando assim a saúde intestinal levando a diarreias (Eriksen *et al.*, 2019; Modina *et al.*, 2019).

O farelo de soja é o principal ingrediente proteico utilizado nas formulações de rações para suínos. Entretanto, este ingrediente possui em sua composição biomoléculas que são pobremente digeridas ou indigestíveis para suínos quando não processadas de forma adequada. Algumas dessas biomoléculas formam produtos resistentes a digestão que pertencem ao grupo dos carboidratos, denominados polissacarídeos não amiláceos (PNAs) (Vieites *et al.*, 2020).

A utilização de enzimas exógenas na nutrição de leitões desmamados é uma alternativa utilizada devido a imaturidade fisiológica dos leitões nesta fase (Duarte *et al.*, 2019). Essas enzimas por sua vez, tem como principal função intensificar o aproveitamento dos nutrientes e potencializar a digestibilidade dos ingredientes, diminuindo assim, problemas de má absorção e dessa forma melhorando o desempenho zootécnico dos animais (Krabbe *et al.*, 2019). Sendo assim, objetivou-se avaliar a suplementação de diferentes enzimas exógenas sobre o desempenho, escore fecal e viabilidade econômica de leitões no período pós-desmame.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no centro experimental de suinocultura, no Centro Oeste de Minas Gerais, a 19°19'35.9"S 45°16'50.3"W. Foram utilizados 120 suínos, machos castrados, de linhagem comercial (PIC®: Camborough X 337), com 25 dias de idade e peso inicial de 5,00 kg $\pm$ 0,200. Os animais foram alojados em baias (unidade experimental) e distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), obtendo 5 tratamentos, 6 repetições por tratamento e 4 animais por repetição. As baias apresentavam dimensão de 2,72m² com espaçamento de 0,68m²/animal, piso parcialmente ripado, equipadas com fonte de aquecimento (resistências elétricas tipo campânula), comedouro de inox com capacidade para 20Kg, bebedouro tipo chupeta e bandeja coletora de sobras.

Os tratamentos experimentais consistiram na inclusão de enzimas exógenas ou em forma de blend *on the top*, quando as enzimas são adicionadas às dietas dentro da própria formulação, havendo mudanças na adição de nutrientes e/ou ingredientes quando acrescentadas as enzimas utilizadas, de acordo com a (Tabela 1). Os tratamentos consistiam em: tratamento 1 (T1 – Fit): Fitase a 0,5000FTU/Kg; tratamento 2 (T2 - Fit. + Prot): dieta com 0,5000FTU/Kg de fitase e de 0,050Kg/ton de protease; tratamento 3 (T3 - Fit. + Carb): dieta com 0,5000FTU/Kg de fitase e 0,100Kg/ton de carboidrases (β -glucanase e β -xilanase); tratamento 4 (T4 - Fit. + β -man): 0,5000FTU/Kg de fitase e 0,040g/ton de β -mananase e tratamento 5 (T5 – Blend): blend enzimático com todas as enzimas, sendo 0,5000FTU/Kg de fitase, 0,050 kg/ton de protease, 0,100 kg/ton de carboidrases e 0,400 kg/ton de β -mananase.

Tabela 1. Composição nutricional e químicas das dietas na utilização de enzimas na dieta de leitões em fase pós-desmame.

Ingrediente	Pré Inicial	Pré Inicial I	Pré Inicial II	Inicial
Milho grão	320.184	382.103	382.103	467.511
Núcleo concentrado	250.000	250.000	250.000	237.500
Farelo de Soja granel	141.000	136.500	136.500	100.000
Resíduo Biscoito	95.000	116.000	116.000	60.000
Soro Leite Silvestre	80.000	50.000	50.000	34.000
Plasma	50.000	25.000	25.000	25.000
Açúcar Branco	25.000	10.000	10.000	20.000
Óleo Bruto	10.000	10.000	10.000	15.000
Premix, micromineral e vitamínico	10.000	5.500	5.500	15.000
Sal	5.000	5.000	5.000	5.000
Calcário	3.500	3.000	3.000	5.000
Azomite	3.000	3.000	3.000	4.474
Adsorvente de micotoxina	3.000	2.000	2.000	2.500
Fosfato Bi cálcico	1.500	0.800	0.800	2.200
L-Treonina	0.950	0.650	0.650	2.000
Actigen	0.800	0.300	0.300	1.500
L - Lisina 78% Hcl	0.494	0.107	0.107	1.000
L-Triptofano	0.425	0.040	0.040	0.750
Etoxiquim 66%	0.107	0.107	0.107	0.107
Total	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00
Composição calculada				
Proteína bruta%	197.185	192.163	19.216	189.787
Matéria Seca%	914.795	909.291	90.929	88.973
Fibra Bruta%	14.128	14.941	1.494	23.375
Extrato Etéreo%	59.959	62.789	6.279	49.908
Matéria Mineral%	54.396	49.477	4.948	39.679
Umidade%	85.205	90.709	9.071	11.027
Lactose%	150.750	9.475	9.475	
E.M. Suínos Kcal/Kg	3.542.0320	3.563.02	3.563.022	3.412.67

¹ Núcleo concentrado, com macrominerais, vitamínico e proteico, Produto comercial Qualisui Vaccinar ®. Níveis de garantia (por kg de produto): Ac. Glutâmico (mín.) 2.000,00 mg/kg; Cálcio 160,00 mg/kg; Etoxiquim (mín) 100,00 mg/kg; Fosforo (mín) 7.000,00 mg/kg; Glutamina (mín) 2.000,00 mg/kg; Lactose (mín) 400,00 g/kg; Fluor (máx) 28,00 mg/kg; Lisina (mín) 22,35 g/kg; (máx) 70,00 g/kg; Metionina (mín) 7.950,00 mg/kg; proteína bruta (mín) 195,00 g/kg; Sódio (mín) 4.680,00 mg/kg; Treonina (mín) 14,00 g/kg; triptofano (mín) 3.500,00 mg/kg; Umidade (máx) 150,00 g/kg e Zinco (mín) 10,00 g/kg. ² Premix microminerais e vitamínico, Produto comercial Qualimix QF MC 1%- Vaccinar ®. Níveis de garantia (por kg de produto): Ácido Fólico 50 mg; Ácido Pantatênico 1,500 mg; Biotina 25 mg; Cobalto 20mg; Cobre 20g; colina 60 g; Etoxiquim 100mg; Ferro 15g; iodo 100mg; manganês 4000mg; Niacina 3000mg; Selênio 45mg; Vitamina A 1,000,000 U. I.; Vitamina B1 150mg; Vitamina B12: 2000 mcg; Vitamina B2 500mg; Vitamina B6 200mg; Vitamina D3 200,000 U. I.; vitamina E 10,000 U.I.; Vitamina K3 200mg; Zinco 10g; ³Valores calculados segundo Hostangno et al., 2017; ⁴ Concentrado para leitões (inclusão de 250 kg/ton - QUALISUI 250 QF-1).

Fonte: Autores

As dietas experimentais foram formuladas para atender as exigências nutricionais em cada uma das fases, conforme preconizado por Rostagno *et al.* (2017). Durante o período experimental, o programa de alimentação foi disposto de três fases experimentais conforme a Tabela 2. As trocas de fase ocorriam quando os animais atingiam o consumo total das rações ofertadas estipuladas para cada fase. A água foi fornecida *ad libitum*. Os animais foram identificados por brincos e pesados ao início do experimento (25 dias de vida), a cada troca de fase e ao final da pesquisa para a avaliação do ganho de peso diário (GPD) e peso médio final (PMF). As dietas foram pesadas igualmente para cada unidade experimental de acordo com as fases experimentais. Todos os dias pela manhã as sobras de ração, coletadas na bandeja, foram pesadas e descontadas da quantidade da ração ofertada para cálculo do consumo de ração médio diário (CRMD). Ao final de cada fase foi realizado o cálculo da conversão alimentar (CA).

Tabela 2. Programa de arraçãoamento utilizado no período experimental

Tipos de ração	Faixas de idade (dias)	Média de dias em consumo	Consumo estipulado
Pré-inicial	25 – 35	10	3 Kg/animal
Pré-inicial II	36 – 43	8	4 kg/ animal
Inicial	44 – 63	20	21 kg/ animal

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para análise do escore fecal foram realizadas avaliações visuais comparativas das fezes dos animais todos os dias durante o período experimental baseando-se nos parâmetros utilizados por Freitas *et al.* (2006). Utilizou-se uma escala de 1 a 5, onde: 1 = fezes duras e firmes, 2 = fezes normais, 3 = fezes pastosas não diarreicas e 4 = fezes aquosas com característica de diarreia. Em seguida, foi determinado a viabilidade econômica para comparação entre os tratamentos. Onde determinou-se os custos de alimentação por kg de suíno vivo produzido em cada tratamento nas fases de Pré-inicial e Pré-inicial I, Pré-inicial II e Inicial, seguindo a metodologia descrita por Bellaver *et al.* (1984), conforme Equação 1.



$$CETI = \frac{CR \times \frac{R\$}{kg}}{GP}$$

Equação 1

Onde:

CETI: Custo médio em ração/ Kg de ganho de peso no tratamento i considerado;

CR: Consumo de ração na fase;

RS/Kg: Custo do Kg da ração por tratamento na fase;

GP: Ganho de peso.

Em seguida foi determinado o Índice de Eficiência Econômica (IEE) e o Índice de Custo Médio (ICM) segundo Barbosa, Fialho e Ferreira (1992), através das equações 2 e 3.

$$IEE = \frac{MCE}{CETI} \times 100$$

Equação 2

$$ICM = \frac{CETI}{MC} \times 100$$

Equação 3

Onde:

MCE: menor custo médio observado em ração por quilograma de peso vivo ganho entre os tratamentos;

IEE (%): Índice de eficiência econômica;

ICM (%): Índice de custo médio.

Os resultados de desempenho zootécnico e escore fecal obtidos durante a pesquisa foram submetidos a análise de eliminação de outliers, e em seguida a análise de variância. As médias foram comparadas utilizando o teste Tukey a 5% de significância e, para evitar

a sobreposição, foi atribuído ao teste Skoot Knoot a 5% de significância por meio do software estatístico R (versão R-4.3.1).

Adicionalmente, efetuou-se uma análise multivariada em Análise de Componentes Principais (ACP), visando analisar os diferentes tratamentos da pesquisa, utilizando o software R, com o suporte dos pacotes *FactoMineR* (Lê *et al.*, 2008) e *factorextra* (Kassambara & Mundt, 2020). Através da ACP, a complexidade dos dados foi simplificada, resultando na redução da dimensionalidade das variáveis originais por meio da extração dos componentes principais. Adicionalmente, gráficos do tipo *biplot* (Kassambara & Mundt, 2020) foram gerados para cada fase da pesquisa, tornando possível a identificação de relações intrínsecas, tendências e agrupamentos entre os tratamentos. Essas informações são cruciais para compreender como as variáveis se relacionam e como os tratamentos se diferenciam ao longo desses componentes principais, onde é possível verificar nos dados que cada tratamento é representado por uma elipse de 95% de confiança. Vale destacar que a posição, forma e tamanho da elipse indicam um determinado comportamento do tratamento avaliado em relação as variáveis estudadas.

3 RESULTADOS

Durante a fase 1 (pré-inicial 1), a utilização do tratamento com Fitase (T1) e Fitase + Protease (T2), promoveram melhora no CRMD e GPD ($p < 0,05$), para as variáveis analisadas CA e E. fecal não houve resultados significativos ($p > 0,05$), encontrados nesta fase que possa demonstrar sua eficiência (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito da inclusão de enzimas exógenas de leitões, com 25 a 35 dias de idade, sobre o consumo de ração médio diário (CRMD), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA) e escore fecal (E.fecal).

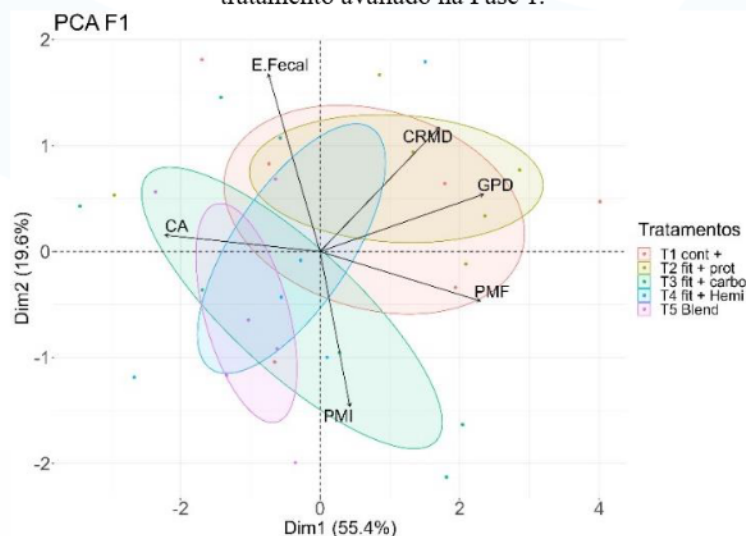
Fase 1 (pré-inicial)							
Variáveis	Fit	Fit+Prot	Fit+Carb	Fit+Bman	Blend	EPM	P-valor
PMI (Kg)	5,0018	5,0448	5,0665	4,9910	5,0345	0,05	0,2245
PMF (Kg)	7,25	7,25	7,14	7,06	7,02	0,05	0,47
CRMD (Kg)	0,268 b	0,291 a	0,251 b	0,262 b	0,246 b	<0,01	0,01
GPD (Kg)	0,230 a	0,239 a	0,197 b	0,201 b	0,183 b	<0,01	0,05
CA	1,23	1,29	1,24	1,31	1,34	0,02	0,67
E.Fecal	1,29	1,29	1,37	1,15	1,19	0,04	0,56

PMI = Peso médio inicial, CRMD = Consumo de ração médio diário, GPD = Ganho de peso médio diário, CA = Conversão alimentar, PMF = Peso médio final, E.Fecal = escore fecal; CV = Coeficiente de variação.

Fonte: Autores

A Figura 1 exibe um gráfico *biplot* para a fase 1, oferecendo uma representação visual das relações entre os tratamentos e as variáveis avaliadas, a qual permite uma análise intuitiva do desempenho de cada tratamento em relação às variáveis. Observa-se que o componente principal 1 (Dim1) explica 55,4% da variância, sendo responsável pela maior parte da variação. Por outro lado, o componente principal 2 (Dim2) representa 19,6% da variância total, auferindo contribuição significativa, embora menor em comparação ao Dim1.

Figura 1. Gráfico *biplot* dos Componentes Principais com elipses de 95% de confiança para cada tratamento avaliado na Fase 1.



Fonte: Autores

De acordo com o gráfico (Figura 1), é possível observar que as variáveis CRMD, GPD e PMF possuem fortes ligações com seus vetores voltados para o Dim 1, e por estarem próximas, essas possuem influências umas sobre as outras. Por outro lado, é possível verificar que essas variáveis são inversamente proporcionais a variável CA, onde essa possui relação com o Dim 2. Para explicar tal ação, acontece que os animais que possuíram maiores CRMD, GPD e PMD, apresentaram menor CA, o que implica que esses leitões converteram mais alimento em peso corporal que os demais.

É possível identificar uma forte semelhança do gráfico (Figura 1), a Tabela 3 dos resultados referentes a fase 1 da pesquisa, onde as variáveis de CRMD e GPD possuem os melhores resultados para os tratamentos T1 e T2. Mesmo que a variável PMF não esteja influenciada por nenhum tratamento nos resultados presentes na tabela, é possível observar no gráfico uma tendência dos tratamentos T1 e T2 resultarem em um PMF melhores. Tal resultado implica que os animais que consumiram esses tratamentos possuíram melhor CRMD, GPD e PMF. Assim, concluindo que essas variáveis são inversamente proporcionais a CA e que esses animais obtiveram uma melhor CA em relação aos demais grupos experimentais.

Durante o período de 36 a 43 dias (tabela 4), não foi possível verificar efeitos dos tratamentos sobre as variáveis analisadas. A Figura 2 exibe um gráfico *biplot* para a Fase 2 onde observa-se que o componente principal 1 (Dim1), que explica 40,8% da variância, é responsável pela maior parte da variação. Por outro lado, o componente principal 2 (Dim2), representa 30,0% da variância, auferindo contribuição significativa, embora menor em comparação ao Dim1. É possível observar uma correlação forte entre as variáveis PMF, CRMD e GPD com o Dim 1, em que seus vetores estão voltados para o mesmo. Essas variáveis estão inversamente proporcionais a variável de CA que possui seu vetor voltada para o Dim 2, fornecendo evidências de melhores conversões das dietas em desempenho corporal pelos animais.

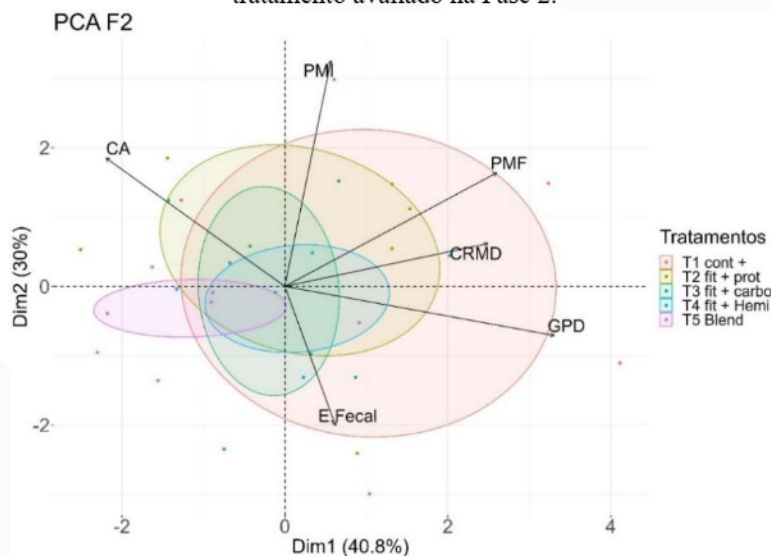
Tabela 4. Efeito da inclusão de enzimas exógenas de leitões, com 36 a 43 dias de idade, sobre o consumo de ração médio diário (CRMD), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA) e escore fecal (E.fecal).

Fase 2 (Pré-inicial 1)							
Variáveis	Fit	Fit+Prot	Fit+Carb	Fit+Bman	Blend	EPM	P-valor
PMF (Kg)	10,04	9,93	9,89	9,88	9,69	0,05	0,43
PMI (Kg)	7,25	7,25	7,14	7,06	7,02	0,05	0,47
CRMD (Kg)	0,492	0,484	0,447	0,465	0,431	<0,01	0,16
GPD (Kg)	0,376	0,353	0,340	0,357	0,322	<0,01	0,42
CA	1,32	1,38	1,31	1,30	1,34	0,02	0,79
E.Fecal	1,17	1,08	1,06	1,00	1,00	0,02	0,10

PMI = Peso médio inicial, CRMD = Consumo de ração médio diário, GPD = Ganho de peso médio diário, CA = Conversão alimentar, PMF = Peso médio final, E.Fecal = Escore fecal; CV = Coeficiente de variação.

Fonte: Autores

Figura 2. Gráfico *biplot* dos Componentes Principais com elipses de 95% de confiança para cada tratamento avaliado na Fase 2.



Fonte: Os autores (2023).

Ao analisar os tratamentos é possível observar uma sobreposição entre eles, mostrando que os tratamentos se assemelham uns aos outros. Tal resultado se compara aos encontrados na tabela 5 da qual não foi possível observar resultados significativos dos tratamentos sobre as variáveis analisadas. Por outro lado, ao avaliar cada tratamento individual, percebe-se que os tratamentos T1 e T2 possuem suas elipses de conformação voltadas para os vetores correspondentes as variáveis de PMF, CRMD e GPD, e inversamente ligada a CA, implicando que os animais que consumiram essas dietas, em sua grande maioria, converteram melhor as dietas em desempenho corporal.

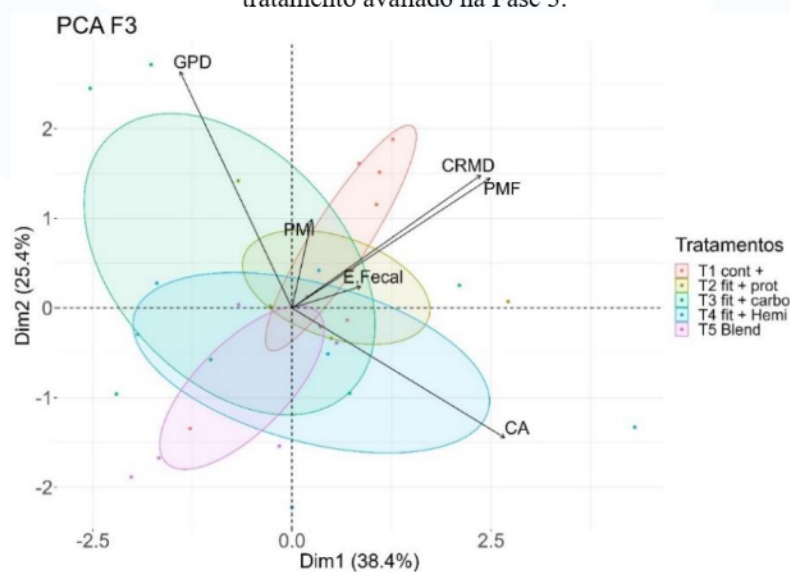
Por outro lado, durante a fase 3, as dietas contendo T1 e T2, promoveram maior PMF ($p < 0,05$), diferente dos animais que consumiram os demais tratamentos. Contudo, as variáveis CA, GPD, CRMD e E. fecal não apresentaram diferença entre os tratamentos ($p > 0,05$) nesta fase (Tabela 5). A Figura 3 exibe um gráfico *biplot* para a Fase 3. Observa-se que o componente Dim1 explica 38,4% da variância, sendo responsável pela maior parte da variação. Por outro lado, o componente Dim2 representa 25,4% da variância total, auferindo contribuição significativa, embora menor em comparação ao Dim1.

Tabela 5. Efeito da inclusão de enzimas exógenas de leitões, com 43 a 63 dias de idade, sobre o consumo de ração médio diário (CRMD), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA) e escore fecal (E.fecal).

Fase 3 (Inicial)							
Variáveis	Fit	Fit+Prot	Fit+Carb	Fit+Bman	Blend	EPM	p-valor
PMI (Kg)	10,04	9,93	9,89	9,88	9,69	0,05	0,43
PMF (Kg)	22,90 a	23,00 a	21,82 b	21,88 b	20,80 b	0,25	0,03
CRMD (Kg)	0,866	0,848	0,817	0,835	0,814	0,01	0,45
GPD (Kg)	0,621	0,618	0,615	0,609	0,588	<0,01	0,67
CA	1,39	1,37	1,32	1,37	1,38	0,01	0,32
E.Fecal	1,62	1,51	1,55	1,46	1,60	0,03	0,47

PMI = Peso médio inicial, CRMD = Consumo de ração médio diário, GPD = Ganho de peso médio diário, CA = Conversão alimentar, PMF = Peso médio final, E.Fecal = Escore fecal; CV = Coeficiente de variação. Fonte: Autores

Figura 3. Gráfico *biplot* dos Componentes Principais com elipses de 95% de confiança para cada tratamento avaliado na Fase 3.



Fonte: Os autores (2023).

É possível observar de acordo com o gráfico forte correlação entre CRMD, PMF e E. fecal com o Dim 1, inversamente correlacionado a CA, que por sua vez está relacionado ao Dim 2. Em contrapartida, observa-se uma relação do GPD com o Dim 2 e inversamente ao GPD. Semelhante à fase 2, é possível observar uma sobreposição dos tratamentos. No entanto, uma avaliação mais detalhada revela que os tratamentos T1 e T2 apresentam elipses de conformação direcionadas para as variáveis CRMD, PMF e GPD, indicando que a maioria dos animais que consumiram esses tratamentos obtiveram os melhores resultados nessas variáveis.

Tais resultados se assemelham com os achados na tabela 5, da qual as variáveis de CRMD, PMF e GPD foram melhores nos grupos T1 e T2, tendo suas elipses de conformação inversamente relacionados a CA. Assim, comprovando que os animais desses tratamentos em sua grande maioria converteram melhor a dieta em massa corpórea. É possível relatar alguns tratamentos que não apresentaram resultados estatísticos na tabela, porém, no gráfico houve influência dos tratamentos sobre algumas variáveis como o GPD no tratamento T3, e inversamente relacionado a CA, e esse relacionado ao T4, no entanto de forma negativa, pois a maioria dos animais presentes nesse tratamento apresentaram CA elevada.

Avaliando o período total da pesquisa, dos 25 a 63 dias, , foi possível observar resultados significativos para desempenho animal, em que os grupos T1 e T2 obtiveram desempenho superior para PMF, CRMD e GPD ($p < 0,05$), quando comparado aos animais suplementados com as demais dietas (tabela 6). Por fim, em relação a variável E. fecal, durante todo o período experimental não houve resultados significativos ($P > 0,05$) em nenhum dos tratamentos e fases as quais os animais foram submetidos.

Tabela 6. Efeito da inclusão de enzimas exógenas de leitões, com 25 a 35 dias de idade, sobre o consumo de ração médio diário (CRMD), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA) e escore fecal (E.fecal).

Desempenho Fase de creche							
Variaveis	Fit	Fit+Prot	Fit+Carb	Fit+Bman	Blend	EPM	P-valor
PMI (kg)	5,002	5,044	5,066	4,991	5,034	0,05	0,47
PMF (Kg)	22,90 a	23,00 a	21,82 b	21,88 b	20,80 b	0,25	0,03
CRMD (Kg)	0,475 a	0,481 a	0,441 b	0,455 b	0,432 b	<0,01	0,01
GPD (Kg)	0,367 a	0,360 a	0,345 b	0,335 b	0,319 b	<0,01	<0,01
CA	1,26	1,33	1,28	1,34	1,35	0,01	0,36
E,Fecal	1,33	1,34	1,32	1,19	1,25	0,02	0,34

PMI = Peso médio inicial, CRMD = Consumo de ração médio diário, GPD = Ganho de peso médio diário, CA = Conversão alimentar, PMF = Peso médio final, E.Fecal = Escore fecal; CV = Coeficiente de variação. Fonte: Autores

Os principais resultados quanto as análises econômicas são descritos na Tabela 7. Ao avaliar as variáveis econômicas observou-se que, de acordo com as condições desta pesquisa e dos valores dos ingredientes durante a época da mesma, e ao levarmos em conta os tratamentos que obtiveram melhores índices de desempenho quanto as suas variáveis (tratamentos com Fitase e Fitase+Protease), essas se mostraram eficientes economicamente de acordo com o ICM e o IEE.

Tabela 7. Consumo total/animal na fase, Custo médio em ração/ Kg de ganho de peso no tratamento, ganho de peso/animal na fase, índice de custo médio e índice de eficiência econômica de suínos alimentados.

Fase	Trat.	CR na fase	RS/Kg	GP/fase	CETI	ICM (%)	IEE (%)
Fase 1	Fit	2,629	2,543	2,244	2,979	112,301	89,047
	Fit+Prot.	2,705	2,549	2,425	2,844	107,211	93,274
	Fit+Carb.	2,634	2,547	2,121	3,163	119,239	83,865
	Fit+Bman.	2,685	2,545	2,157	3,167	119,408	83,746
	Blend	2,663	2,557	1,987	3,428	129,223	77,386
Fase 2	Fit	3,671	2,020	2,804	2,645	99,720	100,280
	Fit+Prot.	3,677	2,027	2,677	2,785	104,997	95,241
	Fit+Carb.	3,626	2,024	2,760	2,659	100,234	99,767
	Fit+Bman.	3,671	2,036	2,832	2,640	99,522	100,480
	Blend	3,587	2,047	2,680	2,740	103,296	96,810
Fase 3	Fit	17,925	1,482	12,852	2,066	77,903	128,366
	Fit+Prot.	17,807	1,489	12,561	2,111	79,571	125,674
	Fit+Carb.	15,825	1,485	12,388	1,897	71,532	139,798
	Fit+Bman.	16,500	1,498	11,251	2,197	82,832	120,726
	Blend	15,365	1,509	11,103	2,089	78,740	127,000
Periodo total	Fit	24,226	2,015	17,900	2,727	102,798	97,278
	Fit+Prot.	23,478	2,022	17,663	2,688	101,322	98,696
	Fit+Carb.	22,084	2,019	17,269	2,582	97,331	102,742
	Fit+Bman.	22,856	2,026	16,240	2,852	107,517	93,008
	Blend	21,615	2,038	15,769	2,793	105,304	94,963

CR=Consumo total/animal na fase; RS/Kg = Custodo Kg de ração no tratamento; GP/fase = ganho de peso/animal na fase; CETI=Custo médio em ração/Kg de ganho de peso; ICM=índice de custo médio; IEE = índice de eficiência econômica de suínos alimentados.

Fonte: Autores

Ao analisar a tabela 7, é possível observar melhor IEE e redução nos custos de produção quando se considera a suplementação de enzimas exógenas em relação a não suplementação. Durante a fase 1 da pesquisa (Pré-inicial e Pré-inicial I), o tratamento com Fitase + Protease apresentou melhor IEE e ICM (93,20% e 107,21% respectivamente), seguido pelo tratamento com Fitase (89,04% e 112,30% respectivamente).

Embora durante a fase 2 da pesquisa não tenham sido obtidos resultados significativos para nenhum dos tratamentos, é observável que nesta fase a fitase alcançou melhores resultados em termos de custos de produção para o IEE e ICM (99,72% e 100,28%, respectivamente). Ao considerar a fase total da pesquisa, a fitase mostrou-se mais eficiente economicamente tanto para o ICM quanto para o IEE (102,79% para ambos).

4 DISCUSSÃO

A utilização de enzimas exógenas como recurso para melhorar a eficiência do aproveitamento da dieta de suínos na fase pós-desmame é amplamente utilizada, sendo reconhecida como uma ferramenta crucial na produção animal. Essas enzimas desempenham um papel fundamental ao reduzir os efeitos antinutricionais, promovendo uma melhoria significativa na digestão e absorção de nutrientes. Consequentemente, esse aprimoramento nutricional contribui diretamente para melhorar o desempenho zootécnico dos animais (Duarte *et al.*, 2019). Portanto, técnicas inovadoras são frequentemente adotadas, como é o caso das enzimas exógenas, que contribuem para a saúde dos animais (Lindberg, 2014). Resultados deste estudo destacam a eficácia das enzimas exógenas, especialmente nas fases iniciais.

Os resultados do presente estudo demonstraram maior eficiência com a utilização das enzimas Fitase (0,040Kg/ton) e Fitase+Protease (0,040Kg/ton e 0,050Kg/ton), quando comparado aos demais tratamentos para a variável de CRMD e GPD, onde, estudos anteriores, demonstraram que essas enzimas possuem a capacidade de desfosforilar o fitato e quebrar as proteínas, fazendo com que o fósforo (P) e os aminoácidos sejam liberados aumentando assim a sua disponibilidade para o animal (Vier *et al.*, 2019; Lee *et al.*, 2021).

Seguindo a mesma linha, alguns autores identificaram resultados similares, onde avaliaram a adição de fitase em 0,125, 0,250 e 0,500 FTU, em dietas de suínos em fase pós desmame e com adição de P e cálcio (Ca) limitada, relataram melhorias em parâmetros como GPD, CRMD e CA. Constatando efeitos lineares para essas variáveis, uma vez que, com o aumento gradativo de FTU nas dietas, pode-se notar que os valores de desempenho dos animais foram melhorando linearmente (TOUS *et al.*, 2021).

No presente estudo, a fase 1 (pré inicial e pré inicial 1), apresentaram melhores resultados com a inclusão da enzima fitase e fitase + protease. Tais resultados são explicados pela ótima ação da fitase, pois, além de favorecer e diminuir a excreção de nutrientes não desejados ao ambiente, desempenharam papéis importantes, como a hidrólise e remoção do ácido fítico, aumentando a digestibilidade, absorção de outros

nutrientes como P e Ca, e consequentemente aumentando o desempenho dos animais suplementados com essa enzima (Dersjant-LI *et al.*, 2014). Sendo assim, foi possível observar que o uso fitase se mostrou eficaz, tanto adicionada isoladamente quanto em consórcio com a enzima protease, o que estabelece seu potencial de ação sobre variáveis de desempenho dos animais.

A enzima protease utilizada nesse estudo, juntamente com a enzima fitase elevaram a eficácia ao serem adicionadas às dietas. Essas enzimas obtêm suas implicações, onde seu uso pode se tornar limitado diante de alguns fatores, como sua interação com outras enzimas, estado sanitário, em casos como associação ou blends, tipo de protease, dose de adição e ingredientes utilizados na dieta, da qual se estabelecerá a sua eficácia (Torres-Pitarch *et al.*, 2019).

Diferentemente dos achados do presente estudo, Perez-Palencia *et al.* (2021), que avaliaram a suplementação com protease sobre o desempenho em dietas de leitões em fase de creche, observaram que seu uso não resultou em melhor desempenho animal. Esse resultado pode ser atribuído à utilização de doses inadequadas de protease ou à sua inclusão em todas as dietas, sugerindo que essas enzimas podem não ter efeito aditivo.

No entanto, o presente estudo demonstrou que a utilização de protease foi eficaz mesmo em conjunto com fitase durante o período pós-desmame. Essa eficácia foi observada tanto nas fases iniciais quanto na fase total da pesquisa, o que contrasta com as conclusões de Torres-Pitarch *et al.* (2018). Esses autores relataram que a adição de protease em conjunto com fitase na dieta de suínos na fase de creche não resultou em melhorias significativas na eficiência, equiparando-se a uma dieta controle sem adição de enzimas. Suas eficácias foram comprovadas apenas quando utilizadas em forma de blends, junto com Xilanase e B-glucanase, ao passo que, no presente estudo, o blend enzimático mostrou resultados inferiores em comparação com outros tratamentos.

Durante a presente pesquisa, a utilização do blend enzimático não demonstrou eficácia nas variáveis analisadas. Por outro lado, estudos que avaliaram um complexo enzimático contendo xilanase, amilase, B-mananase, B-glucanase, protease e fitase em dietas de suínos desmamados, tanto em rações fareladas quanto peletizadas, observaram melhorias significativas. Houve interação entre o blend enzimático e a ração peletizada,

resultando em melhor desempenho dos animais (Crus *et al.*, 2020). Este tipo de pesquisa é relevante, especialmente considerando que o uso de rações peletizadas tem se tornado comum nos sistemas de produção atuais, ajudando a manter a integridade da dieta e reduzindo a desuniformidade encontrada nas rações fareladas.

Adicionalmente, as enzimas não obtiveram impacto sobre a variável de escore fecal, conforme observado por Moran *et al.* (2019) e Long *et al.* (2020) em seus estudos sobre diferentes tipos de enzimas na dieta de suínos em fase de creche. No entanto, ao longo de toda a pesquisa, o escore fecal permaneceu estável, indicando que as enzimas desempenham um papel crucial na manutenção da integridade intestinal dos animais. Um benefício adicional associado ao uso de enzimas exógenas na dieta de suínos é a redução dos custos de produção. Essas enzimas permitem um melhor aproveitamento das dietas, mesmo quando há redução na carga energética, proteica, de fósforo e cálcio. Isso contribui para reduzir os custos de produção das dietas, ao mesmo tempo em que melhora o desempenho animal devido à maior digestibilidade (Rezende *et al.*, 2012).

Diversos estudos têm explorado a utilização de enzimas exógenas com o objetivo de reduzir os custos de produção na criação de suínos. Por exemplo, Ferreira *et al.* (2019) realizaram um estudo utilizando um blend enzimático contendo fitase, protease, xilanase, B-glucanase, celulase, endoglucanase e pectinase, adicionado à taxa de 300mg/kg de ração em combinação com diferentes níveis (0%, 8%, 16% e 24%) de torta de algodão na dieta de suínos em fase de crescimento e terminação. Eles observaram que o tratamento com 24% de torta de algodão obteve os melhores resultados em termos de viabilidade econômica. A redução do uso de soja, combinada com as enzimas, permitiu o aproveitamento de dietas contendo um ingrediente não convencional na produção de suínos, melhorando o Índice de Eficiência Econômica (IEE) e reduzindo o custo de produção por quilo de suíno.

Quando se trata da fase de creche, a redução de custos é particularmente vantajosa, dada a necessidade de dietas que atendam às exigências nutricionais dos animais, o que pode elevar significativamente os custos. Araujo *et al.* (2023) estudaram um blend enzimático à base de B-xilanase, B-glucanase, A-amilase e protease, aplicado em duas fases: 5% na dieta pré-inicial e 5% nas formulações de todas as fases seguintes,

comparado a uma dieta controle sem enzimas. Eles observaram que o tratamento com o blend enzimático em todas as fases reduziu drasticamente os custos sem comprometer o desempenho dos suínos. No entanto, esse resultado não foi replicado na pesquisa atual, onde o blend enzimático não apresentou desempenho favorável em relação aos custos de produção. É importante ressaltar que o uso das enzimas para melhorar o aproveitamento de nutrientes da dieta pode reduzir os custos de produção, tanto quando utilizadas isoladamente quanto em combinação com outras enzimas.

Por fim, como método para reduzir os custos de produção de suínos, Netrebka et al. (2024) estudaram a inclusão de um complexo enzimático à base de xilanase, amilase, B-glucanase e mananase em dietas para leitões recém-desmamados. Eles testaram duas quantidades: 0 e 50g/tonelada de ração, em dietas com teor adequado e baixo de energia metabolizável (3206,09 e 3005,45 kcal/kg, respectivamente). Os resultados mostraram que a dieta com baixo teor de energia metabolizável proporcionou melhor Índice de Conversão Alimentar (IICM) e Índice de Eficiência Econômica (IEE) em comparação com a dieta com teor ideal de energia. Além disso, o desempenho dos animais que consumiram a dieta com enzimas foi melhorado, destacando que a adição de enzimas às dietas de leitões na fase de creche contribui para a redução dos custos de produção.

5 CONCLUSÃO

A suplementação de enzimas exógenas fitase e protease proporcionam melhor desempenho para leitões durante o período de creche, se mostrando eficiente quanto a sua utilização em animais jovens em fase de creche, principalmente nos primeiros dias e nas primeiras fases de alojamento desses animais, onde o estresse causado pelo desmame os acometem com maior intensidade, se mostrando economicamente viáveis as suas utilizações em suínos durante o período de creche.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, L. R. S., MOREIRA, R. H. R., GOMES, T. R., ANDRADE, T. S., & EVANGELISTA, J. N. B. Complexo enzimático em rações para leitões nas fases pré-inicial e inicial. **Ciência Animal**, v. 33, n. 1, p. 30-40, 2023.
- BARBOSA, H. P., FIALHO, E. T., & FERREEIRA, A. S. Triguilho para suínos nas fases inicial de crescimento, crescimento e terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 21, n. 5, p. 827-37, 1992.
- BELLAVER, C., COMES, P. C., FIALHO, E. T. & SANTOS, D. L. Absorção e disponibilidade do fósforo de fosfatos naturais em rações para suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 12, p. 1513-8, 1984.
- CRUZ, T. A., STRESSER, A. C. P., OLIVEIRA, S. G., ALMEIDA, L. M., SANTOS, M. C., & FÉLIX, A. P. Exogenous Enzymes And Pelleting Increase Diet Digestibility Of Piglets. **Arquivos de Ciências Veterinárias**, v. 25, n. 1, 2020.
- DERSJANT-LI, Y., AWATI, A., SCHULZE, H., & PARTRIDGE, G. Phytase in non-ruminant animal nutrition: a critical review of phytase activities in the gastrointestinal tract and influencing factors. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 5, p. 878-896, 2015.
- DUARTE, M. E., ZHOU, F. X., DUTRA JR, W. M., & KIM, S. W. Dietary supplementation of xylanase and protease on growth performance, digesta viscosity, nutriente digestibility, immune and oxidative stress status, and gut health of newly weaned pigs. **Animal nutrition**, v. 5, p. 351 – 358, 2019.
- ERIKSEN, E. Ø. E., KUDIRKIENE, A. E., CHRISTENSEN, M. V., AGERLIN, N. R., WEBER, A., NØDTVEDT, J. P., NIELSEN, K. T., HARTMANN, L., SKADE, L. E., LARSEN, K., PANKOKE, J. E., & OLSEN, H. E. Post-weaning diarrhea in pigs weaned without medicinal zinc: risk factors, pathogen dynamics, and association to growth rate. **Porcine Health Management**, v. 7, n. 54, 2021.
- FACCIN, J. E. G., LASKOSKI, F., CEMIN, H. S., MELLAGI, A. P. G., BERNARDI, ULGUIM, R. R., & BORTOLOZZO, F. P. Evaluating the impact of weaning weight and growth rate during the first week post weaning on overall nursery performance. **Journal of Swine Health and Production**, v. 28, n. 2, p. 70-78, 2020.
- FERREIRA, D. N. M., DUTRA JÚNIOR, W. M., PALHARES, L. O., COELHO, A. H. S. C., LOURENÇO-SILVA, M. I., & MELO, R. L. C. Desempenho e características de carcaça de suínos em crescimento alimentados com torta de algodão e complexo enzimático. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 5, p. 1616-1622, 2019.
- FREITAS, L. S. D., LOPES, D. C., FREITAS, A. F. D., CARNEIRO, J. D. C., CORASSA, A., PENA, S. D. M., & COSTA, L. F. Avaliação de ácidos orgânicos em

dietas para leitões de 21 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 1711-1719, 2006.

KASSAMBARA, A., & MUNDT, F. Package 'factoextra'. Extract and visualize the results of multivariate data analyses. 2020.

KIARIE, E., ROMERO, L. F., & NYACHOTI, C. M. O papel das enzimas alimentares adicionadas na promoção da saúde intestinal em suínos e aves. **Revisões da pesquisa nutricional**, v. 26, n. 1, p. 71-88, 2013.

KRABBE, E. L., GOPINGER, E., BEZERRA, N. S., COSTA, ANA P. G. C., & GOMES, H. A. Avaliação dos benefícios do uso de xilanase na digestibilidade de nutrientes em suínos. **COMUNICADO TÉCNICO 567 ISSN 0100-8862**. Embrapa, Concórdia, SC Dezembro, 2019.

LEE, J., KIM, J. W., & NYACHOTI, C. M. Standardized total tract digestibility of phosphorus in high-protein sunflower meal fed to growing pigs with or without phytase supplementation. **Animal Feed Science and Technology**, v. 274, p. 114853, 2021.

LINDBERG, J. E. Efeitos da fibra na nutrição e saúde intestinal em suínos. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 5, n. 1, p. 1-7, 2014.

LONG, S., HU, J., MAHFUZ, S., MA, H., & PIAO, X. Effects of dietary supplementation of compound enzymes on performance, nutrient digestibility, serum antioxidant status, immunoglobulins, intestinal morphology and microbiota community in weaned pigs. **Archives of Animal Nutrition**, v. 75, n. 1, p. 31-47, 2021.

MODINA, S. C., POLITO, R., ROSSI, C., & DI GIANCAMILLO, A. Nutritional regulation of gut barrier integrity in weaning piglets. **Animals**, v. 9, n. 15, p. 1-15, 2019.

MORAN, K., WILCOCK, P., ELSBERND, A., ZIER-RUSH, C., BOYD, R. D., & VAN HEUGTEN, E. Effects of phytase and inositol overdose on growth performance and blood metabolites of weaned piglets housed under commercial conditions. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 7, p. 3007-3015, 2019.

NETREBKA, L. K. P., ROSSI, P., CELLA, P. S., OELKE, C. A., LIMA, J. D. A. D., MORAES, P. V. D. D., & SOUZA, M. A. M. D. Multi-enzymatic complex on growth performance, blood parameters, and economic viability in piglets. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 46, p. e60011, 2024.

PEREZ-PALENCIA, J. Y., SAMUEL, R. S., & LEVESQUE, C. L. Supplementation of protease to low amino acid diets containing superdose level of phytase for wean-to-finish pigs: effects on performance, postweaning intestinal health and carcass characteristics. **Translacional Animal Science**, v. 5, n. 2, 2021.

REZENDE, I. M. B. D., DUTRA JUNIOR, W. M., REZENDE, F. M. D., PALHARES, L. O., LUDKE, M. D. C. M. M., & RABELLO, C. B. V. Digestibility

of the cottonseed meal with or without addition of protease and phytase enzymes in swine diet. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 34, n. 3, p. 259-265, 2012.

ROSTAGNO, H. S., ALBINO, L. F. T., HANNAS, M. I., JUAREZ LOPES DONZELE., SAKOMURA, N. K., PERAZZO, F. G., SARAIVA, A., TEIXEIRA, M. L., RODRIGUES, P. B., OLIVEIRA, R. F., BARRETO, S. L. T., & BRITO, C. O. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos**. 4. Ed. – Viçosa: Departamento de Zootecnia, UFV, 2017. 488 p.: il.; 22cm.

TORRES-PITARCH, A. MCCORMACK, U. M., BEATTIE, V. E., MAGOWAN, E., GARDINER, G. E., PÉREZ-VENDRELL, A. M., & LAWLOR, P. G. Effect of phytase, carbohydrase, and protease addition to a wheat distillers dried grains with solubles and rapeseed-based diet on in vitro ileal digestibility, growth, and bone mineral density of grower-finisher pigs. **Livestock Science**, v. 216, p. 94-99, 2018.

TORRES-PITARCH, A., MANZANILLA, E. G., GARDINER, G. E., O'DOHERTY, J. V., & LAWLOR, P. G. Systematic review and meta-analysis of the effect of feed enzymes on growth and nutrient digestibility in grow-finisher pigs: Effect of enzyme type and cereal source. **Animal Feed Science and Technology**, v. 251, p. 153-165, 2019.

TOUS, N., TARRADAS, J., FRANCESCH, M., FONT-I-FURNOLS, M., & ADER, P., TORRALLARDONA, D. Effects of exogenous 6-phytase supplementation (ec 3.1.3.26) on performance, calcium and phosphorus digestibility, mineralization and bone density in weaned piglets. **Animals**, v. 11, n. 6, p. 1787, 2021.

VIER, C. M., DRITZ, S. S., WU, F., TOKACH, M. D., DEROUCHÉY, J. M., GOODBAND, R. D., & WOODWORTH, J. C. Effects of standardized total tract digestible phosphorus on growth performance of 11- to 23-kg pigs fed diets with or without phytase. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 10, p. 4032-4040, 2019.

LÊ, S., JOSSE, J., & HUSSON, F. Factominer: An R package for multivariate analysis. **Journal of statistical software**, v. 25, p. 1-18, 2008.