

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**BIOFERTILIZANTES PROVENIENTES DA
ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS COM PROTEASE PARA
PRODUÇÃO DE MILHO SILAGEM**

Autora: Ana Carla Moreira
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Paula Cardoso Gomide

Rio Verde – GO
Abril – 2019

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**BIOFERTILIZANTES PROVENIENTES DA
ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS COM PROTEASE PARA
PRODUÇÃO DE MILHO SILAGEM**

Autora: Ana Carla Moreira
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Paula Cardoso Gomide

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração: Produção animal.

Rio Verde – GO
Abril – 2019

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

MM838b Moreira, Ana Carla
Biofertilizantes provenientes da alimentação de
suínos com protease para produção de milho silagem /
Ana Carla Moreira; orientadora Ana Paula Cardoso
Gomide; co-orientador Francisco Ribeiro de Araújo
Neto. -- Rio Verde, 2019.
46 p.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -- Instituto
Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2019.

1. adubação mineral. 2. alternativas sustentáveis.
3. dejetos líquidos de suínos. 4. fertilizante
orgânico. 5. nutrição de suínos. I. Cardoso Gomide, Ana
Paula, orient. II. Ribeiro de Araújo Neto,
Francisco, co-orient. III. Título.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**BIOFERTILIZANTES PROVENIENTES DA
ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS COM PROTEASE PARA
PRODUÇÃO DE MILHO SILAGEM**

Autora: Ana Carla Moreira
Orientadora: Ana Paula Cardoso Gomide

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia – Área de concentração Zootecnia
– Zootecnia e Recursos Pesqueiros.

APROVADA em 01 de março de 2019.

Darliane de Castro Santos
Prof.^a Dra. Darliane de Castro Santos
Avaliadora externa
IF Goiano/RV

Kátia Cylene Guimarães
Prof.^a Dra. Kátia Cylene Guimarães
Avaliadora interna
IF Goiano/RV

Ana Paula Cardoso Gomide
Prof.^a Dra. Ana Paula Cardoso Gomide
Presidente da banca
IF Goiano/RV

“O segredo do sucesso é a constância do propósito”

Benjamin Disraeli

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu grande protetor, que se fez onipresente inclusive quando eu pensei não mais suportar. Obrigada, Pai. Continue me cuidando...

Aos meus maravilhosos pais Antônio Carlos Moreira e Maria Lúcia Moreira, pela educação, amor incondicional, apoio em minhas decisões e por serem o forte que ilumina minha caminhada. Vocês foram, são e sempre serão minha base.

Aos meus amados irmãos Rodrigo e Hannah, por me incentivarem, acreditarem e orgulharem das minhas conquistas como se fossem deles. Vocês são o melhor que tenho.

Ao meu noivo Robson Evangelista Cardoso pelo amor, estresse diário e companheirismo nos momentos difíceis da vida e desta etapa que se encerra. Obrigada por segurar minhas mãos, enxugar minhas lágrimas e por partilhar comigo a benção mais linda de nossas vidas (nosso neném que está a caminho).

Aos meus sogros Marcelino e Suely, por me incentivarem.

Aos amigos queridos que estão distantes, mas se fazem presente dia a dia. Vocês foram muito importantes nesta caminhada e na vida.

A minha orientadora Ana Paula Cardoso Gomide, que além de orientar, confiou no meu potencial, muitas vezes até mais que a mim mesma.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do IFGoiano – Campus Rio Verde, por pelos conhecimentos transmitidos durante o mestrado. Também aos servidores desta instituição, por auxiliarem em tudo que foi preciso nestes anos.

Aos amigos conquistados em Rio Verde. Obrigada pela parceria e risadas durante estes dois anos de caminhada.

Aos amigos do GEPESUI (Grupo de Estudo, Pesquisa e Extensão em Suinocultura), serei eternamente grata por permitirem que o grupo fosse real e por não medirem esforços para que os experimentos fossem executados da melhor forma possível. Vocês são demais e não há pão com mortadela no mundo que pague!

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pela concessão da bolsa de estudos e recursos necessários para a pesquisa.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Ana Carla Moreira, filha de Antônio Carlos Moreira e Maria Lúcia Moreira. Nascida no dia 20 de setembro de 1992 no município de Governador Valadares – Minas Gerais. Iniciou sua formação acadêmica e profissional em fevereiro de 2013, quando ingressou no curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG, tendo concluído em janeiro de 2017. Em março de 2017 ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, concentrando seus estudos na área de Produção animal e sustentabilidade na produção e, submetendo-se à defesa de dissertação em 01 de março de 2019 para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	viii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	ix
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Uso de protease e desempenho de suínos.....	3
2.2. Biofertilizante.....	4
2.3. A cultura do milho e o uso de biofertilizantes.....	6
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	8
4. OBJETIVOS.....	13
4.1. Geral.....	13
4.2. Específicos.....	13
CAPÍTULO I – Artigo Científico.....	14
Protease na dieta de suínos em terminação e o uso sustentável dos resíduos no milho silagem.....	14
Resumo.....	14
Abstract.....	15
Introdução.....	16
Material e Métodos.....	18
Desempenho animal e produção dos biofertilizantes.....	18
Produção de milho destinado à silagem.....	20
Delineamento experimental e análise estatística.....	24
Resultados.....	25
Desempenho animal e produção dos biofertilizantes.....	25
Produção de milho destinado à silagem.....	25
Discussão.....	27
Desempenho animal	27
Produção de milho silagem.....	28
Conclusões.....	30
Referências bibliográficas.....	31

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Composição das dietas experimentais para suínos em terminação (115-150 dias).....	19
Tabela 2. Análise química-bromatológica dos biofertilizantes de suínos.....	20
Tabela 3. Condições climáticas durante os meses de cultivo do milho.....	21
Tabela 4. Características físicas e químicas do solo pré-plantio.....	22
Tabela 5. Tratamentos experimentais aplicados na cultura do milho.....	23
Tabela 6. Desempenho de suínos em fase de terminação (115-150 dias) quando alimentados com dietas contendo ou não protease.....	25
Tabela 7. Médias das características morfológicas e de produtividade das plantas de milho de acordo com o tratamento.....	26
Tabela 8. Decomposição dos seis contrastes ortogonais e o p-valor dos contrastes para as variáveis estatisticamente significativas altura de planta e produtividade de matéria seca total.....	26

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

	DESCRIÇÃO
%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
AIE	Altura de inserção da primeira espiga
AP	Altura de planta
Ca	Cálcio
CE	Comprimento de espiga
cm	Centímetro
Cu	Cobre
CV	Coefficiente de variação
DC	Diâmetro de colmo
DE	Diâmetro de espiga
EP	Erro padrão da média
Fe	Ferro
g	Gramas
ha ⁻¹	Hectares
K	Potássio
KCl	Cloreto de Potássio
Kg	Quilograma
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico
Mg	Magnésio
mm	Milímetros
Mn	Manganês

N	Nitrogênio
NH ₃	Amônia
NH ₄ ⁺	Amônio
P	Probabilidade de significância ao nível de 5%
P	Fósforo
P ₂ O ₅	Pentóxido de difósforo
pH	Potencial hidrogeniônico
PMSt	Produtividade de matéria seca total
PMVt	Produtividade de matéria verde total
Prec _{pluv}	Precipitação pluviométrica
SO ₄ ²⁻	Sulfato
SS	Superfosfato simples
T _{AQ/BS}	Tratamento com Adubo químico/ Biofertilizante sem enzima
T _{AQ/U}	Tratamento com Adubo químico/ureia
T _{BC/BC}	Tratamento com Biofertilizante com enzima/ Biofertilizante com enzima
T _{BC/U}	Tratamento com Biofertilizante com enzima/ Ureia
T _{BS/BS}	Tratamento com Biofertilizante sem enzima/ Biofertilizante sem enzima
T _{BS/U}	Tratamento com Biofertilizante sem enzima/ Ureia
Tcom	Tratamento com protease (0,05%)
Tsem	Tratamento sem protease
Ur _{ar}	Umidade relativa do ar
Vs	Versus
Zn	Zinco

RESUMO

Sabendo da necessidade de tornar a produção de suínos uma atividade sustentável e com maior eficiência no aproveitamento dos nutrientes, assim como reduzir a utilização de adubos químicos durante o cultivo da cultura do milho, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o desempenho de suínos machos em terminação, alimentados com dietas contendo ou não protease e, os benefícios dos biofertilizantes produzidos quando utilizados em conjunto e/ou substituição à adubação convencional no milho destinado à silagem. O experimento foi subdividido em três etapas. 1ª etapa: corresponde a experimentação com animais, em que foram selecionados 12 suínos machos castrados com 115 dias de idade. O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso composto por dois tratamentos (Tsem: tratamento contendo somente a ração basal; Tcom: tratamento contendo a ração basal com adição de 0,05% de protease) e seis repetições, sendo um animal/parcela experimental. Os animais foram pesados no início e final da fase (150 dias de idade) para determinação dos parâmetros de desempenho. Não houve diferença estatística significativa ($P < 0,05$) para ganho de peso diário, consumo diário de ração e conversão alimentar de suínos machos castrados em terminação quando alimentados com as diferentes dietas experimentais. 2ª etapa: durante a etapa anterior, diariamente foram feitas coletas e armazenagem dos dejetos em biodigestores que, ao final do período experimental, foram vedados por 60 dias para que houvesse fermentação anaeróbica e produção de biofertilizantes. Os dois tipos de biofertilizantes produzidos, correspondente aos tratamentos da etapa de desempenho, passaram por análises laboratoriais para determinação da composição química e posterior utilização na etapa subsequente. 3ª etapa: nesta fase, correspondente com a produção do milho, os biofertilizantes produzidos foram aplicados no plantio do milho e/ou na cobertura, dependendo do tratamento. O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso composto por sete tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos eram uma combinação de adubação de plantio e adubação de cobertura. Ao final deste experimento, foram avaliadas características morfológicas (altura de planta, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro de espiga, comprimento de espiga e diâmetro de colmo) e as produtividades de matéria verde e matéria seca do milho para silagem. Através da análise de variância com teste de Tukey a 5% de probabilidade, foi verificado que somente as variáveis altura de planta e produtividade de matéria seca total tiveram diferença estatística significativa. Foram feitos seis contrastes ortogonais nestas variáveis para avaliar o efeito dos tratamentos. Pela análise dos contrastes ortogonais, verificou-se que somente o tratamento recebendo biofertilizante com enzima no plantio e ureia na cobertura teve maior efeito na altura das plantas e produtividade de matéria seca total, quando comparado com o tratamento recebendo biofertilizante com enzima no plantio e na cobertura. Os demais contrastes ortogonais não obtiveram diferença estatística significativa pelo teste T a 5% de probabilidade. A inclusão dietética de 0,05% de protease não altera o desempenho de suínos em terminação, isto quando alimentados com dietas nutricionalmente completas. Para uso do biofertilizante como substituto da adubação química convencional, fatores como o perfil de disponibilidade do nitrogênio presente no biofertilizante devem ser considerados.

Palavras-chave: Adubação mineral; alternativas sustentáveis; dejetos líquidos de suínos; fertilizante orgânico; nutrição de suínos.

ABSTRACT

Knowing the need to turn pig production a sustainable and more efficient activity in the nutrients use, as well as to reduce the chemical fertilizers use during corn cultivation, this research aimed to evaluate the male pigs performance in finish phase and the benefits of biofertilizers produced when used together and/or in substitution to conventional fertilization in corn for silage. The experiment was subdivided into three stages. 1st stage: corresponds to the experimentation with animals, where 12 male castrated pigs with 115 days of age were selected. The experimental design was a completely randomized design consisting of two treatments (Tsem: treatment containing only the basal diet, Tcom: treatment containing the basal diet with addition of 0.05% of protease) and six replicates, being one experimental animal per plot. The animals were weighed at the beginning and end of the phase (150 days of age) to determine the performance parameters. There was no statistically significant difference ($P < 0,05$) for daily weight gain, daily feed intake and feed conversion of finishing castrated pigs when fed with different experimental diets. 2nd stage: during the previous stage, daily samples were collected and stored in biodigesters that, at the end of the experimental period, were closed for 60 days for anaerobic fermentation and biofertilizer production. The two biofertilizers types produced, corresponding to the treatments of the performance step, were analyzed to determine the chemical composition and used in the subsequent stage. Stage 3: At this stage, corresponding to corn production, the biofertilizers produced were applied to corn planting and/or cover, depending of the treatment. A completely randomized design was used consisting of seven treatments and five replications. The treatments were a combination of planting fertilization and cover fertilization. At the end of this experiment, morphological characteristics (plant height, first ear insertion height, ear diameter, ear length and stalk diameter) and the yields of green matter and dry matter of corn for silage were evaluated. Through the analysis of variance with Tukey test at 5% probability, it was verified that only the variables of plant height and total dry matter yield had a statistically significant difference. Six orthogonal contrasts were made on these variables to evaluate the treatments effect. By the orthogonal contrasts analysis, it was verified that only the treatment receiving biofertilizer with the enzyme in planting and urea in cover had higher effect on plants height and total dry matter yield, when compared to the treatment receiving biofertilizer with enzyme in planting and in the cover. The other orthogonal contrasts did not obtain significant statistical difference by the T test at 5% of probability. The dietary inclusion of 0.05% protease does not alter the finishing pigs performance, when fed with nutritionally complete diets. For biofertilizer use as a substitute for conventional chemical fertilization, factors such as nitrogen availability profile present in the biofertilizer should be considered.

Key-words: Liquid swine manure; mineral fertilization; nutrition of pigs; organic fertilizer; sustainable alternatives.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A progressiva e elevada demanda mundial por alimentos fez com que todos os elos das diferentes cadeias produtivas evoluíssem, visando aumento da produção de proteína animal, incluindo neste, o setor produtivo da carne suína, que, de acordo com base de dados e estatísticas realizadas pela OCDE/FAO (2018), é considerada uma das fontes proteicas de origem animal mais consumidas pelos humanos em todo o globo.

A fonte proteica mais amplamente utilizada nas dietas para suínos é o farelo de soja (KIM et al., 2016), porém, por causa da presença de fatores antinutricionais, incluindo inibidores de enzimas digestivas, podem favorecer a baixa digestibilidade e efeitos nutricionais indesejados (JO et al., 2012). O tratamento térmico do ingrediente antes da inclusão nas dietas é capaz reduzir a presença dos fatores antinutricionais, no entanto, alguns inibidores de proteases como o Bowman-Birk que possui especificidade pela tripsina e quimotripsina e o Kunitz, específico para tripsina, são termoestáveis, podendo contribuir para redução na digestibilidade da proteína dietética (MCDONALD et al., 2011).

A utilização de enzimas, como as proteases, é responsável pela hidrólise das ligações peptídicas nas moléculas de proteínas, gerando peptídeos e aminoácidos que, quando fornecidas nas dietas de suínos permitem rápida absorção pelas células do trato gastrointestinal (NELSON e COX, 2005). Isto gera efeito benéfico sobre a digestibilidade dos nutrientes, permitindo maior aproveitamento da proteína por parte dos animais e conseqüentemente maior crescimento/desenvolvimento dos mesmos, além de menor excreção de nitrogênio pelas fezes (JI et al., 2008; ADEOLA e COWIESON, 2011; JO et al., 2012; ZUO et al., 2015). Para uma produção suinícola sustentável e otimizada, é imprescindível que as dietas atendam às exigências nutricionais dos animais e minimize a excreção de nitrogênio nos dejetos, reduzindo assim o impacto ambiental da atividade (OLIVEIRA et al., 2005b).

O resíduo orgânico da suinocultura é composto por fezes, urina, ração, pelos dos animais, pó e água proveniente dos desperdícios de bebedouro e limpeza (GONÇALVES JÚNIOR, 2008). Quando coletados e armazenados em biodigestores, os dejetos brutos sofrem conversão bioquímica pela atividade de micro-organismos que atuam em anaerobiose (CORTEZ et al., 2008), transformando compostos orgânicos complexos em substâncias com estruturas mais simples, como água, dióxido de carbono, metano e

biofertilizante, com reduzida concentração de micro-organismos patogênicos, comumente encontrados nos dejetos não tratados (CARON et al., 2009; SILVA & PELÍCIA, 2012).

Scherer et al. (2007) relataram a possibilidade do uso de biofertilizante suíno como adubo orgânico para produção de plantas, isto porque possui teores elevados de matéria orgânica, nitrogênio (40-70% na forma amoniacal) e fósforo, mostrando-se como um potencial fornecedor de nutrientes para o desenvolvimento das plantas.

A associação de componentes de diferentes sistemas pode auxiliar na preservação do meio ambiente e ser base do ciclo de reciclagem, em que o resíduo de uma atividade (exemplo: produção de suínos) passa a ser insumo de outra atividade produtiva (exemplo: lavoura), sendo uma potencial alternativa para o incremento e redução de custos com adubação mineral no agronegócio, principalmente para produtores em pequena e média escala (BEZERRA et al., 2008).

O milho, cultura versátil amplamente produzida em todo mundo, tem posição de destaque no que se relaciona à importância econômica e social do agronegócio brasileiro (PEREIRA FILHO, 2015). Assmann et al., (2007) caracteriza o potencial do biofertilizante suíno pela concentração de nitrogênio presente. O nitrogênio é o principal macronutriente limitante da produção do milho, podendo influenciar em várias características que terão respostas significativas na produtividade (DA ROS et al., 2003).

Com isso, propôs-se avaliar a influência da protease exógena no desempenho de suínos e a aplicação dos biofertilizantes produzidos na cultura do milho destinado à silagem.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Uso de protease e o desempenho de suínos

A produção de carne suína no Brasil e no mundo ultrapassou 3,75 e 110,96 milhões de toneladas, respectivamente (ABPA, 2018), sendo que estes números tendem a aumentar em virtude da demanda pelo aumento populacional e aumento no consumo per capita (ONU, 2017). Erickson et al. (2009) citam que esta produção é responsável por ser uma das principais fontes de resíduos animais e que contêm quantidades significantes de materiais orgânicos, nutrientes e micro-organismos patogênicos prontamente biodegradáveis, os quais podem ser poluidores do meio ambiente caso não sejam tratados e/ou pelo uso indiscriminado.

Dentre os custos de produção, a nutrição, responsável por mais de 70% de todos os custos, apresenta relevância, já que requer o conhecimento do potencial nutritivo dos nutrientes e as exigências nutricionais dos animais (EMBRAPA, 2017).

O farelo de soja, ingrediente de alto valor comercial e nutricional (ROSTAGNO et al., 2011), comumente utilizado nas rações de suínos como fonte proteica, possui grande variabilidade quanto à digestibilidade (KIM et al., 2016), isto devido à origem e condições em que o grão foi produzido, além do processamento a qual foi submetido, podendo dificultar a atuação de enzimas digestivas e até a absorção dos nutrientes (OLIVEIRA et al., 2005a; KRABBE, 2011).

Freitas (2010) considera uma importante alternativa o uso de enzimas exógenas nas rações, já que estes aditivos podem contribuir com melhoria do valor nutricional dos ingredientes presentes na dieta e consequente redução do custo de produção associado à alimentação.

Enzimas são proteínas globulares especializadas em acelerar as reações químicas, ou seja, catalisam diferentes reações no organismo sem serem destruídas no processo. Sua função catalítica (ativação), porém, ocorre somente em condições adequadas de temperatura e potencial hidrogeniônico (pH) intestinal. Além disto, as enzimas devem suportar as condições de processamento da ração e ter estabilidade ao longo do trato gastrointestinal do animal. Também apresentam alto grau de especificidade, ligando-se apenas ao substrato (especificidade absoluta) ou grupo de substâncias quimicamente

semelhantes (especificidade relativa), como é o caso das proteases (NELSON e COX, 2005).

Proteases são enzimas responsáveis pela hidrólise das ligações peptídicas em moléculas de proteínas, gerando peptídeos e aminoácidos, que permitem a absorção pelas células do trato gastrointestinal (RAO et al., 1998; LIMA et al., 2008).

As proteases pertencem à classe 3 (hidrolases) e subclasse 3.4 (peptídeo-hidrolases), segundo o Comitê de Nomenclatura Enzimática da União Internacional de Bioquímica e Biologia Molecular. Esta subclasse é, posteriormente, dividida de acordo com o local de clivagem da ligação peptídica: endopeptidases clivam ligações no interior da cadeia polipeptídica e exopeptidases quebram ligações peptídicas nas extremidades da cadeia (BARRETT, 1994;).

A adição destas enzimas contribui para a ruptura das paredes celulares das moléculas, degradação de proteínas e de fatores antinutricionais, melhoria da digestibilidade da proteína dietética e de outros nutrientes, além de potencializar a ação das enzimas presentes no trato gastrointestinal dos animais, reduzindo a excreção de nitrogênio e fósforo pelas fezes, minimizando o impacto ambiental causado pela atividade (CAMPESTRINI et al., 2005).

2.2 Biofertilizante

Segundo Decreto 8384/2014 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, define-se como biofertilizante:

“Produto que contém princípio ativo ou agente orgânico, isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante.”

Por conter elevados teores de matéria orgânica e micro-organismos patogênicos, como os coliformes totais, os resíduos provenientes da atividade suinícola são ditos como potenciais poluidores do meio ambiente, isto por favorecerem a contaminação do solo, ar e alterações das propriedades físicas, químicas e biológicas dos corpos hídricos (KUNZ et al., 2015), quando não tratados e utilizados de maneira indiscriminada.

Para evitar os impactos deletérios, é aconselhável a adoção de tratamentos específicos de resíduos, regidos por leis ambientais (CABRAL et al., 2011). Entre os tratamentos para os resíduos da suinocultura estão a compostagem, lagoas de

estabilização, esterqueiras, cama sobreposta e biodigestão anaeróbia, sendo este último, fonte de estudo desta pesquisa (PERDOMO et al., 2003).

Quando os resíduos *in natura* (fezes, urina, água, pó e pelos) são coletados e armazenados em biodigestores, sofrem conversão bioquímica pela atividade de microrganismos que atuam em anaerobiose (CORTEZ et al., 2008), transformando compostos orgânicos complexos em substâncias com estruturas mais simples, como água, dióxido de carbono, metano e biofertilizante (SILVA e PELÍCIA, 2012).

A biodigestão anaeróbia é um processo fermentativo realizado por microrganismos anaeróbicos, que promove redução do poder poluente dos dejetos, além da reciclagem orgânica e de nutrientes, com a produção do biofertilizante com reduzida concentração de microrganismos patogênicos (comumente encontrados nos dejetos não tratados) e do biogás, que podem ser utilizados na geração de energia (CARON et al., 2009; PINTO et al., 2014).

As reações químicas que envolvem o processo de digestão anaeróbia são subdivididas em quatro etapas principais: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994; AQUINO & CHERNICHARO, 2005; YU et al., 2005; CHERNICHARO, 2007; KHANAL, 2008). Os processos citados levam à produção do biogás, composto principalmente por metano, podendo ser utilizado na geração de energia. O outro produto gerado é o biofertilizante, que pode ser utilizado na fertilização agrícola em diferentes culturas (PARRADO et al., 2008).

Segundo Michigan (2016), o potencial do biofertilizante no uso agrícola está associado com a disponibilidade dos nutrientes em curto prazo, e aproximadamente 40-70% do nitrogênio, 60-85% do fósforo e quase 90% do potássio presentes no biofertilizante estão prontamente disponíveis para assimilação pelas culturas. O restante, somente se torna aproveitável a médio e longo prazo, através da mineralização, reciclagem e melhoria intrínseca da fertilidade, estrutura e porosidade do solo.

O uso de biofertilizante suíno como fonte de nutrientes é conhecido, benéfico e adotado para diferentes cultivos (GALLO et al., 2015; MOREIRA et al., 2015; SILVA et al., 2015; MUFATTO et al., 2016; FREIRE et al., 2017). Segundo Scherer et al. (2007), entre 40-70% do nitrogênio presente nos dejetos de suínos está presente nas formas amoniacais (NH_3 e NH_4^+), logo, prontamente disponível para assimilação pelas plantas.

As características e composição dos biofertilizantes suíno produzidos são variáveis de acordo com o manejo, alimentação e fase de vida do animal, assim como o tratamento aplicado nos dejetos, segundo compilado feito por SUSZEK (2005). De

acordo com Meneghetti et al. (2012), é necessário planejamento e cálculo das doses utilizadas como fertilizantes a partir da concentração de nitrogênio presente nos dejetos, inverso do que é rotineiramente utilizado pelos agricultores, que fazem referência ao volume de aplicação ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) e não a concentração.

Além disto, geralmente os fertilizantes orgânicos não são nutricionalmente balanceados (proporções de macro e micronutrientes), havendo então a necessidade de correção de alguns nutrientes com fertilizantes químicos (SAMPAIO et al., 2010).

2.3 A cultura do milho e o uso de biofertilizantes

O milho (*Zea mays* L.) é uma monocotiledônea oriunda da América Central e extensivamente cultivado no Brasil, tendo importância econômica, devido à amplitude de produção, variabilidade de precocidade e a versatilidade. Pode ser produzido com distintas finalidades como alimentação animal, alimentação humana, indústria e geração de biocombustíveis (FORNASIERI FILHO, 2007).

Na safra brasileira de 2018/19 foram produzidas 94,5 milhões de toneladas de milho (USDA, 2019) sendo destes, aproximadamente 30 e 70% correspondentes à primeira e segunda safra, respectivamente. Com representativa produção, o Brasil ocupa posição destacável no ranking de produção desta *commoditie*, ficando atrás dos Estados Unidos e China (CONAB, 2019).

É uma espécie de metabolismo fotossintético C_4 , ou seja, as plantas deste grupo possuem afinidade pelo dióxido de carbono para a formação do ácido oxalacético, composto por quatro moléculas de carbono. Em suma, devido à anatomia (menor área entre nervuras), o milho tem mecanismo de prevenção da perda de dióxido de carbono para o meio, e faz desta cultura uma das mais eficientes no uso da radiação solar e fotossíntese, tendo efeito direto na produtividade, quando comparada com outras espécies (HATTERSLEY, 1984).

Considerada uma planta de ciclo vegetativo variável em função da precocidade dos genótipos. Em geral, os híbridos atuais vão de superprecoce ao tardio, levando entre 110 e 180 dias entre a semeadura e a colheita. O tempo total de cultivo pode variar de acordo com a finalidade do plantio (silagem ou grãos) e das interações genótipo-ambiente que são capazes de influenciar na duração dos estádios fenológicos (BERGAMASCHI e MATZENAUER, 2014).

Por ser classificada como uma cultura com pouca ou nenhuma resposta fotoperiódica, seu desenvolvimento depende, sobretudo, das condições edafoclimáticas, especialmente a temperatura do ar (BERGAMASCHI e MATZENAUER, 2014). Ainda segundo os autores, apesar do alto potencial produtivo, o milho é sensível a eventos meteorológicos extremos, como geadas, granizo, vendavais, inundações e estiagens prolongadas, e pode impactar economicamente a cadeia do agronegócio, sabida a magnitude de sua produção. Segundo Fancelli (2015), para assegurar o bom crescimento e produção da cultura, a temperatura do ar deve estar entre 25-30°C e 400-600mm de precipitação durante todo o ciclo.

Devido aos rendimentos, alta produção de matéria seca, facilidade de cultivo, elevado valor nutricional, o milho é uma das plantas com maior potencial de ensilagem (SALAZAR et al., 2010).

Seidel et al. (2010), trabalhando com biofertilizante suíno como adubação de plantio não encontrou diferença estatística para a produtividade de grãos de milho, quando comparado com o tratamento que recebeu adubação química (NPK), confirmando a eficiência no uso desta fonte de nutrientes. Quanto à adubação de cobertura, os autores concluíram que os tratamentos que receberam ureia mostraram-se superiores aos que receberam biofertilizante suíno, exceto para o tratamento contendo 50m³ha⁻¹ na base, isto por causa da alta disponibilidade do nitrogênio presente na ureia.

Moraes et al. (2014) utilizando doses biofertilizante suíno no milho grão, obtiveram resultados satisfatórios e estatisticamente iguais à adubação mineral para produtividade de grãos a partir da dose de 50m³ ha⁻¹; entretanto, doses superiores a 91m³ ha⁻¹ não mostraram incremento na produtividade de grãos de milho, o que não justifica seu uso.

Kessler et al. (2014) estudando efeito de doses de biofertilizante suíno, com ou sem a presença de adubação mineral no milho, puderam concluir que é possível o uso deste fertilizante, desde que alguns minerais como o fósforo e o manganês sejam suplementados com adubação mineral.

Outros estudos fazendo uso do biofertilizante suíno obtiveram resultados satisfatórios na cultura do milho (KONZEN e ALVARENGA, 2007; GIACOMINI e AITA, 2008; LÉIS et al., 2009).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adeola, O. & Cowieson, A. J. (2011). Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. *Journal of Animal Science*, 89, 3189-3218.
- Aquino, S.F. & Chernicharo, C.A. L. (2005). Acúmulo de ácidos graxos voláteis (AGV) em reatores anaeróbios sob estresse: causas e estratégias de controle. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 10, 152-161.
- Assmann, T. S., Assmann, J. M., Cassol, L. C., Diehl, R. C., Manteli, C. & Magiero, E. C. (2007). Desempenho da mistura forrageira de aveia-preta mais azevém e atributos químicos do solo em função da aplicação de esterco líquido de suínos. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 31, 1515-1523.
- Associação Brasileira De Proteína Animal – ABPA. (2018) *Relatório anual 2018*. São Paulo. 176p.
- Barrett, A. J. (1994). Classification of Peptidases. In: *Methods Enzymology. Academic Press Incorporated California*, 244, 1-15.
- Bergamaschi, H., Matzenauer, R. (2014). *O milho e o clima*. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 84p.
- Bezerra, L. L., Da Silva Filho, J. H., Fernandes, D., Andrade, R. & Madalena, J. A. S. (2008). Avaliação da aplicação de biofertilizante na cultura do milho: crescimento e produção. *Revista Verde*, 3(3), 131-139.
- Brasil. Decreto nº 8.384, de 29 de dezembro de 2014. (2014). Altera o Anexo ao Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 30 de dez. 2014. Seção 1, p.24.
- Cabral, J. R., Freitas, P. S. L. De., Rezende, R., Muniz, A. S. & Bertonha, A. (2011). Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(8), 823–831.
- Campestrini, E., Silva, V. T. M., Applet, M. D. (2005). Utilização de enzimas na alimentação animal. *Revista Eletrônica Nutritime*, 2(6), 259-272.
- Caron, C. F., Messias, J. N., Coutinho Filho, J. S., Russi, J. C. V. & Weber, M. I. (2009). Geração de energia no campus a partir da biodigestão anaeróbica. *Tuiuti: Ciência e Cultura*, 42, 63-73.
- Chernicharo, C. A. L. (2007). Princípio do tratamento biológico de águas residuárias – Reatores anaeróbios, 5, 2ª ed., Belo Horizonte: Ed. UFMG, 380 p.
- Conab – Companhia Nacional de Abastecimento. (2019). *Indicadores da Agropecuária*. Brasília, BR. (1), 01-118.

- Cortez, L. A. B., Lora, E. E. S. & Gómez, E. O. (2008). Biodigestão de Efluentes. In: *Biomassa para Energia*. Campinas, SP: Editora da UNICAMP.
- Da Ros, C. O., Salet, R. L., Porn, R. L & Machado, J. N. C. (2003). Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação no sistema de plantio direto. *Cienc. Rural*, 33(5), 799-804.
- Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária – Embrapa. (2017). Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/custos/icpsuino>.
- Erickson, M. C., Liao, J., Ma, L., Jiang, X. & Doyle, M. P. (2009). Pathogen inactivation in cow manure compost. *Compost Science & Utilization*, 17, 229-236. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2009.10702428>.
- Fancelli, A. L. (2015). Cultivo racional e sustentável requer maior conhecimento sobre planta do milho. *Revista Visão Agrícola*. USP, ESALQ, ano 9.
- Fornasieri Filho, D. (2007). *Manual da cultura do milho*. Jaboticabal: FUNEP, 576 p.
- Freire, J. L. O., Morais, M. S., Carvalho, D. M. & Arruda, J. A. (2017). Comportamento fenotípico do feijão macassar inoculado com rizóbio sob biofertilização suína e estresse salino. *Revista Principia*, 1(35), 50-59.
- Freitas, D. M. De. (2010). *Desempenho de frangos de corte e digestibilidade ileal de dietas suplementadas com protease*. 75f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.
- Gallo, A. S., Guimarães, N. F., Souza, M. D. B. De., Agostinho, P. R., Gomes, S. Da Silva & Silva, R. F. Da. (2015). Produtividade da cultura do feijoeiro em sucessão a adubos verdes com adição de dejetos líquidos de suínos. *Revista de La facultad de Agronomía*, 114(1), 45-51.
- Giacomini, S. J. & Aita, C. Cama sobreposta e dejetos líquidos de suínos como fonte de nitrogênio ao milho. (2008). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(1), 195-205.
- Gonçalves Junior, A. C., Lindino, C. A., Rosa, M. F., Bariccatti, R. & Gomes, G. D. (2008). Remoção de metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e cromo em biofertilizantes suíno utilizando macrófita aquática (*Eichornia crassipes*) como bioindicador. *Acta Scientiarum Technology*, 30 (1), 9-14.
- Hattersley, P.W. (1984). Characterization of C4 type leaf anatomy in grasses (Poaceae). Mesophyll: bundles sheath area ratios. *Annual of Botany*, 53(2), 163-179.
- Ji, F., Casper, D.P., Brown, P.K., Spangler, D.A., Haydon, K.D. & Pettigrew, J.E. (2008). Effects of dietary supplementation of an enzyme blend on the ileal and fecal digestibility of nutrients in growing pigs. *Journal of Animal Science*, 86, 1533-1543.
- Jo, J. K., Ingale, S. L., Kim, J. S., Kim, Y. W., Kim, K. H., Lohakare, J. D., Lee, J. H. & Chae, B. J. (2012). Effects of exogenous enzyme supplementation to corn- and soybean meal-based or complex diets on growth performance, nutrient digestibility, and blood metabolites in growing pigs. *Journal of Animal Science*. 90, 3041-3048.

- Kessler, N. C. H., Sampaio, S. C., Sorace, M., Lucas, S. D. & Palma, D. (2014). Swine wastewater associated with mineral fertilization on corn crop (*Zea mays*). *Engenharia Agrícola*, 34(3), 554-566. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162014000300018>.
- Khanal, S.K. (2008). *Anaerobic Biotechnology for Bioenergy Production: Principles and Applications*. Cingapura: Wiley-Blackwell, 320p.
- Kim, S., Kim, B., Kim, Y., Jung, S., Kim, Y., Park, J., Song, M. & Oh, S. (2016). Value of palm kernel co-products in swine diets. *Korean J. Agric. Sci.* 43, 761-768.
- Konzen, E. A., Alvarenga, R. C. (2007). *Cultivo do milho*. 3ª ed. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, Brasil.
- Krabbe, E. L. (2011). Aplicação e pontos críticos no uso de enzimas. In: Congresso sobre aditivos na alimentação animal – enzimas – IAC. 2011. *Anais...* Campinas: CBNA, Campinas, SP, Brasil. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/936671>>.
- Kunz, A., Higarashi, M. M. & Oliveira, P. A. (2005). Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, 22(3), 651-665.
- Léis, C. A., Couto, R. R., Dortz Bach, D., Comin, J. J. & Sarto, L. R. (2009). Rendimento de milho adubado com dejetos de suínos em sistema de plantio direto sem o uso de agrotóxicos. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 4(2), 3814-3817.
- Lima, S. L. T., Bispo De Jesus, M., Sousa, R. R. R., Okamoto, A. K., Lima, R. De. & Fraceto, L. F. (2008). *Estudo da atividade proteolítica de enzimas presentes em frutos*. Química nova na escola. 28.
- Mcdonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R. G. (2011). *Animal nutrition*. 7th ed. Pearson Education, Harlow, UK.
- Meneghetti, A. M., Nóbrega, L. H. P., Sampaio, S. C. & Ferques, R. G. (2012). Mineral composition and growth of babycorn under swine wastewater combined with chemical fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 16(11), 1198-1205.
- Michigan Department of Agriculture & Rural Development. (2016). *Generally Accepted Agricultural and Management Practices for Manure Management and Utilization*. Lansing, MI.
- Moraes, M. T., Arnuti, F. Silva, V. R., Silva, R. F., Basso, C. J. & Da Ros, C. O. (2014). Dejetos líquidos de suínos como alternativa a adubação mineral na cultura do milho. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(6), 2945-2954. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n6p2945>.
- Moreira, E. D. S., Fernandes, L. A., Colen, F. & Cruz, L. R. (2015). Características agronômicas e produtividade de milho e milheto para silagem adubados com biofertilizante suíno sob irrigação. *Boletim de Indústria Animal*, 72(3), 185-192.

- Mufatto, L. M., Neres, M. A., Nath, C. D., Stangarlin, J. R., Scheidt, K. C., Casarotto, L., Sarto, J. R. W. & Sunahara, S. M. M. (2016). Caracterização e quantificação da população de fungos em área de produção de feno de capim Tifton 85, adubado com biofertilizante suíno. *Ciência Rural*, 46(3), 486-491.
- Nelson, D. L. & Cox, M. M. (2005). *Lehninger Principles of Biochemistry*. 4th ed. New York: W.H. Freeman & Co., 1119p.
- OCDE/FAO. (2018). “*Perspectivas Agrícolas da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico*”. Estatísticas da OCDE sobre agricultura (base de dados). ISSN: 20744048 (online). <https://doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>.
- Oliveira, F., Costa, F.G. P., Silva, J. H. V., Brandão, P. A., Amarante Júnior, V. S., Nascimento, G. A. J. & Barros, L. R. (2005a). Desempenho de frangos de corte nas fases de crescimento e final alimentados com rações contendo soja integral extrusada em diferentes temperaturas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(6), 1950-1955.
- Oliveira, V., Fialho, E. T., Lima, J. A. F., Bertechini, A. G. & Freitas, R. T. F. (2005b). Teor de proteína no metabolismo do nitrogênio e da energia em suínos durante o crescimento. *Ciência e Agrotecnologia*, 29(4), 866-874.
- Parrado, J., Bautista, J., Romero, E. J., García-Martínez, A. M., Friaza, V. & Tejada, M. (2008). Production of a carob enzymatic extract: Potencial use as a biofertilizer. *Bioresource Technology*, 99, 2312-2318.
- Perdomo, C. C., Oliveira, P. A. V. & Kunz, A. (2003). Sistemas de tratamento de dejetos suínos: inventário tecnológico. Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC, Brasil.
- Pereira Filho, I. A. (2015). *Cultivo do Milho*. Embrapa Sistemas de Produção. 9º ed. Brasília, DF, Brasil.
- Pinto, L. P., Cabral, A. C., Schneider, L. T., Azevedo, K. D. De., Frigo, J. P. & Frigo, E.P. (2014). Levantamento de dados sobre os dejetos suínos e suas características. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 3, 179-187.
- Rao, M. B., Tanksale, A. M., Ghatge, M. S. & Deshpande, V. V. (1998). Molecular and Biotechnological aspects of Microbial Proteases. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 62(3), 597-635.
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Donzele, J. L., Gomes, P. C., Oliveira, R. F., Lopes, D. C., Ferreira, A. S., Barreto, S. L. T. & Euclides, R. F. (2011). *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos*. 3ª ed., 252 p.
- R-Project. R Development Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0.
- Salazar, D. R., Stabile, S. S., Guimarães, P. S., Paterniani, M. E. A. G. Z., Santos, M. V. & Silva, L. F. P. (2010). Valor nutritivo do colmo de híbridos de milho colhidos em três estádios de maturidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45, 758-766.

- Sampaio, S. C. Fiori, M. G. S., Opazo, M. A. U. & Nóbrega, L. A. U. (2010). Comportamento das formas de nitrogênio em solo cultivado com milho irrigado com água residuária da suinocultura. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, 30(1), 138-149.
- Scherer, E. E., Baldissera, I. T. & Nesi, C. N. (2007). Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e a adubação com esterco de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31(1), 123-131.
- Seidel, E. P., Gonçalves Junior, A. C., Vanin, J. P., Strey, L., Schwantes, D. & Herbert, N. (2010). Aplicação de dejetos de suínos na cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto. *Acta Scientiarum Technology*, 32(20), 113-117.
- Shubeita, F. De M., Webber, T., Fernandes, R., Marcon, C. & Poehls, L. B. (2016). *Um Estudo sobre Monitoramento e Controle de Biodigestores de Pequena Escala*. Disponível em <<http://www.pucrs.br/facin-prov/wp-content/uploads/sites/19/2016/03/tr079.pdf>>.
- Silva, A. A., Lana, A. M. Q., Lana, R. M. Q. & Costa, A. M. Da. (2015). Fertilização com dejetos suínos: influência nas características bromatológicas da *Brachiaria decumbens* e alterações no solo. *Engenharia Agrícola*, 35(2), 254-265. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n2p254-265/2015>.
- Silva, H. W., Pelícia, K. Manejo de dejetos sólidos de poedeiras pelo processo de biodigestão anaeróbica. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)*, v. 2, n. 1., p. 151-155, jul., 2012.
- Suszek, M. (2005). *Efeitos da inoculação na compostagem e vermicompostagem de resíduos sólidos verdes urbanos*. 76 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, Brasil.
- United Nations – ONU. (2017). Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables*.
- USDA - United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. (2019). *Grain: World Markets and Trade*. Ithaca, NY.
- Van Haandel, A. C. & Lettinga, G. (1994). *Tratamento anaeróbio de esgotos: manual para regiões de clima quente*. Campina Grande: Epgraf, 210p.
- Yu, Y., Lee, C. & Hwang, S. (2005). Analysis of community structures in anaerobic processes using a quantitative real-time PCR method. *Water Science and Technology*, 52(1-2), 85-91.
- Zuo, J., Ling, B., Long, L., Li, T., Lahaye, L., Yang, C. & Feng, D. (2015). Effect of dietary supplementation with protease on growth performance, nutrient digestibility, intestinal morphology, digestive enzymes and gene expression of weaned piglets. *Anim. Nutr.* 1, 276-282.

4 OBJETIVOS

4.1 Geral

Avaliar o desempenho de suínos machos castrados em terminação, alimentados com dietas contendo ou não protease e, os benefícios dos dejetos produzidos quando utilizados como biofertilizantes em conjunto e/ou substituição à adubação mineral para a cultura do milho destinado à silagem.

4.2 Específicos

- Mensurar os parâmetros de desempenho (consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar) dos animais distribuídos nos tratamentos com e sem a enzima protease na ração;
- Produzir biofertilizantes a partir dos dejetos dos animais;
- Possibilitar melhor destino aos dejetos suínos através da sua utilização como biofertilizante, visando a sustentabilidade tanto da produção suinícola como a produção de milho;
- Qualificar os biofertilizantes produzidos quanto aos parâmetros químicos;
- Determinar as características agronômicas do solo pré-plantio;
- Realizar os manejos e adubações da cultura do milho;
- Coletar as características morfológicas das plantas;
- Estimar as produtividades de matéria verde total e matéria seca total do milho (ton. ha^{-1}) submetido aos diferentes tratamentos.

CAPÍTULO I – Artigo Científico

Artigo científico elaborado segundo as normas da revista científica: Pesquisa Agropecuária Brasileira.

PROTEASE NA DIETA DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO E O USO SUSTENTÁVEL DOS RESÍDUOS NO MILHO SILAGEM

RESUMO: Este estudo foi realizado objetivando avaliar o efeito da adição de 0,05% de protease no desempenho de suínos em terminação, seus efeitos na produção de biofertilizantes e as implicações do uso destes biofertilizantes quando utilizados em associação ou substituição da adubação química convencional na cultura do milho destinado para a silagem. A pesquisa foi subdividida em três fases. 1ª fase: etapa de desempenho animal. Foram selecionados 12 suínos machos castrados com 115 dias de idade. O experimento era composto por dois tratamentos (Tsem: tratamento contendo somente a ração basal; Tcom: tratamento contendo a ração basal com adição de 0,05% de protease) e seis repetições, sendo um animal/parcela experimental. Os animais foram pesados aos 115 e 150 dias de idade para cômputo dos parâmetros de desempenho: consumo diário de ração, ganho de peso diário e conversão alimentar. Considerando $p < 0,05$, não houve diferença estatística significativa para as variáveis analisadas. 2ª fase: diariamente foram feitas coletas e armazenagem dos dejetos em biodigestores que, ao final do período experimental, foram vedados por 60 dias para que houvesse fermentação anaeróbica e produção de biofertilizantes. Os dois tipos de biofertilizantes produzidos, correspondentes aos tratamentos da fase de desempenho, passaram por análises para determinação da composição química. 3ª fase: nesta etapa de produção do milho (março – julho), os biofertilizantes foram aplicados no plantio do milho e/ou na cobertura, dependendo do tratamento. Esta fase foi feita em delineamento inteiramente ao acaso composto por sete tratamentos, sendo estes uma combinação de adubação de plantio e adubação de cobertura, com cinco repetições. Ao final deste experimento, foram avaliadas características morfológicas (altura de planta, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro de espiga, comprimento de espiga e diâmetro de colmo) e produtividade de matéria verde e matéria seca do milho para silagem. Através da análise de variância com teste de Tukey a 5% de probabilidade, foi verificado que somente as variáveis altura de planta e produtividade de matéria seca total tiveram diferença estatística significativa. Foram feitos seis contrastes ortogonais nestas variáveis para avaliar o efeito dos tratamentos. Pela análise dos contrastes ortogonais, verificou-se que somente o tratamento recebendo biofertilizante com enzima no plantio e ureia na cobertura teve maior efeito na altura das plantas e produtividade de matéria seca total, quando comparado com o tratamento recebendo biofertilizante com enzima no plantio e na cobertura. Os demais contrastes ortogonais não obtiveram diferença estatística significativa pelo teste T a 5% de probabilidade. A protease (0,05% de inclusão) não altera o desempenho de suínos em terminação, isto quando alimentados com dietas nutricionalmente completas. Para uso do biofertilizante como substituto da adubação química convencional, fatores como o perfil de disponibilidade do nitrogênio presente no biofertilizante devem ser considerados.

Palavras-chave: Nutrição de suínos; alternativas sustentáveis; dejetos líquidos de suínos; adubação mineral; fertilizante orgânico.

PROTEASE IN FINISHING SWINE DIET AND THE WASTE SUSTAINABLE USE IN CORN SILAGE

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the addition effect of 0.05% protease on finishing pig performance, its effects on biofertilizers production and the implications of its use in association or substitution with conventional chemical fertilization in silage corn crop. The research was subdivided into three phases. 1st stage: animal performance. Twelve 12 - day - old castrated male pigs were selected. The experiment consisted of two treatments (Tsem: treatment containing only the basal diet; Tcom: treatment containing the basal diet with addition of 0.05% of protease) and six replicates, being one experimental animal per plot. The animals were weighed at 115 and 150 days of age for performance parameters: daily feed intake, daily weight gain and feed conversion. Considering $p < 0.05$, there was no statistically significant difference for the variables analyzed. 2nd stage: feces were daily collected and stored in biodigesters and at the end of the experimental period they were sealed for 60 days for anaerobic fermentation and biofertilizers production. The two biofertilizers types produced, corresponding to the treatments of the performance phase, were analyzed to determine the chemical composition. Phase 3: In this stage of corn production (March - July), the biofertilizers were applied to corn planting and/or cover, depending on treatment. This phase was made in a completely randomized design with seven treatments, a combination of planting fertilization and cover fertilization, with five replications. At the end of this experiment, morphological characteristics (plant height, first ear insertion height, ear diameter, ear length and stalk diameter) and yield of green matter and dry matter of silage corn were evaluated. Through the analysis of variance with Tukey test at 5% probability, it was verified that only the variables of plant height and total dry matter yield had a statistically significant difference. Six orthogonal contrasts were made on these variables to evaluate the treatments effect. By the orthogonal contrasts analysis, it was verified that only the treatment receiving biofertilizer with the enzyme in planting and urea in cover had higher effect on plants height and total dry matter yield, when compared to the treatment receiving biofertilizer with enzyme in planting and in cover. The other orthogonal contrasts did not obtain significant statistical difference by the T test at 5% of probability. Protease (0.05% inclusion) does not alter the finishing pigs performance, when fed with nutritionally complete diets. For biofertilizer use as a substitute for conventional chemical fertilization, factors such as the nitrogen availability profile present in the biofertilizer should be considered.

Key-words: Liquid swine manure; mineral fertilization; nutrition of pigs; organic fertilizer; sustainable alternatives.

INTRODUÇÃO

Conhecido o aumento populacional dos últimos anos, elevou-se a demanda por alimentos, fazendo com que todos os setores envolvidos no agronegócio mundial aumentassem as tecnologias, domínio completo dos processos e máxima produção, porém, algumas técnicas produtivas estão sendo associadas à degradação do meio ambiente (ABOUELENIEN et al., 2014).

Na suinocultura moderna, é essencial a busca pela máxima eficiência produtiva e redução dos impactos ambientais causados pela atividade. As rações comumente utilizadas, à base de milho e farelo de soja, caracterizam-se pela presença considerável de aminoácidos não balanceados, os quais são degradados para o fornecimento de energia e contribuem consideravelmente para o aumento da excreção de nitrogênio pelas fezes e urina, já que não são absorvidos (POMAR e POMAR, 2012).

O uso de enzimas proteolíticas como aditivos é uma importante ferramenta na melhoria da digestibilidade das proteínas dietéticas, valor nutricional da dieta, assim como na redução de excreção de nitrogênio para o meio ambiente, contribuindo para a sustentabilidade do setor suinícola (COCA-SINOVA et al., 2008).

Os problemas ao meio ambiente podem ser decrescidos pela reciclagem dos resíduos gerados pelas produções, sendo tratados e, criteriosamente, utilizados no setor agrícola. Como ocorre com os resíduos da suinocultura, quando tratados de forma adequada, produzem biofertilizantes com potencial uso na agricultura, devido aos teores orgânicos e nutricionais presentes (ABREU JÚNIOR et al., 2005, GALLO et al., 2015). Ainda segundo os autores, é possível melhorar as propriedades físicas e químicas do solo, tendo impacto direto sobre a produtividade e qualidade dos produtos, assim como redução no uso de fertilizantes químicos e custos da produção (WANG et al., 2014).

Apesar de composto por diversos macro e micronutrientes, o biofertilizante suíno possui o nitrogênio como nutriente encontrado em maior dimensão. Parte do nitrogênio, entre 40 e 70% está presente na forma orgânica (amônia: NH_3 e amônio: NH_4^+), prontamente disponível para as plantas e outra parte na forma inorgânica, que possui liberação gradativa no solo e disponibilidade a médio e longo prazo pelas plantas (AITA et al., 2006; SCHERER et al., 2007).

Esta pesquisa foi realizada tendo como objetivos principais avaliar os efeitos da protease no desempenho de suínos em terminação e a possível associação ou substituição

dos adubos químicos convencionais por biofertilizantes suíno na produção de milho para silagem. Com o intuito de minimizar a problemática ambiental envolvida tanto na produção de suínos quanto no uso excessivo de fertilizantes químicos na produção de milho, melhorando o potencial sustentável de ambas atividades.

MATERIAL E MÉTODOS

Desempenho animal e produção dos biofertilizantes

O experimento foi conduzido no Laboratório de Suinocultura, dependência da fazenda experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, localizado na cidade de Rio Verde/Goiás. Foram obedecidas as instruções normativas e os Princípios Éticos na Experimentação Animal (COBEA, 1991), oferecendo aos animais os requisitos necessários para o máximo bem-estar. O projeto foi protocolado e aceito pela Comissão de Ética no Uso de Animais/CEUA do Instituto Federal Goiano, sob o número 7413151117.

Foram utilizados 12 suínos machos castrados, de alto potencial genético para deposição de carne na carcaça, mestiços (Landrace x Large White) com 115 dias de idade. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso (DIC) com dois tratamentos (Tsem: tratamento contendo somente a ração basal; Tcom: tratamento contendo a ração basal com adição de 0,05% de protease) e seis repetições. Os pesos dos animais no início da experimental foram considerados como covariáveis. A baia contendo um animal foi considerada a unidade experimental. O período da pesquisa constituiu-se de 35 dias, portanto, finalizou-se aos 150 dias de idade dos animais. Para a determinação dos parâmetros de desempenho, todos os animais foram pesados individualmente no início e final do período experimental.

Os animais foram alojados em baias dotadas de comedouros manuais e bebedouros tipo chupeta, localizadas em galpão de alvenaria, com piso de concreto e coberto com telhas de fibrocimento. As condições ambientais no interior do galpão foram monitoradas diariamente (às 16h) por meio de termômetros de máxima e mínima, mantido em uma baia vazia no centro galpão, à meia altura do corpo dos animais.

As rações (Tabela 1) foram formuladas à base de milho e farelo de soja, suplementadas com vitaminas e minerais para atender as necessidades nutricionais dos animais, de acordo com a fase e, seguindo-se as recomendações contidas nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais (2011). Os suínos foram alimentados diariamente e à vontade, porém, com controle de pesagens nos fornecimentos e sobras, a fim de predizer o consumo de ração e posterior conversão alimentar.

Tabela 1. Composição das dietas experimentais para suínos em terminação (115-150 dias)

Item	Tratamentos	
	SEM	COM
<i>Ingrediente (%)</i>		
Milho (7,8%)	72,45	72,45
Farelo de soja (45%)	18,61	18,61
Óleo de soja	2,50	2,50
Casca de soja	2,62	2,62
Inerte	1,30	1,30
Fosfato bicálcico	0,8500	0,8500
Calcário	0,8000	0,8000
Sal comum	0,300	0,300
L-Lisina HCl	0,100	0,100
Suplemento vitamínico ¹	0,250	0,250
Suplemento mineral ²	0,200	0,200
L-Treonina	-	-
DL-Metionina	0,0010	0,0010
L-Triptofano	-	-
Hidroxitolueno Butilado (BHT)	0,0150	0,0150
Protease*	-	0,05
Total (kg)	100,00	100,00
<i>Composição nutricional calculada³</i>		
Energia metabolizável (Kcal/kg)	3260	3260
Proteína bruta (%)	15,16	15,16
Lisina digestível (%)	0,6795	0,6795
Met +Cist digestível (%)	0,4545	0,4545
Treonina digestível (%)	0,4702	0,4702
Triptofano digestível (%)	0,1427	0,1427
Cálcio (%)	0,5993	0,5993
Fósforo disponível (%)	0,2506	0,2506
Sódio (%)	0,1531	0,1531

¹ Contendo no mínimo por quilograma: 2.000.000 UI de vitamina A; 250mg de vitamina B1; 1.000mg de vitamina B2; 500mg de vitamina B6; 5.000mcg de vitamina B12; 12,5g de vitamina C; 300.000 UI de vitamina D3; 5.000 UI de vitamina E; 625mg de vitamina K3; 2.500mg de ácido pantotênico; 150mg de ácido fólico; 12,5mg de biotina; 500mg de butil-hidroxitolueno; 60g de colina e 6.260mg de niacina;

² 125mg de cobalto; 5.000mg de cobre; 17,5g de ferro; 200mg de iodo; 10g de manganês; 125mg de selênio; 20g de zinco e veículo q.s.p. 1.000g;

³ Composição nutricional calculada com base nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2011);

* Protease comercial produzida a partir de *Bacillus licheniformis*.

No decorrer do experimento, a temperatura média no interior galpão foi 22,2°C ± 6,4°C, sendo 32,9°C e 8,2°C as temperaturas máxima e mínima registradas, respectivamente. Quanto à umidade relativa do ar, os dados obtidos foram 95%, 58,7% e 14% para máxima, média e mínima, respectivamente.

Passados cinco dias do início do período experimental, diariamente foram coletados os dejetos dos animais. As amostras coletadas foram armazenadas em

biodigestores confeccionados em caixas de polietileno de 500L, separadas de acordo com o tratamento que os animais receberam nesta etapa do ensaio (Tsem e Tcom). Após a finalização do período experimental, as coletas foram cessadas e os biodigestores foram vedados por, no mínimo, 60 dias para que houvesse a fermentação anaeróbica dos dejetos e produção dos biofertilizantes.

As amostras dos biofertilizantes produzidos foram devidamente acondicionadas e enviadas para laboratório comercial especializado e submetidos à análise química para determinação dos teores de sólidos totais, matéria orgânica, umidade, ponto hidrogeniônico (pH), macro e micronutrientes (Tabela 2) que, posteriormente, foram utilizados para os cálculos de adubação da cultura do milho.

Tabela 2. Análise química dos biofertilizantes de suínos

Parâmetros	Biofertilizantes	
	Tsem	Tcom
pH	5,33	5,66
Matéria orgânica (g L ⁻¹)	5,6	5,8
Densidade (g L ⁻¹)	1027	1033
<i>Macronutrientes (g L⁻¹)</i>		
N	9,2	8,8
P	1,6	2,0
K	0,8	0,8
Ca	3,0	3,8
Mg	0,8	1,0
SO ₄ ²⁻	0,6	0,8
<i>Micronutrientes (mg L⁻¹)</i>		
Fe	258,0	387,8
Mn	40,0	50,4
Cu	93,0	115,4
Zn	49,2	54,0

Tsem: biofertilizante produzido a partir dos dejetos dos animais que não receberam protease na alimentação; Tcom: biofertilizante produzido a partir dos dejetos dos animais que receberam 0,05% de inclusão de protease na alimentação.

Produção de milho destinado à silagem

O experimento foi conduzido no Laboratório de Ensino, área experimental 5, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, localizado na cidade de Rio Verde/Goiás, latitude: 17°47'53"S e longitude 50°55'41"O, com altitude média de 748 metros. A região em que a pesquisa foi realizada possui clima tropical com estação seca no inverno, segundo classificação de Koppen-Geiger.

Os valores médios mensais de temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Condições climáticas durante os meses de cultivo do milho

Mês	Temperaturas (°C)			UR _{ar} (%)*	Prec _{pluv} (mm)**
	Máxima	Média	Mínima	Média	Total
Março	33,30	24,40	18,60	76	133,10
Abril	29,90	22,51	14,00	77	123,10
Mai	30,40	20,80	7,10	68	13,40
Junho	31,70	21,07	11,80	64	0,5

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, Estação Meteorológica de Rio Verde-GO

* UA_{ar} (%): Umidade relativa do ar;

** Prec_{pluv} (mm): Precipitação pluviométrica

A área utilizada possuía 629m² e foi subdividida em 36 parcelas experimentais de três metros de comprimento por três metros de largura, totalizando nove m², sendo destes, um m² central considerado como área útil para a coleta dos dados, desconsiderando-se as bordaduras que podem ter interferência dos tratamentos das parcelas vizinhas. O espaçamento preconizado entre parcelas foi de um metro.

Anteriormente à implantação do experimento, foram feitas amostragens do solo na camada de 0 a 20cm e 20 a 40cm de profundidade para análises das características físicas e químicas do solo (Tabela 4) e posteriormente os cálculos de adubação da cultura do milho. A área passou por processo de dessecação da pastagem presente, ficando apta para a semeadura.

Tabela 4. Características físicas e químicas do solo pré-plantio*

Parâmetros	Profundidade de amostragem	
	0-20cm	20-40cm
pH	5,62	5,39
Matéria orgânica (g dm ⁻³)	57,6	39,8
Saturação de bases (V%)	43,0	30
Saturação de alumínio (m%)	0,0	3,0
Soma de bases (cmol _c dm ⁻³)	3,5	1,6
Capacidade de troca catiônica (CTC em cmol _c dm ⁻³)	8,2	5,5
<i>Macronutrientes (cmol_c dm⁻³)</i>		
Cálcio (Ca)	2,2	1,0
Magnésio (Mg)	0,5	0,2
Ca+Mg	2,7	1,2
Alumínio (Al)	0,00	0,05
H+Al	4,6	3,9
Potássio (K)	0,82	0,45
<i>Macronutrientes (mg dm⁻³)</i>		
Potássio (K)	320	177
Enxofre (S)	5,8	5,4
Fósforo (P mel)	2,8	0,8
<i>Micronutrientes (mg dm⁻³)</i>		
Sódio (Na)	4,0	2,0
Ferro (Fe)	14,6	10,9
Manganês (Mn)	41,8	28,9
Cobre (Cu)	3,2	1,9
Zinco (Zn)	16,1	12,1
Boro (B)	0,5	0,1
<i>Textura (%)</i>		
Argila	46	58
Silte	5	7
Areia	49	36
<i>Relação entre bases</i>		
Ca/Mg	4,7	5,8
Ca/K	2,7	2,2
Mg/K	0,6	0,4
Ca/CTC	0,27	0,61
Mg/CTC	0,06	0,11
K/CTC	0,10	0,28

* Os extratores utilizados foram: Melich 1 para P(mel), K, Na, Cu, Fe, Mn e Zn; KCl 1N para Ca, Mg e Al; Ca(H₂PO₄)₂ em HOAc para S; BaCl₂ para B; Método colorimétrico para matéria orgânica.

O plantio foi realizado mecanicamente (três a cinco centímetros de profundidade), sob palhada de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, utilizando híbrido precoce comercial e convencional 22S18 da empresa SEMPRE® Sementes, com densidade de plantio de 70.000 sementes/ha⁻¹, conforme recomendação da empresa para a época de plantio e

objetivo final. As sementes foram tratadas com o inseticida Cropstar® (Imidacloprido e Tiodicarbe) na dosagem de 0,300L/60000 sementes.

Os sete tratamentos constituintes desta etapa experimental foram uma combinação de adubação de plantio e adubação de cobertura, conforme Tabela 5. A adubação de plantio, fonte de nitrogênio, fósforo e potássio, foi realizada no dia da semeadura, enquanto a segunda adubação (cobertura), de acordo com o tratamento aplicado, foi executada quando as plantas estavam entre os estádios fenológicos de desenvolvimento V₆ e V₈. Ambas adubações foram feitas manualmente com auxílio de regadores para distribuição nas parcelas experimentais.

Tabela 5. Tratamentos experimentais aplicados na cultura do milho

Tratamentos ¹	Adubação	
	Plantio	Cobertura
T_{AQ/U}	Adubo químico 8-20-18	Ureia (130kg N/ha)
T_{AQ/BS}	Adubo químico 8-20-18	Biofertilizante sem enzima (130kg N/ha)
T_{BS/U}	Biofertilizante sem enzima corrigido para P e K com os adubos SS* e KCl ^{**}	Ureia 130kg N/ha
T_{BS/BS}	Biofertilizante sem enzima corrigido para P e K com os adubos SS* e KCl ^{**}	Biofertilizante sem enzima (130kg N/ha)
T_{AQ/BC}	Adubo químico 8-20-18	Biofertilizante com enzima (130kg N/ha)
T_{BC/U}	Biofertilizante com enzima corrigido para P e K com os adubos SS* e KCl ^{**}	Ureia 130kg N/ha
T_{BC/BC}	Biofertilizante com enzima corrigido para P e K com os adubos SS* e KCl ^{**}	Biofertilizante com enzima (130kg N/ha)

¹ Todos os tratamentos foram isonutrientes para nitrogênio, fósforo e potássio

* SS: Super-simples

** KCl⁻ : Cloreto de Potássio

Durante o desenvolvimento da cultura, todas as parcelas receberam tratamentos igualitários para controle de formiga, lagarta do cartucho, fungos e *Dalbulus maidis* (cigarrinha do milho).

O momento da colheita do milho foi determinado de acordo com o percentual de matéria seca da planta, preconizado entre 30 e 35%. Horas antes ao corte da lavoura, foram coletados dados referentes às características morfológicas das plantas: i) altura de planta, sendo a altura da superfície do solo até a inserção da folha-bandeira; ii) altura de inserção da primeira espiga; iii) diâmetro de espiga, medido no centro da espiga antes da debulha, com auxílio de um paquímetro; iv) comprimento de espiga, como sendo a distância entre o primeiro e último grão da linha mais longa; v) diâmetro de colmo, ou seja, a circunferência do primeiro entrenó acima do colo da planta. Estas variáveis foram coletadas de todas as plantas da área útil das parcelas experimentais (Tabela 7).

Todas as plantas inteiras da área útil das parcelas experimentais foram pesadas e o valor convertido de kg/parcela^{-1} para ton/ha^{-1} para determinação da produtividade de matéria verde total (PMVt). As plantas foram picadas em partículas de 2,0cm com ensiladeira estacionária, sendo em seguida homogeneizadas e subamostradas em volume de 500g para serem acondicionadas em sacos de papel pardo, secas em estufa de circulação forçada a 55°C por aproximadamente 72 horas ou até atingirem peso constante para definição da produtividade de matéria seca total, expressa em ton/ha^{-1} (Tabela 7).

Delineamento experimental e análise estatística

Na fase experimental de desempenho animal, foi feito delineamento inteiramente ao acaso com dois tratamentos e seis repetições. Os dados coletados ao final da pesquisa foram submetidos à análise de variância, com 5% de probabilidade de significância pelo teste F.

O experimento de produção de milho para silagem foi realizado em delineamento inteiramente ao acaso com sete tratamentos e cinco repetições. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa computacional R (R-PROJECT, 2016). Quando na presença de significância ($p < 0,05$), foram feitos contrastes ortogonais, utilizando teste T.

RESULTADOS

Desempenho animal e produção de biofertilizantes

A adição de protease na ração não influenciou ($P < 0,05$) o consumo diário de ração, ganho de peso e conversão alimentar de suínos machos castrados em fase de terminação (Tabela 6).

Tabela 6. Desempenho de suínos em fase de terminação (115-150 dias¹) quando alimentados com dietas contendo ou não protease²

Parâmetros	Níveis de protease (%)				P ⁴	CV ⁵ (%)
	0	EP ³	0,05	EP ³		
Peso inicial (kg)	53,22		54,05			
Peso final (kg)	91,50	2,320	88,00	2,526	0,311	6,36
Ganho de peso diário (g/dia)	1094	0,026	1004	0,044	0,164	9,07
Consumo diário de ração (kg/dia)	3,15	0,115	3,02	0,151	0,567	10,35
Conversão alimentar	2,887	0,0782	3,008	0,0573	0,203	5,79

¹ O peso inicial dos animais (115 dias de idade) foi considerado como covariável para controle do erro experimental

² Os valores apresentados representam a média de seis repetições (um animal/repetição)

³ EP: Erro padrão da média

⁴ P: Probabilidade de significância ao nível de 5%

⁵ CV: Coeficiente de variação

Produção de milho destinado à silagem

As médias dos tratamentos para as características morfológicas e de produtividade estão descritas na tabela 7. Em análise prévia, a variável morfológica altura de planta apresentou diferença estatística entre os tratamentos ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. As características altura de inserção da primeira espiga, diâmetro de colmo, comprimento de espiga e diâmetro de espiga não tiveram diferença estatística entre os tratamentos avaliados. Quanto à produtividade de matéria seca total (PMSt), houve diferença estatística entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Na produtividade de matéria verde total (PMVt) os tratamentos não divergiram entre si estatisticamente.

Dentre os contrastes ortogonais criados, somente o contraste $C_3 = T_{BC/U} - T_{BC/BC}$ mostrou significância estatística pelo teste T ($p < 0,05$), portanto, o efeito da ureia na cobertura proporcionou melhores altura de planta e produtividade de matéria seca, quando comparado com as plantas que receberam biofertilizante com enzima na cobertura. Os demais contrastes não resultaram em significância estatística (Tabela 8).

Tabela 7. Médias das características morfológicas e de produtividade das plantas de milho de acordo com o tratamento¹

Tratamentos	Característica						
	AP (cm)	DC (mm)	AIE (cm)	CE (cm)	DE (mm)	PMVt (ton/ha ⁻¹)	PMSt (ton/ha ⁻¹)
T_{AQ/U}	222,79	26,54	117,14	27,15	57,14	78,20	28,30
T_{AQ/BS}	211,48	24,40	103,25	27,34	56,30	71,68	23,36
T_{BS/U}	216,51	25,71	112,74	27,57	57,11	72,71	25,08
T_{BS/BS}	203,20	23,50	99,31	27,75	55,92	66,42	22,85
T_{AQ/BC}	217,82	23,54	110,99	26,64	55,11	60,41	18,80
T_{BC/U}	216,79	25,74	110,34	28,75	57,88	72,89	25,94
T_{BC/BC}	205,45	22,45	101,80	27,17	56,83	60,25	21,13

¹ Médias obtidas através das plantas pertencentes à área útil da parcela experimental; T_{AQ/U}: tratamento recebendo adubação química no plantio e ureia na cobertura; T_{AQ/BS}: tratamento recebendo adubação química no plantio e biofertilizante sem enzima na cobertura; T_{BS/U}: tratamento recebendo biofertilizante sem enzima no plantio e ureia na cobertura; T_{BS/BS}: tratamento recebendo biofertilizante sem enzima tanto no plantio quanto na cobertura; T_{AQ/BC}: tratamento recebendo adubação química no plantio e biofertilizante com enzima na cobertura; T_{BC/U}: tratamento recebendo biofertilizante com enzima no plantio e ureia na cobertura; T_{BC/BC}: tratamento recebendo biofertilizante com enzima tanto no plantio quanto na cobertura; AP: Altura de planta (cm); DC: Diâmetro de colmo (mm); AIE: Altura de inserção da primeira espiga (cm); CE: Comprimento de espiga (cm); DE: Diâmetro de espiga (mm); PMVt: Produtividade de matéria verde total (ton/ha⁻¹); PMSt: Produtividade de matéria seca total (ton/ha⁻¹).

Tabela 8. Decomposição dos seis contrastes ortogonais e o p-valor dos contrastes para as variáveis estatisticamente significativas¹ altura de planta e produtividade de matéria seca total

Contrastes	p-valor
$C_1 = (T_{BS/U} + T_{BS/BS}) - (T_{BC/U} + T_{BC/BC})$	0,0518 ^{ns}
$C_2 = T_{BS/U} - T_{BS/BS}$	0,7624 ^{ns}
$C_3 = T_{BC/U} - T_{BC/BC}$	0,0315*
$C_4 = T_{AQ/U} - T_{AQ/BC}$	0,0639 ^{ns}
$C_5 = T_{AQ/U} - T_{AQ/BS}$	0,4051 ^{ns}
$C_6 = T_{AQ/BS} - T_{AQ/BC}$	0,0939 ^{ns}

¹ Considerando $P < 0,05$ pela análise de variância prévia com o teste de Tukey; ^{ns} Estatisticamente não significante pelo teste T ($p > 0,05$); * Diferença estatística significativa pelo teste T ($p < 0,05$).

DISCUSSÃO

Desempenho animal

Em um estudo avaliando dietas com dois níveis de proteína bruta (14,5 % e 20,5%) suplementadas com diferentes níveis de prótese exógena (0,0, 0,025, 0,05 e 0,075%), os autores concluíram que a protease não influenciou no desempenho de suínos em fase de crescimento que, mesmo sendo em fases diferentes do presente estudo, resultou em respostas semelhantes (ZAMORA et al., 2011).

Em desacordo com esta pesquisa, McAlpine et al. (2012) encontraram redução no ganho de peso diário (0,795kg vs. 0,840kg) e no peso final (96,4kg vs. 99,1kg) quando os animais foram alimentados com dieta contendo 0,02% de protease em comparação à dieta basal sem adição de enzima, contudo, a enzima proporcionou melhor digestibilidade do nitrogênio ileal.

Animais com peso superior a 30kg recebendo ração com 21% de farinha de colza e 30% de grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) suplementados com 0,02% de protease obtiveram menor ganho de peso diário comparado com animais que receberam dieta sem a inclusão da enzima (O'SHEA et al., 2014).

Choe et al. (2017) ao incluírem o nível de 0,02% de protease na dieta de suínos, encontraram resultados diferentes deste trabalho, relatando que a adição da enzima reduziu o consumo de ração, porém, não alterou o peso final entre os tratamentos, concluindo que houve melhora na conversão alimentar em animais de terminação, comparados aos animais que receberam dieta basal.

Corroborando com os resultados encontrados, Stephenson et al. (2014), não encontraram diferença significativa ($P>0,05$) para os parâmetros de desempenho de suínos em fase de terminação, quando alimentados com dietas formuladas para atender as exigências nutricionais dos animais contendo ou não protease (0,05%). Em um dos tratamentos (controle negativo), a dieta era deficiente em nutrientes e os autores encontraram aumento no consumo diário de ração e tendência a aumentar o ganho de peso diário, o que não é verdadeiro para dietas nutricionalmente completas.

Os resultados obtidos nesta pesquisa podem ter sido influenciados pela idade dos animais, já que em estudos com animais mais jovens (fase de creche), a protease proporcionou efeito positivo, isto porque nestes animais, o sistema digestivo ainda em

desenvolvimento é beneficiado pela enzima, que contribui para menor perda de absorção ocasionada pelos problemas digestivos de comum ocorrência nesta fase. O mesmo não acontece em animais mais velhos, em que o trato gastrointestinal está completamente desenvolvido e a enzima não trouxe benefícios (ZUO et al. 2015).

Novos estudos podem ser necessários quanto ao uso de protease e reciclagem de nitrogênio.

Produção de milho silagem

Supõe-se que o uso da protease na alimentação dos animais modifique o perfil de disponibilidade do nitrogênio, mesmo que o teor de nitrogênio total dos biofertilizantes não tenham sido distintos, corroborando com Scherer et al. (2007), que afirma a variabilidade de nitrogênio na forma amoniacal (40-70%) presente nos biofertilizantes. Provavelmente, a diferença significativa para altura de planta e produtividade de matéria seca em T_{BC/BC} e T_{BC/U} (contraste 3), é pela maior proporção de nitrogênio amoniacal no biofertilizante aplicado no plantio, que fez com que houvesse liberação de nitrogênio lentamente, mas suficiente para suprir as necessidades da planta no estágio inicial. Neste contraste, a aplicação de ureia na cobertura proporcionou melhor efeito que a aplicação de biofertilizante com enzima, isto pode ser resultado da rápida liberação de nitrogênio pela ureia na fase de maior necessidade da cultura, o que não aconteceu com a aplicação do biofertilizante, que provavelmente teve liberação vagarosa e não supriu as necessidades de nitrogênio pelo milho na fase de crescimento.

Moreira et al. (2015) trabalhando com milho para silagem e diferentes doses de biofertilizante suíno, sendo uma delas correspondente a 128 kg de N/ha⁻¹, não encontraram diferença estatística para altura de planta, resultado que difere do encontrado no presente estudo.

Castoldi et al. (2011), trabalhando com adubação mineral e organomineral (biofertilizante suíno e fontes minerais de fósforo e potássio) no milho para silagem de planta inteira, não encontraram diferença estatística para a variável altura de planta, diferente do observado neste estudo. No mesmo estudo e corroborando com os resultados obtidos nesta pesquisa, não houve diferença estatística para o diâmetro de colmo. As médias obtidas em ambas variáveis se mostraram inferiores às encontradas neste estudo, podendo ser resultado do cultivar utilizado, ano e época de cultivo.

Fazendo uso de biofertilizante produzido por mistura de resíduos suíno e bovino (3:1) com codigestão anaeróbica, Rocha, Costa e Lima (2016) encontraram altura de plantas e diâmetro de colmos similares na adubação química, o que difere e corrobora, respectivamente, com os resultados encontrados nesta pesquisa.

Em discordância com este estudo, doses superiores a $50\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ proporcionaram aumento quadrático no comprimento de espiga, sendo que a maior dose analisada ($100\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) gerou comprimento de espiga superior à adubação mineral. Possivelmente estes resultados tenham sido alcançados pela maior concentração de N aplicada na dose de $100\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (MORAES et al., 2014).

Levando em consideração que o diâmetro de espigas é uma das variáveis que atuam diretamente no maior peso de grãos e conteúdo energético da silagem (LOPES et al., 2007), o biofertilizante suíno pode ser utilizado em substituição à adubação química, sem que haja redução do potencial produtivo da planta. Os resultados encontrados por Moraes et al. (2014) para esta variável corroboram com os obtidos neste estudo.

Pressupõe-se que os tratamentos contendo biofertilizante sem enzima não tenham tido diferença significativa devido a menor proporção de nitrogênio prontamente disponível, ocorrendo liberação lenta e sendo insuficiente para suprir as necessidades de nitrogênio pela planta no estágio vegetativo em que se encontrava.

Em um estudo conduzido comparando doses de biofertilizante suíno e adubação mineral, os autores concluíram que a dose de 150kg/ha^{-1} de P_2O_5 , ou seja, fornecendo $192 \text{kg de N/ha}^{-1}$ propiciaram resultados iguais à adubação mineral no que diz respeito às produtividades de matéria verde e matéria seca, sendo fonte substitutiva de macro e micronutrientes para o milho silagem (MOREIRA et al., 2015). Este resultado difere do encontrado neste estudo, em que, os tratamentos compostos somente com adubação de biofertilizantes, obtiveram médias inferiores aos demais.

CONCLUSÕES

A protease exógena, quando adicionada à dieta de suínos em fase de terminação, não altera o desempenho dos animais, sabido que estes possuem trato gastrointestinal completamente desenvolvido.

Para utilização do biofertilizante suíno em associação ou substituição à adubação química convencional, é necessário estudo minucioso das características do biofertilizante, pois o perfil de disponibilidade do nitrogênio é variável, podendo acarretar em distintas capacidades de absorção pela planta à curto e longo prazo, tendo efeito direto nas características morfológicas e agronômicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abouelenien, F., Namba, Y., Kosseva, M. R., Nishio, N. & Nakashimada, Y. (2014). Enhancement of methane production from co-digestion of chicken manure with agricultural wastes. *Bioresource Technology*, 159, 80-87.
- Abreu Júnior, C. H., Boaretto, A., Muraoka, T. & Kiehl, J. C. (2005). Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. *Tópicos Especiais em Ciência do Solo*, 4, 391-470.
- Aita, C., Port, O. & Giacomini, S. J. (2006). Dinâmica do nitrogênio no solo e produção de fitomassa por plantas de cobertura no outono/inverno com o uso de dejetos de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 30(5), 901-910.
- Castoldi, G., Costa, M. S. S. M., Costa, L. A. M., Pivetta, L. A. & Steiner, F. (2011). Sistemas de cultivo e uso de diferentes adubos na produção de silagem e grãos de milho. *Acta Scientiarum, Agronomy*, 33(1), 139-146. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i1.766>.
- Choe, J., Kim, K. S., Kim, H. B., Park, S., Kim, J., Kim, S., Kim, B., Cho, S. H., Cho, J. Y., Park, I. H., Cho, J. H. & Song, M. (2017). Effects of protease on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *South African Journal of Animal Science*, 47(5). <https://doi.org/10.4314/sajas.v47i5.13>.
- Coca-Sinova, A., Valencia, D. G., Jimenez-Moreno, E., Lázaro, R. & Mateos, G. G. (2008). Apparent ileal digestibility of energy, nitrogen, and amino acids of soybean meals of different origin in broilers. *Poultry Science*, 87(12), 2613-2623. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00182>.
- Colégio Brasileiro de Experimentação Animal – COBEA. 1991. Princípios éticos na experimentação animal.
- Gallo, A. S., Guimarães, N. F., Souza, M. D. B. De., Agostinho, P. R., Gomes, S. Da Silva & Silva, R. F. Da. (2015). Produtividade da cultura do feijoeiro em sucessão a adubos verdes com adição de dejetos líquidos de suínos. *Revista de La facultad de Agronomía*, 114(1), 45-51.
- Inmet – Instituto Nacional de Meteorologia. (2018). Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>.
- Kim, S., Kim, B., Kim, Y., Jung, S., Kim, Y., Park, J., Song, M. & Oh, S. (2016). Value of palm kernel co-products in swine diets. *Korean J. Agric. Sci.* 43, 761-768.
- Lopes, S. J., Lúcio, A. D., Storck, L., Damo, H. P., Brum, B. & Dos Santos, V. J. (2007). Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. *Ciência Rural*, 37(6), 1536-1542.

- McAlpine, P., O'Shea, C. J., Varley, P. F., Flynn, B. & O'Doherty, J. V. (2012). The effect of seaweed extract as an alternative to zinc oxide diets on growth performance, nutrient digestibility, and fecal score of weaned piglets. *Journal of Animal Science*, 90(4), 224-226. <https://doi.org/10.2527/jas.53956>.
- Moraes, M. T., Arnuti, F. Silva, V. R., Silva, R. F., Basso, C. J., Da Ros, C. O. (2014). Dejetos líquidos de suínos como alternativa a adubação mineral na cultura do milho. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(6), 2945-2954. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n6p2945>.
- Moreira, E. D. S., Fernandes, L. A., Colen, F. & Cruz, L. R. (2015). Características agronômicas e produtividade de milho e milheto para silagem adubados com biofertilizante suíno sob irrigação. *Boletim de Indústria Animal*, 72(3), 185-192. <http://dx.doi.org/10.17523/bia.v72n3p185>.
- O'Shea, C. J., Mc Alpine, P. O., Solan, P., Curran, T., Varley, P. F., Walsh, A. M. & Doherty, J. V. O. (2014). The effect of protease and xylanase enzymes on growth performance, nutrient digestibility, and manure odour in grower-finisher pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 189, 88-97. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.11.012>.
- Pomar, C. & Pomar, J. (2012). Sustainable precision livestock farming: a vision for the Canadian swine industry. *Advances in Pig Production*, 23(23), 207-213.
- Rocha, R. D. C. Da., Costa, A. M. T. Da. & Lima, V. A. De. (2016). Avaliação do potencial do biofertilizante gerado no processo de codigestão anaeróbia de resíduos de suíno e bovino em cultivo de milho. *Revista de Ciências Ambientais*, 10(1), 135-145. <http://dx.doi.org/10.18316/1981-8858.16.27>.
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Donzele, J. L., Gomes, P. C., Oliveira, R. F., Lopes, D. C., Ferreira, A. S., Barreto, S. L. T. & Euclides, R. F. (2011). *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos*. 3ª ed., 252 p.
- R-Project. R Development Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0.
- Scherer, E. E., Baldissera, I. T. & Nesi, C. N. (2007). Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e a adubação com esterco de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31(1), 123-131.
- Stephenson, E. W., DeRouchey, J. M., Escobar, J., Woodworth, J. C., Tokach, M. D., Goodband, R. D. & Dritz, S. S. (2014). Effects of a novel protease enzyme (CIBENZA DP100) on finishing pig growth performance and carcass characteristics. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, 0(10). <https://doi.org/10.4148/2378-5977.6912>.
- Wang, K., Li, X., He, C., Chen, C., Bai, J. Ren, N. & Wang, J. (2014). Transformation of dissolved organic matters in swine, cow and chicken manures during composting. *Bioresource Technology*, 168, 222-228. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.03.129>.
- Zamora, V., Figueroa, J. L., Reyna, L., Cordero, J. L., Sánchez-Torres, M. T. & Martínez, M. (2011). Growth performance, carcass characteristics and plasma

urea nitrogen concentration of nursery pigs fed low-protein diets supplemented with glucomannans or protease. *Journal of Applied Animal Research*. 39, 53-56. <https://doi.org/10.1080/09712119.2011.565217>.

Zuo, J., Ling, B., Long, L., Li, T., Lahaye, L., Yang, C. & Feng, D. (2015). Effect of dietary supplementation with protease on growth performance, nutrient digestibility, intestinal morphology, digestive enzymes and gene expression of weaned piglets. *Animal Nutrition*, 1(4), 276-282. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015.10.003>.