

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**SUPLEMENTAÇÃO DA BETA-MANANASE EM DIETAS COM RESTRIÇÃO
ENERGÉTICA**

FLÁVIA BEATRIZ CARVALHO CORDEIRO

**SALVADOR – BA
SETEMBRO – 2023**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**SUPLEMENTAÇÃO DA BETA-MANANASE EM DIETAS COM RESTRIÇÃO
ENERGÉTICA**

FLÁVIA BEATRIZ CARVALHO CORDEIRO
Zootecnista

**SALVADOR – BA
SETEMBRO – 2023**

FLÁVIA BEATRIZ CARVALHO CORDEIRO

**SUPLEMENTAÇÃO DA BETA-MANANASE EM DIETAS COM
RESTRIÇÃO ENERGÉTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Produção Animal

Orientadora: Prof.^a Dra. Juliana Cantos de Faveri

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho

**SALVADOR – BA
SETEMBRO – 2023**

Dados internacionais de catalogação-na-publicação
(SIBI/UFBA/Biblioteca Universitária Reitor Macedo Costa)

Cordeiro, Flávia Beatriz Carvalho.
Suplementação da beta-mananase em dietas com restrição energética / Flávia Beatriz Carvalho
Cordeiro. - 2023.
50 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Juliana Cantos de Faveri.
Coorientador: Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Escola de Medicina Veterinária e
Zootecnia, Salvador, 2023.

1. Zootecnia. 2. Nutrição animal. 3. Suínos - Alimentação e rações. 4. Enzimas. I. Faveri, Juliana
Cantos de. II. Universidade Federal da Bahia. Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia. III. Título.

CDD - 636.4085

CDU - 636.4

**“SUPLEMENTAÇÃO DA BETA-MANANASE EM DIETAS COM RESTRIÇÃO
ENERGÉTICA”**

Flávia Beatriz Carvalho Cordeiro

**Dissertação defendida e aprovada para obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia**

Salvador, 29 de agosto de 2023

Comissão examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **JULIANA CANTOS FAVERI**
Data: 03/10/2023 14:50:58-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dra. Juliana Cantos Faveri
UFBA
Orientadora / Presidente

Documento assinado digitalmente
 **LUIZ VITOR OLIVEIRA VIDAL**
Data: 29/09/2023 16:13:08-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dr. Luiz Vítor Oliveira Vidal
UFBA

Documento assinado digitalmente
 **PRISCILA FURTADO CAMPOS**
Data: 29/09/2023 17:28:44-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dra. Priscila Furtado Campos
UFRB

“É preciso força pra sonhar e perceber que a estrada vai além do que se vê.”

(Los Hermanos)

“Eu sei que não há nenhuma provação maior do que eu possa suportar...os sonhos de Deus são maiores que os meus, por isso vale a pena acreditar!”

(Preto no Branco)

Ao meu esposo Luan.

Ao nosso amado filho Francisco.

Aos nossos filhos de quatro patas.

Com todo meu amor.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todo amor, cuidado e proteção durante essa jornada.

Ao meu esposo Luan, por nunca permitir que eu desistisse, mesmo quando as dificuldades pareciam impossíveis de superar. Obrigada, meu amor, por todo afeto, cumplicidade, parceria e paciência.

Aos meus pais, por todo incentivo e por acreditarem no meu sonho.

Aos meus amigos Rodrigo, Olga e Douglas que me acompanham desde o início do mestrado e dividiram comigo muitos momentos bons, divertidos, mas também as dores e dificuldades do processo.

À minha orientadora Juliana, pela parceria, ensinamentos e compreensão.

Ao professor Paulo Levi, pela oportunidade de conduzir um experimento na área de suinocultura e por toda ajuda no meu processo de mudança para o Paraná.

À Universidade Federal da Bahia e à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pela oportunidade de seguir com uma pós graduação e ampliar meus conhecimentos sobre a produção animal.

A todos os professores envolvidos nesse processo.

À FAPESB, pela concessão da bolsa, que permitiu a minha continuidade na pós graduação.

A todos os funcionários da fazenda experimental da UNIOESTE, por toda a ajuda, momentos de descontração e paciência, em especial Giovan e Razani.

Aos grupos de estudo GEMBA e GEPS, obrigada por toda ajuda e experiência compartilhada.

Às amigadas que nutri dentro desses grupos, Keila, Otávio, Railma, Stefani, Yasser, Mayara e Breno. Obrigada pela escuta, pelos abraços nos momentos mais difíceis e por todas as risadas que compartilhamos.

Às minhas psicólogas Mariana Herdt e Bruna Taubert, obrigada por me ajudarem a enxergar que sou capaz e merecedora desse título.

A todos vocês, minha eterna gratidão.

LISTA DE TABELAS**Página**

Tabela 1. Composição centesimal das dietas experimentais para suínos alimentados com a enzima beta-mananase nas fases de crescimento.....	15
Tabela 2. Critério de avaliação de índice de diarreia em suínos.....	19
Tabela 3. Efeito adicional da Beta-mananase na alimentação de suínos sobre os coeficientes de digestibilidade e nutrientes digestíveis para suínos em fase de crescimento pelo método de coleta parcial.....	23
Tabela 4. Efeito da B-mananase na alimentação de suínos sobre o desempenho zootécnico.....	24
Tabela 5. Efeitos da enzima na alimentação de suínos sobre as concentrações de parâmetros sanguíneos nas fases de crescimento (II).....	26
Tabela 6. Efeitos da Beta-mananase na alimentação de suínos sobre o escore fecal nas fases de crescimento (I e II).....	27
Tabela 7. Efeitos da Beta-mananase na alimentação de suínos sobre a taxa de passagem do alimento.....	29
Tabela 8. Efeitos da Beta-mananase na alimentação de suínos sobre os atributos da carcaça na fase de crescimento II.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGCC – ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA

AGV – ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS

CA – CONVERSÃO ALIMENTAR

CDAEB – COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DA ENERGIA BRUTA

CDAMO – COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DA MATÉRIA ORGÂNICA

CDAMS – COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DA MATÉRIA SECA

CDAPB – COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DA PROTEÍNA BRUTA

CIA – CINZA ÁCIDA INSOLÚVEL

CMEB – COEFICIENTE DE METABOLIZABILIDADE DA ENERGIA BRUTA

CDR – CONSUMO DIÁRIO DE RAÇÃO

DC0 – DIETA CONTROLE

DC30 – DIETA CONTROLE COM ADIÇÃO DE BETA-MANANASE (300G/T) COM 30 KCAL E XILANASE COM 40 KCAL

DC45 – DIETA CONTROLE COM ADIÇÃO DE BETA-MANANASE (300G/T) COM 45 KCAL E XILANASE COM 40 KCAL

DC60 – DIETA CONTROLE COM ADIÇÃO DE BETA-MANANASE (300G/T) COM 60 KCAL E XILANASE COM 40 KCAL

DDGS – GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS

EA – EFICIÊNCIA ALIMENTAR

EB – ENERGIA BRUTA

ED – ENERGIA DIGESTÍVEL

EM – ENERGIA METABOLIZÁVEL

ET – ESPESSURA DE TOUCINHO

FA – FIBRA ALIMENTAR

GPD – GANHO DE PESO DIÁRIO

LDN – LIPOGÊNESE DE NOVO

MS – MATÉRIA SECA

MSD – MATÉRIA SECA DIGESTÍVEL

MOD – MATÉRIA ORGÂNICA DIGESTÍVEL

N – NITROGÊNIO

PD – PROTEÍNA DIGESTÍVEL

pH – POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

PL – PROFUNDIDADE DE LOMBO

PNA – POLISSACARÍDEO NÃO AMILÁCEO

RIIA – RESPOSTA IMUNE INDUZIDA POR ALIMENTO

TEA – TAXA DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR

TCA – TAXA DE CONVERSÃO ALIMENTAR

TGI – TRATO GASTROINTESTINAL

SUMÁRIO**SUPLEMENTAÇÃO DA BETA-MANANASE EM DIETAS COM RESTRIÇÃO ENERGÉTICA**

	Página
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Desafios na suinocultura brasileira	3
2.2. Fisiologia da digestão de carboidratos em suínos	4
2.3. Polissacarídeos não amiláceos (PNAs) na nutrição de suínos – Beta mananos	5
2.4. Uso de enzimas exógenas na alimentação animal	8
2.5. A enzima beta-mananase	11
3. MATERIAIS E MÉTODOS	13
3.1. Delineamento experimental, animais, alojamento e dietas	13
3.2. Desempenho zootécnico	16
3.3. Ensaio de digestibilidade aparente dos nutrientes	16
3.4. Taxa de passagem	18
3.5. Escore fecal	18
3.6. Parâmetros sanguíneos	19
3.7. Análise estatística	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5. CONCLUSÕES	30
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

SUPLEMENTAÇÃO DA BETA-MANANASE EM DIETAS COM RESTRIÇÃO ENERGÉTICA

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do uso da enzima beta-mananase sobre a nutrição de suínos em fase de crescimento e sua influência sobre características de desempenho zootécnico, qualidade de carcaça *in vivo*, digestibilidade aparente dos nutrientes da ração, parâmetros sanguíneos, taxa de passagem e escore fecal. Foram utilizados um total de 40 suínos machos mestiços inteiros, com peso médio inicial de $26,09 \pm 0,957$ distribuídos aleatoriamente em um delineamento de blocos casualizados, com 4 tratamentos e 10 repetições, sendo uma dieta controle (DC0) e 3 dietas experimentais, onde houve adição da beta-mananase (300g/t) quando as dietas foram formuladas com redução energética em 30 kcal (DC30), 45 kcal (DC45) e 60 kcal (DC60). As análises estatísticas foram realizadas através do programa SAS University Edition, onde os dados foram verificados por meio da ANCOVA ou ANOVA, considerando um nível de 10,0% de probabilidade. Entre os tratamentos dietéticos com suplementação enzimática houve diferença significativa ($P < 0,05$) para as variáveis CDAMS (%), CDAPB (%), CDAMO (%), CDAEB (%), MSD (%) e PD (%). Foram observados melhores índices de EA e CA no tratamento DC45, quando comparado aos demais. A utilização da enzima não afetou as características de carcaça *in vivo*, taxa de passagem ou escore fecal dos animais. Em conclusão, a utilização da enzima beta-mananase em associação com a enzima xilanase, promoveu melhor aproveitamento dos nutrientes, implicando num melhor desempenho zootécnico, podendo ser utilizada como uma forma de reduzir o aporte energético na formulação das rações, logo, possibilitando uma redução nos custos com a alimentação de suínos.

Palavras-chave: beta-mananos, desempenho, digestibilidade, suinocultura.

ABSTRACT

The present study aims to evaluate the effects on the zootechnical performance traits, in vivo carcass quality, apparent digestibility of nutrients of the food, blood parameters, passage rate and fecal score when the beta-mannanase enzyme is used for the nutrition of growing pigs. We used a total of 40 crossbred male pigs with an initial average weight of 26.09 ± 0.957 . They were randomly distributed following a randomized block design, composing 4 treatments with 10 repetitions each. The treatments consist in 1 control (DC0) and 3 experimental diets with the addition of beta-mannanase (300g/t) where there was energy reduction in 30 kcal (DC30), 45 kcal (DC45) or 60 kcal (DC60). The statistical analyzes were performed using the SAS University Edition software and we used ANCOVA or ANOVA, considering a 10.0% probability level, to verify the data. Among dietary treatments with the enzyme supplementation, there was a significant difference ($P < 0.05$) for the variables CDAMS (%), CDAPB (%), CDAMO (%), CDAEB (%), MSD (%) and PD (%). Better EA and CA rates were observed in the DC45 treatment when compared to the others. The use of the enzyme did not affect the in vivo carcass characteristics, passage rate or fecal score of the animals. In conclusion, the use of the beta-mannanase enzyme in association with the xylanase enzyme promoted a better use of the nutrients, which implies a better zootechnical performance, meaning it can be used as a way to reduce the energy input in the formulation of food, hence, allowing a reduction in the production costs.

Keyword: beta-mannan, digestibility, performance, swine farming.

1. INTRODUÇÃO

A carne suína é classificada como a fonte de proteína animal mais consumida mundialmente. O Brasil ocupa o 4º lugar neste ranking, devido a intensa tecnificação na suinocultura brasileira, principalmente nos estados que compõem a região sul do país (ABPA, 2023).

Inovações tecnológicas são constantemente exigidas dos pesquisadores da área de nutrição animal, como forma de diminuir custos de produção e melhorar a eficiência alimentar dos animais. Dentre tais medidas, uma das mais adotadas é a utilização de enzimas exógenas como forma de melhorar a utilização dos ingredientes da ração. Essas enzimas são produzidas comercialmente através da fermentação de microrganismos e as mais utilizadas na produção animal são as carboidrases.

A adição de carboidrases na dieta de suínos, permite a hidrólise da membrana externa dos grãos vegetais que compõem a dieta, onde estão presentes os PNAs que não sofrem ação das enzimas digestivas de animais monogástricos. Dessa forma, as carboidrases exógenas, ao degradar a membrana externa desses grãos, permite o acesso das enzimas endógenas aos nutrientes, promovendo uma melhor absorção e utilização desses nutrientes pelos animais (ADEOLA E COWIESON, 2011). O uso de carboidrases é fortemente adotado pela indústria suinícola com o objetivo de possibilitar uma redução do aporte energético e conseqüentemente dos custos da ração (AFTAB; BEDFORD, 2018).

A enzima beta-mananase é uma carboidrase produzida a partir da fermentação da bactéria *Paenibacillus lentus* e tem como principal objetivo hidrolisar moléculas de beta-mananos, que são polissacarídeos não amiláceos presentes no grão de soja. A presença de beta-mananos nos ingredientes da ração afeta negativamente o desempenho zootécnico dos animais, pois são responsáveis por desviar energia que seria destinada ao ganho de peso para criar uma resposta imune induzida por alimento (RIIA) no organismo dos animais (DUNCAN et. al, 2002).

Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos da utilização da enzima beta-mananase sobre o desempenho de suínos em fase de crescimento,

submetidos a uma dieta controle com redução energética em 30kcal, 45kcal e 60kcal, analisando variáveis de desempenho zootécnico, características de carcaça *in vivo*, digestibilidade aparente dos nutrientes da ração, metabolitos sanguíneos, taxa de passagem e escore fecal.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Desafios na suinocultura brasileira

Segundo dados coletados em 2022 pela Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), o Brasil produziu 4,9 milhões de toneladas de carne suína, sendo o estado do Paraná, responsável por 19,20% do abate de suínos do país no referente ano. Além disso, o relatório expõe que globalmente, o Brasil continua ocupando o 4º lugar em produção e exportação de suínos, como mostram relatórios publicados em anos anteriores (ABPA, 2023).

Tratando-se de uma proteína amplamente produzida, sendo 113.775 toneladas em 2022 mundialmente, e no Brasil o consumo per capita sendo estimado em 18 kg/hab no mesmo ano (ABPA, 2023), e considerando que dentre os custos totais envolvidos na produção de suínos, cerca de 70% é referente a alimentação animal, é importante estudar sobre estratégias que visam controlar esses custos. Os elevados custos com alimentação animal se dão principalmente pela alta nos preços dos insumos necessários para compor a dieta, predominantemente grãos como o milho e a soja, em que na composição de uma ração basal para suínos em fase de crescimento são as principais fontes recomendadas de energia e proteína, respectivamente (ROSTAGNO et.al, 2017).

Entre os anos 2016 e 2021, houve um aumento significativo nos custos de produção de milho e soja no Brasil, sendo uma variação de R\$32,39 para R\$52,49 por saca de 60kg do milho, e uma variação de R\$52,97 para R\$99,82 por saca de 60kg da soja, refletindo um aumento de 62,06% e 88,45% nos custos de produção para os respectivos grãos (dados correspondentes a produção de grãos em Londrina-PR nos referentes anos) (CONAB, 2022).

Analisando o aumento nos custos com alimentação suinícola no Paraná, observa-se uma variação no custo de produção por quilo de suíno vivo, sendo que em maio de 2016 o custo era de R\$3,06/kg e em maio de 2021 o custo calculado foi de R\$5,92/kg, percebendo-se um aumento de 93,46% nos custos com alimentação, é possível avaliar que o aumento nos custos de produção de grãos implica diretamente nos custos com

alimentação de suínos, uma vez que o milho e soja correspondem aos grãos mais utilizados para essa finalidade (CONAB, 2022).

Além de implicar no aumento dos custos de produção, a utilização desses grãos na alimentação animal também pode ser limitada pela presença de fatores antinutricionais, como, por exemplo, os polissacarídeos não amiláceos (PNAs). Os PNAs são constituintes das paredes celulares de vegetais, sendo seus principais componentes a celulose, hemicelulose e pectina, que interferem negativamente na digestibilidade do alimento e, conseqüentemente, na conversão alimentar e no desempenho dos animais (FRANCIS, MAKKAR, E BECKER, 2001).

2.2. Fisiologia da digestão de carboidratos em suínos

O trato gastrointestinal (TGI) de suínos é composto de boca, faringe, esôfago, estômago, intestino delgado, intestino grosso e ânus, tendo como órgãos anexos o pâncreas e o fígado. Dentre suas principais funções, o TGI é responsável pelo armazenamento de alimentos, o transporte do bolo alimentar e a digestão. No processo de digestão os nutrientes provenientes da alimentação são degradados e posteriormente absorvidos de forma que são transferidos para a circulação sanguínea e destinados aos demais tecidos do organismo animal. A fração dos alimentos que não é absorvida pode servir como substrato para a microbiota presente no TGI (METGES, 2010).

A digestão dos carboidratos é iniciada na boca, através da ação de secreções salivares que contêm, em pequenas quantidades, uma enzima chamada α -amilase, capaz de quebrar as ligações 1,4 das moléculas de glicose presentes no amido. No estômago, a α -amilase é inativada pelo pH ácido predominante. Portanto a digestão mais efetiva dos carboidratos ocorre no intestino dos suínos.

A parede do intestino delgado é composta de pregas e projeções da mucosa para dentro do lúmen, chamadas de vilosidades, e entre as vilosidades estão presentes algumas dobras da membrana celular voltadas para o interior das células, chamadas criptas. Vilosidades e criptas, juntamente com pregas conhecidas como microvilosidades, presentes na superfície apical da célula, aumentam a área de superfície para digestão e absorção de nutrientes. Supõe-se que vilosidades mais longas ou uma área maior de vilosidades podem ser associadas a uma maior capacidade de absorção. A profundidade

da cripta pode indicar de maneira geral, a maturidade e a capacidade funcional dos enterócitos (HAMPSON, 1986; FERRARIS e CAREY, 2000).

O epitélio intestinal é constantemente renovado de forma que as células intestinais tem um tempo de vida relativamente curto, que varia entre 2 e 10 dias, permitindo assim que o epitélio reaja a certas mudanças, como alteração no tipo de substrato e a entrada de patógenos, toxinas e alérgenos no órgão, dessa forma a função do intestino afeta diretamente a saúde dos animais (FAN *et al.*, 2001).

Ao passar pelo intestino delgado, o bolo alimentar sofre ação dos sucos biliar, pancreático e entérico. Os carboidratos provenientes da dieta sofrem a ação da α -amilase pancreática, que degrada o amido em glicose, maltose, maltotriose e dextrina durante a digestão intraluminal, e durante a digestão terminal, o quimo sofre a ação das enzimas presentes no suco entérico da borda em escova, tais como maltase, sacarase e lactase (MONTAGNE *et al.*, 2007).

O suco entérico secretado pela mucosa do intestino grosso é desprovido de enzimas, porém apresenta uma microflora bastante heterogênea. As fibras alimentares, fração dos carboidratos que não são digeridos no intestino delgado, são submetidas a ação da microbiota presente no intestino grosso, e produzem ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), principalmente acetato, propionato e butirato. Esses ácidos são absorvidos eficientemente, podem diminuir o pH luminal, atuar como bactericida contra microrganismos patogênicos potenciais e contribuir com até 15% de energia das exigências de EM de suínos em crescimento (DIERICK *et al.*, 1989; GAUDIER *et al.*, 2004). Os produtos gerados a partir da degradação de carboidratos podem ser absorvidos pelo intestino por absorção ativa ou difusão facilitada (ZIJLSTRA *et al.*, 2012).

2.3. Polissacarídeos não amiláceos (PNAs) na nutrição de suínos – Beta mananos

A fibra alimentar corresponde a fração do alimento que não é digerível pelas enzimas endógenas do organismo animal e pode gerar impactos negativos no processo de

digestão dos alimentos, pois interage fisicamente com a mucosa e com a microbiota intestinal (KNUDSEN; HEDEMANN; LAERKE, 2012).

Polissacarídeos não amiláceos (PNAs), os principais constituintes da fibra alimentar, são macromoléculas constituída de polímeros de açúcares simples e atuam como componentes estruturais da parede celular de grãos cereais como o milho, soja e trigo. Os PNAs são representados principalmente por: moléculas de celulose, hemicelulose, pectinas, polifenóis e lignina, e têm como principal característica a resistência à hidrólise por enzimas endógenas presentes no TGI de animais não ruminantes. Alguns PNAs mais comuns e de interesse nutricional são os arabinosilanos, β -glucanos, mananos, galactanos e xiloglucanos, compostos por cadeias de glicose unidas por ligações β -1,4 que podem ser classificados conforme a sua solubilidade em meio aquoso (CHOCT, 2015)

São definidos como PNAs insolúveis (celulose, algumas hemiceluloses e lignina) aqueles que apresentam entre as moléculas de glicose ligações formando uma estrutura cristalina que impede sua hidratação e solúveis (hemicelulose, pectinas e gomas), aqueles que apresentam em sua estrutura ligações que não formam uma estrutura cristalina, permitindo assim a interação com moléculas de água. O milho e a soja apresentam cerca de 0,1% e 2,7% de PNAs solúveis, respectivamente, e o teor de PNAs insolúveis chegam a 8,0% no grão de milho e 16,5% no grão de soja, com base na porcentagem de matéria seca (CHOCT, 1997).

A solubilidade da fibra alimentar interfere no seu potencial de fermentação. Diferente da fibra insolúvel, a fibra solúvel, após a hidratação, incha, com isso, há o aumento da superfície de contato com polissacarídeos com a microbiota intestinal, que permite maior ação e a modificação da flora intestinal, garantindo à fibra solúvel maior potencial fermentativo no TGI dos animais. Desta forma, as propriedades antinutricionais das fibras alimentares são devidos principalmente a sua fração solúvel. (AGYEKUM; NYACHOTI, 2017; OAKENFULL, 2001).

O conhecimento do potencial fermentativo da fibra é importante nutricionalmente, pois indica a obtenção de energia através desse componente alimentar, uma vez que, a fibra alimentar pode estimular a síntese de lipídios microbianos endógenos no intestino

posterior (GUTIERREZ *et al.*, 2016), sendo assim, os suínos obtêm energia da fibra quando, após a fermentação microbiana, há produção e absorção de ácidos graxos voláteis (AGV) (URRIOLA *et al.*, 2012).

O alto teor de PNAs solúveis na dieta tende a formar uma solução gelatinosa a que podemos relacionar à viscosidade da dieta, esse aumento da viscosidade no TGI dos animais pode interferir na digestão e absorção dos demais nutrientes pois impede o contato do substrato com as enzimas digestivas no intestino delgado suíno, reduzindo significativamente a digestibilidade aparente da dieta, causando impactos negativos no desempenho zootécnico (SINHA *et al.*, 2011).

Suínos alimentados com vegetais contendo maior teor de fibra alimentar (FA) quando comparado ao teor de amido não apresentaram desempenho zootécnico adequado, pois essa dieta possui menor nível de energia disponível, uma vez que a FA não sofre a ação de enzimas endógenas, por sua estrutura apresenta apenas ligações β , impossibilitando sua degradação (KNUDSEN, 2011).

Os β -mananos são polissacarídeos não amiláceos que podem ser encontrados na fração hemicelulose da fibra alimentar, são estruturas complexas e resistentes a tratamentos térmicos como, por exemplo, a secagem e tostagem dos grãos, comumente encontrados em uma variedade de ingredientes que compõem a alimentação animal, incluindo o farelo de soja, farinha de palma forrageira, farinha de copra e farinha de canola.

Sendo a soja o grão mais utilizado como fonte proteica nas rações de animais não ruminantes e considerando que o maior teor de β -mananos está presente na casca dos grãos vegetais, foi relatado na literatura que amostras de farelo de soja descascada apresentaram até 1,51% de β -mananos em sua composição e amostras de farelo de soja com casca apresentaram até 2,14% desses PNAs (HSIAO *et al.*, 2006).

Essas moléculas causam grande impacto sobre a saúde intestinal de animais não ruminantes, pois possuem uma estrutura molecular semelhante a alguns patógenos, o que pode desencadear estimulação imunológica. Ao provocar uma resposta imune induzida por alimento, através do estímulo do sistema imunológico inato da mucosa intestinal,

aumentando a concentração de citocinas ativadoras de macrófagos e monócitos no organismo e desta forma, causando uma reação sintomática inflamatória no órgão. (DUNCAN *et. al*, 2002).

A presença de β -mananos na dieta tende a diminuir o ganho de peso diário (GPD) de animais quando não há suplementação enzimática. Outro fator a ser considerado é que por aumentar a viscosidade da dieta, e conseqüentemente diminuir a absorção dos nutrientes. Daskiran *et al.* (2004), relataram em um estudo com frangos de corte que o consumo de água é excessivo ao nível que a inclusão de β -mananos aumentam na dieta, isso ocorre devido a maior necessidade das aves em manter o contato de enzimas digestivas com os substratos, uma vez que a viscosidade promovida pela presença de PNAs retarda o esvaziamento gástrico, e diminui a atuação de enzimas endógenas sobre os nutrientes aumentando a superfície de contato entre enzima e substrato. Os autores também relataram que, devido ao consumo energético causado pela RIIA, cerca de 3% da energia metabolizável (EM) total é consumida e se torna indisponível para o desempenho de crescimento dos animais.

Diante dos problemas relacionados à presença de PNAs e suas propriedades antinutricionais, a utilização de enzimas exógenas que agem sobre eles na alimentação animal é necessária, de forma a diminuir a viscosidade da dieta, oferecer um melhor aproveitamento dos nutrientes e melhores condições de saúde intestinal e conseqüente melhores resultados zootécnicos.

2.4. Uso de enzimas exógenas na alimentação animal

Os processos biológicos que ocorrem dentro do organismo animal são, em sua maioria, catalisados por proteínas globulares chamadas de enzimas. Reações não catalisadas tendem a ser lentas, e as enzimas são responsáveis por proporcionarem um aumento da velocidade das reações químicas envolvidas no metabolismo animal, sem perder sua funcionalidade e estrutura durante o processo (CHAMPE; HARVEY; FERRIER, 2006). As enzimas agem de forma muito específica sobre o substrato, através do sítio ativo, uma região da enzima que se complementa estruturalmente ao substrato,

além disso são necessários pH, umidade e temperatura adequados para que a ação da enzima ocorra, sejam elas endógenas ou exógenas. (BEDFORD; COWISON, 2012).

Através de avanços científicos aplicados à área de biotecnologia, grandes empresas conseguem produzir, através do processo fermentativo de microrganismos como fungos e bactérias, enzimas que podem ser utilizadas na nutrição animal, e que não são sintetizadas no organismo animal, com o propósito de melhorar a digestibilidade e aproveitamento de alimentos que são utilizados como ingredientes das rações. Essas enzimas são produzidas principalmente a partir da fermentação de alguns gêneros de microrganismos como *Penicillium*, *Aspergillus* e *Trichoderma* (LIMA *et al.*, 2005).

Almejando reduzir os custos com a alimentação na produção de suínos, o uso de enzimas exógenas é uma alternativa viável, possibilitando um melhor aproveitamento dos ingredientes da ração, bem como uma redução na inclusão de energia na formulação das rações. Levando em consideração que as rações utilizadas na alimentação de suínos são formuladas, em sua grande maioria, à base de milho e soja, e que esses ingredientes apresentam uma quantidade significativa de polissacarídeos não amiláceos em sua estrutura, faz-se necessário a inclusão de enzimas exógenas na alimentação desses animais, para que haja um melhor aproveitamento desses ingredientes através da degradação da fração fibrosa do alimento.

Ao *et al.* (2011), utilizando um coquetel de enzimas (α -galactosidase, protease e β -mananase), na alimentação de suínos, constataram que a suplementação enzimática promoveu melhor desempenho zootécnico, devido a melhora na digestibilidade energética que ocorreu após a ação das enzimas na degradação de polissacarídeos não amiláceos presentes na dieta controle.

Dentre as enzimas exógenas utilizadas na alimentação de animais não ruminantes, as carboidrases ganham maior destaque por promoverem maior liberação de energia utilizando a fibra alimentar presente nos ingredientes da ração, além disso, as enzimas que degradam polissacarídeos não amiláceos, quando incluídas na dieta de frangos de corte, por exemplo, podem atuar como promotores de crescimento, e este fato pode estar associado ao seu potencial de estimular a microbiota intestinal, aumentando a população de microrganismos benéficos, produtores de AGCC – ácidos graxos de cadeia curta

(acetato, propionato e butirato), pela fermentação de oligossacarídeos que possuem alto potencial como prebióticos (AFTAB; BEDFORD, 2018; MASEY-O'NEILL *et al.*, 2014).

O uso de complexos enzimáticos, como a associação de xilanase, amilase, protease e fitase, em dietas com redução energética destinadas a animais não ruminantes, podem proporcionar resultados semelhantes aos valores de desempenho zootécnico encontrados quando os animais são alimentados com uma dieta a níveis energéticos adequados. Além disso, foi observado que a suplementação dietética de β -glucanase em combinação com xilanase, alterou a microbiota jejunal de leitões, proporcionando uma diminuição do estado inflamatório local e sistêmico nesses animais, além de um aumento do desempenho zootécnico ocasionado por uma melhora na morfologia intestinal (DUARTE, 2021).

Em dietas a base de milho e soja, levando em consideração que esses grãos apresentam uma quantidade expressiva de PNAs, principalmente arabinosilano, α -galactosídeos e β -galactomanano, a suplementação de 0,05% das enzimas exógenas α -amilase, β -mananase e protease pode proporcionar melhor desempenho zootécnico aos animais, podendo ser aplicada também tal suplementação enzimática em dietas com a inclusão de alimentos não convencionais como farinha de canola, farinha de polpa seca do coco e farinha de palma forrageira, quando utilizados como substitutos parciais do milho e da soja (JO *et al.*, 2012).

São muitas as vantagens da utilização de enzimas exógenas na alimentação animal, como supracitado, a suplementação enzimática promove quebra de PNAs, aumenta a digestibilidade dos alimentos, atua sobre a saúde intestinal dos animais e exerce impacto sobre o meio ambiente através do melhor aproveitamento dos alimentos, que resulta numa redução do volume das excretas. Além disso, é possível baratear o custo da ração utilizando coprodutos como substitutos parciais dos alimentos convencionais associando essa substituição a uma suplementação enzimática adequada (BEDFORD E PARTRIDGE, 2011). Para que a atuação das enzimas ocorra de forma eficiente, devem ser consideradas todos os critérios de funcionalidade da enzima, como sua termoestabilidade e sua devida proteção para temperatura, pH e umidade, também devem ser considerados fatores relacionados aos animais, como idade e sanidade, e à ração, como

processamento térmico, manejo e condições de armazenamento (DOURADO *et al.*, 2014).

2.5. A enzima beta-mananase

A enzima β -mananase pode ser obtida através de fungos, bactérias, sementes de plantas e algas marinhas, sendo a opção mais viável para a produção desta enzima em larga escala, a produção via fermentação de microrganismos devido ao baixo custo de produção e alta taxa produtiva. A β -mananase utilizada no presente estudo é proveniente de bactérias em forma de bastonetes, formadoras de endósporos e especificada como *Paenibacillus lentus* que atua sobre β -mananos comumente presentes no grão de soja. Esta enzima (endo-1,4-D-mananase) age hidrolisando, de forma aleatória, as ligações das cadeias principais β -1,4-glicosídicas de galactoglucomananos, galactomananos e mananos, liberando cadeias lineares e ramificadas de mananoligossacarídeos que posteriormente são hidrolisados a monómeros (β -manosidase e α -galactosidase) (MCCLEARY, 1986; OOI; KIKUCHI, 1995).

Petty *et al.* (2002) ao realizar um experimento onde avaliou-se os efeitos da adição de β -mananase em dietas convencionais sobre o desempenho zootécnico e digestibilidade de nutrientes para suínos em crescimento e terminação, notaram que a adição de 0,05% de β -mananase aumentou GDMP ($P < 0,05$) quando comparado com a dieta controle, bem como diminuiu CRMD nos animais suplementados.

Na literatura também foi relatado que, quando adicionada a uma dieta livre de antibióticos e anticoccidianos para frangos de corte, a enzima β -mananase melhorou o GDMP e CA durante as fases inicial e de crescimento, sendo observado que, adicionando a enzima à ração numa proporção de 100 UM/ton, o ganho de peso foi melhorado em até 120g de peso vivo, sugerindo que a redução da viscosidade e consequente melhor digestão e absorção dos nutrientes foi a principal razão para um melhor desempenho de crescimento (JACKSON *et al.*, 2004). Foi observado uma redução da RIIA pelo menor conteúdo de macrófagos e monócitos no sangue, fato esse associado a ação da enzima na degradação dos β -mananos e redução do estímulo ao sistema imunológico inato dos animais (JACKSON *et al.*, 2004).

Ao reduzir a densidade energética da ração em 120 kcal, é possível observar que, para suínos em fase de terminação, a inclusão de 0,05% da enzima β -mananase pode proporcionar GPD, EA e CRD semelhantes aos valores encontrados quando os animais são alimentados com a dieta controle a níveis energéticos adequados (CHO; KIM, 2013; YOON *et. al*, 2009). A enzima β -mananase quando adicionada a uma dieta à base de cevada e farelo de soja, pode modificar características morfológicas do TGI, onde o comprimento e a largura das vilosidades e profundidade das criptas no duodeno, jejuno e íleo foram alterados positivamente para frangos de corte (KARIMI; ZHANDI, 2014).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente a Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, na cidade de Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil. Todos os procedimentos experimentais realizados foram aprovados pelo comitê de ética no uso de animais de produção (Protocolo 017/2022 - CEUAP) da UNIOESTE.

3.1. Delineamento experimental, animais, alojamento e dietas

Um total de 40 suínos machos mestiços inteiros de alto potencial genético (Landrace × Large White, Agrocercos[♂], 100% AGPIC, > 80% AGPIC 337 + pequena parte de AGPIC 359 e DanBred[♀], afixo DB 90), com peso corporal inicial médio de $26,09 \pm 0,957$ foram alocados aleatoriamente em um delineamento de blocos casualizados completos, com 4 tratamentos e 10 repetições, totalizando 40 unidades experimentais com um animal cada, sendo o animal a unidade experimental. Os blocos foram formados de acordo com o peso vivo inicial dos animais.

No início do período experimental, os animais foram pesados, identificados com brincos numerados e alojados em uma sala de alvenaria com telhas de cerâmica, contendo baias de piso totalmente compacto (6,34 m²), dispostas em duas fileiras, divididas por um corredor central. Todas as baias eram providas de comedouro semiautomático localizado na parte frontal e bebedouro tipo chupeta.

A temperatura do ambiente e a umidade relativa do ar foram registradas utilizando um datalogger com mostrador digital (Hygro-Thermometer, modelo RT811) instalado no centro do galpão experimental. A temperatura média de $20,40 \pm 6,65$ e umidade relativa do ar média de $63,66 \pm 19,30$ foram registradas durante o período experimental. O controle de temperatura e ventilação no interior do galpão experimental foi realizado com auxílio de cortinas laterais e arborização em ambos os lados.

O período experimental totalizou 42 dias e foi dividido em duas fases experimentais seguindo a recomendação proposta por Rostagno *et al.* (2017), que consistiu em crescimento I (25 dias, 26,00 a 50,35 kg) e crescimento II (17 dias, 50,35 a 70,88 kg). O peso corporal médio do lote foi a base para a mudança de fase.

As dietas foram compostas por uma dieta controle composta de milho e farelo de soja, suplementada com aminoácidos sintéticos atendendo os requerimentos nutricionais dos animais pertencentes a cada categoria de peso, formuladas de acordo com os limites nutricionais propostos por Rostagno *et al.* (2017). Todas as dietas foram fornecidas na forma farelada e fornecidas *ad libitum*.

Os 4 tratamentos experimentais testados foram: (DC0) dieta controle, (DC30) dieta controle com adição de beta-mananase (300g/t) e redução energética de 30 kcal; (DC45) dieta controle com adição de Beta-mananase (300g/t) e redução energética de 45 kcal e (DC60) dieta controle com adição de Beta-mananase (300g/t) e redução energética de 60 kcal.

Tabela 1. Composição centesimal das dietas experimentais para suínos alimentados com a enzima beta-mananase nas fases de crescimento

Ingredientes	Crescimento I				Crescimento II			
	DC0	DC30	DC45	DC60	DC0	DC30	DC45	DC60
Milho grão 7,86%	70,3640	70,3640	70,3640	70,3640	72,7130	72,7130	72,7130	72,7130
Farelo de soja 45,4%	24,7500	24,7500	24,7500	24,7500	22,2040	22,2040	22,2040	22,2040
Fosfato Bicálcico	1,6860	1,6860	1,6860	1,6860	1,4160	1,4160	1,4160	1,4160
Calcário Calcítico	0,6840	0,6840	0,6840	0,6840	0,5920	0,5920	0,5910	0,5910
Inerte	-	0,3320	0,5130	0,6940	-	0,3330	0,5130	0,6940
Óleo de Soja	0,7580	0,3960	0,2160	0,0340	1,4410	1,0780	0,8980	0,7170
Sulfato de Lisina 54,6%	0,5650	0,5650	0,5650	0,5650	0,5560	0,5560	0,5560	0,5560
Sal Comum	0,4480	0,4480	0,4480	0,4480	0,4140	0,4140	0,4140	0,4140
Premix ¹⁾	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000
L-Treonina 96,8%	0,1700	0,1700	0,1700	0,1700	0,1610	0,1610	0,1610	0,1610
DL-Metionina 99,5%	0,1620	0,1620	0,1620	0,1620	0,1435	0,1435	0,1435	0,1435
L-Valina 95,5%	0,0610	0,0610	0,0610	0,0610	0,0180	0,0180	0,0180	0,0180
L-Triptofano 99%	0,0470	0,0470	0,0470	0,0470	0,0360	0,0360	0,0360	0,0360
Beta-mananase	-	0,0300	0,0300	0,0300	-	0,0300	0,0300	0,0300
Erassen 80 ²⁾	0,0062	0,0062	0,0062	0,0062	0,0062	0,0062	0,0062	0,0062
Composição Calculada								
EB, Kcal/kg ³⁾	4.111	3.947	3.961	3.942	4.073	4.094	4.017	3.978
EM, Kcal/kg ⁴⁾	3.260	3.230	3.215	3.200	3.310	3.280	3.265	3.250
Amido, %	42,96	42,96	42,96	42,96	44,24	44,24	44,24	44,24
Proteína bruta, %	17,50	17,50	17,50	17,50	16,44	16,44	16,44	16,44
Lisina dig.%	1,1000	1,1000	1,1000	1,1000	1,0330	1,0330	1,0330	1,0330
Met.+cist digestível, % ⁵⁾	0,6500	0,6500	0,6500	0,6500	0,6090	0,6090	0,6090	0,6090
Treonina, %	0,7150	0,7150	0,7150	0,7150	0,6710	0,6710	0,6710	0,6710
Triptofano, %	0,2310	0,2310	0,2310	0,2310	0,2070	0,2070	0,2070	0,2070
Valina, %	0,7980	6,7400	0,7980	6,7400	0,7130	0,7130	0,7130	0,7130
Cálcio, %	0,7690	0,7690	0,7690	0,769	0,6600	0,6600	0,6600	0,6600
Fibra bruta, %	3,2574	3,2574	3,2574	3,2574	3,1841	3,1841	3,1841	3,1841
Fosforo disponível,%	0,3800	0,3800	0,3800	0,3800	0,3260	0,3260	0,3260	0,3260
Sódio, %	0,1900	0,1900	0,1900	0,1900	0,1760	0,1760	0,1760	0,1760

¹⁾ Premix: mineral e vitamínico – Níveis nutricionais por kg de premix: Mn^{(5.400); (mg/kg)}, Zn^{(13,50); (g/kg)}, Fe^{(10,50); (g/kg)}, Cu^{(2.100); (mg/kg)}, I^{(150); (mg/kg)}, Vitamina A^{(900.000); (UI/kg)}, Vitamina D3^{(180.000); (UI/kg)}, Vitamina E^{(3.000); (UI/kg)}, Vitamina K3^{(270); (mg/kg)}, Vitamina B1^{(120); (mg/kg)}, Vitamina B2^{(570); (mg/kg)}, Vitamina B6^{(120); (mg/kg)}, Vitamina B12^{(2.100); (mcg/kg)}, Niacina^{(3.000); (mg/kg)}, Ácido Pantotênico^{(1.950); (mg/kg)}, Ácido Fólico^{(75); (mg/kg)}, Se^{(90); (mg/kg)}, Fitase^{(166,66); (U/g)}, Xilanase^{(333,33); (U/g)}, Enramicina^{(1.666); (mg/kg)}.²⁾ Erassen 80: Enramicina: Recomendação de 62,5 a 125 g/T de erassen 80, equivalente a 5 a 10 ppm de Enramicina; ³⁾ EB = Energia bruta; ⁴⁾ EM = Energia metabolizável; ⁵⁾ Met+Cis. Dig. % = Metionina + Cisteína Digestível.

3.2. Desempenho zootécnico

Os animais receberam ração e água *ad libitum* durante todo o período experimental. As variáveis de desempenho zootécnico foram avaliadas por meio do peso corporal dos animais e da ração total consumida, descontando as sobras e desperdícios no piso e no comedouro de cada baia, para ajuste do consumo de ração diário médio. O peso corporal dos animais foi registrado no início do experimento (balança digital, modelo BPW-5000, Primax, São Paulo, Brasil) e ao final de cada fase experimental (balança Digi-Tron, modelo - ULB-3000, Curitiba, Paraná, Brasil). Com base nestes dados, foram determinados os valores médios de consumo de diário de ração (CDR, kg/dia), ganho diário de peso (GDP, kg/dia), taxa de conversão alimentar (TCA, kg/kg) e taxa de eficiência alimentar (TEA, %). O CDR foi calculado por meio da diferença entre o fornecimento total de ração subtraído da ração desperdiçada no piso e no comedouro de cada baia, dividido pela duração de cada fase em dias. O GDP foi determinado pelo ganho de peso total da fase dividido pelo total de dias. As TCA e TEA foram avaliadas por meio da relação entre o CDR e GDP.

3.3. Ensaio de digestibilidade aparente dos nutrientes

Com o objetivo de avaliar a digestibilidade aparente por meio da coleta parcial de fezes (método indireto) adicionou às rações testes o indicador CIA (cinza ácida insolúvel, Celite®) na proporção de 10 g/kg de ração ao final das fases de crescimento II. As dietas contendo o indicador fecal Celite® foram homogeneizadas com o auxílio de um misturador vertical, de acordo com as recomendações de Sakomura & Rostagno (2016). Em cada fase, as dietas experimentais adicionadas com o indicador foram fornecidas durante três dias antes do início da coleta e no quarto dia foi realizado a coleta parcial de fezes, conforme metodologia adaptada de Kavanagh *et al.* (2001), em que foram registrados o início e o final do fornecimento das rações, bem como o consumo

real das rações por unidade experimental. As fezes foram coletadas por 12 horas ininterruptas no último dia de fornecimento das rações contendo o indicador. Durante a coleta, as fezes foram armazenadas em sacos de plástico polietileno identificados e mantidas em caixas térmicas com gelo. Após o fim da coleta, as amostras foram armazenadas em freezer (-18°C) para posterior avaliação.

Posteriormente, as amostras foram descongeladas, homogeneizadas, retirada uma alíquota em duplicata (110 g cada), pesadas em balança (bel engineering, modelo M4102, Monza, Itália) e secas em estufa ventilada a 55°C por um período de 72 horas, conforme as recomendações de Silva & Queiroz (2002). Então, as amostras foram moídas em moinho micro pulverizador (R-TE-350; Tecnal Equipamento Científico, Piracicaba, SP, Brasil) e armazenadas em recipientes identificados para análises laboratoriais.

A análise de CIA foi realizada por digestão com ácido clorídrico (4N), seguindo os procedimentos adaptados de Kavanagh *et al.* (2001). A composição bromatológica das rações experimentais e fezes coletadas foram realizadas de acordo com as metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002). As análises de energia bruta das rações e fezes foram realizadas por intermédio da queima de amostras em bomba calorimétrica (IKA®, modelo C200, USA).

Com base nos resultados obtidos das análises em laboratório, foram calculados a porcentagem de recuperação da CIA e os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS%), matéria orgânica (CDAMO%), proteína (CDAPB%), energia (CDAEB%) e energia bruta (CDAEB%) e o coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB%). Os valores de nutrientes e energia digestível foram determinados, como matéria seca digestível (MSD%), matéria orgânica digestível (MOD%), proteína digestível (PD%) e energia digestível (ED kcal/kg), de acordo com as fórmulas estabelecidas por Sakomura & Rostagno (2016).

Fator de Indigestibilidade (FI)

$$FI = \left(\frac{\% CIA Dieta}{\% CIA Fezes} \right)$$

Coefficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes (CDAN % ou kcal/kg)

$$CDAN\% = (100 - (100 * (\frac{\% Cia Dieta}{\% Cia Fezes}) * (\frac{\% Nutrientes Fezes}{\% Nutrientes Dieta})))$$

Matéria Seca Digestível (MSD%)

$$MSD = ((1 - FI)*100)$$

Nutrientes digestíveis (ND % ou kcal/kg)

$$ND = (\%Nutriente Dieta - (\%Nutriente Fezes*FI))$$

3.4. Taxa de passagem

A avaliação da taxa de passagem foi realizada ao final das fases de crescimento I e II através da excreção do marcador nas fezes com o tempo, sendo realizado de acordo com a metodologia adaptada de OWUSU-ASIEDU *et al.* (2006). Antes do início, um volume conhecido e restrito de ração foi pesado acrescido de 1,5% de marcador (óxido férrico) e homogeneizado, para garantir a ingestão do volume com marcador em uma única refeição. Toda a ração presente nos comedouros das unidades experimentais foi retirada uma hora antes do início da avaliação, sendo armazenadas em recipientes identificados para posteriormente serem retornadas aos devidos comedouros. O fornecimento da ração com marcador foi realizado de forma ordenada de acordo com a ordem de retirada da ração sem o marcador. O horário de fornecimento e o horário que os animais finalizaram o consumo de toda a ração com marcador (hora 0) foi anotada individualmente por unidade experimental, sendo então retornado à ração sem marcador aos respectivos comedouros. Os grupos de colaboradores para o monitoramento das unidades experimentais foram organizados para identificar se as fezes marcadas foram defecadas, anotando os seus respectivos horários. A taxa de passagem foi definida de acordo com o tempo (minutos) de consumo e excreção.

3.5. Escore fecal

A avaliação do escore fecal foi realizado por meio da coleta parcial de fezes ao final das fases experimentais de crescimento I e II foi realizado a coleta de fezes.

Antes do início da coleta, foi realizado a limpeza de todas as baias experimentais com objetivo de evitar qualquer contaminação. Foi designado um número de animais específico para cada colaborador monitorar por um período de 12 horas ininterruptas. Durante este período, as amostras eram coletadas imediatamente após os animais defecarem, sendo coletado a parte superior do conteúdo (não coletado a porção inferior em contato com o piso das baias). As fezes foram armazenadas em sacos de plástico polietileno identificados e mantidas em caixas térmicas com gelo durante o período de coleta. Após finalizar, as amostras foram homogeneizadas, retirada uma alíquota em duplicata (110 g cada), pesadas em balança (bel engineering, modelo M4102, Monza, Itália) e secas em estufa para a determinação matéria seca definitiva (SILVA & QUEIROZ, 2002). Os valores foram tabulados e classificados (Tabela 2) de acordo com sua consistência seguindo a metodologia adaptada de Hard & Dobb (1988).

Tabela 2. Critério de avaliação de índice de diarreia em suínos

Grau	Aparência	Umidade	Escore
Normal	Formada	<70	0
Leve	Macia	70-75	1
Intermediário	Semissólida	75-80	2
Pesado	Líquida	>80	3

Adaptado de Hart & Dobb (1988).

3.6. Parâmetros sanguíneos

Para avaliar a concentração de metabólitos sanguíneos ao final das fases experimentais de crescimento (I e II), os animais foram mantidos em jejum alimentar por 8 horas. A coleta de sangue (± 10 mL, $n = 10$ animais/tratamento) foi realizada via punção da veia cava cranial anterior. As doses de sangue foram transferidas para três tubos (fluoreto de sódio, EDTA e sem adição de anticoagulante). Os tubos foram previamente identificados, transferidos para uma caixa térmica resfriada, e enviados ao laboratório de sangue para posterior análise. Em seguida, as amostras foram centrifugadas (centrífuga analógica Centrilab, modelo 80-2B) à 3000 rpm por um período de 10 minutos. Em seguida, $\cong 3$ mL de plasma ou soro foram transferidos para tubos de polietileno tipo eppendorf previamente identificados e congelados para análises

de ureia (método enzimático-colorimétrico), glicose (método enzimático-colorimétrico), colesterol (método enzimático-colorimétrico), proteínas totais (método enzimático-biureto) e albumina (colorimétrico - verde de bromocresol). As análises foram realizadas por espectrofotometria com o auxílio de um analisador do modelo Bel SPECTRO S05, utilizando kits específicos ANALISA (Gold Analisa Diagnóstica - Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil) no laboratório de sangue da UNIOESTE. O valor de globulina foi calculado, sendo considerado a diferença entre proteínas totais e albumina plasmáticos.

3.7. Análise estatística

Antes de avaliar o resultado da análise de covariância (ANCOVA) e de variância (ANOVA) foi verificada a análise dos resíduos padronizados de Student para diagnosticar observações influentes ou outliers. Os valores de RStudent maiores ou iguais a três desvios-padrão foram considerados como influentes. A normalidade dos erros experimentais e a homogeneidade de variâncias dos erros entre os tratamentos para as diversas variáveis foram avaliadas previamente utilizando-se os testes de Shapiro-Wilk e de Levene, respectivamente.

Para as características de desempenho zootécnico o modelo estatístico utilizado foi: $Y_{ij} = m + T_i + \beta (X_{ij} - \bar{X}_{...}) + \epsilon_{ij}$. Os efeitos dos fatores incluídos no modelo foram descritos por: Y_{ij} = observação média da variável dependente em cada parcela, medida na i-ésima classe de tratamento e na j-ésima repetição; m = efeito da média geral; T_i = efeito fixo das classes de tratamento, para $i = (1, 2, 3, 4, 5 \text{ e } 6)$; β = coeficiente de regressão de Y sobre X; X_{ij} = observação média da covariável (peso corporal inicial) em cada parcela, medida na i-ésima classe de tratamento e na j-ésima repetição; $\bar{X}_{...}$ = média geral para a covariável X; ϵ_{ij} = erro aleatório da parcela associado ao nível i e repetição j. Para as características de digestibilidade aparente de nutrientes e metabólitos sanguíneos, o modelo estatístico utilizado foi o mencionado anteriormente, sem incluir o efeito de covariável.

Os efeitos das classes dos tratamentos experimentais sobre as variáveis dependentes foram verificados por meio da ANCOVA ou ANOVA. Comparações

múltiplas entre médias de tratamentos foram realizadas de acordo com o teste post-hoc de t-student ao nível de 10% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se dos procedimentos do SAS University Edition (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA). Todos os dados foram apresentados como médias com erro padrão da média agrupado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os valores de coeficientes de digestibilidade aparente presentes na Tabela 3, observa-se que nos tratamentos em que houve a suplementação enzimática (β -mananase + xilanase), os valores de variáveis CDAMS (%), CDAPB (%), CDAMO (%), CDAEB (%), MSD (%) e PD (%) foram maiores quando comparado aos valores encontrados no tratamento controle (DC0), mostrando uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre eles.

Ao degradar os PNAs presentes na parede celular dos grãos, as carboidrases ajudam a liberar o amido encapsulado e promove um melhor acesso das enzimas endógenas aos nutrientes, esse mecanismo permite melhor aproveitamento nutricional do milho e da soja, alimentos que contém grandes quantidades de fibra estrutural. Alguns autores relatam que a ação do complexo enzimático contendo beta-mananase sobre a melhora na digestibilidade dos nutrientes pode estar relacionada à altas quantidades de substratos para a enzima, ocasionando a degradação de polissacarídeos não amiláceos, impactando de forma positiva a absorção dos nutrientes, levando a melhores índices de desempenho zootécnico (YOON *et al.*, 2010; SLOMINSKI, 2011; MOK *et al.*, 2013).

Corroborando com o presente estudo, Jo *et al.* (2012), ao avaliarem a suplementação enzimática com 0,05% de complexo enzimático (α -amylase + β -mannanase + protease) na dieta de suínos, onde o milho foi parcialmente substituído por farelo de canola, farelo de coco e farelo de palma forrageira, também encontraram melhores valores de digestibilidade dos nutrientes nos tratamentos em que houve suplementação enzimática, dessa forma, os autores concluíram que o uso da beta mananase proporcionou melhor desempenho zootécnico, apresentando um maior GPD e EA ($P < 0,05$) em comparação aos dados encontrados para a dieta controle.

Tabela 3. Efeito adicional da Beta-mananase na alimentação de suínos sobre os coeficientes de digestibilidade e nutrientes digestíveis para suínos em fase de crescimento pelo método de coleta parcial

Variáveis ¹	Tratamentos ²				Média±DP	EPM ³	P-value ⁴
	DC0	DC30	DC45	DC60			
	Fase de crescimento						
CDAMS (%)	80,40 ^b	81,97 ^{ab}	82,88 ^a	82,97 ^a	82,05±1,82	0,29	0,0021
CDAPB (%)	77,58 ^b	76,98 ^b	81,80 ^a	81,48 ^a	79,46±3,58	0,57	0,0005
CDAMO (%)	83,51 ^b	85,24 ^{ab}	85,93 ^a	85,94 ^a	85,16±1,76	0,28	0,0024
CDAEB (%)	79,99 ^b	81,57 ^{ab}	84,65 ^a	83,25 ^{ab}	82,36±3,60	0,57	0,0173
MSD (%)	80,01 ^b	81,55 ^{ab}	82,42 ^a	82,51 ^a	81,62±1,81	0,29	0,0033
PD (%)	14,29 ^b	12,96 ^c	16,27 ^a	15,82 ^a	14,84±1,42	0,22	<0,0001
MOD (%)	79,63	80,88	80,81	80,82	80,54±1,47	0,23	0,1678
ED (kcal/kg)	3730,62	3823,39	3898,21	3798,13	3812,09±156,66	24,77	0,1225

^{a,b}Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na linha, diferem entre si de acordo com o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

¹Coefficientes de digestibilidade aparente de matéria seca (CDAMS%), matéria orgânica (CDAMO%), proteína (CDAPB%), energia bruta (CDAEB%). Nutrientes digestíveis: matéria seca digestível (MSD%), matéria orgânica digestível (MOD%), proteína digestível (PD%), energia digestível (ED kcal/kg).

²DC0: dieta controle; DC30:Beta-mananase (300g/t) com 30 kcal e Xilanase com 40 kcal; DC45:Beta-mananase (300g/t) com 45 kcal e Xilanase c com 40 kcal; DC60:Beta-mananase (300g/t) com 60 kcal e Xilanase c com 40 kcal

³EPM: erro padrão da média;

⁴Probabilidde.

A melhora dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes da ração, promovida pelo uso do complexo enzimático não influenciou significativamente o desempenho zootécnico dos animais (Tabela 4), contudo, observa-se que o CDR no tratamento DC0 foi maior em comparação aos demais tratamentos. Além disso, no tratamento em que houve redução energética de 45kcal (DC45), os animais tiveram o segundo melhor GPD e um menor CDR quando comparado ao tratamento controle, apresentando melhores taxas de eficiência alimentar (EA).

É possível, com essas informações, dizer que com a adição da enzima beta-mananase no tratamento DC45, a melhora na digestibilidade dos nutrientes da dieta proporcionou maior disponibilidade energética aos animais, suprimindo a redução do aporte energético que houve na dieta, promovendo a diminuição do CDR, consequentemente apresentando melhores taxas de eficiência alimentar (EA).

Em um estudo semelhante, Cho e Kim, (2013), avaliaram os efeitos da suplementação enzimática (0,025% beta-mananase + 0,025% xilanase) em dieta basal com baixa densidade energética (-120kcal/kg) e, assim como no presente estudo, observaram que a suplementação enzimática melhorou os coeficientes de digestibilidade de energia, melhorando os índices de desempenho zootécnico, onde observaram menor

CDR e melhora na EA e GDP ($p < 0,05$) para os animais que receberam a suplementação enzimática.

Na literatura também podem ser encontrados trabalhos realizados com frangos de corte, onde ao analisar os efeitos da suplementação da enzima β -mananase notou-se melhoras nos coeficientes de conversão alimentar (DASKIRAN *et al.*, 2004).

A enzima β -mananase, ao degradar PNAs presentes na ração, atua como liberadora de energia, o que pode afetar o consumo de ração ao promover maior saciedade aos animais (MARTINEZ-CUMMER, 2013). Desta forma, mesmo reduzindo o conteúdo energético da ração, a adição da enzima promove uma melhor digestão e absorção dos nutrientes e contribui para que os animais apresentem uma melhora na eficiência alimentar.

Tabela 4. Efeito da B-mananase na alimentação de suínos sobre o desempenho zootécnico

Variáveis ¹	Tratamentos ²				Média	EPM ³	Pvalor ⁴
	DC0	DC30	DC45	DC60			
Fase Crescimento I (26,00a 50,35 kg)							
PCI, kg	26,004	26,099	26,117	26,140	26,090	0,207	0,474
PCF, kg	51,055	50,100	50,500	49,750	50,351	0,401	0,153
CDR, kg	1,827	1,770	1,773	1,757	1,782	0,023	0,653
GPD, kg	1,020	0,950	0,970	0,940	0,970	0,014	0,214
TCA kg:kg	1,823	1,852	1,821	1,863	1,839	0,017	0,794
TEA kg:kg	55,012	54,187	55,168	53,738	54,526	0,506	0,737
Fase Crescimento II (50,35 a 70,88 kg)							
PCF, kg	72,500	69,350	71,200	70,500	70,887	0,624	0,153
CDR, kg	2,687	2,442	2,584	2,586	2,574	0,039	0,124
GPD, kg	1,260	1,13	1,219	1,220	1,208	0,021	0,154
TCA kg:kg	2,132	2,164	2,122	2,129	2,143	0,029	0,956
TEA kg:kg	46,814	46,46	47,389	47,303	46,992	0,633	0,957
Fase Crescimento III (26,00 a 70,88)							
PCF, kg	72,500	69,35	71,200	70,500	70,887	0,624	0,193
CDR, kg	2,175	2,044	2,100	2,092	2,103	0,027	0,335
GPD, kg	1,106	1,029	1,075	1,055	1,066	0,013	0,147
TCA kg:kg	1,964	1,99	1,956	1,985	1,974	0,017	0,892
TEA kg:kg	50,989	50,46	51,292	50,538	50,819	0,439	0,909

¹PCI: peso corporal inicial; PCF: peso corporal final; CDR: consumo diário de ração; GPD: ganho de peso diário; TCA: taxa de conversão alimentar; TEA: taxa de eficiência alimentar; ²DC0: dieta controle; DC30:B-mananase (300g/t) com 30 kcal e Xilanase com 40 kcal; DC45:B-mananase (300g/t) com 45 kcal e Xilanase c com 40 kcal; DC60:B-mananase (300g/t) com 60 kcal e Xilanase c com 40 kcal ³ EPM: Erro padrão da média ; ⁴: Probabilidade.

A tabela 5 mostra que houve diferença significativa ($p < 0,10$) para níveis de triglicerídeos no perfil sanguíneo dos animais, sendo o maior valor encontrado para o tratamento controle. Sabendo que, no tratamento DC0 não houve a adição da enzima em estudo, observa-se que o excesso de carboidratos circulante pode estar relacionado a um menor aproveitamento desses nutrientes, como também ao maior teor de óleo de soja na composição da dieta controle.

Esses carboidratos excedentes precisam ser direcionados para uma outra rota metabólica, que não seja o ciclo de Krebs. Sendo assim, esses valores podem ser explicados através do mecanismo de utilização do excesso de carboidratos pelo organismo animal, a Lipogênese De Novo (LDN), um processo altamente complexo, regulado por nutrientes e hormônios, no qual os carboidratos circulantes são convertidos em ácidos graxos, o que pode ocasionar aumento nas concentrações plasmáticas pós-prandiais de triglicerídeos. A LDN acontece no tecido adiposo, mas principalmente no fígado (IMAMURA *et al.*, 2020; KERSTEN, 2001).

O sinal da ingestão alimentar, em excesso ou em estado de jejum, influencia diretamente na regulação da LDN. A princípio, a glicose estimula a síntese de ácidos graxos quando há acúmulo de moléculas de ATP e AcetilCoA resultantes do metabolismo glicolítico. Assim, o excesso de ATP inibe a atuação da enzima isocitrato desidrogenase, impedindo que moléculas de citrato deem início ao Ciclo de Krebs na matriz mitocondrial, sendo desviadas para a síntese de ácidos graxos no citosol das células (NELSON; COX, 2014).

Estudos revelam que a glicose induz a lipogênese ao estimular a liberação de insulina e inibir a liberação de glucagon. O hormônio insulina é secretado pelo pâncreas, em resposta a um aumento na circulação plasmática de glicose após a ingestão de alimento, e auxilia a lipogênese através da captação de glicose pelos adipócitos. A insulina pode ativar enzimas lipogênicas e glicolíticas, além de estimular a expressão de genes lipogênicos, incentivando a atividade de fatores de transcrição que induz a

lipogênese, como as Proteínas de Ligação do Elemento Regulador de Esteróis (SREBPs) (KERSTEN, 2001).

Tabela 5. Efeitos da enzima na alimentação de suínos sobre as concentrações de parâmetros sanguíneos nas fases de crescimento (II)

Parâmetros	Tratamentos experimentais ¹				Média	EPM ²	P-value ³
	DC0	DC30	DC45	DC60			
Fase de Crescimento II							
Albumina, g/dL	2,526	2,549	2,555	2,464	2,524	0,037	0,836
Colesterol, mg/dL	87,609	83,647	85,033	89,868	86,528	3,397	0,930
Triglicerídeos mg/dL	43,839 ^a	35,193 ^{ab}	26,459 ^b	27,583 ^b	33,084	2,586	0,057
Glicose, mg/dL	97,513	97,538	93,103	96,205	96,089	1,405	0,663
Ureia, mg/dL	23,201	22,903	22,631	24,262	23,249	0,748	0,886
Proteínas totais, g/dL	7,126	7,033	6,949	7,017	7,032	0,080	0,894
Globulina, g/dL	4,600	4,484	4,394	4,553	4,507	0,086	0,854

¹DC0: dieta controle; DC30:B-mananas (300g/t) com 30 kcal e Xilanase com 40 kcal; DC45:B-mananase (300g/t) com 45 kcal e Xilanase c com 40 kcal; DC60:B-mananase(300g/t) com 60 kcal e Xilanase c com 40 kcal; ²EPM: erro padrão da média; ³P-value: Probabilidade.

Na fase de crescimento I o tratamento DC30 apresentou um escore fecal maior em relação aos demais tratamentos (Tabela 6), indicando um maior teor de umidade nas fezes, tendendo a uma aparência mais viscosa, de acordo com a tabela de referência seguindo a metodologia adaptada de Hard & Dobb (1988). Em um estudo sobre o escore fecal, onde avaliou-se o uso de um complexo enzimático (celulase + pectinase + mananase + galactase + xilanase + glucanase + amilase + protease) na dieta de leitões recém desmamados, foi observado que a suplementação enzimática reduziu o escore fecal ($P < 0,05$). Os resultados obtidos podem ser explicados por uma melhora na saúde intestinal e na digestibilidade dos nutrientes, promovidos pela ação enzimática (KOO *et al.*, 2017).

A observação do escore fecal é relevante para avaliar o índice de diarreia na criação de suínos. A diarreia está associada a uma desordem na saúde intestinal, e sua ocorrência na suinocultura industrial implicam numa queda no desempenho zootécnico na fase pós desmame, geralmente causadas por um desequilíbrio na microflora intestinal desses animais. A condição da saúde intestinal tem grande influência na digestão e absorção de nutrientes (CORREA *et al.*, 2010).

A suplementação enzimática pode reduzir o índice de diarreia, e há evidências de que o uso de carboidrases na dieta de suínos aumenta a produção de oligossacarídeos que

promovem efeitos prebióticos, diminuindo a incidência de microrganismos patogênicos como *Clostridium* e *Enterobacteriaceae*, e aumentando a concentração de bactérias probióticas, como *Lactobacillus* (KIARIE *et al.*, 2013; CASTILLO *et al.*, 2006). A presença de microrganismos de ação probiótica promove melhora na eficiência alimentar e no ganho de peso de animais de produção por garantir um melhor aproveitamento dos ingredientes usados na composição da dieta (AL-KHALAIFAH, 2018).

Os dados obtidos no presente estudo (Tabela 6), indicam que, através da análise do escore fecal, durante o período experimental não houve incidência de diarreia relevante. Esses resultados podem estar associados à boas práticas de manejo, composição da dieta, como também pode ser um indicativo de que a suplementação enzimática melhorou as condições de saúde intestinal dos animais.

Tabela 6. Efeitos da Beta-mananase na alimentação de suínos sobre o escore fecal nas fases de crescimento (I e II)

Variáveis ¹	Tratamentos ²				Média	EPM ³	Pvalor ⁴
	DC0	DC30	DC45	DC60			
Fase de crescimento							
Esc_Cres I	1,400 ^{ab}	1,700 ^a	1,100 ^b	1,100 ^b	1,325	0,097	0,082
Esc_Cres II	1,200	0,900	0,900	1,000	1,000	0,062	0,278

Não houve diferença significativa ($P > 0,10$) para a variável taxa de passagem nas fases do presente estudo (Tabela 7). Contudo, na literatura consultada, foi associada uma menor digestibilidade dos nutrientes à uma menor taxa de passagem do alimento pelo TGI de suínos alimentados com dietas contendo fibra dietética solúvel, sendo justificada essa interação pela redução do tempo de fermentação e degradação dos carboidratos estruturais da fibra pelos microrganismos presentes no intestino posterior (GOMES *et al.*, 2008).

A taxa de passagem do alimento pode ser consideravelmente modificada por vários fatores, sendo eles físicos (volume da refeição, pressão osmótica, densidade dos componentes da dieta, pH do conteúdo intestinal), relacionados ao animal (sexo, idade, peso) e bioquímicos relacionados à composição da dieta (RERAT *et al.*, 1976).

Altas inclusões de fibra, tanto solúvel como insolúvel, nas dietas de suínos provocam aumento no peristaltismo e, conseqüentemente, aumenta a taxa de passagem da digesta, tanto no intestino delgado como no intestino grosso. Alimentos mais facilmente digeríveis passam pelo intestino mais rapidamente, também, a digestibilidade de um alimento tende a diminuir com a diminuição do tempo de passagem (ENTRINGER *et al.*, 1975; WENK, 2001),

Hipotetiza-se que a melhora na digestibilidade da fração fibrosa das dietas pode ser explicada principalmente por um maior tempo de retenção da digesta, pode-se, portanto, supor que quando o tempo de trânsito aumenta, a flora microbiana no intestino grosso tem mais tempo para fermentar a fração fibrosa, resultando em uma maior digestibilidade da fibra (LE GOFF *et al.*, 2002).

Avaliando os efeitos da inclusão de goma de guar e celulose para simular os efeitos de PNAs solúvel e insolúvel, respectivamente, sobre a taxa de passagem do alimento no TGI de suínos em fase de crescimento, Owusu-Asiedu *et al.* (2006), observaram que os animais que receberam a dieta controle apresentaram menor taxa de passagem (24,5h) quando comparado com os animais que receberam goma de guar e celulose na dieta, que tiveram em média uma taxa de passagem de 26,5h, associando o aumento da taxa de passagem à maior tendência em ocorrer ligação aquosa e conseqüente, um aumento na viscosidade.

Le Goff *et al.* (2002), estudando os efeitos da fibra dietética do farelo de milho, trigo e beterraba na digestibilidade de nutrientes e na taxa de passagem de suínos em crescimento, encontraram valores médios de taxa de passagem de 20h. Os valores encontrados por Owusu-Asiedu *et al.* (2006), bem como, os achados de Le Goff *et al.* (2002), são próximos dos valores encontrados no presente estudo em que a média geral para taxa de passagem foi de aproximadamente 22h. Levando em consideração que os autores supracitados não utilizaram suplementação enzimática em seus experimentos, onde somente testaram os efeitos da fibra alimentar sobre a taxa de passagem, e considerando que no atual estudo obteve-se valores aproximados, é possível afirmar que a suplementação enzimática não influenciou o tempo de transito da digesta no TGI dos animais.

Tabela 7. Efeitos da Beta-mananase na alimentação de suínos sobre a taxa de passagem do alimento

Variáveis ¹	Tratamentos ²				Média	EPM ³	Pvalor ⁴
	DC0	DC30	DC45	DC60			
CI-Tx (min)	1310,22	1326,36	1309,32	1284,00	1307,48	26,259	0,957
CII-Tx (min)	1339,44	1393,32	1389,12	1319,58	1360,37	28,270	0,754

CI-TX, min: Taxa de passagem do alimento em minutos na fase de crescimento I; CII-TX, min: Taxa de passagem do alimento em minutos na fase de crescimento II; ²DC0: dieta controle; DC30:Beta-mananase (300g/t) com 30 kcal e Xilanase com 40 kcal; DC45:Beta-mananase (300g/t) com 45 kcal e Xilanase c com 40 kcal; DC60:Beta-mananase (300g/t) com 60 kcal e Xilanase c com 40 kcal³ EPM: erro padrão da média; ⁴: Probabilidade.

Na tabela 8 observa-se que para as variáveis estudadas (ET e PL), não houve efeito de tratamento ($P>0,10$), mostrando que mesmo nos tratamentos em que houve redução do aporte energético da dieta a deposição de gordura e musculo na carcaça não foi comprometida. É possível dizer que a ação da enzima beta-mananase como liberadora de energia supriu as necessidades energéticas dos animais quando alimentados com dieta em redução calórica, de forma que não houve mobilização da gordura corporal para obtenção de energia requerida pelo organismo.

Esses resultados condizem com os achados de Pettey *et al.* (2002), que testando os efeitos da enzima β -mananase na alimentação de suínos em fase de crescimento, não observaram diferença significativa para espessura de toucinho e profundidade de lombo em seus experimentos. Demonstrando assim, que a suplementação enzimática contendo β -mananase não interfere no padrão de qualidade de carne.

Tabela 8. Efeitos da Beta-mananase na alimentação de suínos sobre os atributos da carcaça na fase de crescimento II

Variáveis ¹	Tratamentos ²				Média	EPM ³	Pvalor ⁴
	DC0	DC30	DC45	DC60			
Fase de Crescimento							
ET ult, mm	0,830	0,830	0,750	0,800	0,802	0,020	0,464
PL ult, mm	3,810	3,970	3,890	4,010	3,920	0,054	0,579

¹ET ult,cm: espessura de toucinho mensurada com ultrassom in vivo no final da fase de crescimento II; PL ult, mm: profundidade de lombo mensurada com ultrassom in vivo no final da fase de crescimento II; ²DC0: dieta controle; DC30:Beta-mananase (300g/t) com 30 kcal e Xilanase com 40 kcal; DC45:Beta-mananase (300g/t) com 45 kcal e Xilanase c com 40 kcal; DC60:Beta-mananase (300g/t) com 60 kcal e Xilanase c com 40 kcal³ EPM: erro padrão da média ; ⁴: Probabilidade.

5. CONCLUSÕES

A suplementação com a enzima beta-mananase melhorou os coeficientes de digestibilidade dos ingredientes utilizados na composição da ração e não afetou características carcaça ou desempenho zootécnico dos animais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEOLA, O.; COWIESON, A. J. Board-Invited Review: Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve non ruminant animal production. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.89, n. 10, p.3189-3218, 2011.

AFTAB, U.; BEDFORD, M.R.. The use of NSP enzymes in poultry nutrition: myths and realities. **World'S Poultry Science Journal**, [S.L.], v. 74, n. 2, p. 277-286, 1 jun. 2018.

AGYEKUM, Atta K.; NYACHOTI, C. Martin. Nutritional and Metabolic Consequences of Feeding High-Fiber Diets to Swine: a review. **Engineering**, [S.L.], v. 3, n. 5, p. 716-725, out. 2017.

AL-KHALAIFAH, H s. Benefits of probiotics and/or prebiotics for antibiotic-reduced poultry. **Poultry Science**, [S.L.], v. 97, n. 11, p. 3807-3815, nov. 2018.

AO, X.; ZHOU, T.X.; MENG, Q.W.; LEE, J.H.; JANG, H.D.; CHO, J.H.; KIM, I.H.. Effects of a carbohydrase cocktail supplementation on the growth performance, nutrient digestibility, blood profiles and meat quality in finishing pigs fed palm kernel meal. **Livestock Science**, [S.L.], v. 137, n. 1-3, p. 238-243, maio 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. - ABPA. **Relatório anual 2023**. São Paulo, 2023.

BEDFORD, M.R.; COWIESON, A.J.. Exogenous enzymes and their effects on intestinal microbiology. **Animal Feed Science And Technology**, [S.L.], v. 173, n. 1-2, p. 76-85, abr. 2012.

BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. Enzymes in farm animal nutrition. 2. ed. CABI, 2011.

CASTILLO, M; MARTINORUE, S; MANZANILLA, E; BADIOLA, I; MARTIN, M; GASA, J. Quantification of total bacteria, enterobacteria and lactobacilli populations in pig digesta by real-time PCR. **Veterinary Microbiology**, [S.L.], v. 114, n. 1-2, p. 165-170, 16 abr. 2006.

CHAMPE, Pamela C.; HARVEY, Richard A.; FERRIER, Denise R.. Enzimas.
In: **Bioquímica ilustrada**. 3. ed. Porto Alegre - Rs: Artmed, 2006. Cap. 5. p. 53-68.

CHO, J.H.; KIM, I.H.. Effects of Beta Mannanase and Xylanase Supplementation in Low Energy Density Diets on Performances, Nutrient Digestibility, Blood Profiles and Meat Quality in Finishing Pigs. **Asian Journal Of Animal And Veterinary Advances**, [S.L.], v. 8, n. 4, p. 622-630, 15 jun. 2013.

CHOCT, M. Feed non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance. **Feed Milling International**, Cheltenham, p. 13-26, jun. 1997.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim de Monitoramento Agrícola**, Brasília, DF, v. 11, n. 05, mai. 2022.

CORREA, V.S.; CARAMORI JÚNIOR, J.G.; VIEITES, F.M.; ABREU, J.G.; BARROS, D.S. Probiótico líquido para leitões lactentes em diferentes idades. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** [online], v.11, n.3, p.827-837, 2010.

COWIESON, A.J.; RAVINDRAN, V.; Effect of exogenous enzymes in maize-based diets varying in nutrient density for young broilers: growth performance and digestibility of energy, minerals and amino acids. **British Poultry Science**, Abingdon, v. 49, n.1, p.37-44, 2008.

DASKIRAN, M.; TEETER, R.G.; FODGE, D.; HSIAO, H.y.. An evaluation of endo- β -D-mannanase (Hemicell) effects on broiler performance and energy use in diets varying in β -mannan content. **Poultry Science**, [S.L.], v. 83, n. 4, p. 662-668, abr. 2004.

DIERICK, N.A.; VERVAEKE, I.J.; DEMEYER, D.I.; DECUYPERE, J.A.. Approach to the energetic importance of fibre digestion in pigs. I. Importance of fermentation in the overall energy supply. **Animal Feed Science And Technology**, [S.L.], v. 23, n. 1-3, p. 141-167, abr. 1989.

DUARTE, Marcos Elias; SPARKS, Chris; KIM, Sung Woo. Modulation of jejunal mucosa-associated microbiota in relation to intestinal health and nutrient digestibility in pigs by supplementation of β -glucanase to corn–soybean meal-based diets with xylanase: non ruminant nutrition. **Journal Of Animal Science**, [S.L.], v. 99, n. 7, p. 1-13, 14 jun. 2021.

- DUNCAN, Christine J. G.; PUGH, Nirmal; PASCO, David S.; ROSS, Samir A.. Isolation of a Galactomannan That Enhances Macrophage Activation from the Edible Fungus *Morchella esculenta*. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, [S.L.], v. 50, n. 20, p. 5683-5685, 22 ago. 2002.
- ENTRINGER, R. P.; PLUMLEE, M. P.; CONRAD, J. H.; CLINE, T. R.; WOLFE, Shirley. Influence of Diet on Passage Rate and Apparent Digestibility by Growing Swine. **Journal Of Animal Science**, [S.L.], v. 40, n. 3, p. 486-494, 1 mar. 1975.
- FAN, M Z; STOLL, B; JIANG, R; BURRIN, D G. Enterocyte digestive enzyme activity along the crypt-villus and longitudinal axes in the neonatal pig small intestine. **Journal Of Animal Science**, [S.L.], v. 79, n. 2, p. 371, fev. 2001.
- FERKET, P. Enzymes offer way to reduce waste, improve performance. **Feedstuffs**, v.1, p.30-34, 1996.
- FERRARIS, Ronaldo P.; CAREY, Hannah V.. Intestinal Transport During Fasting and Malnutrition. **Annual Review Of Nutrition**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 195-219, jul. 2000.
- FRANCIS, George; MAKKAR, Harinder P.S; BECKER, Klaus. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, [S.L.], v. 199, n. 3-4, p. 197-227, ago. 2001.
- GAUDIER, E.; JARRY, A.; BLOTTIÈRE, H. M.; COPPET, P. de; BUISINE, M. P.; AUBERT, J. P.; LABOISSE, C.; CHERBUT, C.; HOEBLER, C.. Butyrate specifically modulates MUC gene expression in intestinal epithelial goblet cells deprived of glucose. **American Journal Of Physiology-Gastrointestinal And Liver Physiology**, [S.L.], v. 287, n. 6, p. 1168-1174, dez. 2004
- GOFF, G.Le; VAN MILGEN, J.; NOBLET, J.. Influence of dietary fibre on digestive utilization and rate of passage in growing pigs, finishing pigs and adult sows. **Animal Science**, [S.L.], v. 74, n. 3, p. 503-515, jun. 2002.
- GOMES, J. D. F.; PUTRINO, S. M.; MARTELLI, M. dos R.; SOBRAL, P. J. do A.; FUKUSHIMA, R. S. DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA DE SUÍNOS ALIMENTADOS COM DIETA COM FENO DE TIFTON (*Cynodon*

dactylon). **Ciência Animal Brasileira / Brazilian Animal Science**, Goiânia, v. 9, n. 1, p. 59–67, 2008.

GUTIERREZ, N. A.; SERÃO, N. V. L.; PATIENCE, J. F.. Effects of distillers' dried grains with solubles and soybean oil on dietary lipid, fiber, and amino acid digestibility in corn-based diets fed to growing pigs. **Journal Of Animal Science**, [S.L.], v. 94, n. 4, p. 1508-1519, 1 abr. 2016.

HAMPSON, D.J.. Alterations in piglet small intestinal structure at weaning. **Research In Veterinary Science**, [S.L.], v. 40, n. 1, p. 32-40, jan. 1986.

HART, G. K.; DOBB, G. J. Effect of a fecal bulking agent on diarrhea during enteral feeding in the critically ill. **JPEN-Parenter Enter**, v. 12, p. 465–468, 1988.

HUDGINS, Lisa C.. Effect of High-Carbohydrate Feeding on Triglyceride and Saturated Fatty Acid Synthesis. **Proceedings Of The Society For Experimental Biology And Medicine**, [S.L.], v. 225, n. 3, p. 178-183, dez. 2000. Wiley.

HSIAO, H.-Y.; ANDERSON, D.M.; DALE, N.M.. Levels of β -Mannan in Soybean Meal. **Poultry Science**, [S.L.], v. 85, n. 8, p. 1430-1432, ago. 2006.

IMAMURA, Fumiaki; FRETTS, Amanda M.; MARKLUND, Matti; KORAT, Andres V. Ardisson; YANG, Wei-Sin; LANKINEN, Maria; QURESHI, Waqas; HELMER, Catherine; CHEN, Tzu-An; VIRTANEN, Jyrki K.. Fatty acids in the de novo lipogenesis pathway and incidence of type 2 diabetes: a pooled analysis of prospective cohort studies. **Plos Medicine**, [S.L.], v. 17, n. 6, p. 102-103, 12 jun. 2020.

JACKSON, M.e.; GERONIAN, K.; KNOX, A.; MCNAB, J.; MCCARTNEY, E.. A dose-response study with the feed enzyme beta-mannanase in broilers provided with corn-soybean meal based diets in the absence of antibiotic growth promoters. **Poultry Science**, [S.L.], v. 83, n. 12, p. 1992-1996, dez. 2004.

JO, J. K.; INGALE, S. L.; KIM, J. S.; KIM, Y. W.; KIM, K. H.; LOHAKARE, J. D.; LEE, J. H.; CHAE, B. J.. Effects of exogenous enzyme supplementation to corn- and soybean meal-based or complex diets on growth performance, nutrient digestibility, and blood metabolites in growing pigs¹. **Journal Of Animal Science**, [S.L.], v. 90, n. 9, p. 3041-3048, 1 set. 2012.

KARIMI, Kazem; ZHANDI, Mahdi. The effect of β -mannanase and β -glucanase on small intestine morphology in male broilers fed diets containing various levels of metabolizable energy. **Journal Of Applied Animal Research**, [S.L.], v. 43, n. 3, p. 324-329, 14 nov. 2014.

KAVANAGH, S.; LYNCH, P. B.; O'MARA, F.; CAFFREY, P. J. A comparison of total collection and marker technique for the measurement of apparent digestibility of diets for growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 89, p. 49-58, 2001.

KERSTEN, Sander. Mechanisms of nutritional and hormonal regulation of lipogenesis. **Embo Reports**, [S.L.], v. 2, n. 4, p. 282-286, abr. 2001.

KIARIE, Elijah; ROMERO, Luis F.; NYACHOTI, Charles M.. The role of added feed enzymes in promoting gut health in swine and poultry. **Nutrition Research Reviews**, [S.L.], v. 26, n. 1, p. 71-88, 2 maio 2013.

KNUDSEN, K. E. Bach. TRIENNIAL GROWTH SYMPOSIUM: effects of polymeric carbohydrates on growth and development in pigs1. **Journal Of Animal Science**, [S.L.], v. 89, n. 7, p. 1965-1980, 1 jul. 2011.

KNUDSEN, Knud Erik Bach; HEDEMANN, Mette Skou; LÆRKE, Helle Nygaard. The role of carbohydrates in intestinal health of pigs. **Animal Feed Science And Technology**, [S.L.], v. 173, n. 1-2, p. 41-53, abr. 2012.

KOO, B.; KIM, J. W.; LANGE, C. F. M. de; HOSSAIN, M. M.; NYACHOTI, C. M.. Effects of diet complexity and multicarbohydrase supplementation on growth performance, nutrient digestibility, blood profile, intestinal morphology, and fecal score in newly weaned pigs. **Journal Of Animal Science**, [S.L.], v. 95, n. 9, p. 4060, 2017.

LIMA, Andre Luiz Grigorevski de; NASCIMENTO, Rodrigo Pires do; BON, Elba Pinto da Silva; COELHO, Rosalie Reed Rodrigues. Streptomyces drozdowiczii cellulase production using agro-industrial by-products and its potential use in the detergent and textile industries. **Enzyme And Microbial Technology**, [S.L.], v. 37, n. 2, p. 272-277, jul. 2005.

MARTINEZ-CUMMER, M. A.; BOSTVIRONNOIS, C.; NARANJO, V.; KARL, P. El Uso de β -mananasa para Controlar el Impacto de la Respuesta Inmunitaria Inducida por

Alimentos (RIIA) y sus Implicaciones en la Avicultura Comercial. Congresso Científico de Avicultura, 2013.

MASEY-O'NEILL, H.V.; SINGH, M.; COWIESON, A.J.. Effects of exogenous xylanase on performance, nutrient digestibility, volatile fatty acid production and digestive tract thermal profiles of broilers fed on wheat- or maize-based diet. **British Poultry Science**, [S.L.], v. 55, n. 3, p. 351-359, 29 abr. 2014.

MCCLEARY, Barry V.. Enzymatic modification of plant polysaccharides. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [S.L.], v. 8, n. 6, p. 349-354, dez. 1986.

METGES, Cornelia C.. Classical and post-genomic methods to study GIT function with emphasis on the pig. **Livestock Science**, [S.L.], v. 133, n. 1-3, p. 10-19, set. 2010.

MONTAGNE, Lucile; BOUDRY, Gaëlle; FAVIER, Christine; HUËROU-LURON, Isabelle Le; LALLÈS, Jean-Paul; SÈVE, Bernard. Main intestinal markers associated with the changes in gut architecture and function in piglets after weaning. **British Journal Of Nutrition**, [S.L.], v. 97, n. 1, p. 45-57, jan. 2007.

NELSON, David L.; COX, Michael M.. Lehninger principles of biochemistry. 6. ed. Porto Alegre - Rs: **Artmed Editora Ltda.**, 2014. 1220 p. Tradução Ana Beatriz Gorini da Veiga, et al.].

OOI, T.; KIKUCHI, D.. Purification and some properties of β -mannanase from *Bacillus* sp. **World Journal Of Microbiology & Biotechnology**, [S.L.], v. 11, n. 3, p. 310-314, maio 1995.

OWUSU-ASIEDU, A. J. F. J.; PATIENCE, J. F.; LAARVELD, B.; VAN KESSEL, A. G.; SIMMINS, P. H.; ZIJLSTRA, R. T. Effects of guar gum and cellulose on digesta passage rate, ileal microbial populations, energy and protein digestibility, and performance of grower pigs. **Journal of animal science**, v. 84, n. 4, p. 843-852, 2006.

PETTEY, L. A.; CARTER, S. D.; SENNE, B. W.; SHRIVER, J. A.. Effects of beta-mannanase addition to corn-soybean meal diets on growth performance, carcass traits, and nutrient digestibility of weanling and growing-finishing pigs². **Journal Of Animal Science**, [S.L.], v. 80, n. 4, p. 1012-1019, 1 abr. 2002.

POPKIN, Barry M.. Nutrition, agriculture and the global food system in low and middle income countries. **Food Policy**, [S.L.], v. 47, p. 91-96, ago. 2014.

ROSENFELDER-KUON, P.; STRANG, E. J. P.; SPINDLER, H. K.; EKLUND, M.; MOSENTHIN, R.. Ileal starch digestibility of different cereal grains fed to growing pigs^{1,2}. **Journal Of Animal Science**, [S.L.], v. 95, n. 6, p. 2711-2717, 1 jun. 2017.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; 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: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. Viçosa: UFV, 488 p., 2017.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: FUNEP, 262 p., 2016.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos). Viçosa: Editora, UFV, 2002.

SINHA, Amit K.; KUMAR, Vikas; MAKKAR, Harinder P.s.; BOECK, Gudrun de; BECKER, Klaus. Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition – A review. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 127, n. 4, p. 1409-1426, ago. 2011.

URRIOLA, Pedro E.; CERVANTES-PAHM, Sarah K.; STEIN, Hans H.. Fiber in Swine Nutrition. **Sustainable Swine Nutrition**, [S.L.], p. 255-276, 29 nov. 2012.

WENK, Caspar. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science And Technology**, [S.L.], v. 90, n. 1-2, p. 21-33, mar. 2001.

YOON, S. Y.; YANG, Y. X.; SHINDE, P. L.; CHOI, J. Y.; KIM, J. S.; KIM, Y. W.; YUN, K.; JO, J. K.; LEE, J. H.; OHH, S. J.. Effects of mannanase and distillers dried grain with solubles on growth performance, nutrient digestibility, and carcass characteristics of grower-finisher pigs¹. **Journal Of Animal Science**, [S.L.], v. 88, n. 1, p. 181-191, 1 jan. 2010.

ZIJLSTRA, R. T.; JHA, R.; WOODWARD, A. D.; FOUHSE, J.; VAN KEMPEN, T. A. T. G.. Starch and fiber properties affect their kinetics of digestion and thereby digestive

physiology in pigs. **Journal Of Animal Science**, [S.L.], v. 90, n. 4, p. 49-58, 1 dez. 2012.