

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PRODUÇÃO DE BIOGÁS DOS
DEJETOS DE SUÍNOS SOB RESTRIÇÃO ALIMENTAR E
SUPLEMENTAÇÃO COM RACTOPAMINA E CROMO

Acadêmica: Elaine Mariza Rosa

Aquidauana – MS
Março de 2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PRODUÇÃO DE BIOGÁS DOS
DEJETOS DE SUÍNOS SOB RESTRIÇÃO ALIMENTAR E
SUPLEMENTAÇÃO COM RACTOPAMINA E CROMO

Acadêmica: Elaine Mariza Rosa

Orientadora: Tânia Mara Baptista dos Santos

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia”.

Aquidauana – MS
Março de 2017

R694c Rosa, Elaine Mariza

Composição química e produção de biogás dos dejetos de suínos sob restrição alimentar e suplementação com ractopamina e cromo/Elaine Mariza Rosa. Aquidauana, MS : UEMS, 2017.

42 p. ; 30cm.

Dissertação – (Zootecnia)– Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2017.

Orientadora: Profª .Drª: Tânia Mara Baptista dos Santos.

1. Restrição alimentar 2.Cromo 3. Ractopamina 4. Digestão anaeróbia 5.Produção de biogás I. Título.

CDD 23.ed. 641.1

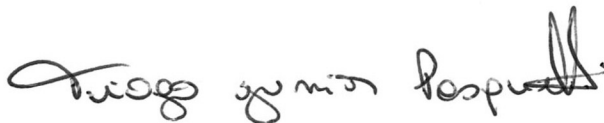
ELAINE MARIZA ROSA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 23/03/2017.



Dra. Tânia Mara Baptista dos Santos - Orientadora.



Dr. Tiago Junior Pasquetti



Dr. Charles Kiefer

Aos melhores pais que Deus poderia ter me dado.
Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter me dado sabedoria, paciência, perseverança ao longo dessa caminhada, pela luz de todos os dias que me orienta a sempre seguir em frente e não desanimar diante dos obstáculos.

Ao meu pai (Milton), que sempre acreditou no meu potencial e me incentivava em todas as decisões da minha vida.

A minha mãe (Dorvalina) (*in memoriam*) que, mesmo não estando mais presente em corpo, tenho certeza que de onde estiver está olhando e torcendo por mim.

Aos meus avós Iluina e Alcides pelo apoio e palavras de carinho nos momentos de dificuldade.

À minha família meu porto seguro, meu ponto de partida e meu estímulo para buscar uma vida melhor. Amo muito vocês!

À Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS).

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia pela oportunidade proporcionada.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida.

Aos professores que ministraram disciplinas durante o curso de Mestrado e pelos quais aprendi muito de conceitos, muitas lições de vida que levarei sempre comigo.

Em especial a Prof. Dr^a Elis Regina de Moraes Garcia, pelas dicas e conselhos nos corredores da UEMS. Muito obrigada Prof. Elis pelo carinho, atenção e preocupação.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Tânia Mara Baptista dos Santos, pela orientação e apoio nos momentos de dúvidas e preocupações. Também por acreditar no meu trabalho e pela confiança depositada, por iluminar minhas decisões e compartilhar meus momentos.

Ao Prof. Dr. Charles Kiefer pelos ensinamentos e com a disponibilidade do material para a realização do experimento.

Aos amigos queridos que ganhei em Aquidauana: Daiana, Willian, Kelly, a professora NanciCappi, pelos ensinamentos diários, ao químico e técnico de

laboratório Gustavo Ruivo Salmazzo pelos ensinamentos e empréstimos de material e reagentes para a realização das análises, a Dr.^a Cristiane de Almeida Neves Xavier pelo apoio e ensinamentos durante todo o experimento. Sem vocês tudo seria mais difícil.

À Laura Ávila e Daiana Arruda minhas amigas de todas as horas. Levarei vocês em meu coração. Vocês contribuíram para o meu crescimento. Obrigada por tudo e saibam que cada uma de vocês, de um modo único e especial, estará presente nas minhas melhores recordações.

A todos que de alguma maneira contribuíram para a realização desta etapa na minha vida.

Muito obrigada!!!!

SUMÁRIO

	“Página”
CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	01
1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVOS	02
2.1 Objetivo Geral	02
2.2 Objetivos Específicos	03
3. REVISÃO DE LITERATURA	03
3.1 Dejetos de suínos	03
3.2 Nutrição e alimentação de suínos e produção de dejetos	04
3.2.1 Ractopamina	04
3.2.2 Cromo	05
3.2.3 Restrição alimentar	06
3.3 Digestão anaeróbia de dejetos de suínos	07
3.3.1 Fatores que afetam a digestão anaeróbia	07
4. REFERÊNCIAS	12
CAPÍTULO 2 –DIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE SUÍNOS SOB RESTRIÇÃO ALIMENTAR OU SUPLEMENTADOS COM RACTOPAMINA OU CROMO	20
Resumo	20
Abstract	20
Introdução	21
Material e Métodos	21
Resultados e Discussão	24
Conclusão	28
Referências	28
CAPITULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	30

LISTA DE TABELAS

“Pagina”

Tabela I. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais	22
Tabela II. Abastecimentos de partida e diário dos digestores operados com dejetos de suínos em terminação alimentados com diferentes dietas	23
Tabela III. Produção de dejetos, com base na matéria natural e matéria seca, e coeficiente de resíduo de suínos em terminação alimentados com diferentes dietas	25
Tabela VI. Concentrações médias de nitrogênio amoniacal e alcalinidade (parcial, intermediária e total) de afluente e efluente de dejetos de suínos em terminação alimentados com diferentes dietas	25
Tabela V- Características químicas, em percentagem, dos afluentes de digestores operados com dejetos de suínos em terminação alimentados com diferentes dietas	26
TabelaVI- Características químicas, em percentagem, do efluente de digestores operados com dejetos de suínos em terminação alimentados com diferentes dietas	27
Tabela VII. Produção acumulada semanal e potencial de produção de biogás de digestores operados com dejetos de suínos em terminação alimentados com diferentes dietas	28

Resumo

Objetivou-se quantificar a produção de dejetos e biogás de suínos em terminação alimentados com cinco dietas: controle; restrição qualitativa; restrição quantitativa; cromo e ractopamina. Foram utilizados dez digestores semicontínuos de bancada, com capacidade para 7,5 L de substrato. Foram realizadas análises das produções de dejetos para determinação de matéria natural (MN), matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e matéria orgânica (MO). Foram realizadas análises do afluente e efluente, para determinação dos teores de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV), mensuração dos valores de pH, nitrogênio amoniacal (N amoniacal), alcalinidade parcial (AP), alcalinidade intermediária (AI) e alcalinidade total (AT), concentração de nitrogênio total (N) e concentração de fósforo total (P total). Os dados de produção de dejetos e monitoramento do processo de digestão anaeróbia foram submetidos à análise de variância por meio do delineamento em blocos ao acaso, em que as semanas de análises foram consideradas como blocos (cofator). Os dados foram analisados estatisticamente pelo teste de ScootKnott, utilizando-se 5% de probabilidade. Não foram observadas diferenças entre as dietas nas produções de dejetos na matéria natural (MN), matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e matéria orgânica (MO). Suínos em terminação, dos 100 aos 120 kg de peso corporal, alimentados com as dietas estudadas, produziram 671 g de dejetos por dia, dos quais 218 g são MO e 147 g de matéria mineral (MM). Animais que receberam a dieta controle apresentaram o maior coeficiente de resíduo (CR) (1,12) e não houve diferença entre as demais dietas. Não foram observadas diferenças entre as dietas para ST, pH e N Total dos afluentes e efluentes. O maior rendimento de biogás (574 mL g⁻¹ de SV adicionados) foi obtido com os digestores abastecidos com dejetos de animais que receberam dieta qualitativamente restrita, seguido do tratamento controle (305 mL g⁻¹ de SV adicionados), da restrição quantitativa (160 mL g⁻¹ de SV adicionados), cromo (104 mL g⁻¹ de SV adicionados) e ractopamina (127 mL g⁻¹ de SV adicionados). Conclui-se que a dieta com restrição qualitativa resulta em maior produção de dejetos, porém com menores excreções de nitrogênio e fósforo e maior rendimento de biogás.

Palavras-chave: digestão anaeróbia, digestores, produção de biogás.

Abstract

The aim was to quantify the manure production and thus their biogas yields by finishing pigs fed with five diets: control; qualitative restriction; quantitative restriction; with chromium and with ractopamine. Ten semi-continuous bench digesters with capacity of 7.5 L of substrate were used. Analyses were performed in order to determine natural matter (MN), dry matter (DM), mineral matter (MM) and organic matter (OM). Analyses were performed in order to determine the values of pH, and total solids (TS), volatile solids (VS), total ammonia nitrogen (TAN), partial alkalinity (PA), intermediate alkalinity (AI), total alkalinity (AT), total Kjeldahl nitrogen (TKN) and total phosphorus (Total P) concentration. Data from manure production and parameters of the anaerobic digestion process were submitted to analysis of variance through a randomized complete block design, in which the weeks (from weekly analyses) were considered ascofactor. The data were evaluated through the Scoot-Knott test, at 5% of probability. There was no difference among manure productions based on fresh matter (FM), dry matter (DM), mineral matter (MM) and organic matter (OM). Finishing pigs, from 100 to 120 kg of body weight, fed the different diets produced 671 g of manure per day (FM), in which 218 g represented OM and 147 g of mineral matter (MM). Swine fed with diet control presented the highest waste coefficient (1.12) and there was no difference for other diets. The diets did not affect the pH values, TS and TKN contents of the influents and effluents of the digesters. The highest biogas yield (574 mL g⁻¹ VS added) was obtained with manure from pigs fed with a qualitative restriction diet, followed by control treatment (305 mL g⁻¹ VS added), quantitative restriction (160 mL g⁻¹ VS added), with chromium (104 mL g⁻¹ VS added) and with ractopamine (127 mL g⁻¹ VS added) diets. Qualitative restriction has higher manure production, however with lower excretions of nitrogen and phosphorus and higher biogas yield.

Key words: anaerobic digestion, biogas production, digesters.

CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem havido maior preocupação com o uso de metais na alimentação dos animais, especialmente o cromo, uma vez que seus resíduos podem contaminar o solo. Esses elementos são utilizados na nutrição animal como uma suplementação alimentar ofertada nas rações. Os minerais passam pelo trato digestório dos suínos, são absorvidos e o excedente é eliminado nas fezes. Excreções elevadas exigem atenção especial por conta dos problemas ambientais provocados aos ecossistemas, a biodiversidade e a produtividade, colocando em risco a saúde humana e dos animais.

É importante ressaltar que os dejetos produzidos pelos animais são conseqüências da quantidade de nutrientes fornecidos na dieta (ZANGERÔNIMO et al., 2006), e também aditivos nutricionais e enzimas que quando adicionados às dietas para suínos têm se mostrado eficazes na redução da excreção de nitrogênio, fósforo, cálcio e outros nutrientes (VEUM et al., 2006), contribuindo para a redução de custos da dieta e do impacto ambiental (MIRANDA et al., 2012).

A utilização de estratégias nutricionais pode contribuir para reduzir a excreção de nutrientes poluidores nos dejetos de suínos. Para diminuir a excreção de nitrogênio nos dejetos, tem sido proposta a adoção do conceito de proteína ideal, em que a proporção de proteína bruta da dieta é reduzida e adicionam-se aminoácidos industriais.

Dessa forma, os nutricionistas podem colaborar para a solução da questão da poluição ambiental pelos dejetos de suínos ao utilizar o conhecimento de estratégias alimentares. Essas características podem ser materializadas em dietas formuladas para menor excreção de nutrientes e utilizadas em sistemas de produção que operam com o conceito de produção mínima de dejetos.

Na nutrição animal existem nutrientes essenciais para os animais, dentre eles, o cromo que está relacionado ao estímulo da captação de glicose pelas células-alvo e a amplificação da sinalização celular da insulina (RODRIGUES et al., 2016).

Nos suínos a absorção de cromo na forma inorgânica é muito baixa, variando de 0,4 a 3%, porém, as formas orgânicas deste mineral são mais eficientemente utilizadas pelos monogástricos. Nesse caso, a absorção ocorre quando o mineral se liga a borda em escova sendo absorvido pela célula epitelial ou o agente orgânico é absorvido levando junto a si o metal. Dessa forma, a biodisponibilidade dos minerais orgânicos é maior, pois

como usam as vias de absorção das moléculas orgânicas que os ligam, evitam a interação com outros minerais (KIEFER, 2005).

O cromo ainda não possui um padrão definido de exigência nutricional para os suínos. No entanto, para a utilização deste micromineral existe a necessidade de maiores esclarecimentos sobre a sua inclusão na alimentação destes animais.

Na suinocultura, o uso da restrição alimentar tem sido adotada com o objetivo de melhorar a eficiência alimentar dos animais, visando o melhor aproveitamento dos nutrientes e a redução do desperdício de alimentos. Além disso, verifica-se a melhoria na qualidade de carcaça dos suínos, afirmada através do aumento da porcentagem de carne e a redução de gordura na carcaça (BARBOSA et al., 2003).

Um aditivo comumente utilizado é a ractopamina, que é um repartidor de energia que proporciona menor consumo de alimento para produção de um quilograma de carcaça. É adicionada nas rações de suínos em fase de terminação, período em que os animais já atingiram a maturidade e a sua capacidade de síntese proteica começa a ser menor. Esse aditivo aumenta o ganho de peso diário, fazendo com que o animal atinja o peso desejado de abate mais cedo e faz com que a carcaça do suíno tenha menor percentual de gordura, resultados que favorecem o retorno financeiro da criação (ALMEIDA et al., 2012).

Além de se utilizar a nutrição como ferramenta para diminuir a produção e excreção de minerais dos dejetos, existe a necessidade do tratamento desse material, sendo o uso de digestores uma das alternativas, por apresentar vantagens, como a destruição de organismos patogênicos e parasitas, a redução do potencial de poluição dos dejetos e a produção e utilização do metano e seu aproveitamento como fonte de energia, através do uso do biogás.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Quantificar a produção de dejetos e biogás de suínos em terminação alimentados com dietas qualiquantitativamente restritas, dieta contendo cromo e dieta contendo ractopamina.

2.2. Objetivos Específicos

Avaliar o efeito das dietas sobre a produção dos dejetos; a estabilidade no processo de digestão anaeróbia; a produção de biogás dos dejetos de suínos e a qualidade do efluente.

3. Revisão de Literatura

3.1. Dejetos de suínos

Os dejetos de suínos são constituídos por fezes, urina, resíduos de rações em comedouros, água excedente dos bebedouros, água utilizada na higienização das baias, além de pêlos e poeira das instalações (DIESEL et al., 2002).

A produção média de dejetos varia de acordo com as diferentes fases de produção, em que um animal em fase de terminação produz em média 2,30 kg de dejetos por dia, entretanto essa quantidade pode variar de acordo com o peso dos animais, o sexo, raça, a dieta, a digestibilidade e conteúdo de fibra e proteína (ALVES, 2007).

Os dejetos de suínos apresentam características físico-químicas e microbiológicas bastante variáveis, contudo, sempre com elevadas concentrações orgânicas. Possuem odor desagradável e sua consistência varia do líquido ao pastoso, sendo compostos por sólidos em suspensão, sedimentáveis e dissolvidos (VALENTE et al., 2013).

As características dos dejetos podem ser expressas em propriedades físicas, químicas e biológicas e, também, ser obtidas por meio de medidas qualitativas e quantitativas. As variáveis mais utilizadas para caracterizar os dejetos orgânicos são: quantidade produzida (kg dia^{-1}), teor de umidade (%), demanda bioquímica de oxigênio (mg L^{-1}), sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV) e suspensos (mg L^{-1}), nitrogênio total (N total) e amônia (mg L^{-1}), fósforo total (P total) (mg L^{-1}), potássio (K) (mg L^{-1}), relação carbono: nitrogênio (C:N) e pH (SOUZA et al., 2009).

O desenvolvimento da nutrição animal utilizando conceitos modernos na formulação de alimentos e aplicando conhecimentos relacionados ao metabolismo e avaliação nutricional de ingredientes, permite o fornecimento de dietas adequadas para cada categoria animal, o que melhora a eficiência de utilização de nutrientes dos alimentos, resultando em melhor desempenho animal e menor excreção de nutrientes para o ambiente.

3.2. Nutrição e alimentação de suínos e produção de dejetos

3.2.1. Ractopamina

A ractopamina é um composto sintético que apresenta estrutura e propriedades químicas e farmacológicas similares às das catecolaminas naturais (ANDRETTA et al., 2012). A ractopamina sofre redução na ionização de seus compostos, que aumentam a absorção passiva através da mucosa intestinal. Após absorvida, a ractopamina é metabolizada pelo fígado originando três metabólitos identificados como monoglicuronídeos de ractopamina que após sua utilização e/ou interrupção do fornecimento é eliminada predominantemente pela urina (ALMEIDA et al., 2012).

Este composto sintético, a ractopamina, geralmente é adicionada nas rações de suínos em fase de terminação, período em que os animais já atingiram a maturidade e a sua capacidade de síntese proteica começa a reduzir. Acredita-se que, ao alcançar o tecido adiposo de suínos, a ractopamina possa ativar receptores β -adrenérgicos específicos passando a controlar a adiposidade nos animais através de vias metabólicas relacionadas à deposição e liberação de gordura no tecido (ALMEIDA et al., 2012).

MORAES et al. (2010), SANCHES et al. (2010) e OLIVEIRA et al. (2013) observaram que a inclusão de ractopamina na dieta não influenciou o consumo diário de ração, o ganho de peso diário e o peso final dos animais. Após trinta dias de consumo do aditivo, os benefícios da ractopamina parecem diminuir, o que foi observado também em um estudo de meta análise realizado por ANDRETTA et al. (2011).

CARR et al. (2005), ao avaliarem a inclusão de 10 ppm de ractopamina, observaram que os suínos suplementados durante 14 e 28 dias apresentaram melhora na eficiência alimentar em relação ao grupo controle. Para FERNÁNDEZ-DUEÑAS et al. (2008), a resposta máxima da ractopamina ocorre entre 21 e 28 dias de consumo.

Por alterar o metabolismo dos animais, melhorando sua conversão alimentar, a ractopamina promove alterações na composição dos dejetos, uma vez que os polímeros dos alimentos foram mais bem aproveitados (SANTOS et al., 2016). A suplementação dos animais com ractopamina leva à produção de dejetos com menor concentração de nutrientes, como P (SILLENCE, 2004) e N (SANTOS et al., 2016). Assim, a suplementação da ractopamina na dieta dos suínos pode gerar benefícios ambientais, já que menores quantidades desses nutrientes serão depositadas no ambiente.

3.2.2. Cromo orgânico

O uso do cromo na suplementação de dietas para suínos ajuda na melhora da qualidade da carne, reduzindo a oxidação lipídica, além de reduzir a quantidade de gordura depositada nas carcaças suínas.

No entanto, existem, ainda, poucas informações sobre o uso do cromo na alimentação suína. Além disso, pouco se sabe sobre os efeitos da suplementação em dietas para suínos (ALMEIDA et al., 2010).

As formas orgânicas do cromo apresentam maior biodisponibilidade e absorção (25 a 30%) que as fontes inorgânicas (LYONS, 1997). CHANG & MOWAT (1992), relatam que o cromo na forma orgânica é melhor utilizado pelos suínos, podendo apresentar absorção intestinal na faixa de 15 a 30%.

O mecanismo de absorção do cromo não é bem conhecido, mas pesquisadores sugerem que em ratos, o cromo é absorvido principalmente na parte média do intestino delgado, seguido pelo íleo e duodeno. Após a absorção, provavelmente é transportado no sangue por proteínas carreadoras de ferro, as transferrinas, e pode ser estocado em vários tecidos como do fígado, rins, baço e epidídimo (SILVA, 2007).

Os mecanismos fisiológicos de ação do cromo ainda não foram totalmente esclarecidos (OLIVEIRA et al., 2007). As principais evidências estão relacionadas com sua função na potencialização da insulina (MERTZ, 1993). Sabe-se que o cromo não atua de forma isolada ou mesmo na forma de co-fator enzimático, como a maioria dos minerais (LLOBERA, 2006).

Ao cromo atribuem-se funções que abrangem, principalmente, o metabolismo de carboidratos, proteínas, lipídeos e dos ácidos nucleicos (ANDERSON, 1986). Sua participação no metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídeos relaciona-se ao estímulo da adaptação da glicose pelas células de tecidos-alvos (GOMES et al., 2005). Dentre os quais merecem destaque as fibras musculares e os adipócitos. Além disso, o cromo protege o RNA da desnaturação, sugerindo que este micromineral pode estar envolvido na manutenção da estrutura terciária dos ácidos nucléicos (ANDERSON, 1986).

A adição de cromo na dieta de suínos em crescimento pode resultar no aumento do nitrogênio retido, quando expresso em percentagem do nitrogênio ingerido, resultando em menor excreção tanto de nitrogênio fecal como urinário (OLIVEIRA et al., 2007). A menor quantidade de nitrogênio excretada nas fezes está associada ao aumento de nitrogênio

absorvido, enquanto a menor concentração de nitrogênio eliminada na urina ocorreu devido à utilização mais eficiente do nitrogênio absorvido (OLIVEIRA et al., 2007).

O cromo é excretado através da urina e sua excreção é aumentada em decorrência do estresse. Animais quando submetidos a manejos como transporte, vacinação e mudança alimentar ficam susceptíveis ao estresse, tornando-se mais vulneráveis a doenças e podem apresentar deficiência de cromo (MOWAT et al., 1993).

3.2.3. Restrição alimentar

Com a finalidade de aumentar a deposição proteica existem técnicas de manejo e aditivos nutricionais utilizados com a finalidade de reduzir a quantidade de gordura na carcaça dos suínos.

A restrição alimentar é uma técnica que tem o intuito de melhorar a eficiência alimentar dos animais, a partir do melhor aproveitamento dos nutrientes e da redução do desperdício de alimento, através do fornecimento de ração controlado. Com esta prática, tem-se verificado também melhoria na qualidade de carcaça dos suínos, comprovada pelo aumento da porcentagem de carne e pela redução de gordura na carcaça (CAMPBELL & KING, 1982; BELLAVER, 1992).

A restrição alimentar quantitativa é a redução da quantidade de ração fornecida aos animais e pode ser utilizada para redução do consumo de energia proporcionando melhora na qualidade da carcaça suína. Outra forma de reduzir o consumo energético pelos animais é a inclusão de ingredientes de menor valor calórico às rações, denominada restrição alimentar qualitativa. Entretanto fatores como genética, sexo e peso dos animais, influenciam na eficiência da restrição alimentar (BARBOSA, 2003).

MARCATO & LIMA (2005), com o objetivo de avaliar o efeito da restrição alimentar sobre a excreção de minerais nas fezes de suínos, concluíram que a prática em suínos em crescimento acarreta redução da quantidade de matéria seca excretada, bem como da fração matéria mineral. Assim, o uso da referida técnica na fase de crescimento constitui-se prática eficiente na redução da quantidade de fezes e de minerais excretados, reduzindo o potencial poluente dos dejetos suínos.

3.3. Digestão anaeróbia de dejetos de suínos

A digestão anaeróbia é descrita como um processo bioquímico pelo qual há consórcio entre diferentes microrganismos em meio anaeróbio degradando a estrutura original da biomassa em seus respectivos componentes essenciais (SAWATDEENARUNAT et al., 2015). Esse processo compreende diferentes estágios de atividade entre microrganismos até a formação do gás metano (CH_4).

O processo de digestão anaeróbia é cada vez mais utilizado no tratamento de resíduos orgânicos. Dentre esses estão os dejetos de suínos, por possuírem potencial de geração de energia renovável por meio do gás metano, além de serem empregados como fertilizantes para o solo.

A digestão anaeróbia representa importante papel, pois além de permitir a redução significativa do potencial poluidor, trata-se de um processo no qual não há geração de calor e a volatilização dos gases, considerando-se pH próximo da neutralidade, é mínima, além de se considerar a recuperação da energia na forma de biogás e a reciclagem do efluente (LUCAS JÚNIOR, 1998).

O processo de digestão anaeróbia é uma atividade promissora no campo da biotecnologia, promovendo a degradação dos resíduos orgânicos que são gerados em grandes quantidades nas atividades rurais. À medida que os sistemas de produção animal se intensificam e se modernizam, também se intensificam as necessidades energéticas e de tratamento dos resíduos.

Alternativas são buscadas na tentativa de tratar os dejetos e aproveitar o potencial fertilizante ou a geração de energia. O uso de biodigestores é uma forma utilizada para que os dejetos se tornem uma fonte de energia, já que a partir da digestão anaeróbia da matéria orgânica é obtido o biogás.

3.3.1. Fatores que afetam a digestão anaeróbia

Por ser um processo biológico é necessário manter condições favoráveis para que ocorra a eficiência, podendo ser afetada por vários fatores que podem favorecer ou não o processo, como a degradação do substrato, o crescimento e declínio dos microrganismos, a produção de biogás, a utilização do inóculo, os biodigestores e a presença de substâncias tóxicas. A presença de substâncias tóxicas no substrato pode

ser desfavorável ao processo, podendo eliminar as bactérias decompositoras e comprometendo a produção do biogás.

Outros fatores como o pH (potencial hidrogeniônico), temperatura, tempo de retenção hidráulica (TRH), as cargas diárias, composição do substrato, alcalinidade e o nitrogênio amoniacal, podem definir o sucesso do processo de digestão anaeróbia.

pH

Microrganismos anaeróbios são relativamente sensíveis a variações que podem ocorrer dentro de um reator caso não seja manejado. O que tem se observado na literatura é que, devido as diferenças fisiológicas, metabólicas, nutricionais e cinética de crescimento (PANICHNUMSIN et al., 2010), microrganismos anaeróbios tendem a ser tolerantes a determinadas variações de pH, uma vez que os mesmos são simbióticos, dependendo um dos outros para metabolização de substrato e utilização de subprodutos como fonte única de energia.

O pH em condição ideal para bactérias anaeróbias pode variar de 6.0 a 8.0 como sugerido por QUADROS et al. (2010) e ARAGAW et al. (2013), porém, devido a diversidade fisiológica presente no processo, VERMA (2002) cita que há possibilidade de operação dos reatores com valores de pH entre 5.5 a 8.5, considerando que a população metanogênica requer condições de pH entre 6.8 a 7.3 e bactérias produtoras de ácidos, precursores de CH_4 , apresentam melhor atividade em pH variando de 5.0 a 6.0 (SAKAR et al. 2009).

Temperatura

Todos processos biológicos são susceptíveis a fatores ambientais, e um deles é a temperatura. Na digestão anaeróbia a temperatura age como fator determinante na performance e estabilidade do sistema. O controle adequado de tal fator é imprescindível para mitigar ao máximo quaisquer oscilações durante a operação dos digestores, o que, por conseguinte, pode afetar positivamente ou negativamente: 1) a estrutura da população microbiana; 2) rotas bioquímicas na conversão do substrato; 3) cinética de crescimento; 4) equilíbrio termodinâmico das reações bioquímicas e 5) estequiometria dos produtos formados (LABATUT et al., 2014).

De acordo com MAO et al., (2015), o processo de digestão anaeróbia pode ocorrer em distintas faixas de temperaturas, as quais são mesofílica, que corresponde a variações entre 15 a 45°C e termofílica, de 50 a 65 °C. Quando operados em faixa mesofílica, digestores podem apresentar melhor estabilidade durante o processo de digestão anaeróbia devido à diversidade de microrganismos envolvidos no processo, uma vez que poucos microrganismos anaeróbios são capazes de suportar condições termofílicas (KHALID et al., 2011). A temperatura ideal no processo de digestão para a produção de biogás com elevado teor de metano na faixa mesófila compreende a faixa entre 20 e 40°C (PENG et al., 2013).

Tempo de Retenção Hidráulica (TRH)

O TRH é o período em que se dá por completo a digestão do substrato adicionado dentro do digestor, e é definido pela relação entre volume do digestor e volume da carga diária. O TRH é o tempo de entrada e saída dos diferentes materiais no digestor, como a água e os sólidos (MOURA, 2012). Ele pode estar relacionado com o teor de sólidos totais do substrato, sendo o tempo necessário para que o material seja degradado dentro do biodigestor.

BRAUN (2007) relata que o TRH para digestores contínuos deve ser bem definido, pois há constante entrada de matéria orgânica e saída de material processado com alto poder tamponante; assim, o equilíbrio entre a entrada e saída de material deve ser mantido permitindo condições anaeróbicas ideais para constante atividade de microrganismos anaeróbios, uma vez que os mesmos são sensíveis a bruscas mudanças.

Carga Diária

A carga diária é um processo de controle quando a digestão é realizada em modo contínuo e uma sobrecarga pode facilmente levar à falha do sistema. Isso pode acontecer se houver mistura inadequada dos resíduos, podendo causar um aumento na concentração de ácidos graxos voláteis, que acarretam queda do pH. Quando isso ocorre, a taxa de alimentação do sistema tem de ser reduzida até que o processo volte ao normal (ABBASI et al., 2012).

Composição do substrato

A disponibilidade de nutrientes, como nitrogênio (N), fósforo (P) e carbono (C), são essenciais para todos os processos biológicos. A quantidade de N e P necessária para a degradação da matéria orgânica depende da eficiência dos microrganismos na obtenção da energia para a síntese, a partir de reações bioquímicas de oxidação do substrato orgânico (AUGUSTO, 2007).

Os cátions e ânions são fundamentais para ocorrência da biossíntese de componentes celulares, como: Mg^{+2} , Ca^{+2} , Na^{+1} , K^{+1} , Fe^{++} e Cl^{-} e SO_4^{-2} . Além desses, outros micronutrientes como o cobalto (Co), cobre (Cu), magnésio (Mn), molibidênio (Mo), zinco (Zn), níquel (Ni), são importantes e exercem funções semelhantes (CHERNICHARO, 1997).

Para o bom funcionamento, a relação carbono:nitrogênio (C:N) é considerada um fator chave e deve ser mantida na proporção de 30:1, considerada ótima para o processo de digestão anaeróbia. Variações muito acima ou abaixo disso, podem ocasionar perdas significativas ao processo de digestão (HANSEN, 1998).

De acordo com TOUSSAINT (2013), a elevada concentração de C:N indica que os microrganismos anaeróbios envolvidos no processo satisfizeram suas necessidades protéicas, e quando a fonte protéica for totalmente utilizada, os microrganismos apresentaram dificuldades para degradar a fração de C presente no substrato, o que promove redução na produção global de gás metano (CH_4).

Por outro lado, ocorrerá acúmulo de amônia quando a relação C:N estiver abaixo do recomendado. Recomenda-se que a concentração de amônia no processo de digestão anaeróbia não deve passar de 1.000 mg/L para que o ambiente não se torne tóxico aos microrganismos metanogênicos, afetando também a produção de CH_4 (CHERNICHARO, 1997).

Alcalinidade

A alcalinidade no sistema é referente à quantidade de íons bicarbonatos disponível no substrato, os quais são necessários para neutralizar os ácidos orgânicos produzidos na hidrólise da matéria orgânica complexa. O valor de 1.200 mg $CaCO_3/L^{-1}$ é considerado como limite operacional para o bom funcionamento de biodigestores (RIPLEY et al., 1986; JENKINS et al., 1991), porém LIN et al. (2009) mencionam que condições entre 1.000 a

5.000 mg $\text{CaCO}_3/\text{L}^{-1}$ podem permitir equilíbrio dinâmico e satisfatória atividade de microrganismos anaeróbios.

Nitrogênio Amoniacal

O nitrogênio amoniacal presente em efluente da digestão anaeróbia, dependendo das concentrações, pode causar toxicidade e ser fator limitante do processo. Assim, sua determinação é uma importante análise de rotina em processos para a produção de biogás a partir da digestão anaeróbia (BORGES et al., 2014).

Suínos consomem de 4 a 7 e de 5 a 10 litros de água/animal/dia para as fases de recria, respectivamente. O nitrogênio excretado pelos suínos corresponde à parte do nitrogênio alimentar que não ficou retida no animal sob forma de proteína corporal ou exportada do animal na forma de leite (porca sem lactação) (VALENTE et al., 2013).

Parte de nitrogênio não digerido é eliminada nas fezes, principalmente na forma de proteínas vegetais e bacteriana. Entretanto, a maior proporção de N é excretada pela urina na forma de uréia, que é resultante da oxidação dos aminoácidos ingeridos na dieta e não utilizados na síntese protéica (VALENTE et al., 2013).

Biofertilizante

O biofertilizante pode ser aproveitado, de maneira muito eficiente, como fertilizante natural para realizar adubações, pois possui características minerais adequadas para o desenvolvimento das plantas (VIEIRA, 2011).

Possui alta concentração de nitrogênio e a baixa concentração de carbono. Este fato é devido à biodigestão, que ocorre dentro de um biodigestor e libera o carbono em forma de CO_2 e CH_4 , deixando-o rico em nutrientes (GUSMÃO, 2008).

Quando adequadamente estabilizados, os dejetos de suínos podem se constituir em fertilizantes eficientes (BURTON & TURNER, 2003), apresentando pH médio de 7,5, ou seja, levemente alcalino (BARRERA, 1993).

O uso do biofertilizante apresenta algumas vantagens, como: não apresenta custo nenhum se comparado aos fertilizantes inorgânicos; não propaga mau cheiro; é rico em nitrogênio, substância muito carente no solo; recupera terras agrícolas empobrecidas em nutrientes pelo excesso ou uso contínuo de fertilizantes inorgânicos (CERPCH, 1998).

REFERÊNCIAS

ABBASI, T.; TAUSEEF, S.M.; ABBASI, S.A. **Biogas Energy**. Springer Briefs in Environmental Science, 180 p. 2012.

ALVES, R. G. C. de M. **Tratamento e valorização de dejetos da suinocultura através de processos anaeróbicos – operação e avaliação de diversos reatores em escala real**. 2007. 172f. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Santa Catarina.

ANDERSON, R. A. Chromium. In: Mertz, W. Trace elements in human and animal nutrition. San Diego: Academic Press, chap, 7, p. 225-244. 1986.

ALMEIDA, V. V.; BERENCHTEIN, B.; COSTA, L. B.; TSE, M. L. P.; BRAZ, D. B.; MIYADA, V. S. Ractopamina, cromo-metionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.9, p.1969-1977, 2010.

ALMEIDA, V.V.; NUÑEZ, A.J.C.; MIYADA, V.S. Ractopamine as a metabolic modifier feed additive for finishing pigs: A review. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.55, n.3, p.445-456, 2012.

ANDRETTA, I. et al. Relação da ractopamina com componentes nutricionais e desempenho em suínos: Um estudo meta-analítico. **Ciência Rural**, v. 41, n. 1, p. 186-191 2011

ANDRETTA, I.; KIPPER, M.; LEHNEN, C.R. Meta-analysis of the relationship between ractopamine and dietary lysine levels on carcass characteristics in pigs. **Livestock Science**, v.143, n.1, p.91-96, 2012.

ARAGAW, T; ANDARGIE, M; GESSESSE, A. Co-digestion of cattle manure with organic kitchen waste to increase biogas production using rumen fluid as inoculums. **International Journal of Physical Sciences**, v. 8, n. 11, p. 443-450, 2013.

ARAÚJO, E. N.; OLIVEIRA, A. P.; CAVALCANTE, L. F. et al. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.11, n.5, p.466–470, 2007.

BARBOSA, H. C. A.; VIEIRA, A. A.; ALMEIDA, F. Q.; SOUZA, R. M.; CAMPOS, J. F. **Qualidade da carcaça de suínos submetidos a restrição alimentar na fase de terminação e abatidos em diferentes pesos**. Revista Brasileira Ciência Veterinária, v. 9, n. 3, p. 175-181, 2003.

BARBOSA, H.C.A.; VIEIRA, A.A.; ALMEIDA, F.Q. Qualidade da carcaça de suínos em terminação alimentados com diferentes níveis de restrição alimentar e de energia na dieta. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.5, 2003.

BARRERA, P. **Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural**. Ed. Ícone, São Paulo, 1993, 106 p.

BELLAVER, C. **Restrição da alimentação para suínos**. Suinocultura dinâmica. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA. Ano I, N 2. abril 1992, p.1-3.

BORGES, J. A.; SILVA, G. G. A.; NUNES, G. B.; BERGOZZA, P.; COSTA, J. A. V.; SOUZA M. R. A. Z. **Determinação de nitrogênio amoniacal em efluente líquido da digestão anaeróbia de macro e microalgas**. 2014. 1-8 pag. Florianópolis/SC.

BRAUN, R. **Anaerobic digestion: a multi-faceted process for energy, environmental management and rural development**. In P. Ranallilm provement of Crop Plants for Industrial End Uses, p.335–416. 2007.

BURTON, C. H.; TURNER, C. **Manure management: treatment strategies for sustainable agriculture**. 2. ed. Silsoe: Silso e Research Institute, 2003. 451 p.

CAMPBELL, R.G.; KING, R.H. The influence of dietary protein and level of feeding on the growth performance and carcass characteristics entire and castrated male pigs. **Animal Produccin**, v.35, p.177-184, 1982.

CARR, S.N. The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics. **Journal of Animal Science**, v.83, p.2886-2893, 2005.

CERPCH. Fontes Renováveis, 1998. Disponível em: www.cerpch.unifei.edu.br/biodigestor.php#topo Acesso em: 1 de maio de 2017.

CHANG, X.; MOWAT D. N. **Supplemental chorium for stressed and growing feeder calves**, Journal of Animal Science, Champaing, v. 70, p. 559-565, 1992.

CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores anaeróbios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte, UFMG, 2. Ed. P.379, 1997.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C.. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA - CNPSA /EMATER/RS. **Embrapa suínos e aves**30 p.2002.

FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D.M.; MYERS, A. J.; SCRAMLIN, S. M. Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy weight pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean®). **Journal of Animal Science**, v.86, p.3544-3550, 2008.

GOMES, M. R.; ROGEDO, M. M.; TIRAPGUI, J. **Considerações sobre cromo, insulina e exercício físico**. Revista Brasileira de Medicina e Esporte, São Paulo, v. 11, p. 262-266, 2005.

GUSMÃO, D. Engº Agr.et. al. Universidade do Estado da Bahia UNESP, 2008. Disponível em: www.nepppa.uneb.br Acesso em: 1 de maio de 2017.

HANSEN, K. H.; ANGELIDAKI, I.; AHRING, B. K. Anaerobic digestion of swine manure: Inhibition by ammonia. **Water Research**, v. 32, n. 1, p. 5-12, 1998.

LLOBERA, R. **Valoración urinaria Del cine y cromo em La Diabetes Mellitus**, Tese-Hospital Universitario Gemans Trias Pujol, Universidad Autônoma de Barcelona, p. 293. 2006.

LUCAS JÚNIOR, J. Aproveitamento energético de resíduos da suinocultura. In: ENERGIA, Automação e Instrumentação. Lavras: UFLA/SBEA, p.81-7. 1998.

LYONS, P. A New era in animal production: the arrival of the scientifically proven natural alternatives. In: **Symposium Biotechnology In The Feed Industry**, Proceedings of Alltech... Nottingham: Univ. Press, vol13, p. 1-13, 1997.

JENKINS, S. R.; MORGAN, J. M.; SAWYER, C. L. Measuring anaerobic sludge digestion and growth by a simple alkalimetric titration. **Journal Water Pollution Control Federation**, v.55, n.5, p.448-453, 1983.

KHALID A., ARSHAD, M., ANJUM, M., MAHMOOD, T., AND DAWSON, L. The anaerobic digestion of solid organic waste. **Waste Management**, v. 31, n. 8, p. 1717-1744, 2011.

KIEFER, C. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.2, n.3, 2005.

LABATUT, R. A., ANGENENT, L. T., & SCOTT, N. R. Conventional mesophilic vs. Thermophilic anaerobic digestion: a trade-off between performance and stability. **Water research** v. 53, p. 249-258, 2014.

LIN, Y., WANG, D., WU, S., & WANG, C. Alkali pretreatment enhances biogas production in the anaerobic digestion of pulp and paper sludge. **Journal of Hazardous Materials**, v. 170, n. 1, p.366-373, 2009.

MAO, C., FENG, Y., WANG, X., & REN, G. Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n. 45, p. 540-555, 2015.

MARCATO, S. M.; LIMA, G. J. M. M. **Efeito da Restrição Alimentar como Redutor do Poder Poluente dos Dejetos de Suínos**. Revista Brasileira de Zootecnia. v. 34; n. 3. P. 855-863. 2005.

MERTZ, W. Chromium in human nutrition. *Journal of Nutrition*, Philadelphia, v. 123, p, 626-633, 1993.

MIRANDA, A. P.; LUCAS JUNIOR, J.; THOMAZ, M. C.; PEREIRA, G. T.; FUKAYAMA, E. H. **Anaerobic biodigestion of pigs feces in the initial, growing and finishing stages fed with diets formulated with corn or sorghum** *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.32, n.1, p.47-59, jan./fev. 2012.

MORAES, E.; KIEFER, C.; SILVA, I.S. Ractopamina em dietas para suínos machos imunocastrados, castrados e fêmeas. **Ciência Rural**, v.40, p.409- 414, 2010.

MOURA, J.P. **Estudo de casos das rotas tecnológicas para produção de biogás e da influência da composição química de dejetos de matrizes suínas na qualidade do biogás gerada por biodigestor**. 2012.122 f. Tese- Doutorado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco.

MOWAT, D.N.; CHANG, X.; YANGA, W.Z. Chelated chromium for stressed feeder calves. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 73, n. 1, p. 49-55, 1993.

OLIVEIRA, P. A. V. DE. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Documentos 27, Embrapa Suínos e Aves. n 27. 188 pag. 1993.

OLIVEIRA, V.; FIALHO, E. T.; LIMA, J. A. F.; ARAUJO, J. S. Efeito do picolinato de cromo na digestibilidade dos nutrientes e metabólitos sanguíneos de suínos. *Archivos de Zootecnia, Córdoba*, v. 56, p. 137-143, 2007.

OLIVEIRA, B. F. et al. Período de suplementação de ractopamina em dietas para suínos machos castrados em terminação. **Ciência Rural**, v.43, n.2, fev, 2013.

PANICHNUMSIN, P.; NOPHARATANA, A.; AHRING, B.; CHAIPRASERT, P. Production of methane by co-digestion of cassava pulp with various concentrations of pig manure. **Biomass and Bioenergy**, v. 34, n.8, p. 1117 – 1124, 2010.

PENA, S.M.; BARBOSA, F.F.; LOPES, D.C.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; SILVA, F.C.O. **Efeito de estratégias nutricionais para redução de nutrientes poluidores nos dejetos sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos.** Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia, v.65, n.1, p.231-240, 2013

PENG, J.; SONG, Y.; WANG, Y.; YUAN, P.; LIU, R. International Biodeterioration & Biodegradation Spatial succession and metabolic properties of functional microbial communities in an anaerobic baffled reactor. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 80, p. 60–65, 2013.

QUADROS, D. G.; OLIVER, A. P. M.; REGIS, U.; VALLADARES, R.; SOUZA, P. H. F.; FERREIRA, E. J. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos e ovinos em reator contínuo de PVC flexível. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.14, n.3, p.326–332, 2010.

RIPLEY, L. E.; BOYLE, W. C.; CONVERSE, J. C. Improved alkalimetric monitoring for anaerobic digestion of high-strength wastes. **Journal Water Pollution Control Federation**, v.58,n.5, p.406-411, 1986.

RODRIGUES, G.P.; Suplementação de cromo e selênio orgânicos para suínos machos castrados dos 25 aos 110 kg. Tese de Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. 2016.

SAKAR, S., YETILMEZSOY, K., KOCAK, E. Anaerobic digestion technology in poultry and livestock waste treatment – **Waste management & research**, v.27, n. 1, p. 3-18, 2009.

SANCHES, J.F. et al. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação e mantidos sob conforto térmico. *Ciência Rural*, v.40, n.2, p.403-408, fev, 2010.

SANTOS, T M. B. DOS, TREVIZAN, P S. F., XAVIER, C A. N., KIEFER, C, & FERRAZ, A L. J. Anaerobic biodigestion of manure from finishing pig supplemented with ractopamine over different periods. *Engenharia Agrícola*, 36 (3), 399-407. 2016..

SAWATDEENARUNAT, C., SURENDRA, K. C., TAKARA, D., OECHSNER, H., & KHANAL, S. K. Anaerobic digestion of lingo cellulosic biomass: Challenges and opportunities. **Bioresource technology**, v. 178, p.178-186, 2015.

SILLENCE, M. N. Technologies for the control of fat and lean deposition in livestock. **The Veterinary Journal**. v. 167, n.3, p.242-257, 2004.

SILVA, L. M. G. S. **Cromo na alimentação de frangos de corte**. Maringá, 2007.52p. Dissertação (Mestrado). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Estadual de Maringá.

SOUZA, C. F.; CARVALHO, C. C. S.; CAMPOS, J. A.; MATOS, A. T.; FERREIRA, W. P. M.; **Caracterização de dejetos de suínos em fase de terminação**. **Revista Ceres**, v. 56, p. 128-133, 2009.

TOUSSAINT, R. **Anaerobic Digestion: Bioenergy and Biofertilizer Production for Haiti**. 135f. Doctoral dissertation (Master of Science), University of Florida. 2013.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORAES, P. O.; CASARIN, D. S.; PEREIRA, H. S.; **Tópicos Especiais na Produção de Suínos e Aves**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Rio Grande do Sul. 271 p. 2013.

VERMA, S. **Anaerobic digestion of biodegradable organics in municipal solid wastes**.48f. Doctoral dissertation (Master of Science), Columbia University, 2002.

VEUM, T.L.; BOLLINGER, D.W.; BUFF, C.E.; BEDFORD, M.R. A genetically engineered *Escherichia coli* phytase improves nutrient utilization, growth performance and bone strength of young swine fed diets deficient in available phosphorus. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.84, n.5, p.1147-1158, 2006.

VIEIRA, M. Tecnologia e treinamento. Biofertilizante contém nutrientes que dejetos possuíam antes de serem processados, 2011. Disponível em: www.tecnologiaetreinamento.com.br/agroindustrias/energia-alternativa-energia/construcao-operacao-biodigestores-biofertilizantes Acesso em: 1 de maio de 2017.

ZANGERONIMO, M.G.; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F.; RODRIGUES, P.B.; MURGAS, L.D.S. Redução do nível de proteína bruta da ração suplementada com aminoácidos sintéticos para leitões na fase inicial. *Revistada Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.35, n.3, p.849-856, 2006.

CAPÍTULO 2 – DIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE SUÍNOS SOB RESTRIÇÃO ALIMENTAR OU SUPLEMENTADOS COM RACTOPAMINA OU CROMO

Rosa, E. M.¹ ; Santos, T. M. B. ²; Xavier, C. A. N. ³; Kiefer, C. ⁴; Arruda, L. D. O. ¹; Andrade, W. R. ;
Cappi, N.²

¹Mestranda; Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS) Aquidauana/MS. E-mail: elaine_mr@hotmail.com

²Docente; Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS) Aquidauana/MS. E-mail: tânia@uems.br

Redigido conforme normas da Revista Archivos de Zootecnia

Resumo: Objetivou-se quantificar a produção de dejetos e de biogás de suínos em terminação alimentados com cinco dietas: controle; restrição alimentar qualitativa; restrição alimentar quantitativa; cromo e ractopamina. Foram utilizados dez digestores semicontínuos de bancada, com capacidade para 7,5 L de substrato. Os dados de monitoramento do processo de digestão anaeróbia foram submetidos à análise de variância por meio do delineamento em blocos ao acaso, no qual as semanas de análises foram consideradas como blocos (cofator). Os dados foram analisados estatisticamente pelo teste de ScootKnott, utilizando-se 5% de probabilidade. Não foram observadas diferenças entre as dietas nas produções de dejetos na matéria natural (MN), matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e matéria orgânica (MO). Animais que receberam a dieta controle apresentaram o maior coeficiente de resíduo (1,12) e não houve diferença entre as demais dietas. Não foram observadas diferenças entre as dietas para sólidos totais, pH e nitrogênio total dos afluentes e efluentes. O maior rendimento de biogás (574 mL g⁻¹ de SV adicionados) foi obtido com os digestores abastecidos com dejetos de animais que receberam dieta qualitativamente restrita, seguida da dieta controle (305 mL g⁻¹ de SV adicionados), restrição quantitativa (160 mL g⁻¹ de SV adicionados), cromo (104 mL g⁻¹ de SV adicionados) e ractopamina (127 mL g⁻¹ de SV adicionados). Conclui-se que a dieta com restrição qualitativa resulta em maior produção de dejetos, porém com menores excreções de nitrogênio e fósforo e maior rendimento de biogás.

Palavras-chave: agonista beta-adrenérgico, biogás, digestores, mineral orgânico, suínos.

Abstract: The aim was to quantify the manure production and thus their biogas yields by finishing pigs fed with five diets: control; qualitative restriction; quantitative restriction; with chromium and with ractopamine. Ten semi-continuous bench digesters with capacity of 7.5 L of substrate were used. Data from manure production and parameters of the anaerobic digestion process were submitted to analysis of variance through a randomized complete block design, in which the weeks (from weekly analyses) were considered as cofactor. The data were evaluated through the Scoot-Knott test, at 5% of probability. There was no difference among manure productions based on fresh matter (FM), dry matter (DM), mineral matter (MM) and organic matter (OM). Swine fed with diet control presented the highest waste coefficient (1.12) and there was no difference for other diets. The diets did not affect the pH values, TS and TKN contents of the affluents and effluents of the digesters. The highest biogas yield (574 mL g⁻¹ VS added) was obtained with manure from pigs fed with a qualitative restriction diet, followed by control treatment (305 mL g⁻¹ VS added), quantitative restriction (160 mL g⁻¹ VS added), with chromium (104 mL g⁻¹ VS added) and with ractopamine (127 mL g⁻¹ VS added) diets. Qualitative restriction has higher manure production, however with lower excretions of nitrogen and phosphorus and higher biogas yield.

Key-Words: beta-adrenergic agonist, biogás, digesters, organic mineral, swine.

Introdução

Nutricionistas indicam o uso de estratégias de alimentação na fase de terminação de suínos, cujo principal objetivo é melhorar a taxa de crescimento e a qualidade da carcaça. Dentre as estratégias pode-se citar a restrição alimentar que tem como objetivo melhorar a eficiência alimentar na qualidade de carcaça dos suínos, através do aumento da porcentagem de carne e redução de gordura na carcaça (Silva et al., 2016).

A redução do consumo energético pode ser por meio da restrição quantitativa de alimento, controlando-se a quantidade de ração fornecida. Partindo desse pressuposto, considera-se que quanto menor a oferta de alimento, menor será a produção de dejetos.

Outra forma de restrição alimentar a fim de reduzir o consumo energético pelos animais, é a inclusão de ingredientes com menor valor calórico, denominada restrição alimentar qualitativa (Santos et al., 2012). Com base nesse conceito, pode-se supor que animais alimentados com dietas com menor densidade energética resultará em dejetos com taxa reduzida de poluentes. No mesmo ponto de vista, outras estratégias nutricionais indicadas são as dietas suplementadas com ractopamina e cromo, que podem melhorar o desempenho e reduzir a quantidade de gordura depositada na carcaça.

O cromo é classificado como um mineral orgânico, agindo no metabolismo para a potencialização da ação da insulina, por ser um componente do fator de tolerância à glicose, o cromo tem grande participação no metabolismo lipídico e na imunidade dos animais, sendo que a ação do mesmo relacionada ao metabolismo de carboidratos refere-se mais ao estímulo da captação de glicose pelas células do tecido alvo, através da amplificação da sinalização da insulina (Silva et al., 2014).

Por outro lado, a ractopamina é um composto sintético que apresenta estrutura e propriedades químicas e farmacológicas similares às das catecolaminas naturais (Andretta et al., 2012). As informações sobre efeitos da ractopamina sobre as características dos dejetos e consequências destes no ambiente ainda não são esclarecidas.

Considerando a necessidade de informações relacionadas à qualidade dos dejetos de suínos submetidos a prática de restrição alimentar ou suplementação com cromo ou ractopamina, realizou-se este estudo com o objetivo de quantificar os dejetos de suínos em terminação que receberam dietas contendo ractopamina, cromo ou sob restrições alimentares quantitativas ou qualitativas e avaliar a produção de biogás.

Material e métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Resíduos de Origem Animal da Unidade Universitária de Aquidauana da UEMS, localizada no município de Aquidauana, que apresenta as coordenadas geográficas: Latitude 20° 28' S e Longitude 55° 48' W e Altitude de 184 metros. O município apresenta duas estações bem definidas: verão chuvoso e inverno seco, em que o índice de temperatura ultrapassa a marca dos 30° C.

Os dejetos foram provenientes de 50 suínos machos castrados, em fase de terminação, com ± 154 dias de idade, de alto potencial genético, com peso médio inicial de $99,04 \pm 4,35$ kg e final de $117,24 \pm 5,75$ kg, do setor de Suinocultura da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), localizada no município de Terenos/MS. Os animais foram alojados em galpão de alvenaria, coberto com telha de cerâmica, piso de concreto, laterais teladas e equipadas com cortinas. A dimensão das baias era de 1,15 X 2,86m, equipadas com comedouros, fixos nos portões, bebedouros do tipo nipple, fixos nas laterais das baias e lâminas d'água localizadas na parte posterior das baias, com dimensões de 1,15 X 0,30 m e profundidade de 0,10 m.

As dietas foram: 1) controle (dieta convencional); 2) restrição qualitativa = redução de 7,5% de energia líquida em relação à dieta controle; 3) restrição quantitativa = redução de 15% no fornecimento de ração (a restrição quantitativa foi calculada com base no tratamento controle e corrigido a cada 4 dias) 4) cromo = 0,8 mg de cromo/kg de ração e 5) ractopamina= 10 ppm de ractopamina.

As dietas experimentais (Tabela I) foram formuladas à base de milho e farelo de soja, suplementadas com vitaminas e minerais, de modo a atender as exigências nutricionais estabelecidas por Rostagno et al., (2011) para suínos dos 100 aos 120 kg de peso vivo, de alto potencial genético e com desempenho médio.

Tabela I. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais
 Table I. Centesimal and nutritional composition of experimental diets

Ingredientes	Controle	Restrição Qualitativa	Restrição Quantitativa	Cromo	Ractopamina
Milho	84,96	77,78	84,96	84,96	84,96
Farelo de Soja, 45%	11,84	13,14	11,84	11,84	11,84
Inerte	0,962	6,865	0,962	0,912	0,912
Fosfato bicálcico	0,751	0,759	0,751	0,751	0,751
Calcário calcítico	0,544	0,536	0,544	0,544	0,544
Sal comum	0,329	0,332	0,329	0,329	0,329
Supl. vit.+min ¹	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
L-Lisina HCl	0,306	0,280	0,306	0,306	0,306
DL-Metionina	0,032	0,038	0,032	0,032	0,032
L-Treonina	0,062	0,060	0,062	0,062	0,062
L-Triptofano	0,014	0,010	0,014	0,014	0,014
Cromo	0,000	0,000	0,000	0,050	0,000
Ractopamina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,050
Total(kg)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição Calculada ²					
Proteína Bruta, %	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39
Energia Met, Kcal/kg	3.230	3.003	3.230	3.230	3.230
Energia Líquida, Kcal/kg	2.500	2.312	2.500	2.500	2.500
Lisina Digestível, %	0,691	0,691	0,691	0,691	0,691
Metionina+CistinaDig., %	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415
TreoninaDig., %	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463
TriptofanoDig., %	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124
ArgininaDig., %	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221
ValinaDig., %	0,477	0,477	0,477	0,477	0,477
Cálcio, %	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733
Fósforo Disponível, %	0,215	0,215	0,215	0,215	0,215
Sódio, %	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150

¹Conteúdo por kg de produto: ácido pantotênico: 2.300 mg/kg; niacina: 4.500 mg/kg; ácido fólico: 125 3 mg/kg; cobre: 3.750 mg/kg; ferro: 25 g/kg; zinco: 31,25 g/kg; iodo: 250 mg/kg; selênio: 75 mg/kg. manganês: 12,5 g/kg. vitamina A:1.250.000 UI/kg; vitamina D3: 250.000 UI/kg; vitamina E: 6.250 UI/kg; 5 vitamina K3: 750 mg/kg; vitamina B1: 375 mg/kg; vitamina B2: 1.000 mg/kg; vitamina B6: 375 mg/kg e 6 vitamina B12: 4.500 mcg/kg.

²Valores calculados com base na composição nutricional das matérias-primas (Rostagno et al., 2011).

Os dejetos foram colhidos nos três últimos dias da fase experimental, logo após a excreção, segundo as dietas experimentais a que os animais foram submetidos. Nos dias anteriores às coletas foi realizada a limpeza total das lâminas d'água e o registro d'água das lâminas foi desligado por um período de 24 horas. Passado esse período, o dejetos de cada baia foi coletado, por meio de raspagem do piso. O material coletado foi pesado e armazenado no congelador em sacos plásticos devidamente identificados.

A produção de dejetos foi expressa em kg de sólidos totais (ST) animal⁻¹ dia⁻¹, e calculada com os dados da pesagem diária dos dejetos (kg) e teor de ST dos dejetos em que: Produção de dejetos (ST.animal⁻¹.dia⁻¹) = dejetos (kg) x ST (%)

O Coeficiente de Resíduo (CR) foi calculado a partir dos dados de produção de dejetos (na MS) e do ganho de peso durante o período do confinamento para cada animal conforme a equação: CR= quantidade de dejetos (em kg, na MS) / ganho de peso (em kg).

Foram utilizados 10 digestores semicontínuos de bancada, construídos em policloreto de polivinila (PVC), com volume útil de 7,5L de substrato em fermentação. Os digestores foram constituídos de duas partes distintas, uma câmara de fermentação e o gasômetro. Os afluentes de partida foram formulados para conter aproximadamente 3% de ST. Os digestores receberam diferentes volumes no abastecimento conforme os tratamentos (Tabela II).

O tempo de partida foi de 30 dias e nesse período verificou-se a queima do biogás em todos os digestores. Após o tempo de partida, os digestores foram operados com cargas diárias por 90 dias; dentro desse período, os digestores foram abastecidos diariamente com afluente que variaram conforme os tratamentos, com a adição de bicarbonato de sódio (NaHCO₃), utilizado com o objetivo de auxiliar na formação e manutenção da alcalinidade, correção de pH e, com isso, proporcionar um meio adequado para maior redução de SV, promovendo maior produção de biogás acompanhada de melhor qualidade do biofertilizante (Tabela II).

Durante o ensaio foram coletadas amostras diárias do afluente e efluente, para determinação dos teores de ST e SV, e semanais para mensuração dos valores de pH por meio de potenciômetro digital. O nitrogênio amoniacal (N amoniacal) foi determinado segundo a metodologia descrita por APHA (2012), e os valores de alcalinidade parcial (AP), alcalinidade intermediária (AI) e alcalinidade total (AT) conforme Ripley et al. (1986) e Jenkins et al. (1991). A concentração de nitrogênio total (N) foi determinada pelo método semimicro Kjeldhal, conforme Silva & Queiroz (2006).

Tabela II. Abastecimentos de partida e diário dos digestores operados com dejetos de suínos em terminação alimentados com diferentes dietas

Table II. Starting and daily feeds of digesters operated with finishing pig slurry fed different diets

Dietas	Dejetos (kg)	Água (L)	Bicarbonato de sódio (g)
Abastecimento de partida			
Controle	1,06	6,43	0,00
Restrição Qualitativa	0,76	6,73	0,00
Restrição Quantitativa	0,90	6,59	0,00
Cromo	1,08	6,41	0,00
Ractopamina	1,03	6,46	0,00
Abastecimento diário			
Controle	0,056	0,344	2,90
Restrição Qualitativa	0,048	0,352	2,90
Restrição Quantitativa	0,040	0,352	2,90
Cromo	0,057	0,340	2,90
Ractopamina	0,055	0,345	2,90

Para a concentração de fósforo total (P total) quinzenalmente foram realizadas análises dos afluentes e efluentes utilizando-se a digestão via seca por espectrofotometria (725 nm). A digestão via seca consiste na calcinação das amostras moídas em mufla a temperatura de 600°C por 3 horas; adição de 2mL de ácido clorídrico concentrado; calcinação por mais 3 horas; digestão em bloco digestor com banho de areia a 200°C com adição de ácido clorídrico diluído em água (1:1) por aproximadamente 30 minutos; diluição e estocagem das soluções. O método calorimétrico consiste na formação de um composto amarelo do sistema vanodomolibdo fosfórico em acidez de 0,2 a 1,6 N (Perkin-Elmer, 1996). A cor desenvolvida foi medida em espectrofotômetro, determinando a concentração de P das amostras, com a utilização de uma reta padrão traçada previamente a partir de concentrações conhecidas, entre 0 e 52 µg de P mL⁻¹. Os padrões foram preparados conforme metodologia descrita por Malavolta (1991).

As produções de biogás foram calculadas com base no deslocamento do gasômetro medido com uma trena de 50 cm. Após a leitura do volume produzido, foi verificada a temperatura com o uso de um termômetro digital colocado na saída do biogás, até a estabilização do mesmo. Após cada leitura, os gasômetros foram zerados realizando-se a descarga do biogás. Para a correção do volume de biogás, foi utilizada a expressão resultante da combinação das leis de Boyle e Gay-Lussac.

Considerando a pressão atmosférica média em Aquidauana no período experimental de 10293 mm de H₂O, tem-se como resultado a seguinte expressão para correção do volume de biogás:

$$V_0 = V_1/T_1 * 297,7525$$

Foram realizados testes de queima do biogás por meio de um bico de Bunsen acoplado à saída de biogás com o intuito de monitorar a estabilidade do processo, visto que as sobrecargas dos digestores podem levar ao acúmulo de ácidos voláteis e excessiva quantidade de dióxido de carbono no biogás, condição na qual o mesmo não queima. Os potenciais de produção de biogás foram calculados utilizando-se os dados de produção diária de biogás de cada tratamento e as quantidades de SV adicionados durante o processo. Os valores foram expressos em mL de biogás por grama de SV adicionados.

Os dados de monitoramento do processo de digestão anaeróbia foram submetidos à análise de variância por meio do delineamento em blocos ao acaso, sendo que as semanas de análises foram consideradas como blocos (cofator). Os dados de produção de dejetos foram analisados estatisticamente pelo teste de Scoot Knott, utilizando-se 5% de probabilidade. Os dados foram analisados pelo teste de Scoot Knott à 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Não foram observadas diferenças entre as dietas nas produções de dejetos na matéria natural (MN), matéria seca (MS) e matéria orgânica (MO) (Tabela III). Houve diferença entre as dietas quanto ao coeficiente de resíduos (CR).

Animais que receberam a dieta controle apresentaram maior CR (1,12) em relação às demais dietas, que por sua vez não apresentaram diferença entre si. Os dados indicam que maior quantidade de resíduos por kg de carne produzida foi gerada com o fornecimento da dieta controle, ou seja, o fornecimento dessa dieta pode causar maior impacto ambiental com relação às demais dietas, uma vez que a mesma quantidade de carne seria produzida em detrimento de maior geração de dejetos. Numa perspectiva do tratamento dos dejetos, sistemas com maiores volumes seriam necessários para mesma unidade de carne produzida com o fornecimento das demais dietas.

Tabela III. Produção de dejetos, com base na matéria natural e matéria seca, e coeficiente de resíduo de suínos em terminação alimentados com diferentes dietas

Table III. Production of manure, based on natural matter and dry matter, and residue coefficient of finishing pigs fed different diets

Dietas	Matéria natural	Matéria seca	Matéria orgânica	Coeficiente de resíduo (kg)
	(g animal ⁻¹ dia ⁻¹)			
Controle	548	169	120	1,12a
Restrição Qualitativa	838	306	202	0,73b
Restrição Quantitativa	671	231	122	0,77 b
Cromo	545	160	123	0,46 b
Ractopamina	754	223	169	0,82 b
Valor de P	0,356	0,108	0,127	0,008
Coeficiente de variação (%)	20,78	21,21	20,70	34,33

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de probabilidade.

As concentrações de N amoniacal e alcalinidade (Tabela IV), como parâmetros indicadores do equilíbrio e da estabilidade do processo, apresentaram-se satisfatórias, sem oferecer riscos de falência do processo de digestão anaeróbia. O N amoniacal é benéfico para o processo de digestão anaeróbia, serve como fonte de nitrogênio e como tamponante, evitando mudanças de pH (Yenigün & Demirel, 2013). A concentração de N amoniacal (Tabela IV) nos efluentes variaram de 525 a 771mgL, abaixo dos níveis de inibição do processo que, de acordo com Rajagopal et al. (2013), são superiores a 1.500 mg L.

As menores concentrações de N amoniacal podem ser explicadas pela composição dos dejetos que depende do aproveitamento dos nutrientes dos alimentos consumidos pelos animais. A formação de N amoniacal ocorre principalmente em meio anaeróbio e este permanece dissolvido na fase líquida dos dejetos e, no caso dos dejetos de suínos, as concentrações são elevadas já que os animais recebem altas quantidades de N orgânico nas dietas, também é mais prontamente transformado em N amoniacal (Christensen & Sommer, 2013).

Tabela IV. Concentrações médias de nitrogênio amoniacal e alcalinidade (parcial, intermediária e total) de afluente e efluente de dejetos de suínos em terminação alimentados com diferentes dietas

Table IV. Mean concentrations of ammoniacal nitrogen and alkalinity (partial, intermediate and total) of affluent and effluent of waste of finishing pigs fed different diets

Amostras	N Amoniacal (mL)	Alcalinidade (mL)		
		Parcial	Intermediária	Total
Afluente				
Controle	341 ± 166	3448 ± 1429	2034 ± 369	4520 ± 2439
Restrição Qualitativa	254 ± 132	3981 ± 591	1758 ± 542	5739 ± 313
Restrição Quantitativa	276 ± 94	3239 ± 1331	1889 ± 296	5127 ± 1163
Cromo	260 ± 142	1997 ± 989	1264 ± 615	3260 ± 915
Ractopamina	314 ± 162	5033 ± 4039	2113 ± 299	5284 ± 1148
Efluente				
Controle	771 ± 256	2489 ± 14438	4060 ± 1707	6549 ± 2444
Restrição Qualitativa	525 ± 166	3772 ± 1145	9722 ± 1864	1328 ± 1942
Restrição Quantitativa	592 ± 217	1484 ± 540	4107 ± 1701	5592 ± 1595
Cromo	621 ± 229	733 ± 693	2255 ± 855	2988 ± 593
Ractopamina	708 ± 315	1337 ± 713	4195 ± 1534	5310 ± 1711

Não foram observadas diferenças nos afluentes de biodigestores quanto aos teores de ST, pH e N total (Tabela V). As dietas interferiram nos teores de SV, sólidos fixos (SF) e P total dos afluentes dos biodigestores.

O teor médio de ST dos afluentes foi de 2,53% e o de N total, de 1,27%. Como não houve diferença nos teores de N total, mas houve nos teores de SV, é possível que tinha havido diferença na relação C:N dos afluentes.

As dietas com cromo e ractopamina apresentaram maiores valores de SV nos afluentes, o que aumentariam as chances desses afluentes produzirem maior quantidade de biogás em relação às demais dietas. A dieta com restrição qualitativa apresentou o menor valor de SV no afluente e o maior teor de SF. Esse afluente apresentou o menor teor de P total. Os dois últimos parâmetros indicam que o perfil de minerais desse afluente foi diferente às demais dietas, não sendo possível, no entanto, concluir se sua qualidade foi superior ou inferior. Os minerais presentes nos afluentes de biodigestores podem favorecer o crescimento de microrganismos e melhorar seu metabolismo, inclusive a eficiência de uso dos precursores metano.

Tabela V- Características químicas, em percentagem, dos afluentes de digestores operados com dejetos de suínos em terminação alimentados com diferentes dietas

Table V - Chemical characteristics, in percentage, of the affluent of digesters operated with finishing pigs fed with different diets

Dietas	ST	SV	SF	pH	N Total	P Total
Controle	2,44	1,50 b	0,94 b	7,36	1,30	2,17 a
Restrição Qualitativa	2,40	1,22 c	1,18 a	7,46	1,38	1,45 b
Restrição Quantitativa	2,44	1,58 b	0,86 b	7,36	1,18	1,96 a
Cromo	2,57	1,70 a	0,86 b	7,36	1,25	2,00 a
Ractopamina	2,82	1,91 a	0,91 b	7,39	1,23	2,00 a
Valor de P	0,07	<0,01	<0,01	0,15	0,93	<0,01
Média geral	2,53	-	-	7,39	1,27	-
Coefficiente de Variação (%)	10,64	14,72	12,73	0,98	13,60	11,13

ST: Sólidos Totais; SV: Sólidos Voláteis; SF: Sólidos Fixos; pH: potencial hidrogeniônico; N Total: Nitrogênio Total; P Total: Fósforo Total

Letras minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de ScootKnott a 1%.

O pH em condição ideal para bactérias anaeróbias pode variar de 6,0 a 8,0 (Aragawet al., 2013); portanto, os valores de pH estiveram dentro da faixa recomendada para o início da digestão anaeróbia.

Os efluentes dos biodigestores não diferiram com relação aos teores de ST, SF e N total (Tabela VI). A média do teor de ST dos efluentes foi de 2,65%, 0,99% de SF, 1,26% de N total. Esses valores foram próximos àqueles observados nos afluentes, não apresentando reduções.

Houve diferença nos teores de SV, P total e no pH dos efluentes. Dietas com restrição quantitativa e com ractopamina apresentaram maiores teores de SV, com média de 2,03%. A dieta com restrição qualitativa apresentou o maior valor de pH nos efluentes(7,39), o que implica que o meio foi diferenciado em nutrientes, e sua utilização pode ter proporcionado o desenvolvimento de uma população de microrganismos diferente daquelas encontradas nos demais digestores. As dietas com restrição qualitativa e com ractopamina apresentaram os menores teores de P total, com média de 1,90%.

Tabela VI - Características químicas, em percentagem, do efluente de digestores operados com dejetos de suínos em terminação alimentados com diferentes dietas

Table VI - Chemical characteristics, in percentage, of the effluent of digesters operated with finishing pigs fed with different diets

Dietas	ST	SV	SF	pH	N Total	P Total
Controle	2,19	1,38 b	0,81	6,64 b	1,46	2,28 a
Restrição Qualitativa	2,33	1,23 b	1,11	7,39 a	1,31	1,78 b
Restrição Quantitativa	3,07	1,99 a	1,10	6,51 b	1,30	2,26 a
Cromo	2,53	1,61 b	0,92	6,27 b	1,20	2,41 a
Ractopamina	3,14	2,07 a	1,07	6,56 b	1,08	2,02 b
Valor de P	0,122	0,031	0,362	< 0,001	0,926	0,014
Média geral	2,65	-	0,99	-	1,26	-
Coeficiente de Variação (%)	27,73	15,30	29,11	3,62	22,67	14,09

ST: Sólidos Totais; SV: Sólidos Voláteis; SF: Sólidos Fixos; pH: potencial hidrogeniônico; N Total: Nitrogênio Total; P Total: Fósforo Total

Letras minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Scoot Knott a 1%.

A dieta com restrição qualitativa levou a maiores produções semanais de biogás e maiores potenciais de produção de biogás por unidade de SV (Tabela VII). Não houve diferença entre as produções acumuladas semanais de biogás entre digestores operados com dejetos de animais que receberam as dietas controle e com restrição quantitativa que foram superiores àquelas produções obtidas pelas dietas com cromo e ractopamina. Santos et al., (2016), observaram maiores produções de biogás, a partir de 14 dias de tempo de suplementação de ractopamina, em detrimento ao não fornecimento e ao fornecimento por 7 dias. Há de se considerar, no entanto, que a dosagem de ractopamina utilizada pelos autores foi de 20 ppm, enquanto no presente trabalho foi de 10 ppm (por 16 dias), sugerindo que a concentração possa ser mais importante que o período de suplementação.

O segundo maior potencial de produção de biogás (em mL g⁻¹ de SV adicionados), 47% inferior, foi dos biodigestores operados com dejetos de animais que receberam a dieta controle. As dietas com restrição quantitativa, com cromo e com ractopamina apresentaram os menores potenciais de produção de biogás, média de 130 mL g⁻¹ de SV adicionados.

As dietas fornecidas aos animais foram isoproteicas, o que pode ter ocasionado semelhantes teores de N total nos afluentes e efluentes dos biodigestores. A dieta com restrição qualitativa foi elaborada com teor energético reduzido em aproximadamente 7%, o que pode ter contribuído para que essa dieta apresentasse maiores produções de biogás em relação às demais. Esse fato pode ter contribuído para que o perfil de nutrientes nos dejetos fosse diferente e o pH dos efluentes acima da neutralidade pode ter favorecido o processo de digestão anaeróbia.

Tabela VII. Produção acumulada semanal e potencial de produção de biogás de digestores operados com dejetos de suínos em terminação alimentados com diferentes dietas

Table VII. Weekly cumulative production and biogas production potential of digesters operated with finishing pig fed with different diets

Dietas	Biogás (mL semana ⁻¹)	Biogás (mL g SV ⁻¹ adicionados)
Controle	9229 b	305 b
Restrição Qualitativa	14670 a	574 a
Restrição Quantitativa	5286 b	160 c
Cromo	1548 c	104 c
Ractopamina	2335 c	127 c
Valores P	<0,01	<0,01
Coeficiente de Variação (%)	5,98	31,49

Letras minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Scoot Knott a 5%.

Conclusão

Dieta formulada com restrição alimentar qualitativa proporciona maior produção de dejetos, porém resulta em dejetos com menores excreções de nitrogênio e fósforo e maiores rendimentos de biogás.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

COMISSÃO DE ÉTICA

Todos os métodos que envolveram manipulação dos animais foram realizados de acordo com os princípios éticos do Conselho Nacional do Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e de acordo com as normas aprovadas pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, protocolo nº 553/2013.

Referências

- Andretta, I.; Kipper, M.; Lehen, C.R. 2012. Meta-analysis of the relationship between ractopamine and dietary lysine levels on carcass characteristics in pigs. *Livestock Science*, v.143, n.1, p.91-96.
- APHA, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater .2012; 21thed. Washington: 1368p.
- Aragaw, T; Andargie, M; Gessesse, A. 2013. Co-digestion of cattle manure with organic kitchen waste to increase biogas production using rumen fluid as inoculums .*International Journal of Physical Sciences*, v. 8, n. 11, p. 443-450.
- Christensen, M.L.; Sommer, S.G. 2013. Manure characterization and inorganic chemistry. In: Sommer, S.G.; Christensen, M.L.; Schmidt, T.; Jensen, L.S. *Animal manure recycling*, West Sussex: Wiley. p . 41-65.
- Jenkins, S. R.; Morgan, J. M.; Zhang, X. 1991. Measuring the usable carbonate alkalinity of operating anaerobic digesters. *Journal Water Pollution Control Federation*, v. 63, n. 1, p. 28-34.

- Perkin-Elmer Corporation. Analytical methods for anatomic absorption spectrophotometry, **Morwalk**, p. 300. 1996.
- Ripley, L. E.; Boyle, W. C.; Converse, J. C. 1986. Improved alkalimetric monitoring for anaerobic digestion of high-strength wastes. *Journal Water Pollution Control Federation*, Alexandria, v. 58, n. 5, p. 406-411.
- Rizzoni, L. B. 2012. Biodigestão anaeróbia no tratamento de dejetos de suínos. *Revista Científica Eletrônica De Medicina Veterinária*, Alfenas/MG p.7-8.
- Rajagopal, R.; Massé, D.I.; Singh, G. 2013. A critical review on inhibition of anaerobic digestion process by excess ammonia. *Bioresource Technology*, v. 143, n.12 , p. 632-641.
- Rostagno, H.S.; Albino, L.F.T.; Donzele, J.L. et al. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 3.ed. 252p.
- Santos, A.P.; Kiefer, C.; Martins, L.P.; Fantini, C.C. 2012. Restrição alimentar para suínos machos castrados e imunocastrados em terminação. *Revista Ciência Rural*, v.42, n.1, 2 p. 147-153.
- Sawatdeenarunat, C., Surendra, K. C., Takara, D., Oechsner, H., Khanal, S. K. 2015. Anaerobic digestion of lignon cellulosic biomass: Challenges and opportunities. *Bioresource Technology*, v. 178, p.178-186.
- Silva, D. J.; Queiroz, A. C. 2006. Análise de Alimentos (métodos químicos e biológicos). Viçosa, MG: UFV, 3.ed., 235 p.
- Silva B. A. N.; Araujo G. G. A.; Alcici P. F.; Santos F. A.; Pinto M. F. A.; Taveira V. M. 2014. Alternativas ao uso de ractopamina para suínos. VI Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal.
- Silva, A. D. L.; Moreira, J. A.; Oliveira, R. L. R.; Mota, L. C.; Teixeira, E. N. M.; Souza, J. G.; Aguiar, E. M.; Oliveira, R. G. P. 2016. Qualitative feed restriction for late finishing pigs on meat quality and fatty acid profile. *Ciências Agrárias, Londrina*, v. 37, n. 4, p. 2343-2354.
- Surendra, K. C., Takara, D., Hashimoto, A. G., Khanal, S. K. 2014. Biogas as a sustainable energy source for developing countries: Opportunities and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 31, p. 846-859.
- Valente, B. S.; Xavier, E. G.; Moraes, P. O.; Casarin, D. S.; Pereira, H. S. 2013. Tópicos Especiais na Produção de Suínos e Aves. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Rio Grande do Sul.
- Yenigün, O.; Demirel, B. 2013. Ammonia inhibition in anaerobic digestion: A review. *Process Biochemistry*, v.48, p.901-911.

CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A suinocultura contribui para impactos ambientais por conta da produção de resíduos com alta carga de nutrientes, matéria orgânica e metais pesados. O desafio, sob estas condições, consiste no uso de instrumentos capazes de promover a continuidade da atividade com o uso racional dos recursos naturais e a preservação da qualidade ambiental.

O tratamento de resíduos apresenta benefícios como a mitigação dos impactos ambientais causados pelos dejetos sem tratamento, aumento da oferta de biogás e energia, geração de biofertilizante, disponibilização de fonte de renda aos produtores de suínos, possíveis reduções de custos de produção e redução da emissão de gás metano.

Para estudos futuros, sugerem-se trabalhos voltados para a interação nutrição X produção e composição dos dejetos. Sugere-se ainda, o estudo com diferentes níveis de ractopamina, visando buscar o nível ideal afim de minimizar o impacto ambiental, devido à produção de dejetos.