



THAMIRES ALLUE DANTAS

**USO DE COMPLEXO MULTIENZIMÁTICO EM DIETAS
COM GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS
PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

**LAVRAS – MG
2020**

THAMIRES ALLUE DANTAS

**USO DE COMPLEXO MULTIENTZIMÁTICO EM DIETAS COM GRÃOS
SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E
TERMINAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração Fisiologia e Metabolismo Animal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Márcio Gilberto Zangeronimo
Orientador

Prof. Dr. Vinícius de Souza Cantarelli
Coorientador

**LAVRAS – MG
2020**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Dantas, Thamires Allue.

Uso de complexo multienzimático em dietas com grãos secos de destilaria com solúveis para suínos em crescimento e terminação / Thamires Allue Dantas. - 2020.

61 p.

Orientador(a): Márcio Gilberto Zangeronimo.

Coorientador(a): Vinícius de Souza Cantarelli.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Suinocultura. 2. Nutrição. 3. Enzimas. I. Zangeronimo, Márcio Gilberto. II. Cantarelli, Vinícius de Souza. III. Título.

THAMIRES ALLUE DANTAS

**USO DE COMPLEXO MULTIENTZIMÁTICO EM DIETAS COM GRÃOS SECOS DE
DESTILARIA COM SOLÚVEIS PARA SUÍNOS DE CRESCIMENTO E
TERMINAÇÃO**

**USE OF A MULTICOMPLEX ENZYMATIC IN DIETS WITH DISTILLERS DRIED
GRAINS WITH SOLUBLES FOR PIGS IN GROWING-FINISHING PHASES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração Fisiologia e Metabolismo Animal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 26 de outubro de 2020.

Dr. Vinícius de Souza Cantarelli
Dr. José Henrique Barbi

UFLA
ADISSEO

Prof. Dr. Márcio Gilberto Zangeronimo
Orientador

**LAVRAS – MG
2020**

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias (PPGCV-UFLA), pela oportunidade concedida.

Às instituições de fomento CAPES, FAPEMIG e CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

À Adisseo, pelo financiamento do projeto e possibilidade de conduzir esse estudo. E ao José Henrique Barbi por estar sempre presente na condução e discussões do trabalho.

Aos professores Márcio Gilberto Zangeronimo e Vinícius de Souza Cantarelli, pelos ensinamentos, paciência e contribuições essenciais à minha formação como pessoa e como profissional.

Aos amigos do Núcleo de Estudos em Suinocultura (NESUI), meus queridos, muito obrigada pela ajuda na condução do experimento e das análises, pela amizade e por todos os anos que estiveram comigo.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia (DZO) da UFLA, que auxiliaram na condução do experimento e análises.

Ao professor Rony e a Bruna Chaves, pela disponibilidade e pelas colaborações na qualificação que me ajudaram a melhorar esse trabalho.

À Jéssica, Maíra e Rhuan, por me aguentarem e me ajudarem na execução desse trabalho de todas as formas possíveis.

Às meninas de casa, Elaine e Thais, por toda a amizade, conversas, jantãs e por fazerem o dia a dia melhor.

À Isabel, Sandro, Yasmim e Isabele, por tantas vezes presentes na minha vida. Vocês fizeram toda a diferença nessa caminhada.

Aos meus pais, Francisco e Mercedes, pelo amor incondicional, total dedicação e por me guiarem em todos os momentos. À minha irmã, pelo incentivo e compreensão. Sem vocês nada disso seria possível.

Ao Gustavo, pelo amor e companheirismo, e aos meus amigos, por todos os momentos compartilhados, apoio e incentivo.

A todos que se fizeram presentes e contribuíram de alguma forma, muito obrigada!

RESUMO

Os grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) apresentam até três vezes mais fibras que o milho, o que resulta em menor digestibilidade desse coproduto e, conseqüentemente, menor disponibilidade de energia. Portanto, o envolvimento de enzimas exógenas que possam degradar a fibra pode ser benéfico para melhorar a utilização do DDGS. Nesse sentido, objetivou-se avaliar o uso de um complexo multienzimático (CM) em dietas à base de milho e farelo de soja, com ou sem inclusão de DDGS. O experimento foi conduzido no Centro Experimental de Suínos do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG, Brasil, com 144 suínos de $38,83 \pm 1,59$ kg na fase de crescimento e 88 suínos de $89,28 \pm 2,78$ kg na terminação. O delineamento experimental ocorreu em blocos casualizados (peso inicial) sendo a baía usada como unidade experimental. Quatro dietas experimentais foram testadas, sendo uma ração basal (RB) formulada à base de milho e farelo de soja, outra contendo DDGS (15% na fase de crescimento e 25% na fase de terminação), outra contendo o CM e outra contendo o DDGS + o CM. As rações foram isoenergéticas e formuladas para atender às exigências nutricionais dos animais para cada fase. Não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) no desempenho dos animais. O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes em dietas com DDGS foi menor ($P < 0,05$) em relação às demais. A inclusão do CM melhorou ($P < 0,01$) o CDA da matéria seca, proteína bruta, energia bruta e fibra em detergente neutro, assim como a digestibilidade total e ileal de alguns aminoácidos em dietas com DDGS. Maior quantidade de bactérias benéficas foram observadas nos animais que receberam a RB, enquanto que dietas contendo somente DDGS aumentaram ($P < 0,05$) a quantidade de bactérias patogênicas e pioraram a riqueza da biodiversidade. O uso de CM aumentou ($P < 0,001$) o número de *Bifidobacterium* e reduziu ($P < 0,001$) bactérias do gênero *Streptococcus*, além de aumentar a biodiversidade ($P < 0,05$). Conclui-se que a inclusão de 15 ou 25% de DDGS, respectivamente, em dietas para suínos em crescimento e terminação, pode ser utilizada desde que associada a um complexo multienzimático comercial.

Palavras-chave: Coproduto. Enzimas. Digestibilidade. Carcaça. Saúde intestinal.

ABSTRACT

Distillers dried grains with soluble (DDGS) have up to three times more fiber than corn, which results in less digestibility of this co-product and consequently less energy availability. Therefore, the involvement of exogenous enzymes that can degrade fiber is beneficial for improving the use of DDGS. In this sense, the objective was to evaluate the inclusion of a multienzyme complex (MC) in diets based on corn and soybean meal, with or without inclusion of DDGS. The experiment was performed in the Experimental Center on pig farming at the Department of Animal Science of the Federal University of Lavras, in Lavras, MG, Brazil, using 144 pigs of 38.83 ± 1.59 kg in the growth phase and 88 pigs of 89.28 ± 2.78 kg in the finishing phase. The experimental design was in randomized blocks (initial weight) and the pen used as an experimental unit. Four experimental diets were tested, one basal diet (BD) formulated based on corn and soybean meal, another containing DDGS (15% in the growth phase and 25% in the finishing phase), another containing the MC and another containing the DDGS + the MC. The diets were isoenergetic and formulated accord the nutritional requirements of the animals. There were no differences ($P > 0.05$) in the animals' performance. The apparent digestibility coefficient (CDA) of nutrients in diets with DDGS was lower ($P < 0.05$) compared to the others. The inclusion of CM improved ($P < 0.01$) the CDA of dry matter, crude protein, crude energy, and neutral detergent fiber, as well as the total and ileal digestibility of some amino acids in diets with DDGS. Higher amounts of beneficial bacteria were observed in animals that received RB, while diets containing only DDGS increased ($P < 0.05$) the number of pathogenic bacteria and worsened the richness of biodiversity. The use of MC increased ($P < 0.001$) the number of *Bifidobacterium* and reduced ($P < 0.001$) bacteria of the genus *Streptococcus*, in addition to increasing biodiversity ($P < 0.05$). It is concluded that the inclusion of 15 or 25% of DDGS, respectively, in diets for growing and finishing pigs, can be used if associated with a commercial multienzyme complex.

Keywords: Co-product. Enzymes. Digestibility. Carcass. Intestinal health.

LISTA DE FIGURAS

SEGUNDA PARTE

Figura 1 - Principais gêneros bacterianos encontrados no ceco dos animais para as diferentes dietas experimentais.....	57
Figura 2 - Análise de componentes principais dos gêneros das comunidades bacterianas nas dietas experimentais.....	59
Figura 3 - Indicadores de biodiversidade nas diferentes dietas experimentais, índice Chao1 (A) e número de unidades taxonômicas operacionais observados (B).....	60

LISTA DE TABELAS

PRIMEIRA PARTE

Tabela 1 - Média e variação da composição nutricional dos grãos de destilaria com solúveis.....	14
--	----

SEGUNDA PARTE

Tabela 1 - Ingredientes e composição química das dietas experimentais.....	49
Tabela 2 - Matriz nutricional dos principais ingredientes utilizados.....	51
Tabela 3 - Efeito inclusão de grãos secos de destilaria com solúveis e complexo enzimático sobre o desempenho e características de carcaça de suínos em crescimento e terminação.....	52
Tabela 4 - Coeficiente de digestibilidade aparente (%) da matéria seca, proteína bruta, energia bruta, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido e coeficiente de digestibilidade ileal (%) dos aminoácidos para dietas experimentais.....	54
Tabela 5 - Efeito das dietas experimentais sob a morfometria do jejuno, concentração de ácidos graxos voláteis, status redox e incidência de diarreia.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS

AGCC	Ácido graxo de cadeia curta
AGV	Ácidos graxos voláteis
CAT	Catalase
CDA	Coeficiente de digestibilidade aparente
CM	Complexo multienzimático
DDGS	Grãos secos de destilaria com solúveis
GSH	Glutathiona Reduzida
GST	Glutathiona-S-Transferase
OTU	Unidades taxonômicas operacionais
PNA	Polissacarídeo não amiláceo
RB	Ração Basal
SOD	Superóxido Dismutase

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	
1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
2.1	Alimentos Alternativos.....	10
2.1.1	Grãos secos de destilaria com solúveis.....	12
2.2	Uso de fibras na alimentação de suínos.....	15
2.3	Suplementação dietética de enzimas.....	19
3	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	21
	REFERÊNCIAS.....	22
	SEGUNDA PARTE.....	28
	ARTIGO: Uso de complexo multienzimático em dietas com complexo multienzimático para suínos de crescimento e terminação.....	28
	ANEXO A.....	61

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Com o rápido crescimento da população mundial e, conseqüentemente, maior pressão sobre o mercado de grãos na última década, a alimentação animal de maneira econômica tornou-se uma dificuldade. Tendo isso em vista, preconiza-se a redução da quantidade de grãos e aumento da inclusão de coprodutos na dieta objetivando-se reduzir o custo da ração dos animais. Além disso, com aumento da demanda de combustíveis limpos nos últimos anos, novas tecnologias têm surgido, uma delas, a de produção de etanol. Nesse contexto, o Brasil ocupa lugar de destaque como o maior produtor de etanol de cana de açúcar no mundo, mas, em produção total, é superado pelos Estados Unidos, que usa o milho como matéria-prima (LEITE; LEAL, 2007).

No Brasil, devido à significativa produção de milho, existe uma tendência de se produzir etanol também a partir do milho. Nesse caso, durante o processamento dos grãos de cereais para a produção de etanol, são gerados os grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS), que correspondem a aproximadamente 30% do cereal empregado. Os DDGS, como um coproduto da produção de etanol, podem ser utilizados na alimentação animal, diminuindo o custo da alimentação dos suínos, preservando o desempenho produtivo e garantindo maior lucratividade ao produtor.

Durante o processo de fermentação, a maior parte do amido do grão é convertida em etanol enquanto a fibra não é utilizada. Como resultado, os DDGS apresentam menor quantidade de amido e maior percentual de fibra na sua composição em relação à sua matéria-prima. Como o trato digestivo dos suínos não secreta enzimas para a degradação de fibras, torna-se necessário realizar a suplementação exógena para que ocorra melhor aproveitamento dos nutrientes desses alimentos, mantendo o desempenho animal. Dessa forma, devido ao elevado teor de fibras, acredita-se que o uso de um complexo multienzimático comercial possa ser mais benéfico em dietas contendo DDGS do que em dietas à base de milho e farelo de soja. No entanto, não há informações suficientes na literatura que comprove a eficácia do uso de DDGS em dietas para suínos, com ou sem o uso de enzimas exógenas. Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de um complexo multienzimático em dietas contendo DDGS sobre o desempenho, saúde intestinal, digestibilidade e rendimento de carcaça em suínos em crescimento e terminação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Alimentos alternativos

A alimentação dos suínos representa aproximadamente 80% do custo total de produção desses animais (GUIMARÃES, 2020), sendo um importante definidor de rentabilidade na suinocultura (ABCS, 2014; SOUZA, 2017). No Brasil, a dieta dos suínos é baseada principalmente em milho e farelo de soja, os quais, em função de grande variabilidade de preço no decorrer do ano, tornam, muitas vezes, a produção economicamente inviável (FIALHO et al., 2004).

Sob o ponto de vista econômico, a rentabilidade da suinocultura depende essencialmente da disponibilidade e do preço de insumos utilizados na alimentação dos animais, devendo ser compatíveis àqueles pagos pelo quilograma de carne suína (VOLPATO; OLIVEIRA; NETO, 2015). Contudo, devido à crescente pressão sobre o mercado de grãos, houve uma tendência para que dietas suínas incluíssem menor quantidade de grãos e um aumento de coprodutos (ZIJLSTRA; OWUSU-ASIEDU; SIMMINS, 2010), de modo que pudessem substituir de forma adequada e econômica os produtos tradicionalmente utilizados.

Ademais, a formulação de rações para suínos é feita com base nas matérias-primas disponíveis, as quais podem ser classificadas em alimentos de origem vegetal (grãos ou farelos), farinhas de origem animal, ingredientes de origem mineral e aditivos (FIALHO et al., 2004). Esses alimentos também podem ser classificados em energéticos e proteicos, de acordo com sua composição nutricional.

Segundo Bellaver e Ludke (2004), a alimentação de suínos pode ser feita com alimentos essencialmente energéticos, como a raiz de mandioca e caldo de cana, que possuem certa limitação por apresentarem baixo nível de proteína, e alimentos energéticos idênticos ao milho, como o sorgo, milheto, grão ou quirera de arroz. Esses possibilitam a substituição total do grão de milho na dieta com apenas alguns ajustes. Existem também os alimentos energéticos com nível de proteína mais elevado do que o milho como, por exemplo, o farelo de arroz integral e a semente de girassol. Esses ingredientes apresentam elevado teor de extrato etéreo e, por esse motivo, apresentam maior densidade energética.

Além dos energéticos, existem também os alimentos fornecedores de proteínas, tais como o farelo de algodão, farelo desengordurado de arroz, farelo de girassol e sementes de leguminosa. Tais alimentos podem substituir parcialmente o farelo de soja, de acordo com a fase que será utilizado. Existem também alimentos fornecedores de proteína, mas com baixa

energia, como o feno de leucena e feno da folha de mandioca, que também podem substituir parcialmente o farelo de soja em proporções menores que a categoria citada anteriormente.

De acordo com Woyengo, Beltranena e Zijlstra (2014), os alimentos alternativos podem reduzir o custo da ração e serem utilizados como substitutos de algum grão no caso de alta de preços. Porém, é necessário o conhecimento sobre os valores nutricionais, potencialidades e restrições relacionadas ao uso desses alimentos nas diferentes fases de produção.

Os suínos em crescimento e terminação são responsáveis por aproximadamente 80% do consumo total de ração dos sistemas de ciclo completo (BELLAYER; LUDKE, 2004). Devido a isso, é a categoria mais indicada para receber os alimentos alternativos a fim de diminuir custos de produção. Entretanto, a disponibilidade comercial, a quantidade de nutrientes e energia, as características físicas e a qualidade dos nutrientes são pontos indispensáveis para análise antes de incluir um alimento à dieta dos animais (BELLAYER; LUDKE, 2004).

O aproveitamento de resíduos e subprodutos na alimentação animal é uma solução para minimizar a competição nutricional com a alimentação humana e produção de biocombustíveis (BRITO et al., 2008; WOYENGO; BELTRANENA; ZIJLSTRA, 2014). Por outro lado, a utilização de subprodutos de origem vegetal possui algumas limitações como a presença de fatores antinutricionais, que podem diminuir a digestibilidade dos nutrientes e prejudicar o desempenho do animal (FIALHO et al., 2004). Os fatores antinutricionais são substâncias que reduzem ou impedem o aproveitamento de um nutriente seja no nível digestivo ou metabólico (SOUZA et al., 2019). De maneira geral, a maioria desses coprodutos contém mais fibras do que o grão original. Nesse caso, a inclusão desses alimentos em dietas para suínos reduz a digestibilidade de energia e nutrientes devido à maior concentração de polissacarídeos não amiláceos (PNA). Por outro lado, o uso de enzimas exógenas degradadoras de PNAs podem amenizar esse problema por melhorar a digestibilidade dos nutrientes (JAWORSKI et al., 2015; ZIJLSTRA; OWUSU-ASIEDU; SIMMINS, 2010). Nesse sentido, os DDGS, coproduto da extração do milho para a produção de etanol, têm sido de grande interesse para potencial uso na nutrição animal, sendo sua inclusão em dietas para animais de produção bastante estudada.

De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2019) o milho é o grão mais produzido no mundo. Segundo um levantamento desse órgão, divulgado no Boletim da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) de setembro de 2019, a estimativa para a safra 19/20 é que a produção brasileira se mantenha inalterada quando comparada à anterior. Esse é um dado relevante, visto que a produção mundial tende a diminuir 1,5%. Somado a isso, a demanda por combustíveis limpos tem aumentado, especialmente a de etanol (CORASSA et al., 2017; SILVA; NETTO; SCUSSEL, 2016).

Segundo Leite e Leal (2007), o Brasil ocupa lugar de destaque como o maior produtor de etanol de cana no mundo. Entretanto, em produção total de etanol, é superado pelos Estados Unidos, maior produtor de milho do mundo (FIESP, 2019), que usa mais de um terço da safra do grão como matéria-prima para produção desse biocombustível (USDA, 2019).

Atualmente, o Brasil produz 101 milhões de toneladas de milho, sendo o terceiro maior produtor do mundo (CONAB, 2018). Com isso, deve buscar formas de potencializar o aproveitamento dessa produção. Dentre as alternativas, está a fabricação de etanol a partir do milho (MAPA, 2017). Apesar do principal substrato para a geração de etanol no Brasil ser a cana de açúcar, em períodos de baixa safra, que compreende o período de dezembro a março, o milho tem sido utilizado como fonte de carboidrato para a produção de biocombustíveis no país (SILVA; NETTO; SCUSSEL, 2016). Entretanto, para que isso ocorra, as usinas de processamento estão se modernizando para utilizar outros produtos além da cana de açúcar (COSTA et al., 2018).

Para produção do etanol a partir do milho, todo o grão é moído e fermentado para converter a maioria do amido em etanol. Essa conversão se dá basicamente por dois processos: moagem úmida ou moagem seca. Na moagem úmida o milho é fracionado em componentes primários (amido, germen e fibra), gerando coprodutos variados (ALVES et al., 2012; CORASSA; SOUZA, 2018). Porém, devido à menor necessidade de investimentos e ao maior rendimento de etanol, a moagem seca é responsável por mais de 70% da fabricação de etanol baseado no milho (SILVA; NETTO; SCUSSEL, 2016). Após o processo de moagem seca, o milho é macerado, cozido e submetido à hidrólise enzimática a fim de quebrar completamente os polímeros de amido. Em seguida, ocorre a fermentação, que é o processo em que leveduras convertem os açúcares em álcool. Por fim, a destilação (CORASSA; SOUZA, 2018; COSTA et al., 2018).

Após a fabricação do etanol de milho, há um resíduo que é centrifugado e separado em três frações, sendo a primeira hidrossolúvel, conhecida como vinhaça e utilizada como adubo orgânico; outra fração lipídica, o óleo de milho e uma fração sólida, o DDGS, que corresponde a aproximadamente 30% do cereal empregado no processo de produção de etanol (MALLMANN; DILKIN; TYSKA, 2009; SILVA; NETTO; SCUSSEL, 2016).

No processo de fabricação do etanol apenas a porção de amido do grão de milho é utilizado, sendo que as proteínas, gorduras, fibras e outros componentes nutricionais restantes permanecem disponíveis para uso como ração animal na forma de DDGS. Esses grãos secos de destilaria com solúveis são essencialmente concentrados, podendo apresentar três vezes mais proteína e gordura que a mesma quantidade equivalente de milho (POPP et al., 2016). Por outro

lado, como o amido do milho é fermentado no processo de fabricação do etanol, este nutriente está presente em teores menores que os do grão (STEIN; SHURSON, 2009). Essas características fazem do DDGS um potencial ingrediente para substituir tanto o milho quanto o farelo de soja (CORASSA et al., 2017).

Paralelamente a isso, o etanol também pode ser produzido a partir de outras culturas como o sorgo e o trigo, que também dão origem ao DDGS, porém, com características diferentes daquele advindo do milho. Stein e Shurson (2009) ponderam ainda que, mesmo sendo originado do mesmo tipo de grão, a composição química do DDGS pode apresentar alta variabilidade. Essa grande oscilação nutricional entre as fontes de DDGS leva a uma variação da quantidade de aminoácidos nesse alimento. Embora a proteína bruta esteja em quantidade aproximadamente três vezes maior que o milho, a digestibilidade ileal dos aminoácidos é de até dez unidades percentuais menor, o que pode ser resultado da maior concentração de fibra no DDGS (STEIN; SHURSON, 2009). Além disso, a intensidade da cor dos DDGS pode estar relacionada com a disponibilidade de aminoácidos nesse ingrediente. Isso porque os DDGS de coloração mais escura passam por um processo de aquecimento excessivo. Esse aquecimento pode causar reações de Maillard, diminuindo a disponibilidade dos aminoácidos devido a sua complexação com carboidratos durante essas reações (PEDERSEN; BOERSMA; STEIN, 2007; URRIOLOA; SHURSON; STEIN, 2010).

Em síntese, o DDGS tem como característica em sua composição química o alto teor de proteína bruta (30,9%) e fibra bruta (7,2%), sendo a maior parte insolúvel. No entanto, essa composição pode variar (Tabela 1), já que depende da qualidade do milho utilizado nas indústrias de produção de etanol e as condições do processamento, como tempo e temperatura de secagem (COZANNET et al., 2010). Além disso, o DDGS possui alto teor de fibra em detergente neutro (FDN) em relação à fibra em detergente ácido (FDA), caracterizando-se por um coproduto com alta concentração de hemicelulose (SILVA; NETTO; SCUSSEL, 2016).

Tabela 1 - Média e variação da composição nutricional dos grãos de destilaria com solúveis (continua)

Nutrientes	Média	Variação
Matéria seca (%)	88,24	87,58 - 88,88
Proteína bruta (%)	29,91	26,97 - 32,17
Fibra em detergente neutro (%)	30,28	12,85 - 41,89
Fibra em detergente ácido (%)	14,22	10,15 - 25,03

Tabela 1 - Média e variação da composição nutricional dos grãos de destilaria com solúveis (conclusão)

Nutrientes	Média	Varição
Extrato etéreo (%)	10,08	8,63 - 11,62
Cinzas (%)	4,70	3,83 - 5,43
Energia bruta (kcal kg ⁻¹)	4978	4652 - 5371
Energia digestível (kcal kg ⁻¹)	3784	3461 - 4140
Energia metabolizável (kcal kg ⁻¹)	3554	3194 - 3897

Adaptado de Corassa e Souza (2018)

A digestibilidade da fibra no DDGS é menor que 20% no intestino delgado de suínos e menor que 50% em todo o trato gastrointestinal (JHA; BERROCOSO, 2015). Portanto, a fibra bruta contribui relativamente pouco para o valor energético desses produtos. Além disso, a baixa digestibilidade da fibra bruta nos DDGS resulta no aumento da quantidade de matéria orgânica excretada pelos suínos alimentados com esses produtos. Além disso, a digestibilidade geral da matéria seca de dietas contendo esses coprodutos é menor do que nas dietas à base de milho (PEDERSEN; BOERSMA; STEIN, 2007). Essa menor digestibilidade do DDGS pode ser atribuída à matriz complexa fibra-amido-proteína (JHA et al., 2015), que limita a acessibilidade e a ação de enzimas endógenas para degradação. No entanto, a suplementação exógena de multi-carboidrases e proteases pode melhorar a degradação do DDGS, aprimorando assim a liberação de nutrientes (JHA et al., 2015; PEDERSEN et al., 2015). Além disso, o DDGS possui fósforo altamente disponível, o que permite a redução de outras fontes de fósforo na dieta (HONEYMAN; LAMMERS; HOYER, 2007). De acordo com esses autores, o DDGS é um excelente coproduto para dietas animais, inclusive para suínos.

Segundo Stein e Shurson (2009), o DDGS pode ser adicionado em dietas de suínos em todas as fases de produção sem afetar o desempenho dos mesmos, sendo as taxas de inclusão do ingrediente de até 30% para suínos em crescimento e terminação. Entretanto, ao comparar dietas com 5, 10, 15 e 20% de DDGS com dieta controle a base de milho e farelo de soja para leitões, Hanson et al.(2012) observaram que os leitões alimentados com DDGS apresentaram coeficientes de digestibilidade da matéria seca mais baixos do que aqueles que alimentaram-se com dieta controle, embora o consumo médio diário de ração tenha sido similar entre as dietas experimentais. Além disso, a digestibilidade da matéria seca, foi inferior naqueles animais alimentados com 20% de DDGS.

Suínos em crescimento e terminação alimentados com inclusão de até 30% de DDGS não apresentam resultados diferentes daqueles alimentados com uma dieta à base de milho e farelo de soja (STEIN; SHURSON, 2009). Alguns estudos mostraram piores resultados devido à inclusão de DDGS (AGYEKUM et al., 2014; CROMWELL et al., 2011). Stein e Shurson (2009) discutem que isso pode ser decorrente de algum erro na formulação das rações ou da pior qualidade da matéria prima, que diminui a digestibilidade de nutrientes. Nos experimentos utilizados nessa revisão em que os animais apresentaram pior desempenho, também foi observado pior consumo diário de ração, o que explica tal resultado. Esse fato pode ocorrer devido à palatabilidade reduzida de dietas contendo DDGS. Ademais, Hastad et al. (2005) demonstraram que, quando é dada uma escolha, os suínos preferem consumir dietas sem DDGS.

Ao avaliar os efeitos do tamanho de partículas do DDGS, Liu et al. (2012) observaram maior perda de energia bruta em suínos alimentados com 30% de DDGS em dietas com tamanho de partículas (818 μm), quando comparados com as dietas com partículas médias (594 μm) e finas (308 μm). Esse resultado mostra que tamanho de partículas menores melhoram a absorção da energia. Segundo Wondra et al. (1995), isso ocorre porque há aumento da superfície de contato do ingrediente com as enzimas digestivas.

Outro fator a considerar é que durante o processo de produção do etanol, se a matéria prima contiver micotoxinas, essa estará presente em até três vezes mais que no grão inicial (HONEYMAN; LAMMERS; HOYER, 2007). Por isso, antes de incluir esse alimento na dieta dos animais, é necessário conhecer o fornecedor.

Os fatores limitantes para utilização do DDGS na dieta dos suínos podem ser facilmente contornados realizando testes regulares para avaliar o teor nutricional e formular as dietas adequadamente para melhor uso desse ingrediente. Por fim, comparar o valor desse produto no mercado com os utilizados cotidianamente é sempre recomendado (HONEYMAN; LAMMERS; HOYER, 2007).

2.1 Uso de fibras na alimentação de suínos

Fibra dietética corresponde aos constituintes da parede vegetal da planta (PASCOAL; WATANABE, 2014). Segundo Buckeridge, Cavalari e Silva (2008), a parede celular é composta por três domínios independentes, mas que interagem entre si: a celulose e hemiceluloses (domínio fundamental), pectinas (domínio pectínico) e proteínas estruturais (domínio proteico). Nutricionalmente, fibra é a fração do alimento não digerida por enzimas secretadas pelo trato digestório de não ruminantes, mas passível de hidrólise no intestino grosso

por meio da fermentação microbiana. Contudo, quimicamente, a fibra é definida como um agregado de compostos. Entre eles se destacam os PNA e os compostos fenólicos, dos quais se destaca a lignina (PASCOAL; WATANABE, 2014).

Os PNA constituem até 90% das paredes celulares das plantas (KERR; SHURSON, 2013) e são considerados como o principal componente da fibra dietética presente nos cereais. Esses compostos são divididos em três grandes grupos (PASCOAL; WATANABE, 2014): a celulose, polissacarídeos não celulósicos (arabinoxilanas, ligações mistas de beta-glucanos, mananos, galactanos, xiloglucanos e fructanas) e os polissacarídeos pectínicos.

De acordo com Paloheimo, Piironen e Vehmaanperä (2010), a proporção de polissacarídeos da parede celular dos grãos de cereais pode ser influenciada por diversos fatores como a genética, clima, estágio de maturidade da planta, uso de fertilizantes nitrogenados e tempo de armazenamento pós-colheita. Porém, apesar dessa variação, os principais polissacarídeos da parede celular dos grãos são a celulose, os arabinoxilanos e ligações mistas de β -(1,3) (1,4)-D-glucanos, como o β -glucano; variando em proporção e estrutura de acordo com o grão.

Por definição, polissacarídeos são polímeros complexos que, pela hidrólise, fornecem moléculas de monossacarídeos. Entretanto, os PNAs são compostos indigestíveis em não ruminantes, devido a incapacidade desses animais em hidrolisar as ligações do tipo beta que une suas unidades formadoras (FIALHO et al., 2004; PASCOAL; WATANABE, 2014). Por essa razão, esses compostos mantêm dentro das células compostos ricos em energia, como carboidratos solúveis, lipídeos e proteínas.

Os PNA podem ser constituídos por nove principais carboidratos: arabinose e xilose (pentoses), glicose, galactose e manose (hexoses), ramnose e fucose (deoxi-hexoses) e ácidos glucurônico e galacturônico (ácidos urônicos). Os principais polissacarídeos que constituem a fibra dietética são a celulose, arabinoxilanas, beta-glucanas, xiloglucanas, ramnogalacturanas e arabinogalactanas. Contudo, um maior número de combinações pode ser encontrado diante da diversidade de carboidratos que formam os polissacarídeos (PASCOAL; WATANABE, 2014).

Os carboidratos não digeridos no intestino delgado, ao alcançarem o intestino grosso, podem ser digeridos por enzimas microbianas. A partir dessa digestão, formam-se ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e lactato que são absorvidos pelo animal, estabelecendo-se, assim, uma relação simbiótica (NAVARRO; ABELILLA; STEIN, 2019). Entretanto, a eficiência da utilização de energia dos AGCC é de 5 a 10% menor que o amido digerido e absorvido no intestino delgado. Por isso, a eficiência da utilização de energia em ingredientes alimentares

fibrosos como o DDGS em suínos, é afetada pela digestibilidade da fibra alimentar e também pela produção dos AGCC (BINDELLE; BULDGEN; LETERME, 2008).

De acordo com a Associação Americana de Químicos de Cereais (AACC, 2001), a fibra dietética pode ser dividida de acordo com sua solubilidade podendo ser solúvel ou insolúvel. A fibra dietética solúvel, composta principalmente por pectinas, β -glucanas e frutanas possui capacidade de aumentar a viscosidade da digesta além de poder ser, parcialmente ou completamente, fermentada pela microbiota no intestino grosso produzindo AGCC (MONTAGNE; PLUSKE; HAMPSON, 2003; URRIOLOA; SHURSON; STEIN, 2010). Esse aumento da viscosidade do quimo diminui a taxa de difusão de partículas da dieta, reduzindo o contato de enzimas com substratos e, com isso, prejudicando a digestibilidade de nutrientes. Também ocorre aumento do tempo de retenção da digesta no trato gastrointestinal e isso, além de diminuir o consumo dos animais, propicia a proliferação de microrganismos possivelmente nocivos na luz intestinal devido à maior disponibilidade de nutrientes (PASCOAL; WATANABE, 2014).

Já a fibra insolúvel, formada principalmente por celulose, hemicelulose e lignina, possui a característica de reduzir o tempo de trânsito da digesta e, conseqüentemente, a absorção dos nutrientes, pois há aumento dos movimentos peristálticos (MONTAGNE; PLUSKE; HAMPSON, 2003; PASCOAL; WATANABE, 2014). Assim como as fibras solúveis, a fibra insolúvel pode ser fermentada, porém em menor grau (URRIOLOA; SHURSON; STEIN, 2010).

Independentemente do tipo da fibra, sua fermentação no intestino grosso resulta na produção de AGCC, que são absorvidos nesse segmento, sendo capazes de suprir cerca de 24 a 30% da exigência energética de manutenção de suínos em crescimento (JOHNSTON et al., 2003). Apesar disso, a alimentação de suínos com dietas contendo altos teores de fibra promove aumento de aproximadamente 15% em sua exigência nutricional para manutenção devido a perdas endógenas e aumento das secreções gástricas, biliares e pancreáticas (YEN, 2001).

A fermentação no intestino grosso ocorre devido aos microrganismos. Segundo Wenk (2001), a densidade populacional de microrganismos no ceco e no cólon de suínos atinge níveis superiores a 10^{10} por g de digesta.

Quanto aos produtos da fermentação, dependendo do tipo de carboidrato na dieta, há formação predominante de acetato, propionato e butirato, assim como lactato e succinato, além de água e vários gases. Esses AGCC são usados de diferentes formas pelo organismo, sendo o acetato carregado para o fígado onde atua como fonte de energia. O propionato é convertido em glicose, também no fígado, além de inibir certos enteropatógenos como as salmonelas. Já o butirato é a maior fonte de energia para as atividades metabólicas das células epiteliais,

estimulando o crescimento dessas células (MONTAGNE; PLUSKE; HAMPSON, 2003; PASCOAL; WATANABE, 2014).

No entanto, a maior parte dos AGCC gerados pela fermentação microbiana a partir dos PNA é direcionada para o metabolismo lipídico. Com isso, embora em menor eficiência quando comparado ao metabolismo da glicose, componentes fibrosos solúveis potencialmente fermentáveis podem contribuir na deposição de gordura dos animais (PASCOAL; WATANABE, 2014). Por outro lado, alimentos com elevado teor de fibra insolúvel, quando promovem uma restrição qualitativa, por apresentarem menor fermentação, resultam em melhorias das características de carcaça (FRAGA et al., 2008).

Wellock, Houdijk e Kyriazakis (2007) observaram que a saúde intestinal pode se beneficiar mais de dietas contendo fibras predominantemente solúveis em comparação com as insolúveis. Isso porque a lignina compromete a fração insolúvel da fibra. Portanto, é necessária a identificação e caracterização de ingredientes alimentares alternativos antes de adicioná-los à dieta dos suínos (JHA; BERROCOSO, 2015). De forma geral, a fibra dietética vem sendo considerada uma fonte alternativa de energia para os suínos, principalmente para os animais em crescimento e terminação e reprodutores (GOMES et al., 2006).

A maior parte da fibra do DDGS é insolúvel (TRUPIA, 2013) e, por isso, apresenta baixa digestibilidade. Urriola, Shurson e Stein (2010) observaram que a digestibilidade do DDGS proveniente do milho varia de acordo com suas diferentes fontes. Porém, esse coproduto apresenta melhor digestibilidade ileal aparente e a digestibilidade aparente total da fibra em comparação ao milho, o que sugere que a digestibilidade desse nutriente é melhorada pelo processamento para a produção do etanol. No entanto, menos de 50% da fibra total da dieta no DDGS é fermentada em todo o trato intestinal, o que significa que mais de 50% da fibra total da dieta no DDGS passa pelos suínos sem ser fermentado.

Segundo Pedersen, Boersma e Stein (2007), embora a concentração de energia no DDGS seja muito maior que no milho, a concentração de energia digestível e metabolizável nesse alimento é semelhante à do milho porque a digestibilidade da energia é muito menor no DDGS. Isso ocorre, pois, a energia no milho se origina principalmente de amido, proteína bruta e gordura, enquanto a energia no DDGS vem de uma maior concentração de gordura, proteína bruta e fibra e muito pouco do amido (STEIN; SHURSON, 2009). A baixa taxa de fermentabilidade da fibra é a principal razão para a baixa digestibilidade da energia no DDGS. As fibras solúveis no DDGS são fermentadas em mais de 90%, enquanto as fibras insolúveis são fermentadas apenas em cerca de 40%. Porém, como mais de 90% de toda a fibra no DDGS são insolúveis, há baixa fermentabilidade. Portanto, para melhorar a digestibilidade da energia

no DDGS são necessários procedimentos que possam solubilizar algumas das fibras insolúveis presentes nesse alimento (TRUPIA, 2013).

Em suma, o DDGS é um alimento com alto nível de proteína, minerais e fibra (STEIN; SHURSON, 2009). Entretanto, como os suínos são animais que não conseguem aproveitar altos níveis de inclusão de fibra na dieta, para utilizar alimentos fibrosos é necessário encontrar maneiras para fazer uso desses alimentos. Técnicas de formulação com base em energia líquida e uso de enzimas exógenas são duas técnicas que permitem melhorar o valor nutricional de coprodutos com alto teor de fibra como o DDGS (KERR; SHURSON, 2013; PASCOAL; WATANABE, 2014).

2.2 Suplementação dietética de enzimas

O uso de aditivos enzimático em dieta animal tem como propósito melhorar o desempenho através da remoção e destruição de fatores antinutricionais dos grãos e do aumento da digestibilidade da ração, além de diminuir a poluição ambiental causada pelo excesso de nutrientes excretados nas fezes (COUSINS; CHAMPE; HARVEY, 1999; GUENTER, 2002). Comumente as enzimas exógenas são utilizadas a fim de complementar as endógenas que são produzidas em quantidades insuficientes e/ou fornecer aos animais enzimas que eles não conseguem sintetizar. Com isso, há redução dos efeitos negativos causados pelos nutrientes que não seriam digeridos e absorvidos no intestino delgado, além de propiciar o aumento da disponibilidade de polissacarídeos de reserva, gorduras e proteínas, protegidas da atividade digestória pelos polissacarídeos da parede celular (FISCHER et al., 2002).

O efeito da enzima exógena é influenciado pela concentração de seu substrato na dieta, pelo antagonismo entre enzimas, pela categoria animal e pela concentração da enzima (FIREMAN; FIREMAN, 1998). Além disso, as enzimas podem ser administradas de duas maneiras, na forma de coquetel ou separadas. Segundo Dierick e Decuyper (1994), os efeitos benéficos da suplementação enzimática são melhores quando se utilizam coquetéis ou complexos enzimáticos quando comparados com enzimas isoladas. O uso de enzimas em separado só deve ser realizado quando se deseja degradar um determinado fator antinutricional conhecido que venha prejudicar o aproveitamento dos nutrientes da dieta ou quando se sabe que o uso de determinada enzima em conjunto com outra pode diminuir a atividade de ambas (WENK; WEISS; BEE, 1993).

Segundo Kerr e Shurson (2013) há uma relação inversa entre o teor de fibras na dieta e a digestibilidade energética. Portanto, o uso de enzimas exógenas que possam degradar a fibra

propicia podem melhorar o aproveitamento dos alimentos. Porém, existe grande variedade na concentração e característica química nos alimentos fibrosos, bem como a interação entre os constituintes da dieta. Portanto, a utilização de enzimas exógenas nas dietas dos suínos depende do correto entendimento dessas relações. Dessa forma, a enzima deve corresponder ao(s) substrato(s) alvo(s), podendo ser necessário um coquetel de enzimas para decompor efetivamente as matrizes complexas das estruturas fibrosas dos carboidratos (KERR; SHURSON, 2013).

Em geral, as enzimas mais utilizadas na alimentação animal são as fitases, as carboidrases (xilanases, β -glucanases, mananases, α -galactosidases e amilases) e as proteases (HENN, 2002). As carboidrases são enzimas que catalisam reações de degradação de carboidratos, aumentando a digestibilidade e o aproveitamento de nutrientes da dieta (GOMES; CONY; STELLA, 2019). Os carboidratos estão intimamente ligados ao valor nutricional do grão que é limitado pelo valor de PNA insolúveis (celulose) e solúveis (predominantes as β -glicanas e arabinoxilanas) (FIREMAN; FIREMAN, 1998). Os suínos não conseguem digerir PNA por não possuírem as enzimas digestivas adequadas (GUTIERREZ; KERR; PATIENCE, 2013). Portanto, as enzimas juntamente com nutrientes substratos, ao chegarem ao intestino grosso, podem sofrer fermentação microbiana (VAREL; YEN, 1997), ou então, podem ser digeridos através da adição de carboidrases exógenas (BEDFORD, 2000).

De acordo com Lan, Li e Kim (2017), as enzimas que degradam PNAs são adicionadas às dietas de animais com o intuito de aumentar a energia obtida de dietas com alto teor de fibras. Além de melhorar o desempenho animal pela maior digestibilidade dos nutrientes, também auxiliam nas respostas às doenças infecciosas. No entanto, os mecanismos pelos quais as enzimas degradadoras de PNAs exercem esses efeitos ainda não são claros (VILA et al., 2018).

As principais enzimas utilizadas para degradação de PNA são as xilanases, celulasas e as glucanases (CAMPESTRINI; SILVA; APPELT, 2005). Quando adicionadas à dieta dos suínos, favorecem a utilização de alimentos ricos em PNA (LI et al., 2010), propiciando uma dieta economicamente viável, tendo em vista que são alimentos fibrosos possuem menor valor econômico.

A suplementação exógena de betaglucanases melhora a absorção de nutrientes por diminuir a viscosidade do quimo. Além disso, libera maior quantidade de açúcares, pois atua sobre os beta-glucanos que são formados por glicose (FIREMAN; FIREMAN, 1998). As xilanases, de forma semelhante, atuam sobre as pentosanas presentes nos cereais, permitindo maior disponibilidade de açúcares (HANNAS; PUPA, 2006). A celulase, responsável pela degradação da celulose, libera nutrientes contidos no interior da célula vegetal e, ao mesmo

tempo, a própria glicose que forma a estrutura celulolítica (GOMES; CONY; STELLA, 2019). Também reduz a capacidade da fibra de reter a água presente nos alimentos, fato que afeta negativamente o consumo de ração e, conseqüentemente, o crescimento dos animais (CAMPESTRINI; SILVA; APPELT, 2005).

Ainda como componente dos PNAs, a hemicelulose é um polímero heterogêneo de açúcares com uma estrutura amorfa que a torna mais suscetível à hidrólise enzimática do que a celulose. Entretanto, além das xilanases que clivam aleatoriamente sua cadeia principal, são necessárias outras enzimas acessórias como as α -L-arabinofuranosidase, α -glucuronidase e esterases variadas para hidrolisar completamente suas ligações (BISCHOFF et al., 2011).

Yin et al. (2000) relataram que a suplementação enzimática exógena com o propósito de aumentar a utilização de nutrientes, é mais efetiva quando utilizada em ingredientes de pior qualidade, como o DDGS. A suplementação dietética de enzimas exógenas, como a xilanase, pode hidrolisar o teor de xilano de DDGS, melhorando a utilização de energia pelo suíno (O'SHEA et al., 2014).

Quando são utilizados níveis mais elevados de subprodutos na dieta animal, a adição de xilanase ou betaglucanase pode ser necessária para melhorar a digestibilidade dos nutrientes (ZIJLSTRA; OWUSU-ASIEDU; SIMMINS, 2010). O milho, por sua vez, é um alimento altamente digerível e tem baixo conteúdo fibroso. Portanto, quando são adicionadas enzimas à dieta não há consistente melhorias no desempenho animal. Por outro lado, as enzimas se mostram benéficas em dietas contendo DDGS (JONES et al., 2010).

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A alimentação dos suínos é responsável por grande parte do custo de produção total desses animais. Portanto, estudos objetivando minimizar essa parcela de despesas para a produção animal, como o uso de coprodutos, refletem em grandes oportunidades para a cadeia suinícola. Somado a isso, o uso de enzimas exógenas pode propiciar melhor aproveitamento desses alimentos, levando a um menor custo de produção, sem afetar a qualidade da dieta, desempenho e saúde dos animais.

REFERÊNCIAS

- AACC. **Fibra alimentar.** Disponível em: <<https://www.cerealsgrains.org/initiatives/definitions/Pages/DietaryFiber.aspx>>. Acesso em: 2 mar. 2020.
- ABCS. Produção de teoria e prática. **Produção de teoria e prática**, v. 1, p. 1–980, 2014.
- ALVES, J. O. et al. Synthesis of carbon nanomaterials from corn waste (DDGS). **Química Nova**, v. 35, n. 8, p. 1534–1537, 2012.
- BEDFORD, M. R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition - Their current value and future benefits. **Animal Feed Science and Technology**, v. 86, n. 1–2, p. 1–13, 2000.
- BELLAVER, C.; LUDKE, J. V. Considerações sobre os alimentos alternativos para dietas de suínos. **Enipec**, p. 1–4, 2004.
- BINDELLE, J.; BULDGEN, A.; LETERME, P. Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pig nutrition: A review. **Biotechnology, Agronomy and Society and Environment**, v. 12, n. 1, p. 3247–3256, 2008.
- BISCHOFF, K. M. et al. Purification and characterization of arabinofuranosidase from the corn endophyte *Acremonium zeae*. **Biotechnology Letters**, v. 33, n. 10, p. 2013–2018, 2011.
- BRITO, M. S. DE et al. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos - Revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 2, n. 4, p. 111–117, 2008.
- BUCKERIDGE, M. S.; CAVALARI, A. A.; SILVA, G. B. DA. Parede Celular. In: KERBAUY, G. (Ed.). **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p. 164–181.
- CAMPESTRINI, E.; SILVA, V. T. M. DA; APPELT, M. D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2, n. 6, p. 259–272, 2005.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - CEPEA-ESALQ/USP. **PIB do Agronegócio Brasileiro.** Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acesso em: 1 mar. 2020.
- CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A. Enzimas. In: **Bioquímica Ilustrada**. 2. ed. São Paulo: Artes Médicas, 1989. p. 53–66.
- CONAB. **Indicadores da agropecuária**. p. 01–116, 2018.
- CONTE, A. J. et al. Efeito da fitase e xilanase sobre o desempenho e as características ósseas de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 5, p. 1147–1156, set. 2003.
- CORASSA, A. et al. Nutritional value of Brazilian distillers dried grains with solubles for pigs as determined by different methods. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 9, p. 740–746, 2017.
- CORASSA, A.; SOUZA, C. DE. Uso de DDGS de milho para suínos: uma breve revisão. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 17, n. 2, p. 157, 2018.

COSTA, I. C. et al. Coprodutos da indústria de etanol de milho na alimentação de ruminantes. **Pubvet**, v. 12, n. 11, p. 1–7, 2018.

COUSINS, B.; CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A. Enzimas na nutrição de aves. In: **I Simpósio Internacional ACAV - Embrapa sobre nutrição de aves**. Concórdia - SC: Anais Concórdia 1999, 1999.

COZANNET, P. et al. Composition and amino acids ileal digestibility of wheat distillers dried grains and solubles in pigs: Sources of variability. **Livestock Science**, n. 134, p. 176–179, 2010.

DIERICK, N. A.; DECUYPERE, J. A. Enzymes and growth in pigs. In: **Principles of pig science**. Nottingham: Nottingham University Press, 1994. p. 169–195.

FIALHO, E. T. et al. **Alimentos Alternativos para Suínos**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 2004.

FIESP. **Safra Mundial de Milho 2019/20**. Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/>>. Acesso em: 1 mar. 2020.

FIREMAN, F. A. T.; FIREMAN, A. K. B. A. T. Enzimas na alimentação de suínos. **Ciência Rural**, v. 28, n. 1, p. 173–178, 1998.

FISCHER, G. et al. Performance of Broilers Fed Corn Soybean Meal Based Diets , with or without Inclusion of Enzymes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 2002, n. 1, p. 402–410, 2002.

FRAGA, A. L. et al. Restrição alimentar qualitativa para suínos com elevado peso de abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 5, p. 869–875, 2008.

FREITAS, L. S. et al. Effect of dietary distillers dried grains with solubles on performance and carcass characteristics in finishing hogs. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 332, 2011.

GOMES, B. K.; CONY, B. S. DE L.; STELLA, L. Enzimas exógenas na alimentação de suínos. **Nutritime**, v. 16, n. 3, p. 8477–8487, 2019.

GOMES, J. D. F. et al. Efeitos do incremento da fibra em detergente neutro na dieta de suínos sobre a morfologia dos órgãos digestivos e não digestivos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, 2006.

GREINER, L. et al. The feeding of dry distillers grain with solubles to lactating sows. **Journal of Animal Science**, v. 93, p. 5718–5724, 2015.

GUENTER, W. **Practical experience with the use of enzymes**. Disponível em: <<http://www.idrc.ca/books/focus/821/chp6.html>>.

GUIMARÃES, L. **Custos com alimentação de suínos subiram menos em maio, quando comparado a abril**. Disponível em: <<https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/granjeiros/261739-custos-com-alimentacao-de-suinos-subiram-menos-em-maio-quando-comparado-a-abril.html>>. Acesso em: 01 ago. 2020.

GUTIERREZ, N. A.; KERR, B. J.; PATIENCE, J. F. Effect of insoluble-low fermentable fiber from corn-ethanol distillation origin on energy, fiber, and amino acid digestibility, hindgut degradability of fiber, and growth performance of pigs1. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 11, p. 5314–5325, 1 nov. 2013.

HANNAS, M. I.; PUPA, J. M. R. **Enzimas: Uma alternativa viável para enfrentar a crise Suinocultura**. Disponível em: <<https://pt.engormix.com/suinocultura/artigos/enzimas-alternativa-crise-suinocultura-t36660.htm>>. Acesso em: 11 mar. 2020.

HANSON, A. R. et al. Impact of dried distillers grains with solubles (DDGS) and diet formulation method on dry matter, calcium, and phosphorus retention and excretion in nursery pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 172, n. 3–4, p. 187–193, 2012.

HASTAD, W. et al. Effects of dried distillers grains with solubles on feed preference in growing pigs. **C. Journal of Animal Science**, v. 83, n. (Suppl. 2), p. 73, 2005.

HENN, J. D. **Aditivos enzimáticos em dietas de suínos e aves**. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/aditiv_enzimas.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2020.

HONEYMAN, M.; LAMMERS, P.; HOYER, S. Feeding Bioenergy Coproducts to Swine. **Iowa State University Extension Publication - International Pig Topics**, v. 22, n. 6, p. 15, 2007.

INBORR, J.; MEULEN, J. V. Residual activity of added enzymes in relation to fibre digestibility in the terminal ileum of growing pigs. In: **Enzymes in animal nutrition - 1 st symposium**. [s.l.: s.n.]. p. 34–37.

JAWORSKI, N. W. et al. Carbohydrate composition and in vitro digestibility of dry matter and nonstarch polysaccharides in corn, sorghum, and wheat and coproducts from these grains¹. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 3, p. 1103–1113, 2015.

JHA, R. et al. Enzymes enhance degradation of the fiber–starch–protein matrix of distillers dried grains with solubles as revealed by a porcine in vitro fermentation model and microscopy. **Journal of Animal Science**, v. 93, p. 1039–1051, 2015.

JHA, R.; BERROCOSO, J. D. Review: Dietary fiber utilization and its effects on physiological functions and gut health of swine. **Animal**, v. 9, n. 9, p. 1441–1452, 2015.

JOHNSTON, L. J. et al. Feeding by-products high in concentration of fiber to nonruminants. **3Rd National Symposium on Alternative Feeds for Livestock and Poultry Proceedings**, n. 320, p. 169–186, 2003.

JONES, C. K. et al. Efficacy of commercial enzymes in diets containing various concentrations and sources of dried distillers grains with solubles for nursery pigs. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 6, p. 2084–2091, 2010.

JUNIOR, A. M. P. Enzimas em rações para aves e suínos. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Botucatu - SP: Revista Pet Food Brasil, 1998. p. 165–178.

KERR, B. J.; SHURSON, G. C. Strategies to improve fiber utilization in swine. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 4, n. 1, p. 1–12, 2013.

LAN, R.; LI, T.; KIM, I. Effects of xylanase supplementation on growth performance, nutrient digestibility, blood parameters, fecal microbiota, fecal score and fecal noxious gas emission of weaning pigs fed corn-soybean meal-based diet. **Animal Science Journal**, v. 88, n. 9, p. 1398–1405, 2017.

LEITE, R. C. DE C.; LEAL, M. R. L. V. O biocombustível no Brasil. **Novos Estudos CEBRAP**, n. 78, p. 15–21, 2007.

LI, Y. et al. Effects of β -mannanase expressed by *Pichia pastoris* in corn-soybean meal diets on broiler performance, nutrient digestibility, energy utilization and immunoglobulin levels. **Animal Feed Science and Technology**, v. 159, n. 1–2, p. 59–67, 20 jul. 2010.

LIU, P. et al. Impact of distillers dried grains with solubles particle size on nutrient digestibility, DE and ME content, and flowability in diets for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 13, p. 4925–4932, 2012.

LIU, Y.; BAIDOO, S. K. Exogenous enzymes for pig diets: an overview. In: **Enzymes in poultry and swine nutrition**. Ottawa, ON, Canadá: International Development Research Centre, 1996. p. 115–128.

MALLMANN, C. A.; DILKIN, P.; TYSKA, D. **A importância da nutrição de precisão na produção animal**. Santa Maria, RS. Disponível em: <www.ddgs.umn.edu/articles-swine/2002-Shurson->. Acesso em: 1 mar. 2020.

MAPA. **Ministro defende fabricação de etanol a partir de milho no Brasil**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/ministro-defende-fabricacao-de-etanol-a-partir-de-milho-no-brasil>>. Acesso em: 1 mar. 2020.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, v. 108, n. 1–4, p. 95–117, 2003.

NAVARRO, D. M. D. L.; ABELILLA, J. J.; STEIN, H. H. Structures and characteristics of carbohydrates in diets fed to pigs: A review. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 10, n. 1, p. 1–17, 2019.

O'SHEA, C. J. et al. The effect of protease and xylanase enzymes on growth performance, nutrient digestibility, and manure odour in grower-finisher pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 189, p. 88–97, 1 mar. 2014.

PALOHEIMO, M.; PIIRONEN, J.; VEHEMAANPERÄ, J. Xylanases and cellulases as feed additives. In: BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. **Enzymes in farm animal nutrition**. 2. ed. Wallingford, UK. p. 12–53.

PASCOAL, L. A. F.; WATANABE, P. H. Fibra dietética na nutrição de suínos. In: SAKOMURA, N. K. et al. (Eds.). **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014. p. 360–371.

PEDERSEN, C.; BOERSMA, M. G.; STEIN, H. H. Digestibility of energy and phosphorus in ten samples of distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 5, p. 1168–1176, 2007.

PEDERSEN, M. B. et al. Xylanase and protease increase solubilization of non-starch polysaccharides and nutrient release of corn- and wheat distillers dried grains with solubles. **Biochemical Engineering Journal**, v. 98, p. 99–106, 5 jun. 2015.

POPP, J. et al. Biofuels and their co-products as livestock feed: Global economic and environmental implications. **Molecules**, v. 21, n. 3, p. 1–26, 2016.

SILVA, S. Z. DA et al. Mananoligossacarídeo em dietas para leitões desmamados. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 49, n. 2, p. 102–110, 2012.

SILVA, J.; NETTO, D.; SCUSSEL, V. Grãos secos de destilaria com solúveis, aplicação em alimentos e segurança – uma revisão. **PubVet**, v. 10, n. 3, p. 257–270, 2016.

SOUZA, C. G. DE et al. Fatores antinutricionais de importância na nutrição animal: Composição e função dos compostos secundários. **Pubvet**, v. 13, n. 5, p. 1–19, 2019.

SOUZA, H. C. Production costs of pigs: study in the main producing states of Brazil. p. 24, 2017.

STEIN, H. H.; SHURSON, G. C. Board-invited review: The use and application of distillers dried grains with solubles in swine diets. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 4, p. 1292–1303, 2009.

TRUPIA, S. Improving fiber digestibility in DDGS from ethanol production. **Report to the National Pork Board**, p. 29, 2013.

URRIOLA, P. E.; SHURSON, G. C.; STEIN, H. H. Digestibility of dietary fiber in distillers coproducts fed to growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 7, p. 2373–2381, 2010.

USDA. **Corn is America's Largest Crop in 2019**. Disponível em: <<https://www.usda.gov/media/blog/2019/07/29/corn-americas-largest-crop-2019>>. Acesso em: 1 mar. 2020.

VAREL, V. H.; YEN, J. T. Microbial Perspective on Fiber Utilization by Swine. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 10, p. 2715–2722, 1997.

VILA, M. F. et al. Dietary fiber sources and non-starch polysaccharide-degrading enzymes modify mucin expression and the immune profile of the swine ileum. **PLoS ONE**, v. 13, n. 11, p. 1–16, 2018.

VOLPATO, R. M.; OLIVEIRA, V. DE; NETO, D. P. Agro-industrial co-products in feed for piglets. p. 86–91, 2015.

WELLOCK, I. J.; HOUDIJK, J. G. M.; KYRIAZAKIS, I. Effect of dietary non-starch polysaccharide solubility and inclusion level on gut health and the risk of post weaning enteric disorders in newly weaned piglets. **Livestock Science**, v. 108, n. 1–3, p. 186–189, 1 maio 2007.

WENK, C. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, v. 90, n. 1–2, p. 21–33, 2001.

WENK, C.; WEISS, E.; BEE, G. Interaction between a phytase and a carbohydrase in a pig diet. In: **Enzymes in animal nutrition: Symposium I**. Switzerland: Kartause Ittingen, 1993. p. 160–164.

WIDMER, M. R. et al. Effects of feeding distillers dried grains with solubles, high-protein distillers dried grains, and corn germ to growing-finishing pigs on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 8, p. 1819–1831, 2008.

WONDRA, K. J. et al. Reducing particle size of corn in lactation diets from 1,200 to 400 micrometers improves sow and litter performance. **Journal of animal science**, v. 73, n. 2, p. 421–426, 1995.

WOYENGO, T. A.; BELTRANENA, E.; ZIJLSTRA, R. T. Controlling feed cost by including alternative ingredients into pig diets: A review. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 4, p. 1293–1305, 2014.

YEN, J. T. Anatomy of digestive system and nutritional physiology. In: **Swine Nutrition**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 31.

YIN, Y. L. et al. Apparent digestibility (ileal and overall) of nutrients and endogenous nitrogen losses in growing pigs fed wheat (var. Soissons) or its by-products without or with xylanase supplementation. **Livestock Production Science**, v. 62, n. 2, p. 119–132, 1 jan. 2000.

ZIJLSTRA, R. T.; OWUSU-ASIEDU, A.; SIMMINS, P. H. Future of NSP-degrading enzymes to improve nutrient utilization of co-products and gut health in pigs. **Livestock Science**, v. 134, n. 1–3, p. 255–257, 2010.

SEGUNDA PARTE

ARTIGO

Uso de complexo multienzimático em dietas com grãos secos de destilaria com solúveis para suínos em crescimento e terminação

Thamires Allue Dantas^a; Rhuan Filipe Chaves^b; Maíra Resende^b; José Henrique Barbi^c; Vinícius de Souza Cantarelli^{b*}; Márcio Gilberto Zangeronimo^a

^aDepartamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 37200-000, Brasil

^bDepartamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 37200-000, Brasil

^c Adisseo Brasil Nutrição Animal LTDA, São Paulo-SP, 05805-000, Brasil

*Artigo formatado de acordo com as normas da Livestock Science
(Versão preliminar)*

Declaração de interesses: Nenhuma.

* Autor de correspondência.

Endereço de e-mail: vinicius@ufla.br (Cantarelli, V.S.)

RESUMO

Os grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) apresentam até três vezes mais fibras que o milho, o que resulta em menor digestibilidade deste coproduto e conseqüentemente menor disponibilidade de energia. Portanto, o envolvimento de enzimas exógenas que possam degradar a fibra é benéfico para melhorar a utilização do DDGS. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar a inclusão de um complexo multienzimático (CM) em dietas à base de milho e farelo de soja, com ou sem inclusão de DDGS. O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, sendo utilizados 144 suínos de $38,83 \pm 1,59$ kg na fase de crescimento e 88 suínos de $89,28 \pm 2,78$ kg na terminação. O delineamento experimental ocorreu em blocos casualizados (peso inicial) e a baia usada como unidade experimental. Quatro dietas experimentais foram testadas, sendo uma ração basal (RB) formulada à base de milho e farelo de soja, outra contendo DDGS (15% na fase de crescimento e 25% na fase de terminação), outra contendo o CM e outra contendo o DDGS + o CM. As rações foram isoenergéticas e formuladas para atender às exigências nutricionais dos animais. Não foram observadas diferenças para o desempenho dos animais em ambas as fases. O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes para os animais DDGS se mostrou pior em relação aos demais, sendo que a inclusão do CM melhorou ($P < 0,01$) o CDA de MS, PB, EB e FDN para as dietas com DDGS. A inclusão do CM também melhorou a digestibilidade ileal de alguns aminoácidos e aminoácidos totais na dieta com DDGS. Os animais que receberam a RB apresentaram um incremento de bactérias benéficas. Por outro lado, no grupo DDGS foi observado um aumento significativo de bactérias patogênicas, além de menor riqueza da biodiversidade. Porém, quando incluído o CM houve um maior ($P < 0,001$) número de *Bifidobacterium* e redução ($P < 0,001$) do gênero *Streptococcus*, além de levar ao aumento da biodiversidade. Em conclusão, inclusão de até 25% de DDGS não alterou o desempenho nas fases de crescimento e terminação. Contudo, este coproduto piorou os CDA e a microbiota dos animais, sendo que, a inclusão de CM apresentou uma melhora desses resultados.

Palavras-chave: Coproduto. Enzimas. Digestibilidade. Carcaça. Saúde intestinal.

33 1. Introdução

34

35 A alimentação dos suínos representa cerca de 80% do custo total de produção
36 (Guimarães, 2020) sendo, portanto, um importante definidor de rentabilidade na
37 suinocultura. Dessa forma, a viabilidade deste setor depende essencialmente da
38 disponibilidade e do preço de insumos utilizados na alimentação dos animais, devendo
39 ser compatíveis àqueles pagos pelo quilograma de carne suína (Volpato et al., 2015).
40 Contudo, devido à crescente demanda do mercado de grãos, existe uma tendência para
41 que dietas suínas contenham menor quantidade desses alimentos e maior quantidade de
42 coprodutos sem prejudicar o desempenho dos animais.

43 Nesse contexto, grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) são coprodutos
44 que podem ser utilizados na alimentação de suínos. O DDGS é obtido através da produção
45 de etanol a partir do milho, contendo, no entanto, maiores níveis de proteína e minerais,
46 mas também de fibra (Stein and Shurson, 2009). Contudo, este coproduto pode apresentar
47 grande oscilação em sua composição nutricional, sendo encontradas variação na energia
48 metabolizável entre 3194 e 3897 kcal, fibra em detergente neutro entre 12,85 a 41,89 %,
49 proteína entre 26,97 e 32,17% e extrato etéreo 8,63 e 11,62% (Anderson et al., 2012; Li
50 et al., 2015; Pedersen et al., 2007; Wu et al., 2016). Essas variações ocorrem em função
51 da qualidade do grão empregado na produção de etanol, assim como das condições do
52 processamento e diferenças no tempo e temperatura de secagem (Cozannet et al., 2010).
53 Tais variações levam a uma dificuldade na formulação de dietas com este ingrediente, o
54 que pode ser contornado com a utilização de energia líquida que permite melhor utilização
55 deste alimento (Moehn et al., 2005), assim como com a inclusão de enzimas exógenas,
56 que favorecem a digestibilidade dos nutrientes do DDGS (Jha et al., 2015; Pedersen et
57 al., 2015).

58 Comparado ao milho, o DDGS apresenta reduzida digestibilidade energética. Isso
59 devido à baixa fermentabilidade da fibra, que é predominantemente do tipo insolúvel
60 (Trupia, 2013). Além disso, o DDGS também possui uma complexa matriz fibra-amido-
61 proteína, que limita a ação de enzimas endógenas para sua degradação, fato que pode ser
62 melhorado com a inclusão de enzimas exógenas. No entanto, os efeitos da adição de
63 aditivos enzimáticos em um alimento com ampla variação na composição química
64 precisam ser melhor avaliados. Assim, objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito da
65 inclusão de um complexo multienzimático em dietas contendo DDGS, esperando-se a

66 igualdade quanto ao desempenho, digestibilidade, rendimento de carcaça e saúde
67 intestinal em suínos de crescimento e terminação.

68

69 **2. Material e métodos**

70

71 Os procedimentos experimentais usados nesse estudo foram aprovados pela
72 Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA da Universidade Federal de Lavras,
73 protocolo nº 106/2018 (ANEXO A).

74

75 *2.1. Animais, instalações e delineamento experimental*

76

77 O estudo foi conduzido no Centro Experimental de Suínos, localizado no
78 Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras,
79 Minas Gerais, Brasil.

80 Um total de 144 leitões machos castrados (fêmeas DB × machos PIC),
81 provenientes de um rebanho comercial, com peso de $38,83 \pm 1,59$ kg foram utilizados
82 para a primeira parte do experimento, que foi considerada a fase de crescimento. Os
83 animais permaneceram por 20 dias em adaptação às condições experimentais e o período
84 experimental foi de 24 dias. Após esse período, os animais passaram a receber dietas
85 padrão e foram novamente redistribuídos de acordo com o peso vivo para a segunda parte
86 do experimento, a fase de terminação. Nessa fase foi utilizado um total de 88 leitões
87 machos castrados, com peso de $89,28 \pm 2,78$ kg. Os animais permaneceram por 20 dias
88 em adaptação às condições experimentais e o período experimental foi de 19 dias. Os
89 animais foram alojados em baias ($2,3 \times 1,0$ m) com piso compacto, contendo um
90 bebedouro tipo chupeta e um comedouro semiautomático.

91 Para a primeira parte do experimento, o delineamento foi em blocos casualizados
92 (peso inicial), com quatro tratamentos e 12 repetições. A unidade experimental foi
93 composta de três animais por baia. Para a segunda parte o delineamento experimental foi
94 em blocos casualizados (peso inicial), com quatro tratamentos e 11 repetições. A unidade
95 experimental foi composta de dois animais por baia.

96

97 2.2. Dietas e procedimento experimental

98

99 Quatro dietas experimentais foram testadas, sendo uma ração basal (RB)
100 formulada à base de milho e farelo de soja, outra contendo DDGS (15% na fase de
101 crescimento e 25% na fase de terminação), outra contendo o complexo multienzimático
102 (CM) (50g/ton) e outra contendo o DDGS + o CM (Tabela 1). O CM foi utilizado na
103 matriz da dieta, as rações foram isoenergéticas e formuladas para atender às exigências
104 nutricionais de suínos em crescimento e em terminação, de acordo com Rostagno et al.
105 (2017). A matriz dos alimentos e do CM são apresentadas na Tabela 2.

106 Durante todo o período experimental os animais receberam água e ração *ad*
107 *libitum*. Os animais foram pesados no início e ao final de cada etapa do experimento e a
108 ração fornecida e as sobras foram avaliadas diariamente para a avaliação do desempenho.
109 Duas vezes ao dia também foi realizada a avaliação do escore fecal e calculada a
110 incidência de diarreia segundo a metodologia descrita por Casey (2007), em ambas as
111 partes do experimento.

112 Entre o 4º e o 11º dia da fase de terminação, os animais receberam ração contendo
113 0,3% de óxido de cromo como marcador, como proposto por Zhang e Adeola (2017). No
114 9º, 10º e 11º dia foram coletadas amostras de fezes do reto dos animais para a análise do
115 coeficiente de digestibilidade da energia e dos nutrientes das rações e estas foram
116 armazenadas à -20°C. Ao final do experimento, sem ser realizado jejum alimentar, todos
117 os animais foram encaminhados para o abate em frigorífico comercial, sendo escolhido o
118 de maior peso de cada baia para a realização das análises posteriores. A carcaça foi
119 avaliada em 11 animais por tratamento e as demais análises em oito.

120 Os animais foram abatidos por atordoamento elétrico e sangria, pelos
121 regulamentos do Decreto nº 711 de primeiro de novembro de 1995 do Ministério da
122 Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 1995). Após o abate, os intestinos delgado
123 e grosso foram removidos para a separação do jejuno, do íleo e do ceco. Do jejuno foram
124 seccionados dois segmentos de 2 cm, 2 metros antes da prega íleocecal. Esses segmentos
125 foram abertos e lavados com solução fisiológica para remoção do conteúdo luminal. Um
126 dos segmentos teve a mucosa raspada com auxílio de uma lâmina para microscopia, e o
127 material colocado em eppendorfs e conservado em -80°C para posterior avaliação das
128 enzimas antioxidantes. O outro segmento foi colocado em formol 10% para avaliação da
129 morfometria intestinal. Do íleo foi coletado o conteúdo ileal que foi armazenado em
130 coletores universais e acondicionados à -20°C para a análise da digestibilidade ileal de

131 aminoácidos. Do ceco foram coletadas amostras de conteúdo cecal em dois tubos falcon
132 de 15 ml, sendo uma delas acondicionadas a -80°C , para a análise do microbioma e a
133 outra à -20°C , para quantificação dos ácidos graxos voláteis (AGV).

134

135 2.3. Avaliação de carcaça

136

137 Após a completa evisceração dos animais, o peso de carcaça quente foi obtido
138 para o cálculo do rendimento de carcaça (%) em relação ao peso vivo. Em seguida, as
139 carcaças foram resfriadas por 24 horas a $2,0 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ e então novamente pesadas para
140 obtenção do peso de carcaça resfriada. Através da diferença entre o peso de carcaça
141 quente e carcaça resfriada foi obtida a perda por gotejamento (%) (Honikel, 1998).

142 Em seguida, as carcaças foram serradas no sentido crânio-caudal, no centro da
143 coluna vertebral. O comprimento de carcaça, espessura de toucinho, profundidade de
144 lombo, área de olho de lombo e área de gordura foram medidas na meia carcaça esquerda,
145 conforme metodologia descrita por Bridi e Silva (2009). A área de olho de lombo e a área
146 de gordura foram determinadas utilizando o software Image J[®]. Com esses valores foi
147 obtida a relação carne/gordura pela fórmula $\frac{\text{Área de olho de lombo (cm}^2\text{)}}{\text{Área de gordura subcutânea (cm}^2\text{)}}$ (Bridi and

148 Silva, 2009). A quantidade de carne da carcaça foi pela fórmula $\text{QC} = 8,588 + (0,465 \times$
149 $\text{peso carcaça quente (libra)}) - (21,896 \times \text{espessura de toucinho (polegada)}) + (3,005 \times$
150 $\text{área de olho de lombo (polegada)})$, e a porcentagem de carne na carcaça pela fórmula
151 $\frac{\text{Libras de carne na carcaça}}{\text{Peso de carcaça quente}} \times 100$ (Berg, 2000).

152

153 2.4. Análises laboratoriais

154

155 2.4.1. Digestibilidade dos nutrientes e energia

156 Ao final do período de coleta das fezes, as amostras fecais foram descongeladas,
157 homogeneizadas, secas em estufa de ventilação forçada à 65°C por 72 horas e trituradas
158 em moinho de facas com peneira de 1,0 mm. As amostras das dietas experimentais,
159 juntamente com as amostras fecais foram submetidas às análises de matéria seca e
160 proteína bruta, seguindo os métodos de AOAC (2000), fibra em detergente neutro pelo
161 método de Van Soest e Robertson (1979) e fibra em detergente ácido de acordo com
162 Goering e Van Soest (1970). A energia bruta foi mensurada em bomba calorimétrica

163 (IKA—C5000, IKA® Works, Staufen, Alemanha). A avaliação do cromo foi realizada
164 por espectrometria de absorção atômica em espectrofotômetro (Varian SpectrAA 100,
165 Varian Australia Pty Ltd, Mulgrave, Victoria, Austrália) de acordo com Williams, David
166 e Iismaa (1962).

167 Para o cálculo do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca,
168 a seguinte fórmula foi empregada:

$$169 \quad \text{CDA} = 100 - [100 \times (\text{CD} / \text{CF} \times \text{MSF} / \text{MSD})]$$

170 em que CDA é a digestibilidade aparente do trato total; CD é a porcentagem de Cr₂O₃ na
171 dieta; CF é a porcentagem de Cr₂O₃ nas fezes; MSF é a porcentagem de matéria seca nas
172 fezes; e MSD a porcentagem de matéria seca na dieta (Zhang and Adeola, 2017). O
173 mesmo método foi utilizado para o cálculo da digestibilidade aparente da proteína bruta,
174 energia bruta, fibra em detergente ácido e fibra em detergente neutro das dietas
175 experimentais.

176

177 *2.4.2. Digestibilidade ileal dos aminoácidos*

178 As amostras de conteúdo ileal foram descongeladas, homogeneizadas e
179 liofilizadas para evitar degradação dos aminoácidos (Apolônio et al., 2003).
180 Posteriormente, as amostras secas foram moídas e juntamente com as amostras de rações
181 foram hidrolisadas com ácido clorídrico 6 N durante 24 horas, sendo os procedimentos
182 realizados como metodologia proposta por Elkin e Wasynczuk (1987). O cálculo do
183 coeficiente de digestibilidade, foi o mesmo já descrito para a digestibilidade aparente do
184 trato total.

185

186 *2.4.3. Análises morfológicas do intestino*

187 Para a análise morfológica do jejuno, foram utilizadas as colorações com
188 hematoxilina e eosina (Luna, 1968). As amostras foram analisadas em microscópio de
189 luz, OLYMPUS CX31 (Olympus Soft Imaging Solutions GmbH, Hamburgo, Alemanha),
190 com aumento de 40× acoplado a uma câmera OLYMPUS SC30 (Olympus Soft Imaging
191 Solutions GmbH, Münster, Alemanha) para captura de imagens. Uma imagem por amostra
192 foi analisada utilizando o software Image J®, considerando dez vilosidades para avaliação
193 da altura e dez criptas para profundidade. A relação vilosidade:cripta também foi
194 calculada.

195

196 2.4.4. Análises bioquímicas

197 Para inferir sobre o funcionamento do sistema antioxidante do intestino, os tecidos
198 foram homogeneizados em tampão de fosfato de potássio (pH 6,5, 1:10) e centrifugados
199 a $10.000 \times g$ a 4°C por 20 minutos. O homogenato foi usado para medir a glutathione
200 reduzida (GSH) (Sedlak and Lindsay, 1968). O sobrenadante foi usado para medir as
201 atividades da superóxido dismutase (SOD) (Gao et al., 1998), a atividade da catalase
202 (CAT) (Aebi, 1984) e glutathione S-transferase (GST) (Habig et al., 1974), e também os
203 níveis de proteínas (Bradford, 1976).

204 A determinação dos ácidos acético, propiônico e butírico foi realizada a partir do
205 conteúdo cecal amostrado, seguindo a metodologia apresentada por Ferreira et al. (2016).

206

207 2.4.5. Análises microbiológicas

208 Para a análise do microbioma, foi realizada a extração do DNA das amostras
209 obtidas no ceco com o kit comercial ZR Fecal DNA MiniPrep (Zymo Research, Irvine,
210 CA). O DNA foi quantificado em espectrofotômetro Nanodrop (Thermo Scientific,
211 Waltham, EUA) e a região V4 variável do rRNA 16S foi amplificada usando os primers
212 universais 515F e 806R (Caporaso et al., 2011). As condições de PCR foram as seguintes:
213 94°C por 3 min; 18 ciclos de 94°C por 45 s, 50°C por 30 s, 68°C por 60 s; e 72°C por
214 10 min. Esses amplicons foram então sequenciados (Illumina MiSeq, San Diego, CA).
215 As leituras de sequenciamento foram normalizadas para 5.980 leituras por amostra e
216 analisadas usando a plataforma QIIME (Quantitative Insights Into Microbial Ecology)
217 (Caporaso et al., 2011, 2010). As sequências foram classificadas em gêneros bacterianos
218 por meio do reconhecimento de unidades taxonômicas operacionais (OTU) com base na
219 homologia em 97% das sequências (Yilmaz et al., 2013) quando comparadas com o banco
220 de dados de sequências ribossômicas SILVA 128 (lançamento de 2017).

221

222 2.6. Análises estatísticas

223

224 Inicialmente, o teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para analisar a normalidade dos
225 dados. Os dados que não apresentaram distribuição normal, foram transformados usando
226 PROCRAK (SAS, 2009).

227 O peso inicial foi utilizado como covariável para peso final e consumo de ração
228 diário. As variáveis foram submetidas à análise de variância e a retirada de outliers foi
229 através da regra de interquartil (Rousseeuw and Croux, 1993). Quando houve diferença

estatística pelo teste F ($F < 0,05$), foi adotado o teste de Tukey para comparação das médias, considerando diferença significativa o P-valor $< 0,05$. Na variável incidência de diarreia, foi analisada a influência de cada tratamento através da aplicação do modelo linear generalizado binomial no procedimento GENMOD.

Na análise de microbioma, para determinar a diferença estatística da prevalência de táxons bacterianos entre os tratamentos foi aplicado o teste de Kruskal Wallis com teste post-hoc de Tukey Kramer ($P < 0,05$) e posterior correção de Bonferroni. As análises foram feitas no programa estatístico de metagenômica STAMP: statistical analysis of metagenomic profiles (Parks et al., 2014).

3. Resultados

Não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) no desempenho dos animais em nenhuma das fases testadas (Tabela 3). Contudo, dentre as variáveis analisadas para avaliação de carcaça, pode-se observar que o CM diminuiu ($P = 0,03$) a espessura de toucinho nas dietas a base de milho e farelo de soja. Assim como o grupo DDGS + CM apresentou maior ($P = 0,02$) rendimento de carne que o controle. Não houve diferença para as demais avaliações de carcaça.

A dieta basal apresentou melhor ($P < 0,001$) coeficiente de digestibilidade dos nutrientes da dieta quando comparado àquela com inclusão de DDGS (Tabela 4), sendo que o uso do CM nas dietas com DDGS melhorou o aproveitamento destes nutrientes.

Para todos os aminoácidos testados, a dieta a base de DDGS apresentou menor ($P < 0,01$) coeficiente de digestibilidade ileal quando comparado à dieta a base de milho e farelo de soja. Contudo, a inclusão do complexo multienzimático em dietas com DDGS melhorou ($P < 0,01$) o coeficiente de digestibilidade ileal de alguns aminoácidos.

Os animais que receberam a RB apresentaram aumento ($P < 0,01$) dos gêneros *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* e *Megasphaera* (Figura 1A, 1B e 1E). Por outro lado, *Streptococcus* mostrou-se aumentado ($P < 0,001$) no grupo DDGS (Figura 1C). *Roseburia* diminuiu ($P < 0,001$) nas RB quando comparado às outras dietas (Figura 1D), e *Subdoligranulum* ($P < 0,01$) diminuiu no DDGS+CM (Figura 1F).

De acordo com a análise dos componentes principais dos gêneros bacterianos (Figura 2) houve uma diferença quanto à totalidade da composição da microbiota de

262 acordo com a dieta fornecida. Amostras dos grupos que receberam CM foram
263 semelhantes, enquanto a RB e DDGS demonstraram possuir microbiotas distintas.

264 Quanto aos indicadores de biodiversidade (índice Chao1 e número de OTUs) das
265 comunidades bacterianas, foi observada queda ($P < 0,01$) da riqueza pelos dois indicadores
266 no grupo DDGS quando comparado ao grupo RB+CM e RB (Figura 3).

267 Não houve diferença ($P > 0,05$) para morfometria do jejuno, AGV e status redox
268 (Tabela 5). Contudo, na fase de crescimento houve menor ($P < 0,001$) incidência de
269 diarreia para aqueles animais RB + CM e também para os DDGS. Entretanto, para a fase
270 de terminação, apenas o grupo RB + CM apresentaram menor ($P < 0,001$) incidência de
271 diarreia.

272

273 **4. Discussão**

274

275 A inclusão de até 30 % de DDGS na dieta de suínos em crescimento e terminação
276 pode não comprometer o desempenho dos animais DDGS (Freitas et al., 2011;
277 McDonnell et al., 2011; Widmer et al., 2008), assim como o uso de carboidrases pode
278 não se mostrar efetivo na melhoria dos indicadores de desempenho destes animais (Jacela
279 et al., 2010; Li et al., 2012; Yáñez et al., 2011). De acordo com Swiatkiewicz et al. (2016),
280 a inconsistência na eficácia das carboidrases adicionadas às dietas para animais que
281 contêm DDGS pode ser causada por diferenças na idade dos animais experimentais, no
282 nível de suplementação das enzimas utilizadas, na concentração de nutrientes da dieta
283 experimental ou no nível alimentar do DDGS utilizado. Com isso, apesar de esperado,
284 vários fatores podem ter colaborado para o fato de não haver diferença no desempenho
285 dos animais em nenhuma das dietas testadas do presente estudo. Além disso, a formulação
286 das dietas do presente estudo foi feita a partir da energia líquida, e esta forma formulação
287 permite a utilização mais eficaz dos alimentos, principalmente os alternativos, sem afetar
288 o desempenho animal (Moehn et al., 2005), sendo outra possível explicação do porquê
289 não houve diferença no desempenho dos animais, independente da dieta fornecida.

290 Ademais, a energia disponível no DDGS utilizado também pode interferir no
291 desempenho dos animais, como constatado por Wu et al. (2016) que, testando dietas
292 contendo 40% de DDGS de baixo teor de energia líquida (2083 kcal/kg), observaram
293 menor eficiência alimentar para suínos em fase de crescimento e terminação, sendo que
294 o mesmo não ocorreu em fontes mais energéticas. O DDGS utilizado no presente estudo

295 possuía 2400 kcal, não sendo considerado de baixa energia (Wu et al., 2016) e, portanto,
296 contribui com o fato de não haver diferenças no desempenho dos animais.

297 Ainda mais, a inclusão do DDGS não afeta a composição da carcaça quando tem
298 sua inclusão em até 30 % (Freitas et al., 2011; McDonnell et al., 2011; Whitney et al.,
299 2006; Widmer et al., 2008), independentemente da fonte e energia líquida destes
300 coprodutos. Além disso, Stein and Shurson (2009) relataram que 14 de 15 estudos que
301 avaliaram a alimentação com até 30% de DDGS para suínos em crescimento e terminação
302 não tiveram efeito sobre a espessura de toucinho, o mesmo observado no presente estudo.

303 Contudo, a composição microbiota dos animais pode interferir nas características
304 de carcaça dos suínos (Han et al., 2020). E de acordo com resultados de Balasubramanian
305 et al. (2020), o uso de um *blend* enzimático em dietas a base de milho e farelo de soja,
306 melhorou a microbiota e diminuiu a espessura de toucinho dos animais. Desta maneira,
307 no presente estudo, aqueles animais que consumiram ração contendo CM, seja com ou
308 sem DDGS, apresentaram composição dos gêneros bacterianos semelhantes, e quando
309 comparado ao grupo controle, estes tiveram uma menor espessura de toucinho, podendo
310 ser a composição da microbiota dos animais responsável pela diferença nesta
311 característica de carcaça.

312 De forma geral, a digestibilidade da matéria seca de dietas contendo DDGS é
313 menor do que nas dietas à base de milho e farelo de soja (Pedersen et al., 2007). Sendo
314 que, segundo McDonnell et al. (2011), há uma redução linear na digestibilidade aparente
315 de matéria seca e energia bruta com níveis crescentes de DDGS na dieta (de 0 a 30%).
316 Esta redução pode ser atribuída à matriz complexa fibra-amido-proteína (Jha et al., 2015)
317 que limita a acessibilidade e a ação de enzimas endógenas para a sua degradação. No
318 entanto, a suplementação exógena de multi-carboidrases e proteases pode melhorar a
319 degradação do DDGS, aprimorando assim a liberação de nutrientes (Jha et al., 2015;
320 Pedersen et al., 2015). Entretanto, por ser o milho um alimento altamente digestível e
321 possuir baixo conteúdo fibroso, não apresenta melhorias expressivas no desempenho
322 animal quando são adicionadas enzimas às dietas a base deste cereal (Jones et al., 2010;
323 Kerr and Shurson, 2013). Isto explica o porquê o CM não melhorou a digestibilidade dos
324 nutrientes daquelas dietas à base de milho e farelo e soja, mas quando foi incluído nas
325 dietas contendo DDGS, que foram mais fibrosas, levou à uma melhora destes resultados.

326 Diversos trabalhos mostram que o DDGS piorou a digestibilidade dos nutrientes
327 da dieta e a inclusão de xilanase não resultou em melhorias (Abelilla and Stein, 2019;
328 Moran et al., 2016; Ndou et al., 2015). Isso se deve à diversidade e complexidade da

329 estrutura da hemicelulose que requerem uma diversidade equivalente de enzimas para a
330 sua degradação (Cowieson, 2005), onde além das xilanases que clivam aleatoriamente a
331 cadeia principal da hemicelulose, são necessárias outras enzimas acessórias como as α -L-
332 arabinofuranosidase, α -glucuronidase e esterases variadas para hidrolisar completamente
333 as ligações dos componentes fibrosos (Bischoff et al., 2011). Desse modo, Dierick e
334 Decuypere (1994) relatam que os efeitos benéficos da suplementação enzimática têm
335 melhor oportunidade de se expressarem pela utilização de coquetéis ou complexos
336 enzimáticos do que de enzimas isoladas. Por isso, sendo o CM utilizado no presente
337 estudo, uma associação de diversas enzimas, foi possível obter uma maior eficácia para a
338 degradação dos complexos fibrosos presentes na dieta, melhorando o CDA dos nutrientes
339 daquelas dietas que continham DDGS.

340 Da mesma forma, o CM melhorou a digestibilidade ileal de alguns aminoácidos
341 em dietas com DDGS. Porém, o mesmo não ocorreu com a dieta basal. Os mesmos
342 resultados foram encontrados por Stein et al. (2006) que observaram menor
343 digestibilidade dos aminoácidos, independente da fonte de DDGS utilizada. Em
344 contrapartida, para que fosse possível formular dietas isoenergéticas, foi incluído óleo de
345 soja nas dietas que não continham o CM, por ser um alimento altamente energético.
346 Porém, a inclusão do óleo de soja pode melhorar a digestibilidade de alguns aminoácidos
347 (Almeida et al., 2007) e isto pode explicar o porquê o CM não se mostrou mais eficiente
348 para a digestibilidade dos aminoácidos e conseqüentemente no desempenho dos animais,
349 para as dietas estudadas.

350 Ademais, além de diminuir a digestibilidade, os alimentos fibrosos podem
351 piorar a microbiota do animal (O'Neill et al., 2014). Isto porque os nutrientes disponíveis,
352 que não foram digeridos pelo animal, somado a desaceleração do trânsito da digesta
353 causado pelo aumento da viscosidade, podem acarretar no crescimento de bactérias
354 patogênicas (Bedford and Cowieson, 2012). Contudo, o uso de enzimas pode reduzir a
355 prevalência de espécies bacterianas deletérias (Apajalahti et al., 2004; Fuller and Gibson,
356 1997) pois as enzimas, através da digestão acelerada, podem remover o amido
357 fermentável e proteínas, fornecendo oligossacarídeos fermentáveis e solúveis como
358 resultado da despolimerização da fibra (Bedford and Cowieson, 2012). Os mesmos
359 resultados foram observados no presente estudo, onde o DDGS levou a uma piora da
360 microbiota, porém a inclusão do CM, pôde melhorá-la.

361 Somado a isso, os animais do grupo controle apresentaram aumento significativo
362 da biodiversidade quando comparado àqueles que receberam dietas com DDGS. Sabe-se

363 que há uma associação entre a diversidade reduzida e doença (Menni et al., 2017), o que
364 indica que um ecossistema intestinal rico em espécies é mais robusto contra influências
365 ambientais, já que a diversidade dos microrganismos pode compensar a função de outras
366 espécies ausentes. Além disso, os animais do grupo controle apresentaram um aumento
367 dos gêneros *Megasphaera* e *Lactobacillus* que são conhecidos pelos seus efeitos
368 benéficos. O gênero *Lactobacillus* têm efeitos benéficos na saúde intestinal e geral do
369 hospedeiro, são usados como probióticos na nutrição de animais de produção (Anadón et
370 al., 2006), além de produzirem ácido lático que possui ação bactericida (Farnworth,
371 2005). Já o gênero *Megasphaera* é um produtor de ácidos acético, propiônico e butírico
372 (Lanjekar et al., 2014) que funcionam como substrato para a manutenção de enterócitos
373 (Charrier et al., 2006), promovendo saúde intestinal.

374 Com isso, a melhora da microbiota dos animais devido a inclusão do CM, pode
375 proporcionar melhora do desempenho animal em ambientes onde há desafios sanitários,
376 uma vez que a microbiota apresenta relação direta com o sistema imunológico e respostas
377 à antígenos (Honda and Littman, 2012; Sun and Jia, 2018), proporcionando estado de
378 saúde nesses animais.

379 Sabe-se que a microbiota e o substrato presente no trato gastrointestinal dos
380 animais são responsáveis pela produção de AGV (Tiwari et al., 2019), assim como a
381 presença da fibra influencia a composição da microbiota (O'Neill et al., 2014). Contudo,
382 apesar do DDGS ser um alimento fibroso, este apresenta a maior parte de suas fibras
383 insolúveis (Trupia, 2013) que, de forma geral, são menos fermentáveis que as solúveis
384 (Urriola et al., 2010). E isso pode explicar o porquê, apesar das dietas contendo DDGS serem
385 mais fibrosas, não foi possível observar uma maior produção de AGV no ceco dos suínos.

386 Além disso, a presença de fibras pode estimular a proliferação de células epiteliais
387 intestinais, levando a um aumento na taxa de renovação celular (Kerr and Shurson, 2013).
388 Isso porque o aumento da viscosidade do conteúdo luminal causado pela adição de fibras
389 principalmente solúveis, pode aumentar a taxa de perda de enterócitos levando à atrofia
390 das vilosidades (Hedemann et al., 2006) e aumento da profundidade das criptas (Pluske
391 et al., 1997). Somado a isso, a presença dos AGV no lúmen intestinal pode estimular a
392 proliferação de enterócitos (Knudsen et al., 2012).

393 As condições físico-químicas da digesta podem atuar de maneira direta sobre as
394 moléculas da parede celular, o que pode levar a um dano oxidativo (Ruemmele et al.,
395 2002), assim como os produtos do estresse oxidativo podem afetar moléculas importantes
396 na parede celular, como lipídeos e proteínas, causando destruição e, conseqüentemente,

397 redução dos vilos (Assimakopoulos et al., 2007). Desta forma, assim como não houve
398 diferenças para a morfologia intestinal e concentração de AGV, as dietas não levaram a
399 alterações do status redox no presente estudo, demonstrando que nem a inclusão do
400 DDGS ou do CM, alteraram estes marcadores de saúde intestinal (Montagne et al., 2003).

401

402 **5. Conclusão**

403

404 A inclusão de até 25% de DDGS não interfere no desempenho de suínos de
405 crescimento e terminação, porém leva a uma pior microbiota além de um menor
406 coeficiente de digestibilidade dos nutrientes da dieta. Contudo, a inclusão de um
407 complexo multienzimático pode equilibrar a microbiota e melhorar o coeficiente de
408 digestibilidade dos nutrientes da dieta.

409

410 **Declaração de interesses**

411

412 Nenhuma.

413

414 **Agradecimentos**

415

416 Os autores agradecem à Adisseo e às instituições de fomento brasileiras
417 FAPEMIG, CNPq e CAPES pelo suporte financeiro, ao Departamento de Medicina
418 Veterinária e Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA) por
419 permitirem a realização do presente estudo.

420

421 **Referências**

422 Abelilla, J.J., Stein, H.H., 2019. Degradation of dietary fiber in the stomach, small
423 intestine, and large intestine of growing pigs fed corn-or wheat-based diets without
424 or with microbial xylanase. *J. Anim. Sci.* 97, 338–352.
425 <https://doi.org/10.1093/jas/sky403>

426 Aebi, H., 1984. Catalase in vitro, in: *Methods in Enzymology*. Academic Press, pp. 121–
427 126.

428 Almeida, E.C. de, Tadeu Fialho, E., Cantarelli, V.D.S., Zangeronimo, M.G., Pereira,
429 R.A.N., Rodrigues, P.B., 2007. Digestibilidade ileal e perdas endógenas de
430 aminoácidos de dietas com óleo de soja para suínos em crescimento. *Rev. Bras.*
431 *Zootec.* 36, 1045–1051. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982007000500009>

- 432 Anadón, A., Martínez-Larrañaga, M.R., Martínez, M.A., 2006. Probiotics for animal
433 nutrition in the European Union. Regulation and safety assessment. *Regul. Toxicol.*
434 *Pharmacol.* 45, 91–95.
- 435 Anderson, P. V., Kerr, B.J., Weber, T.E., Ziemer, C.J., Shurson, G.C., 2012.
436 Determination and prediction of digestible and metabolizable energy from chemical
437 analysis of corn coproducts fed to finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 90, 1242–1254.
438 <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3605>
- 439 AOAC, 2000. Official methods of analysis, 17th ed. Association of Official Analytical
440 Chemists, Washington, DC.
- 441 Apajalahti, J., Kettunen, A., Graham, H., 2004. Characteristics of the gastro-intestinal
442 microbial communities, with special reference to the chicken. *Worlds. Poult. Sci. J.*
443 60, 223–232.
- 444 Apolônio, L.R., Donzele, J.L., Oliveira, R.F.M. de, Souza, A.V.C. de, Silva, F.C. de O.,
445 Bünzen, S., 2003. Digestibilidade Ileal de aminoácidos de alguns alimentos,
446 determinada pela técnica da cânula T simples com suínos. *Rev. Bras. Zootec.* 32,
447 605–614. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982003000300012>
- 448 Assimakopoulos, S.F., Scopa, C.D., Vagianos, C.E., 2007. Pathophysiology of increased
449 intestinal permeability in obstructive jaundice. *World J. Gastroenterol.* 13, 6458.
450 <https://doi.org/10.3748/wjg.v13.i48.6458>
- 451 Balasubramanian, B., Park, J.H., Shanmugam, S., Kim, I.H., 2020. Influences of enzyme
452 blend supplementation on growth performance, nutrient digestibility, fecal
453 microbiota and meat-quality in grower-finisher pigs. *Animals* 10, 1–9.
454 <https://doi.org/10.3390/ani10030386>
- 455 Bedford, M.R., Cowieson, A.J., 2012. Exogenous enzymes and their effects on intestinal
456 microbiology. *Anim. Feed Sci. Technol.* 173, 76–85.
457 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.018>
- 458 Berg, E.P. (Ed.), 2000. Pork composition and quality assessment procedures. American
459 Meat Science Association, Des Moines, Iowa.
- 460 Bischoff, K.M., de Rezende, S.T., Larson, T.M., Liu, S., Hughes, S.R., Rich, J.O., 2011.
461 Purification and characterization of arabinofuranosidase from the corn endophyte
462 *Acremonium zeae*. *Biotechnol. Lett.* 33, 2013–2018.
463 <https://doi.org/10.1007/s10529-011-0658-9>
- 464 Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram
465 quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*
466 72, 248–254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
- 467 Brasil, M. da A.P. e A., 1995. Portaria nº 711, de 1 de novembro de 1995. Aprovação das
468 normas técnicas de instalações e equipamentos para abate e industrialização de
469 suínos.
- 470 Bridi, A.M., Silva, C.A., 2009. Avaliação da carne suína. Londrina.

- 471 Caporaso, J.G., Kuczynski, J., Stombaugh, J., Bittinger, K., Bushman, F.D., Costello,
472 E.K., Fierer, N., Pêa, A.G., Goodrich, J.K., Gordon, J.I., Huttley, G.A., Kelley, S.T.,
473 Knights, D., Koenig, J.E., Ley, R.E., Lozupone, C.A., McDonald, D., Muegge, B.D.,
474 Pirrung, M., Reeder, J., Sevinsky, J.R., Turnbaugh, P.J., Walters, W.A., Widmann,
475 J., Yatsunencko, T., Zaneveld, J., Knight, R., 2010. QIIME allows analysis of high-
476 throughput community sequencing data. *Nat. Methods*.
477 <https://doi.org/10.1038/nmeth.f.303>
- 478 Caporaso, J.G., Lauber, C.L., Walters, W.A., Berg-Lyons, D., Lozupone, C.A.,
479 Turnbaugh, P.J., Fierer, N., Knight, R., 2011. Global patterns of 16S rRNA diversity
480 at a depth of millions of sequences per sample. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 108,
481 4516–4522. <https://doi.org/10.1073/pnas.1000080107>
- 482 Casey, D., 2007. Nurses' perceptions, understanding and experiences of health
483 promotion. *J. Clin. Nurs.* 16, 1039–1049.
- 484 Charrier, C., Duncan, G.J., Reid, M.D., Rucklidge, G.J., Henderson, D., Young, P.,
485 Russell, V.J., Aminov, R.I., Flint, H.J., Louis, P., 2006. A novel class of CoA-
486 transferase involved in short-chain fatty acid metabolism in butyrate-producing
487 human colonic bacteria. *Microbiology* 152, 179–185.
- 488 Cowieson, A.J., 2005. Factors that affect the nutritional value of maize for broilers. *Anim.*
489 *Feed Sci. Technol.* 119, 293–305. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.12.017>
- 490 Cozannet, P., Primot, Y., Gady, C., Métayer, J., Callu, P., Lessire, M., Skiba, F., Noblet,
491 J., 2010. Composition and amino acids ileal digestibility of wheat distillers dried
492 grains and solubles in pigs: Sources of variability. *Livest. Sci.* 176–179.
- 493 Dierick, N.A., Decuyper, J.A., 1994. Enzymes and growth in pigs, in: *Principles of Pig*
494 *Science*. Nottingham University Press, Nottingham, pp. 169–195.
- 495 Elkin, R.G., Wasynczuk, A.M., 1987. Amino acid analysis of feedstuff hydrolysates by
496 precolumn derivatization with phenylisothiocyanate and reversed-phase high-
497 performance liquid chromatography. *Cereal Chem.* 64, 226–229.
- 498 Farnworth, E.R., 2005. The Beneficial Health Effects of Fermented Foods-Potential
499 Probiotics Around the World. *J. Nutraceuticals, Funct. Med. Foods* 4, 93–117.
- 500 Ferreira, E.M., Pires, A.V., Susin, I., Biehl, M.V., Gentil, R.S., Parente, M. de O.M.,
501 Polizel, D.M., Vaz Di Mambro Ribeiro, C., de Almeida, E., 2016. Nutrient
502 digestibility and ruminal fatty acid metabolism in lambs supplemented with soybean
503 oil partially replaced by fish oil blend. *Anim. Feed Sci. Technol.* 216, 30–39.
504 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.09.007>
- 505 Freitas, L.S., Azain, M.J., Dove, C.R., Pringle, T.D., 2011. Effect of dietary distillers
506 dried grains with solubles on performance and carcass characteristics in finishing
507 hogs.
- 508 Fuller, R., Gibson, G.R., 1997. Modification of the intestinal microflora using probiotics
509 and prebiotics. *Scand. J. Gastroenterol.* 32, 28–31.
- 510 Gao, R., Yuan, Z., Zhao, Z., Gao, X., 1998. Mechanism of pyrogallol autoxidation and

- 511 determination of superoxide dismutase enzyme activity. *Bioelectrochemistry*
512 *Bioenerg.* 45, 41–45. [https://doi.org/10.1016/S0302-4598\(98\)00072-5](https://doi.org/10.1016/S0302-4598(98)00072-5)
- 513 Goering, H.K., Van Soest, P.J., 1970. Forage fiber analyses (Apparatus, reagents,
514 procedures, and some applications). Agricultural Research Service, USDA,
515 Washington, DC.
- 516 Guimarães, L., 2020. Custos com alimentação de suínos subiram menos em maio, quando
517 comparado a abril [WWW Document]. *Notícias Agrícolas*. URL
518 [https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/granjeiros/261739-custos-com-](https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/granjeiros/261739-custos-com-alimentacao-de-suinos-subiram-menos-em-maio-quando-comparado-a-abril.html)
519 [alimentacao-de-suinos-subiram-menos-em-maio-quando-comparado-a-abril.html](https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/granjeiros/261739-custos-com-alimentacao-de-suinos-subiram-menos-em-maio-quando-comparado-a-abril.html)
- 520 Habig, W.H., Pabst, M.J., Jakoby, W.B., 1974. Glutathione S-transferases. The first
521 enzymatic step in mercapturic acid formation. *J. Biol. Chem.* 249, 7130–7139.
- 522 Han, P., Li, P., Zhou, W., Fan, L., Wang, B., Liu, H., Gao, C., Du, T., Pu, G., Wu, C.,
523 Zhang, Z., Niu, P., Huang, R., Li, H., 2020. Effects of various levels of dietary fiber
524 on carcass traits, meat quality and myosin heavy chain I, IIa, IIx and IIb expression
525 in muscles in Erhualian and Large White pigs. *Meat Sci.* 169, 108160.
526 <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108160>
- 527 Hedemann, M.S., Eskildsen, M., Lærke, H.N., Pedersen, C., Lindberg, J.E., Laurinen, P.,
528 Knudsen, K.E.B., 2006. Intestinal morphology and enzymatic activity in newly
529 weaned pigs fed contrasting fiber concentrations and fiber properties. *J. Anim. Sci.*
530 84, 1375–1386. <https://doi.org/10.2527/2006.8461375x>
- 531 Honda, K., Littman, D.R., 2012. The microbiome in infectious disease and inflammation.
532 *Annu. Rev. Immunol.* 30, 759–795. [https://doi.org/10.1146/annurev-immunol-](https://doi.org/10.1146/annurev-immunol-020711-074937)
533 [020711-074937](https://doi.org/10.1146/annurev-immunol-020711-074937)
- 534 Honikel, K.O., 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of
535 meat. *Meat Sci.* 49, 447–457.
- 536 Jacela, J.Y., Dritz, S.S., DeRouchey, J.M., Tokach, M.D., Goodband, R.D., Nelssen, J.L.,
537 2010. Effects of Supplemental Enzymes in Diets Containing Distillers Dried Grains
538 with Solubles on Finishing Pig Growth Performance¹. *Prof. Anim. Sci.* 26, 412–
539 424. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30623-9](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30623-9)
- 540 Jha, R., Woyengo, T.A., Li, J., Bedford, M.R., Vasanthan, T., Zijlstra, R.T., 2015.
541 Enzymes enhance degradation of the fiber–starch–protein matrix of distillers dried
542 grains with solubles as revealed by a porcine in vitro fermentation model and
543 microscopy. *J. Anim. Sci.* 93, 1039–1051.
- 544 Jones, C.K., Bergstrom, J.R., Tokach, M.D., Derouchey, J.M., Goodband, R.D., Nelssen,
545 J.L., Dritz, S.S., 2010. Efficacy of commercial enzymes in diets containing various
546 concentrations and sources of dried distillers grains with solubles for nursery pigs.
547 *J. Anim. Sci.* 88, 2084–2091. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2109>
- 548 Kerr, B.J., Shurson, G.C., 2013. Strategies to improve fiber utilization in swine. *J. Anim.*
549 *Sci. Biotechnol.* 4, 1–12. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-11>
- 550 Knudsen, K.E.B., Hedemann, M.S., Lærke, H.N., 2012. The role of carbohydrates in

- 551 intestinal health of pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 173, 41–53.
552 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.020>
- 553 Lanjekar, V.B., Marathe, N.P., Ramana, V.V., Shouche, Y.S., Ranade, D.R., 2014.
554 *Megasphaera indica* sp. nov., an obligate anaerobic bacteria isolated from human
555 faeces. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 64, 2250–2256.
- 556 Li, G., Wang, X., Lin, M., Lu, Z., Yao, W., 2012. Effects of corn DDGS in combination
557 with compound enzymes on growth performance, carcass fat quality, and plasma
558 and tissue redox homeostasis of growing-finishing pigs. *Livest. Sci.* 149, 46–52.
559 <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.06.019>
- 560 Li, P., Li, D.F., Zhang, H.Y., Li, Z.C., Zhao, P.F., Zeng, Z.K., Xu, X., Piao, X.S., 2015.
561 Determination and prediction of energy values in corn distillers dried grains with
562 solubles sources with varying oil content for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 93, 3458–
563 3470. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8782>
- 564 Luna, L.G., 1968. Manual of histologic staining methods of the Armed Forces Institute
565 of Pathology.
- 566 McDonnell, P., O’Shea, C.J., Callan, J.J., O’Doherty, J. V., 2011. The response of growth
567 performance, nitrogen, and phosphorus excretion of growing-finishing pigs to diets
568 containing incremental levels of maize dried distiller’s grains with solubles. *Anim.*
569 *Feed Sci. Technol.* 169, 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.06.001>
- 570 Menni, C., Jackson, M.A., Pallister, T., Steves, C.J., Spector, T.D., Valdes, A.M., 2017.
571 Gut microbiome diversity and high-fibre intake are related to lower long-term
572 weight gain. *Int. J. Obes.* 41, 1099–1105.
- 573 Moehn, S., Atakora, J., Ball, R.O., 2005. Using net energy for diet formulation: Potential
574 for the Canadian pig industry. *Adv. Pork Prod.* 16, 119–129.
- 575 Montagne, L., Pluske, J.R., Hampson, D.J., 2003. A review of interactions between
576 dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health
577 in young non-ruminant animals. *Anim. Feed Sci. Technol.* 108, 95–117.
578 [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00163-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00163-9)
- 579 Moran, K., de Lange, C.F.M., Ferket, P., Fellner, V., Wilcock, P., van Heugten, E., 2016.
580 Enzyme supplementation to improve the nutritional value of fibrous feed ingredients
581 in swine diets fed in dry or liquid form. *J. Anim. Sci.* 94, 1031–1040.
582 <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9855>
- 583 Ndou, S.P., Kiarie, E., Agyekum, A.K., Heo, J.M., Romero, L.F., Arent, S., Lorentsen,
584 R., Nyachoti, C.M., 2015. Comparative efficacy of xylanases on growth
585 performance and digestibility in growing pigs fed wheat and wheat bran- or corn and
586 corn DDGS-based diets supplemented with phytase. *Anim. Feed Sci. Technol.* 209,
587 230–239. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.08.011>
- 588 O’Neill, H.V.M., Smith, J.A., Bedford, M.R., 2014. Multicarbohydrase enzymes for non-
589 ruminants. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 27, 290–301.
590 <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13261>

- 591 Parks, D.H., Tyson, G.W., Hugenholtz, P., Beiko, R.G., 2014. STAMP: statistical
592 analysis of taxonomic and functional profiles. *Bioinformatics* 30, 3123–3124.
- 593 Pedersen, C., Boersma, M.G., Stein, H.H., 2007. Digestibility of energy and phosphorus
594 in ten samples of distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. *J. Anim.*
595 *Sci.* 85, 1168–1176. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-252>
- 596 Pedersen, M.B., Dalsgaard, S., Arent, S., Lorentsen, R., Knudsen, K.E.B., Yu, S., Lærke,
597 H.N., 2015. Xylanase and protease increase solubilization of non-starch
598 polysaccharides and nutrient release of corn- and wheat distillers dried grains with
599 solubles. *Biochem. Eng. J.* 98, 99–106. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2015.02.036>
- 600 Pluske, J.R., Hampson, D.J., Williams, I.H., 1997. Factors influencing the structure and
601 function of the small intestine in the weaned pig: A review. *Livest. Prod. Sci.* 51,
602 215–236. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(97\)00057-2](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(97)00057-2)
- 603 Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Hannas, M.I., Donzele, J.L., Sakomura, N.K., Perazzo,
604 F.G., Saraiva, A., Teixeira, M.L., Rodrigues, P.B., Oliveira, R.F. de, Barreto, S.L.
605 de T., Brito, C.O., 2017. *No Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos: Composição de*
606 *Alimentos e Exigências Nutricionais*, 4th ed. Departamento de Zootecnia, UFV,
607 Viçosa.
- 608 Rousseeuw, P.J., Croux, C., 1993. Alternatives to the median absolute deviation. *J. Am.*
609 *Stat. Assoc.* 88, 1273–1283.
- 610 Ruemmele, F.M., Beaulieu, J.F., Dionne, S., Levy, E., Seidman, E.G., Cerf-Bensussan,
611 N., Lentze, M.J., 2002. Lipopolysaccharide modulation of normal enterocyte
612 turnover by toll-like receptors is mediated by endogenously produced tumour
613 necrosis factor α . *Gut* 51, 842–848. <https://doi.org/10.1136/gut.51.6.842>
- 614 SAS, I., 2009. *Sas/Graph 9.2: Graph Template Language User's Guide*.
- 615 Sedlak, J., Lindsay, R.H., 1968. Estimation of Total, Protein-Bound, and Nonprotein
616 Sulfhydryl Groups in Tissue with Ellman's Reagent. *Anal. Biochem.* 25, 192–205.
- 617 Stein, H.H., Gibson, M.L., Pedersen, C., Boersma, M.G., 2006. Amino acid and energy
618 digestibility in ten samples of distillers dried grain with solubles fed to growing pigs.
619 *J. Anim. Sci.* 84, 853–860. <https://doi.org/10.2527/2006.844853x>
- 620 Stein, H.H., Shurson, G.C., 2009. Board-invited review: The use and application of
621 distillers dried grains with solubles in swine diets. *J. Anim. Sci.* 87, 1292–1303.
622 <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1290>
- 623 Sun, X., Jia, Z., 2018. Microbiome modulates intestinal homeostasis against
624 inflammatory diseases. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 205, 97–105.
625 <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2018.10.014>
- 626 Swiatkiewicz, S., Swiatkiewicz, M., Arczewska-Wlosek, A., Jozefiak, D., 2016. Efficacy
627 of feed enzymes in pig and poultry diets containing distillers dried grains with
628 solubles: A review. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* 100, 15–26.
629 <https://doi.org/10.1111/jpn.12351>

- 630 Tiwari, U.P., Singh, A.K., Jha, R., 2019. Fermentation characteristics of resistant starch,
631 arabinoxylan, and β -glucan and their effects on the gut microbial ecology of pigs: A
632 review. *Anim. Nutr.* 5, 217–226. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2019.04.003>
- 633 Trupia, S., 2013. Improving fiber digestibility in DDGS from ethanol production. Rep. to
634 Natl. Pork Board 29.
- 635 Urriola, P.E., Shurson, G.C., Stein, H.H., 2010. Digestibility of dietary fiber in distillers
636 coproducts fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 88, 2373–2381.
637 <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2227>
- 638 Van Soest, P.J., Robertson, J.B., 1979. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds.,
639 in: W. J. Pigden, C.C.B., and M. Graham (Eds.), *Work. Stand. Anal. Methodol. Feed.*
640 *International Development Research Centre, Ottawa, Canadá*, pp. 49–60.
- 641 Velayudhan, D.E., Nyachoti, C.M., 2016. Net energy system of feed formulation with or
642 without enzyme supplementation in growing-finishing pigs fed barley-based diets
643 with alternative feed ingredients. *Can. J. Anim. Sci.* 96, 180–186.
644 <https://doi.org/10.1139/cjas-2015-0049>
- 645 Volpato, R.M., Oliveira, V. De, Neto, D.P., 2015. Agro-industrial co-products in feed for
646 piglets 86–91.
- 647 Whitney, M.H., Shurson, G.C., Johnston, L.J., Wulf, D.M., Shanks, B.C., 2006. Growth
648 performance and carcass characteristics of grower-finisher pigs fed high-quality
649 corn distillers dried grain with solubles originating from a modern Midwestern
650 ethanol plant. *J. Anim. Sci.* 84, 3356–3363. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-099>
- 651 Widmer, M.R., McGinnis, L.M., Wulf, D.M., Stein, H.H., 2008. Effects of feeding
652 distillers dried grains with solubles, high-protein distillers dried grains, and corn
653 germ to growing-finishing pigs on pig performance, carcass quality, and the
654 palatability of pork. *J. Anim. Sci.* 86, 1819–1831. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0594>
- 656 Williams, C.H., David, D.J., Iismaa, O., 1962. The determination of chromic oxide in
657 faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *J. Agric. Sci.* 59, 381–385.
- 658 Wu, F., Johnston, L.J., Urriola, P.E., Hilbrands, A.M., Shurson, G.C., 2016. Evaluation
659 of NE predictions and the impact of feeding maize distillers dried grains with
660 solubles (DDGS) with variable NE content on growth performance and carcass
661 characteristics of growing-finishing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 215, 105–116.
662 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.02.023>
- 663 Yáñez, J.L., Beltranena, E., Cervantes, M., Zijlstra, R.T., 2011. Effect of phytase and
664 xylanase supplementation or particle size on nutrient digestibility of diets containing
665 distillers dried grains with solubles cofermented from wheat and corn in ileal-
666 cannulated grower pigs. *J. Anim. Sci.* 89, 113–123. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3127>
- 668 Yilmaz, P., Parfrey, L.W., Yarza, P., Gerken, J., Pruess, E., Quast, C., Schweer, T., Peplie,
669 J., Ludwig, W., Glöckner, F.O., 2013. The SILVA and “All-species Living Tree
670 Project (LTP)” taxonomic frameworks. *Nucleic Acids Res.* 41, D643–D648.

671 Zhang, F., Adeola, O., 2017. Techniques for evaluating digestibility of energy, amino
672 acids, phosphorus, and calcium in feed ingredients for pigs. *Anim. Nutr.* 3, 344–352.
673 <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.06.008>

674 **Tabela 1**675 **Ingredientes e composição química das dietas experimentais**

Item	Fase de crescimento				Fase de terminação			
	Controle	CM	DDGS	DDGS+CM	Controle	CM	DDGS	DDGS+CM
Ingredientes, %								
DDGS ¹	-	-	15,0	15,0	-	-	25,0	25,0
Milho 7,88%	72,2	74,5	62,0	64,3	81,6	83,9	64,6	66,9
Soja F. 45%	24,26	23,18	19,77	18,68	15,06	13,94	7,56	6,44
Óleo de Soja	1,22	-	1,23	-	1,23	0,01	1,24	-
<i>Blend</i> vitamínico ²	0,060	0,060	0,060	0,060	0,050	0,050	0,050	0,050
Microminerais ³	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Fitase 10.000 FTU	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Complexo multienzimático	-	0,005	-	0,005	-	0,005	-	0,005
Fosfato bicálcico	0,426	0,428	0,069	0,070	0,588	0,595	-	-
Calcário calcítico	0,796	0,800	0,780	0,784	0,377	0,378	0,345	0,351
Sal comum	0,413	0,413	0,418	0,418	0,357	0,357	0,365	0,365
Lisina-HCL	0,208	0,216	0,292	0,300	0,300	0,309	0,444	0,453
DL-Metionina	0,055	0,05	0,029	0,024	0,046	0,041	0,005	-
Treonina	0,039	0,039	0,038	0,038	0,075	0,076	0,073	0,074
Triptofano	-	-	0,021	0,023	0,021	0,023	0,058	0,060
Cloreto de colina 60%	0,040	0,040	0,040	0,040	0,021	0,021	0,021	0,021
Adsorvente	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Caulim	0,040	0,040	0,039	0,041	-	-	-	-
Ractopamina	-	-	-	-	0,050	0,050	0,050	0,050
<i>Composição Nutricional</i>								
Energia Metabolizável Suínos (kcal/Kg)	3328	3339	3345	3355	3353	3363	3380	3390
Energia Líquida Suínos (Kcal/Kg)	2517	2517	2517	2517	2588	2588	2588	2588

Gordura (%)	4,62	3,48	6,05	4,90	4,82	3,67	7,20	6,05
Proteína Bruta (%)	17,1	17,1	18,8	18,8	13,8	13,8	16,6	16,6
Lisina digestível (%)	0,927	0,927	0,927	0,927	0,787	0,787	0,787	0,787
Metionina digestível (%)	0,288	0,286	0,282	0,282	0,254	0,252	0,247	0,246
Metionina + cistina digestível (%)	0,547	0,547	0,547	0,547	0,472	0,472	0,472	0,472
Treonina digestível (%)	0,603	0,603	0,603	0,603	0,512	0,512	0,512	0,512
Triptofano digestível (%)	0,187	0,185	0,185	0,185	0,157	0,157	0,157	0,157
Valina digestível (%)	0,753	0,751	0,768	0,768	0,600	0,599	0,629	0,627
Fibra em detergente neutro (%)	13,3	13,4	16,2	16,2	13,3	13,5	17,9	18,1
Cálcio total (%)	0,600	0,600	0,600	0,600	0,456	0,456	0,456	0,456
Fosforo disponível (%)	0,281	0,281	0,281	0,281	0,293	0,293	0,293	0,293
Sódio (%)	0,176	0,176	0,176	0,176	0,153	0,153	0,153	0,153

676 ¹DDGS: Grãos secos de destilaria com solúveis; CM: Complexo multienzimático

677 ²Blend vitamínico contendo por kg de produto: 16.500.000 UI de vitamina a; 5.000.000 UI de vitamina d3;65.000 UI de vitamina e; 5.500 mg de vitamina k3;
678 3.000 mg de vitamina b1; 8.000 mg de vitamina b2; 5.500 mg de vitamina b6; 45.000 mcg de vitamina b12; 45g de niacina; 33 g de ácido pantotênico; 1.800
679 mg de ácido fólico; 220 mg de biotina.

680 ³Premix mineral contendo por kg de produto: 48.000 mg de Manganês; 90.00 mg de Ferro; 14.400 mg de Cobre; 109.366 mg de Zinco; 450 mg de Selênio;
681 1.240 mg de Iodo; 12,5% de Cálcio total.

682

683 **Tabela 2**

684 Matriz nutricional dos principais ingredientes utilizados

Nutrientes	Milho	Farelo de soja	DDGS	CM
Energia líquida suínos (Kcal/kg)	2.668	2.015	2.400	1.010.000
Gordura (%)	4,05	1,92	12,84	-
Proteína bruta (%)	7,96	45,76	29,84	6.400
Lisina total (%)	0,25	2,88	0,82	-
Metionina (%)	0,17	0,60	0,52	-
Metionina + cisteína (%)	0,35	1,24	1,05	-
Treonina (%)	0,31	1,82	1,05	-
Triptofano (%)	0,08	0,65	0,25	-
Arginina (%)	0,40	3,33	1,22	-
Valina (%)	0,43	2,25	1,45	-
Isoleucina (%)	0,32	2,21	1,08	-
Leucina (%)	1,10	3,53	3,03	-
Histidina (%)	0,23	1,17	0,68	-
Fenilalanina (%)	0,41	2,40	1,31	-
Lisina digestível (%)	0,20	2,60	0,47	340
Metionina digestível (%)	0,16	0,52	0,40	100
Cisteína digestível (%)	-	-	-	100
Metionina + cistina (%)	0,32	1,10	0,71	200
Treonina digestível (%)	0,25	1,57	0,65	220
Triptofano digestível (%)	0,06	0,58	0,07	60
Arginina digestível (%)	0,36	3,13	0,92	320
Valina digestível (%)	0,37	1,98	0,96	240
Isoleucina digestível (%)	0,28	1,99	0,78	180
Leucina digestível (%)	1,02	3,14	2,37	340
Histidina digestível (%)	0,21	1,06	0,40	120
Fenilalanina digestível (%)	0,37	2,16	1,03	-
FDN (%)	13,8	13,6	31,75	-
Sódio (%)	0,01	0,02	-	-

685

DDGS = Grãos secos de destilaria com solúveis, CM = Complexo multienzimático.

686 **Tabela 3**

687 Efeito inclusão de grãos secos de destilaria com solúveis e complexo enzimático sobre o desempenho e características de carcaça de suínos em crescimento e
688 terminação

Item	Controle	CM	DDGS	DDGS+CM	EPM	P-Valor
Suínos em crescimento						
Peso final (kg)	63,4	64,4	63,4	63,6	0,59	0,64
Ganho de peso (kg/dia)	1,03	1,07	1,03	1,03	0,03	0,61
Consumo ração (kg/dia)	2,04	2,16	2,08	2,09	0,03	0,15
Conversão alimentar	2,00	2,02	2,04	2,02	0,03	0,91
Suínos em terminação						
Peso final (kg)	115,9	115,2	114,8	116,1	0,78	0,62
Ganho de peso (kg/dia)	1,40	1,35	1,34	1,39	0,06	0,63
Consumo ração (kg/dia)	3,36	3,43	3,39	3,52	0,07	0,33
Conversão alimentar	2,44	2,54	2,55	2,52	0,06	0,26
Rendimento de carcaça (%)	79,3	78,7	78,9	78,8	0,40	0,75
Peso carcaça quente (Kg)	94,0	91,9	92,6	92,1	1,30	0,41
Peso carcaça resfriada (Kg)	91,6	89,6	90,3	89,8	1,29	0,42
Comprimento de carcaça (m)	0,93	0,92	0,93	0,94	0,01	0,26
Espessura de toucinho (mm)	12,9a	10,1b	11,3ab	10,1b	0,77	0,03
Profundidade de lombo (mm)	63,7	62,8	63,9	65,7	1,42	0,45
Área de olho de lombo(cm ²)	49,7	50,8	49,1	51,3	1,40	0,65
Área de gordura (cm ²)	17,7	16,2	17,5	16,6	0,94	0,59
Perda por gotejamento	2,40	2,27	2,28	2,32	0,05	0,41
Quantidade de carne na carcaça (kg)	72,7	70,6	71,3	70,5	26,79	0,35

	Rendimento de carne (%)	58,9b	60,4ab	59,8ab	60,9a	0,49	0,02
	Proporção carne:gordura	2,85	3,29	2,86	3,07	0,20	0,30
689	DDGS = Grãos secos de destilaria com solúveis, CM = Complexo multienzimático, EPM = Erro padrão da média.						

690 **Tabela 4**

691 Coeficiente de digestibilidade aparente (%) da matéria seca, proteína bruta, energia bruta, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido e coeficiente de
 692 digestibilidade ileal (%) dos aminoácidos para dietas experimentais

Item	Controle	CM	DDGS	DDGS+CM	EPM	P -Valor
Coeficiente de digestibilidade aparente						
Matéria seca	90,3a	90,6a	85,2c	88,2b	0,52	<0,01
Proteína bruta	83,0a	83,3a	78,0b	83,0a	1,03	<0,01
Energia Bruta	89,3a	89,4a	84,5b	87,7a	0,61	<0,01
Fibra Detergente Neutro	88,1a	86,7a	70,8c	79,4b	1,24	<0,01
Coeficiente de digestibilidade ileal						
Aspartato	92,6a	89,9ab	80,3c	87,2b	1,36	<0,01
Glutamato	92,9a	91,8a	86,3b	90,5a	1,00	<0,01
Serina	90,1a	89,0a	82,2b	88,4a	1,50	<0,01
Glicina	84,6a	79,3a	66,6b	76,7ab	3,11	<0,01
Histidina	88,6a	85,5ab	82,3b	86,4ab	1,95	0,06
Arginina	94,6a	93,0a	86,3b	91,2ab	1,42	<0,01
Treonina	88,9a	86,4a	80,3b	87,0a	1,54	<0,01
Alanina	87,6a	86,5a	80,0b	87,2a	1,47	<0,01
Prolina	89,2a	87,7a	84,0b	88,1a	1,15	0,01
Tirosina	92,4a	89,9ab	83,4b	90,7a	1,98	0,01
Valina	88,8a	86,2a	78,3b	86,1a	1,68	<0,01
Metionina	94,6a	92,5ab	84,0b	90,0b	1,99	<0,01
Cisteína	91,8a	90,9ab	86,6b	90,4ab	1,39	0,02
Isoleucina	90,6a	88,0a	78,4b	86,6a	1,74	<0,01
Leucina	91,4a	90,3a	85,9b	90,2a	1,19	0,01

Fenilalanina	93,0a	92,0a	86,5b	91,4a	1,19	<0,01
Lisina	93,9a	87,0b	83,7b	90,9ab	1,86	<0,01
Total	91,3a	89,3a	82,9b	88,7a	1,33	<0,01

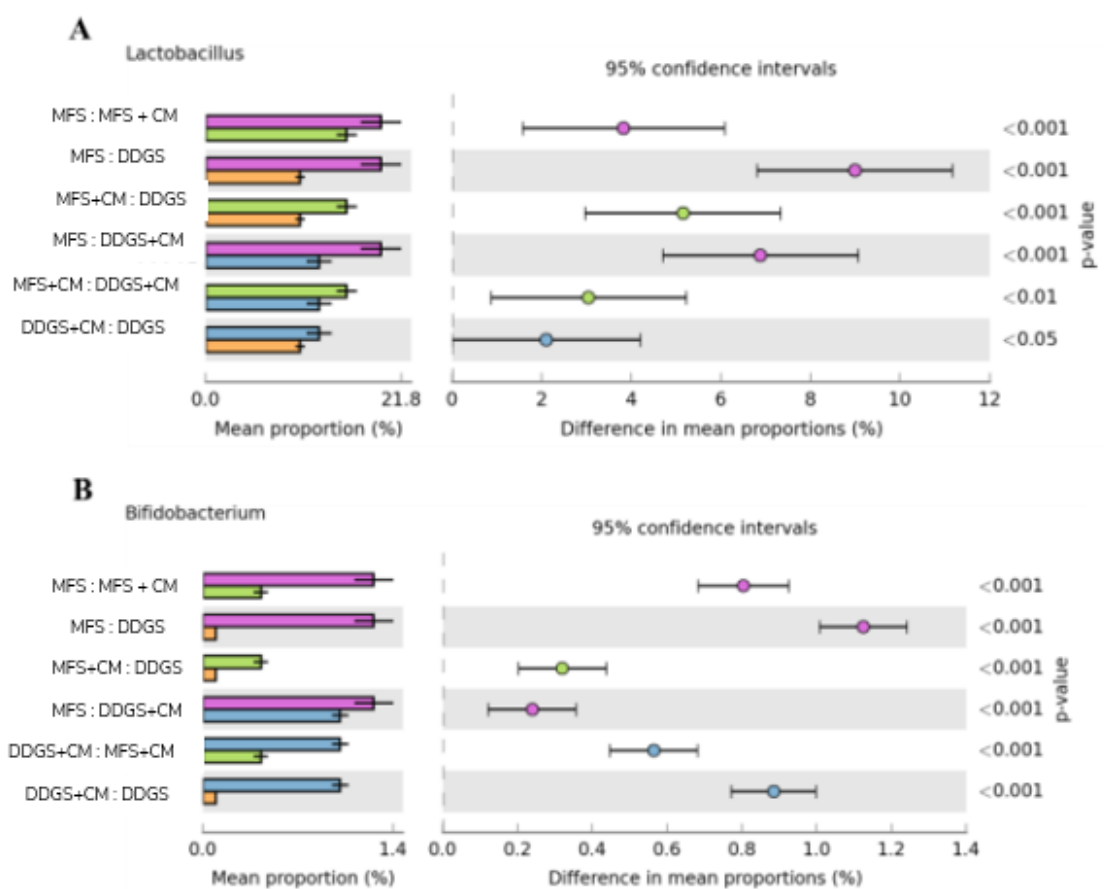
693 DDGS = Grãos secos de destilaria com solúveis, CM = Complexo multienzimático; EPM = Erro padrão da média

694 **Tabela 5**

695 Efeito das dietas experimentais sob a morfometria do jejuno, concentração de ácidos graxos voláteis, status redox e incidência de diarreia

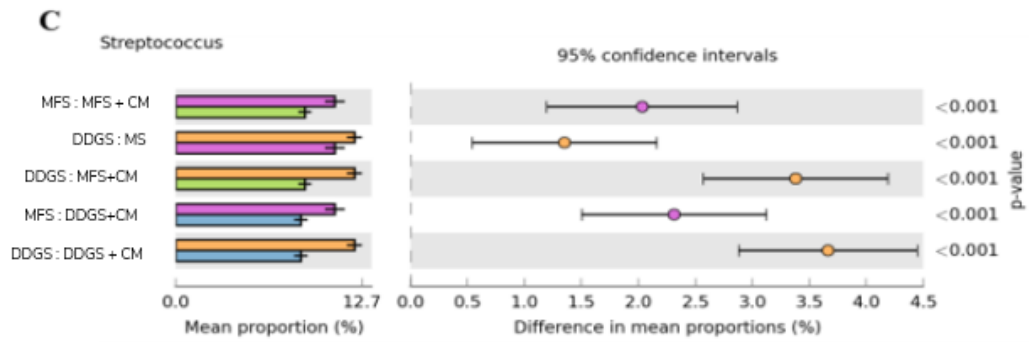
Item	Controle	CM	DDGS	DDGS+CM	EPM	P -Valor
Morfometria do jejuno						
Altura de vilosidade (μm)	615	581	583	597	31,67	0,87
Profundidade de cripta (μm)	456	483	447	478	24,10	0,67
Relação vilosidade:cripta	1,36	1,30	1,40	1,31	0,11	0,94
Concentração ácidos graxos voláteis (mM/ml)						
Ácido acético (C2)	64,3	59,3	68,3	62,6	6,55	0,79
Ácido propiônico (C3)	41,4	35,5	47,4	44,6	4,86	0,33
Ácido butírico (C4)	16,8	16,2	19,3	18,3	2,17	0,75
Total	127	114	141	130	13,00	0,50
Status redox						
Proteína Tecidual (mg/ml)	8,12	7,40	8,60	7,13	0,71	0,46
Glutaciona Reduzida ($\mu\text{g/g}$ de tecido)	156	147	158	142	21,79	0,93
Catalase (nmol.min ⁻¹ .mg proteínas ⁻¹)	20,0	27,5	24,6	22,5	5,49	0,81
Superóxido dismutase (U/mg proteína)	117	114	108	128	10,90	0,63
Glutaciona-S-Transferase (mmol.mim ⁻¹ .mg proteína ⁻¹)	2,82	3,06	2,74	2,75	0,44	0,94
Incidência de diarreia (%)						
Crescimento	20,2 a	12,0 b	13,7 b	17,8 a	0,11	<0,01
Terminação	5,64 a	1,09 b	3,82 a	5,45 a	0,41	<0,01

696 DDGS = Grãos secos de destilaria com solúveis, CM = Complexo multienzimático, EPM = Erro padrão da média

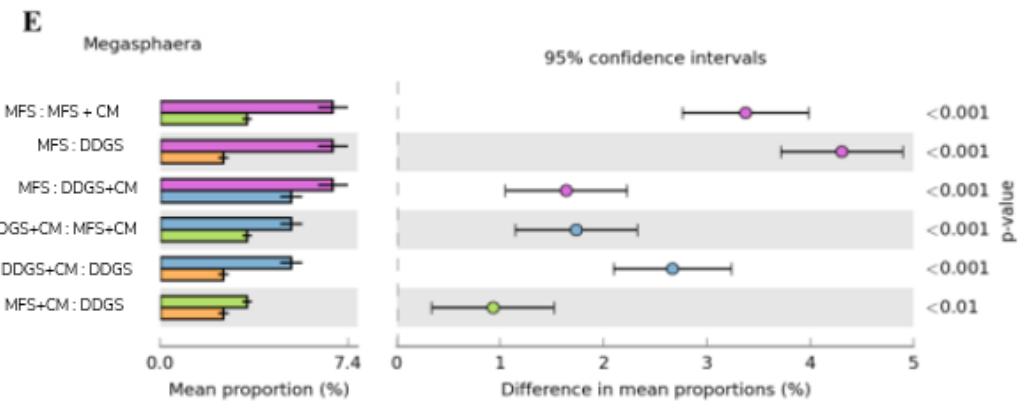
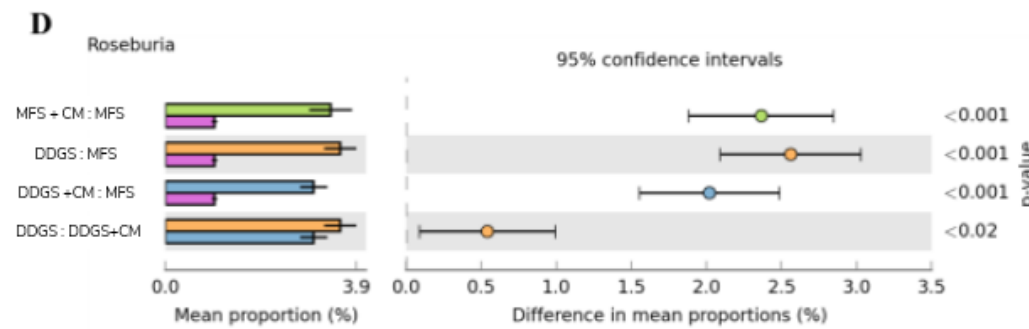
697 **Figura 1**698 Principais gêneros bacterianos encontrados no ceco dos animais para as diferentes dietas
699 experimentais

700

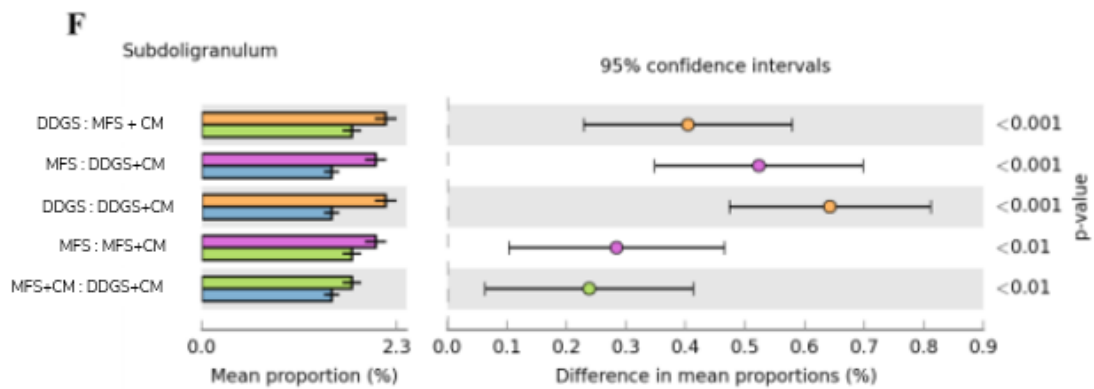
701



702

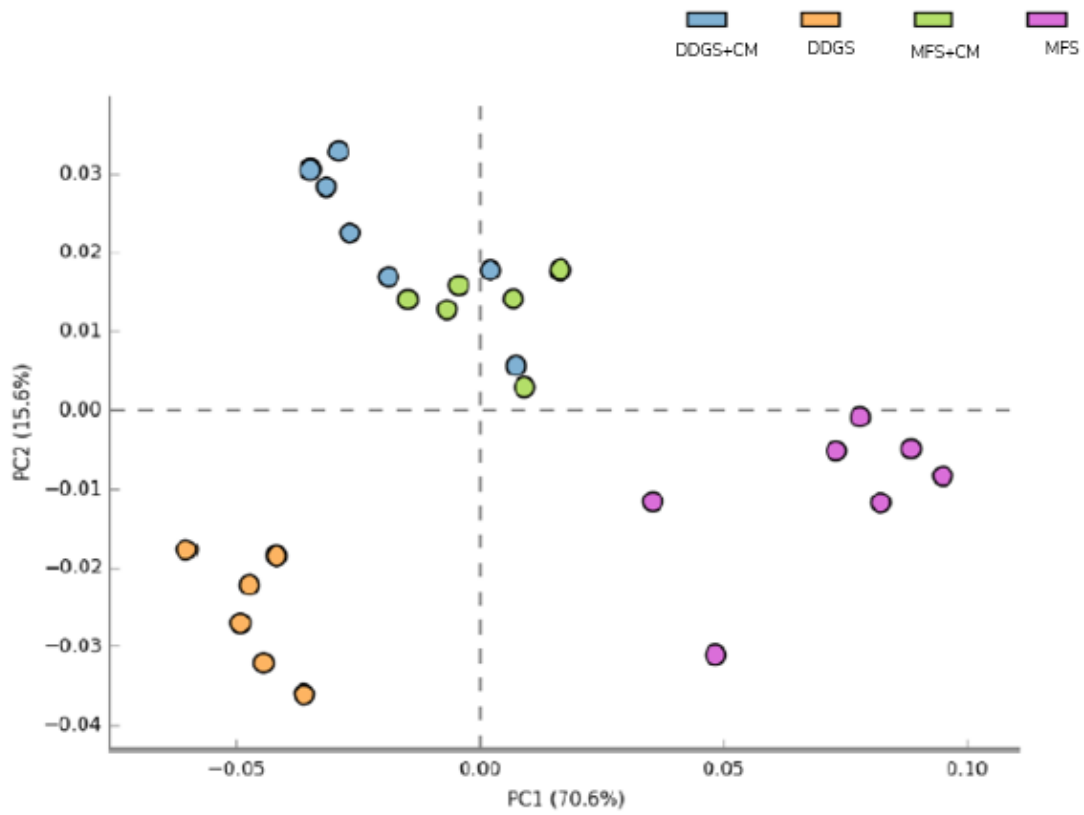


703



704 **Figura 2**

705 Análise de componentes principais dos gêneros das comunidades bacterianas nas dietas experimentais

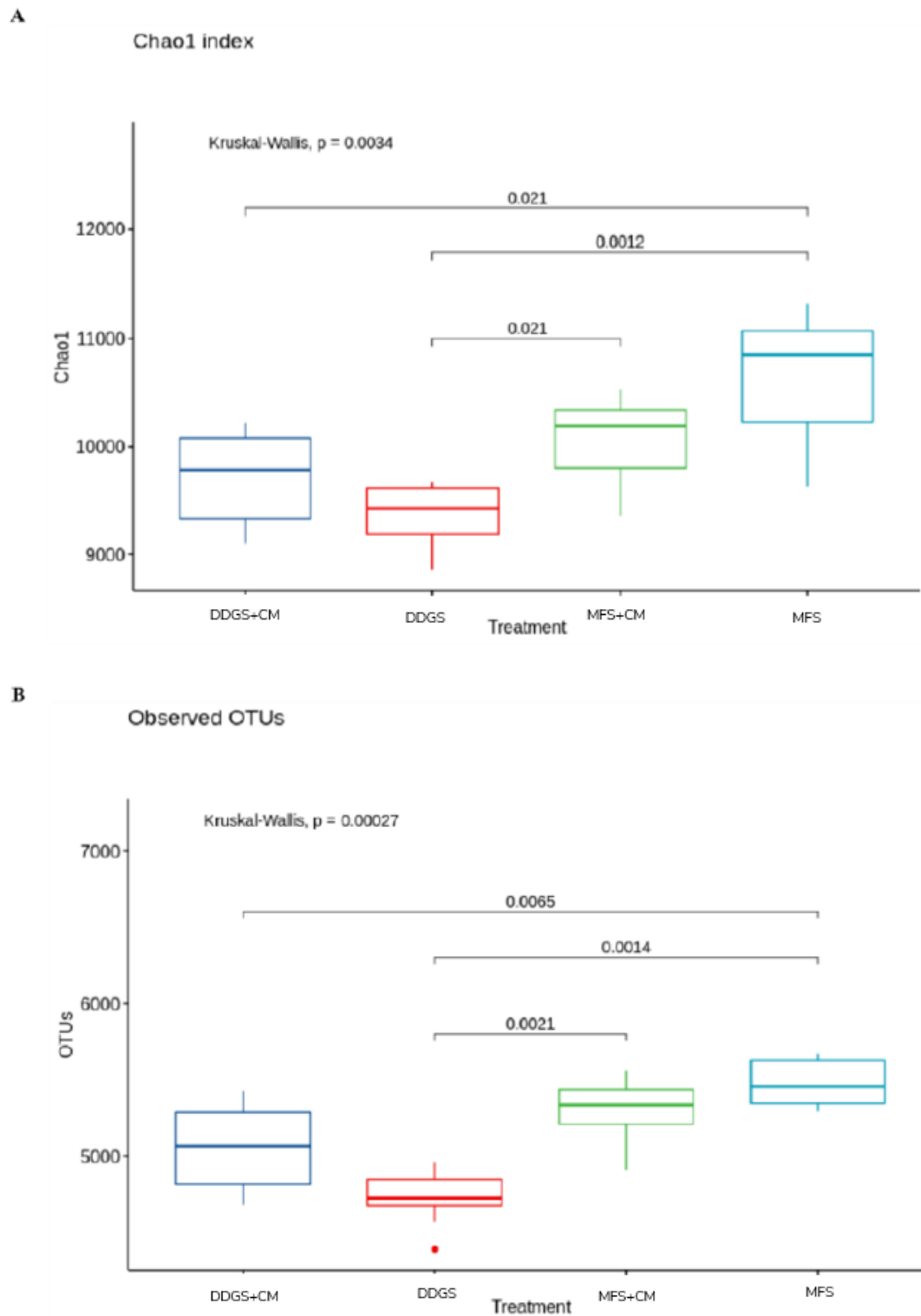


706

707

708 **Figura 3**

709 Indicadores de biodiversidade nas diferentes dietas experimentais, índice Chao1 (A) e número de OTUs
710 observados (B).



711

712

713

714

ANEXO A

715

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA**

COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

Cx.P.3037 - Lavras – MG – 37200-000 – (35) 3829-5182 cba@nintec.ufla.br

ATESTADO DE APROVAÇÃO PROVISÓRIO

(o certificado definitivo será concedido após o cumprimento de todos os critérios exigidos pela Orientação Técnica nº 5, de 27 de abril de 2015, do CONCEA/MCTI)

Atestamos que a proposta intitulada "Efeito do uso de arabinofuranosidases associado a xilanases em dietas com DDGS sobre o desempenho, saúde intestinal, digestibilidade e rendimento de carcaça em suínos de crescimento e terminação", protocolo nº 106/18, sob a responsabilidade de Vinícius de Souza Cantarelli, Máira Resende, Rhuan Filipe Chaves e Thamires Allue Dantas, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto homem), para fins de ensino e/ou pesquisa científica, encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas edificadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), e foi aprovada pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) da Pró-Reitoria de Pesquisa/UFLA, em reunião de 15/02/2019, podendo ser iniciada a realização da sua parte experimental.

Vigência da autorização: de 10/03/2019 a 30/05/2019

Finalidade: () Ensino (x) Pesquisa Científica

Espécie/linhagem/raça: Suíno / DB90 x PIC415

Número de animais aprovados: 150

Peso/Idade: 25 kg / 63 dias

Sexo: macho

Origem dos animais: aguardando documentação

Lavras, 15 de fevereiro de 2019.

Prof. Juliano Vogas Peixoto
Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais CEUA

Universidade Federal de Lavras
Pró-Reitoria de Pesquisa / Comissões Permanentes
Campus Universitário -
Caixa Postal 3037 / CEP 37200-000 - Lavras, MG - Brasil
Tel.: +55 (35) 3829 5182
cba@nintec.ufla.br - www.prp.ufla.br

716