

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

**DIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE SUÍNOS
ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO DIFERENTES
NÍVEIS DE ENERGIA LÍQUIDA E SUPLEMENTADOS OU
NÃO COM RACTOPAMINA**

Acadêmica: Fabiane Ortiz do Carmo Gomes

Aquidauana-MS
Fevereiro/2014

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

**DIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE SUÍNOS
ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO DIFERENTES
NÍVEIS DE ENERGIA LÍQUIDA E SUPLEMENTADOS OU
NÃO COM RACTOPAMINA**

Acadêmica: Fabiane Ortiz do Carmo Gomes
Orientadora: Profa. Dra. Tânia Mara Baptista dos Santos
Coorientadora: Dra. Elis Regina de Moraes Garcia

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

Aquidauana-MS
Fevereiro/ 2014

G614d Gomes, Fabiane Ortiz do Carmo

Digestão anaeróbia de dejetos de suínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia líquida e suplementados ou não com ractopamina/ Fabiane Ortiz do Carmo Gomes. Aquidauana: Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2014.

54p.; 30 cm

Dissertação (Mestrado) – Zootecnia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2014.

Orientadora: Prof. Dra. Tânia Mara Baptista dos Santos

1. Ractopamina e energia líquida 2. Digestão anaeróbia I.
Título

CDD 20.ed. - 631.371



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
PRODUÇÃO ANIMAL NO CERRADO-PANTANAL



FABIANE ORTIZ DO CARMO GOMES

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 21/02/2014.

Dra. Elis Regina de Moraes Garcia (UEMS),
Coorientadora

Dr. Charles Kiefer

Dr. André Luiz Julien Ferraz

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Célio Gomes e Marisa Ortiz do Carmo Gomes, que me ensinaram os valores da vida, me incentivando na busca por uma vida melhor, por estarem sempre ao meu lado, porque sem os mesmos, seria difícil a concretização de mais um trabalho.

Aos meus irmãos, Daniele, Jaciane, Patrícia, Renata, Fábio, Hugo e Roberto pelo apoio, confiança e força em mim depositada.

Ao meu esposo Deílson Marcos Coca que com seu imenso amor, sempre esteve ao meu lado, me incentivando e me apoiando nos momentos difíceis. Aos meus amigos e familiares que sempre torceram pelo meu sucesso e a quem pude recorrer nos momentos mais difíceis.

Meus sinceros agradecimentos e minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me conceder a vida, por guiar meus passos e iluminar minha vida em todos os momentos.

À minha família, meu porto seguro, que sempre me apoiou; especialmente, meus pais pelo amor, carinho, apoio e incentivo em todas as decisões da minha vida. Amo muito vocês!

Ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul e aos mestres, por proporcionarem-me o aprendizado.

À Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul/UEMS e Capes pelas bolsas concedidas durante o curso.

Aos meus irmãos e irmãs que sempre estiveram prontos a me ajudar nos momentos difíceis. Obrigada por vocês estarem ao meu lado. Amo vocês!

Aos meus tios, tias, primos e primas, que sempre tiveram uma palavra amiga de incentivo, força, amizade e principalmente por serem tão presentes na minha vida. Aos meus avôs Yolanda e Cleide que sempre me deram carinho, apoio além do exemplo de vida.

Ao meu esposo Deílson Marcos Coca por todo companheirismo, paciência, ajuda, amor e força em todos os momentos. Admiro sua conduta, sua ética profissional, sempre me ensinando a ser uma pessoa melhor. Obrigada por fazer parte da minha vida. Amo você!

À minha orientadora Dra. Tânia Mara Baptista dos Santos pela sua orientação, amizade, confiança, exemplos de profissionalismo, amor à profissão e principalmente pelo incentivo a pesquisa, muito obrigada!

À minha professora e amiga Dra. Cristiane de Almeida Neves Xavier pela sua amizade, confiança. Pelas palavras de incentivo, pelos puxões de orelha, principalmente pela sua contribuição na realização do meu projeto, nos abastecimentos dos biodigestores, nas análises realizadas no laboratório e análises estatísticas. Obrigada por você estar sempre disposta a me ajudar, principalmente nos momentos difíceis. Admiro sua conduta profissional e pessoal. Muito obrigada!

Ao Prof. Dr. Charles Kiefer (UFMS/CG) e sua equipe pela atenção e disponibilização do material para os experimentos.

À todos os professores pela enorme contribuição para minha formação, em especial a Msc. Nanci Cappi, Dra. Elis Regina de Moraes Garcia e Dr. André Luiz Julian Ferraz pela contribuição, não apenas como profissional, mas também pelos sábios conselhos.

À todos os companheiros de laboratório de Qualidade de Água e Resíduos de Origem Animal, pelos conhecimentos, pelas alegrias e pelas ajudas, em especial a Jessica Evangelista de Souza, Leide Daiana de Oliveira Arruda e Willian Rufino Andrade, pois seria muito difícil concluir este trabalho, sem ajuda de vocês! Saibam que admiro o profissionalismo de cada um. Minha eterna gratidão!

Aos meus amigos de mestrado, especialmente, Robson Andrade Rodrigues e Rosileide Rohod, por sempre estarem ao meu lado nos momentos de alegria e tristeza, pelo convívio tão harmonioso e saudável que tivemos durante esses dois anos. Obrigada amigos! Saibam que podem contar comigo sempre. Adoro vocês!

Às minhas amigas Josilaine Aparecida da Costa Lima, Daniela Aparecida da Silva Ton e Cristiane Casanatto por sempre estarem ao meu lado, dando apoio, força, incentivo para continuar lutando pelos meus ideais, mesmo estando longe ou perto vocês fizeram parte de uma das etapas mais importantes da minha vida, vocês são especiais do jeito que são... Adoro vocês!

À Unidade Universitária de Aquidauana/UEMS e seus funcionários pelo auxílio e disponibilidade durante as atividades desenvolvidas, muito obrigada. Minha eterna gratidão!

À todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a conclusão de mais uma etapa. Muito Obrigada!

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Composições nutricionais das dietas fornecidas aos animais durante o experimento de desempenho.....	44
Tabela 2 - Sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV) de dejetos de suínos que receberam dietas contendo diferentes níveis de energia líquida e ractopamina.....	46
Tabela 3 - Sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV) dos substratos e biofertilizantes e relação SV/ST de dejetos de suínos que receberam dietas contendo diferentes níveis de energia líquida e ractopamina.....	47
Tabela 4 - Produção acumulada semanal de biogás e potenciais de produção de biogás por dejetos de suínos que receberam dietas contendo diferentes níveis de energia líquida (EL) e ractopamina (RAC)....	49
Tabela 5 - Equações de regressão da produção acumulada semanal de biogás e dos potenciais de produção de biogás de dejetos de suínos que receberam dietas contendo diferentes níveis de energia líquida.....	50

LISTA DE FIGURA

	Página
Figura 1- Estrutura química da ractopamina.....	19
Figura 2- Mecanismo de ação dos agonistas β -adrenérgicos.....	20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

% – porcentagem
ABA – agonista β -adrenérgico
AC – enzima adenilato ciclase
AI – alcalinidade intermediária
AMPc – monofosfato cíclico de adenosina
AP – alcalinidade parcial
AT – alcalinidade total
ATP – trifosfato de adenosina
AVG – ácidos graxos voláteis
CH₄ – metano
cm- centímetro
CO₂ – dióxido de carbono
Cu – cobre
DBO – demanda bioquímica de oxigênio
DQO – demanda química de oxigênio
E – enzima
EL – energia líquida
EPO₄ – enzima fosforilada
g – grama
GLP – gás liquefeito de petróleo
Gs – proteína ativa
K – potássio
kcal – quilocalorias
kg – quilograma
L – Litro
m³ – metros cúbicos
mg – miligrama
mm - milímetro
N – nitrogênio
NaHCO₃ – bicarbonato de sódio
N amoniacal – nitrogênio amoniacal

NH_3 – amônia livre

$^{\circ}\text{C}$ – celsius

P – fósforo

P - Probabilidade

pH – potencial hidrogeniônico

PKA – proteína quinase A,

ppm – parte por milhão

PVC – policloreto de vinila

RAC – ractopamina

ST- sólidos totais

STa – sólidos totais adicionados

SV – sólidos voláteis

SVa – sólidos voláteis adicionados

SVr – sólidos voláteis reduzidos

ton – tonelada

Zn – zinco

β – beta

βAR – receptor β -adrenérgicos

Sumário

RESUMO.....	xiv
ABSTRACT	xv
Capítulo 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	17
1.1 Introdução	17
2. Revisão bibliográfica	18
2.1. Ractopamina e níveis de energia líquida na alimentação de suínos	18
2.2 A problemática dos dejetos de suínos	23
2.3 Digestão anaeróbia.....	24
2.3.1. O Processo.....	24
2.3.2. Produtos gerados	25
2.3.3 Fatores que interferem na digestão anaeróbia.....	27
2.3.3.1 Temperatura.....	27
2.3.3.2 Potencial de hidrogênio (pH) e alcalinidade	28
2.3.3.3 Componentes dos substratos.....	29
2.3.3.3.1 Compostos inibidores.....	30
3. Objetivo geral.....	32
3.1 Objetivos específicos.....	32
4. Referências.....	32
Capítulo 2 – Digestão anaeróbia de dejetos de suínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia líquida e ractopamina	38

RESUMO.....	38
ABSTRACT	39
INTRODUÇÃO.....	39
MATERIAL E MÉTODOS.....	41
RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
CONCLUSÕES.....	51
REFERÊNCIAS.....	51
Capítulo 3- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo avaliar a digestão anaeróbia de dejetos de suínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia líquida e ractopamina. O delineamento experimento foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x5 (ractopamina= 0 e 10ppm e energia líquida= 2.300; 2.425; 2.550; 2.675 e 2.800 kcal kg⁻¹). Foram utilizados dez biodigestores contínuos de bancada (7,8 L), operados com período de partida de 32 dias, com tempo de retenção hidráulica de 30 dias com carga diárias por 90 dias. Foram realizadas análises semanais de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), potencial de hidrogênio (pH), alcalinidade e nitrogênio amoniacal e a cada 15 dias foram realizadas análises de nitrogênio total e fósforo total. Diariamente foram registradas as produções de biogás para realização do cálculo dos potenciais de produção de biogás por kg de dejetos, ST e SV adicionados e SV reduzidos. Os dados foram ajustados utilizando-se as semanas como cofator. Para a variável ractopamina (suplementação ou não) as médias foram submetidas à comparação de médias pelo teste t e para a variável níveis de energia líquida, as médias foram submetidas à análise de regressão. O pH e o N-amoniacal dos substratos e biofertilizantes encontraram-se na faixa recomendada para o processo (pH 6 a 8 e 1.000 mg L⁻¹, respectivamente). Os teores de ST e de SV nos dejetos de suínos que receberam diferentes níveis de energia líquida e ractopamina, variaram de 32,29,4 a 38,46% e de 19,07 a 23,19%, respectivamente. Os substratos e biofertilizantes apresentaram valores médios de alcalinidade parcial de 2.595±305,79 e 4.865±407,18 mg CaCO₃ L⁻¹. As maiores relações SV/ST dos substratos foram observadas nos dejetos de suínos alimentados com maiores níveis de energia líquida com ou sem ractopamina. Não foi observado efeito da interação entre os níveis de energia líquida e ractopamina, nem efeito da suplementação com ractopamina na produção de biogás e nos potenciais de produção de biogás. Entretanto, houve efeito dos níveis de energia líquida para todas essas variáveis. Por meio da análise de regressão constatou-se aumento linear ($P<0,05$) para a produção de biogás e para os potenciais de produção de biogás dos dejetos à medida que foram aumentados os níveis de energia líquida das dietas fornecidas aos animais. Conclui-se que maiores produções de biogás são obtidas por dejetos de suínos em terminação que recebem dietas contendo maiores níveis de energia líquida. O fornecimento de ractopamina para os animais

não contribui e nem oferece riscos de falência para o processo de digestão anaeróbia.

Palavras – chave: beta-adrenérgico, biodigestores, reduções de sólidos, suinocultura

ABSTRACT

This study aims to examine the anaerobic digestion of manure from swine fed on diets based on levels of net energy and ractopamine. The experimental design was performed with randomized blocks, factorial model 2x5 (ractopamine = 0 and 10ppm and net energy = 2,300, 2,425, 2,550, 2,675 and 2,800 kcal kg⁻¹). Tests were performed using 10 batch and continuous digesters during an initial period of 32 days, with hydraulic retention time of 30 days, charged daily for 90 days. We weekly analyzed total solids (TS), volatile solids (VS), potential of hydrogen (pH), alkalinity and ammonia nitrogen every 15 days and further analyzes were performed for total nitrogen and total phosphorus. We registered daily biogas production in order to performing the calculation of the potential of biogas per kg of manure, added TS and VS, and reduced VS. Data were adjusted through each week as parameter. To ractopamine variable (supplementation or not) the averages were subjected to comparison of means by t-test for variable levels of net energy, those averages were subjected to regression analysis and pH ammonia-N substrates and biofertilizers according the recommended range for that process (pH 6-8 and 1000 mg L⁻¹, respectively). The levels of TS and VS in manure from swine fed on different levels of net energy and ractopamine ranged from 38.46% to 32.29,4 and 19.07 to 23.19%, respectively. The substrates and biofertilizers showed average values of partial alkalinity of 2.595 ± 4.865 and 305.79 ± 407.18 mg CaCO₃ L⁻¹. The greatest ratio VS / TS substrates were observed in manure from pigs fed on higher levels of net energy with or without ractopamine. We didn't find interaction effect between levels of net energy and ractopamine, effect of supplementation with ractopamine in biogas production and biogas production potentials. However, there was effect of net energy levels for all of those variables. Through regression analysis, we found some linear increase ($P < 0.05$) for biogas production and potential production of biogas from waste as the net energy levels of the different diets were raised. We conclude that greatest

yields are obtained by biogas manure from finish swine fed on diets containing higher levels of net energy. The provision of ractopamine does not contribute to the animals and does not present risks of failure for the anaerobic digestion process.

Keywords: beta-adrenergic, digesters, solid reductions, swine

Capítulo 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 Introdução

No sistema de produção de suínos, a fase de terminação é a que apresenta maior mudança na composição da carcaça, com o aumento da deposição de gordura. Nesta fase, ocorre também à piora na conversão alimentar em razão do aumento da deposição de gordura (ROSA, 2013).

A gordura suína tem sido um produto de menor aceitabilidade pelo consumidor que tem preferência em consumir carnes magras. O acréscimo de gordura na carcaça é dependente de fatores que regulam a repartição de nutrientes no adipócito, esse aumento de gordura fica mais evidente com o aumento do peso de abate (BELLAVAR et al., 1991).

Desta forma, os suinocultores e as indústrias observando essa nova tendência do mercado por carnes mais magras, têm buscado formular dietas específicas para melhorar a eficiência de utilização dos nutrientes pelos animais, diminuir o teor de gordura e aumentar a quantidade de carne na carcaça dos suínos

Diante disso, aditivos tem utilizados na nutrição de suínos com o intuito de melhorar o aproveitamento dos nutrientes pelos animais e reduzir o teor de gordura nas diferentes fases do ciclo de produção, principalmente na fase de terminação.

Dentre os aditivos comumente utilizados, destaca-se a ractopamina, um agonista beta-adrenérgico, considerado um repartidor de nutrientes, que tem a capacidade de alterar o metabolismo animal, bloqueando a lipogênese, estimulando a lipólise, aumentando assim a deposição de proteína e reduzir a deposição de gordura (AGOSTINI et al., 2011; ALMEIDA et al., 2012).

Em geral, a ractopamina tem proporcionado redução na espessura de toucinho, aumento do ganho de peso, a deposição de tecido muscular, o rendimento de carcaça e conseqüentemente, melhorando a eficiência alimentar (CANTARELLI, 2007; GONZALEZ, et al., 2009; ALMEIDA et al., 2010).

Ajustes nutricionais nas formulações das dietas são necessários para que a ractopamina expresse seu máximo benefício, isso ocorre devido à necessidade crescente de nutrientes para suportar o aumento da deposição muscular resultante da inclusão dos agonistas β -adrenérgico na dieta (JACELA et al., 2009).

Uma alternativa para maximizar a ação da ractopamina é a adequação dos níveis energéticos. A utilização de energia líquida pode atender melhor às exigências dos animais, reduzindo os custos energéticos da ingestão e digestão dos alimentos, pois parte da energia metabolizável se perde nos processos de digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes na forma de incremento calórico (NOBLET, 1996).

Mesmo com a utilização de aditivos e o balanceamento das dietas pelo conceito de energia líquida, os nutricionistas e produtores vem enfrentado problemas com o destino dos dejetos gerados pelos animais.

Uma forma de reduzir o poder poluente dos dejetos é tratá-los em biodigestores anaeróbios. O biodigestor representa uma excelente alternativa tecnológica para o tratamento de resíduos, dando um destino adequado, reduzindo o impacto ambiental causado pelos resíduos das atividades rurais, isto em busca da sustentabilidade e proteção ao meio ambiente, gerando energia limpa, renovável e ganhos ambientais.

Os dados da literatura sobre a associação da ractopamina e os níveis de energia líquida utilizados na alimentação de suínos para melhorar o desempenho, características de carcaças e suas influências na composição dos resíduos gerados ainda são escassos. Portanto, estudos que associem a utilização de ractopamina e níveis de energia líquida sobre a qualidade dos dejetos são necessários para tomadas de decisões para redução do potencial de poluição.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Ractopamina e níveis de energia líquida na alimentação de suínos

Na produção de suínos, a fase de terminação é a que apresenta menor eficiência alimentar, com maior consumo de ração para produzir um quilograma de carne. Isso ocorre devido os animais aumentarem a capacidade de consumo, excedendo a quantidade de nutrientes necessários para atingir o potencial máximo de deposição de carne, aumentando a deposição de gordura na carcaça (TADEU FILHO et al., 2008).

A utilização da ractopamina nas dietas de suínos tem sido estudada pelos nutricionistas com a finalidade de diminuir a deposição de gordura na carcaça.

A ractopamina é um agonista beta-adrenérgico, classificado como fenetanolamina, considerado um repartidor de nutrientes, uma vez que age alterando o metabolismo animal, inibindo a lipogênese, estimulando a lipólise, aumentando assim a deposição de proteína e reduzir a deposição de gordura (AGOSTINI et al., 2011; ALMEIDA et al., 2012) e também ocorre aumento na retenção dos nutrientes, especialmente nitrogênio (N) e fósforo (P) (DECAMP et al., 2001).

As fenetanolaminas se ligam aos receptores α e β adrenérgicos e são caracterizadas pela presença de um anel aromático, uma cadeia lateral da etanolamina e o nitrogênio alifático (Figura 1) (ALMEIDA et al., 2012).

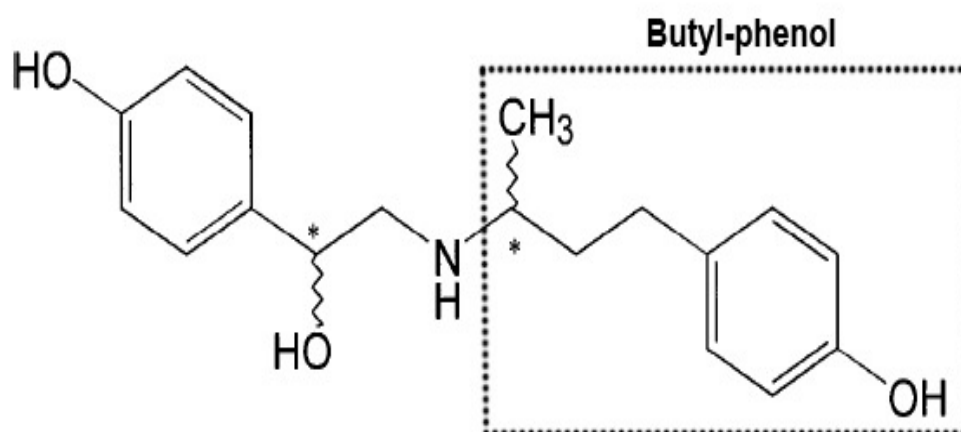


Figura 1- Estrutura química da ractopamina (Adaptado por Almeida et al., 2012).

O mecanismo de ação da ractopamina está relacionado com a estimulação de receptores da membrana celular, após a estimulação do receptor β - agonista (Figura 2) que funciona como primeiro mensageiro.

O complexo β adrenérgico ou receptor (β AR) fixa-se sobre uma proteína de ligação, que quando ativada, induz a uma modificação na fluidez da membrana, permitindo assim o seu deslocamento lateral e estimula a ação catalítica da enzima adenilato ciclase, situada na face interna da membrana plasmática (SOUZA, 2011; ALMEIDA et al., 2012).

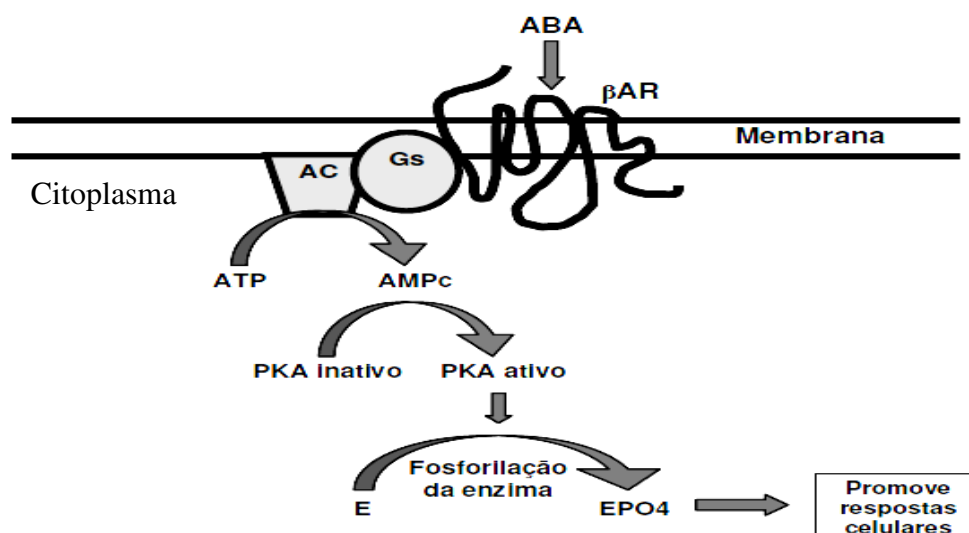


Figura 2- Mecanismo de ação dos agonistas β -adrenérgicos. ABA: agonista β -adrenérgico, β AR: receptor β -adrenérgicos, Gs: proteína ativa, AC: enzima adenilato ciclase, ATP: trifosfato de adenosina, AMPc: monofosfato cíclico de adenosina, PKA: proteína quinase A, E: enzima, EPO4: enzima fosforilada (Moody et al., 2000 adaptado por Souza, 2011).

Após a complexação entre agonista-receptor (β_1 e β_2), o complexo gerado se fixa sobre as proteínas Gs (guanosina difosfato). A α -subunidade das proteínas Gs ativa o adenilato ciclase, que transforma trifosfato de adenosina (ATP) em monofosfato de adenosina cíclico (AMPc), passando esta molécula a atuar como segundo mensageiro (SOUZA, 2011; ALMEIDA et al., 2012).

O AMPc ativa a proteína quinase A e ocorre a fosforilação de algumas proteínas intracelulares, na qual algumas dessas proteínas atuam com enzimas que se ativam devido a esse processo, resultando na estimulação da lipólise e redução da lipogênese (SOUZA, 2011; ALMEIDA et al., 2012).

Pesquisas mostram que a suplementação de ractopamina na alimentação de suínos em terminação resultam em melhorias no desempenho, composição de carcaça e nas características de carcaça.

Armstrong et al. (2004) estudaram os efeitos da ractopamina sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de suínos em terminação, observaram que a inclusão da ractopamina aumentou o ganho de

peso diário, a conversão alimentar, além de reduzir a espessura de toucinho, aumentar a área de olho de lombo, a percentagem de carne e a relação carne/gordura na carcaça.

De acordo com Mimbs et al. (2005), a adição de 10 ppm de ractopamina/kg de dieta, para suínos em terminação melhorou em 6,89% a conversão alimentar.

Pesquisas tem demonstrado que a suplementação de ractopamina proporciona melhora de aproximadamente 4% na conversão alimentar dos animais, quando consumido 5ppm de ractopamina (ALMEIDA et al., 2010). Esta melhora pode estar relacionada ao direcionamento dos nutrientes para a deposição de tecido muscular, uma vez que a síntese de 1 kg de músculo requer menos energia que a síntese de 1 kg de gordura (MOSER et al., 1986 apud ALMEIDA et al., 2010).

A inclusão da ractopamina em dietas de suínos em terminação aumenta a retenção de N e melhora o desempenho dos animais com a elevação na deposição de proteína, influenciando positivamente sobre a eficiência de utilização de nutrientes pelos animais (CANTARELLI et al., 2009).

Desta forma a ractopamina, além de aumentar a eficiência na produção de carne suína reduz o impacto ambiental pelo aumento na retenção de nutrientes, principalmente N e P.

DeCamp et al. (2001), avaliaram os efeitos de ractopamina dietética na retenção de N, P e excreção na urina e fezes de suínos em terminação. Observaram que o fornecimento de ractopamina na dieta por um período de 28 dias aumentou a retenção de N em torno de 0,64g também houve redução na excreção de N de aproximadamente 0,56g e diminuição no volume total de dejetos 2,1L. O uso do aditivo também foi responsável pela diminuição de P na urina, cerca de 41%, enquanto que a retenção de P absorvido aumentou cerca de 7%.

Ross et al. (2011) relataram que a utilização de 5 ou 10 mg de ractopamina na dieta de suínos melhorou a retenção de N de 49,3 para 53% e reduziu a excreção de N de 35,1 para 30,2%, diminuindo assim o N nas fezes.

Watanabe et al. (2013), ao avaliaram a produção de fezes + urina animal, N e P nas fezes de suínos alimentados com dietas contendo concentrações crescentes de ractopamina (0, 5, 10 e 15 mg kg⁻¹ de dieta),

concluíram que a ractopamina na dieta reduz a produção de fezes + urina e a excreção de N e P, o que diminuindo o impacto ambiental causado pelos dejetos dos animais na fase de terminação.

A suplementação da ractopamina na dieta aumenta a concentração de lisina na proteína depositada pelos suínos de 6,80 para 7,15% (SCHINCKEL et al., 2003). Entretanto, a relação lisina: energia e o nível de energia para melhorar o desempenho e as características de carcaças dos suínos são superiores ao nível recomendado pela literatura quando a ractopamina é incluída nas dietas (APPLE et al., 2004).

Pesquisas têm mostrado que o consumo de energia leva a deposição de proteína. Esta energia é consumida pelos animais até atingir um ponto máximo, a partir deste nível qualquer aumento na ingestão de energia leva à deposição de gordura (HINSON et al., 2011).

Payne (2006) relata que durante anos os nutricionistas formularam dietas de suínos com base na energia digestível (ED) e metabolizável (EM), mas boa parte da energia contida nestes dois sistemas é perdida na urina.

A utilização de energia líquida (EL) é uma alternativa que muitos pesquisadores estão utilizando em dietas de suínos para estimar a quantidade de energia verdadeira necessária para manutenção e produção (carne, leite) já que nela estão consideradas as perdas calóricas (PAYNE, 2006).

A utilização do sistema de EL melhora o desempenho e as características de carcaça. Moura et al. (2011), ao avaliarem os níveis de energia líquida (2.300; 2.424; 2.548 e 2.668 kcal kg⁻¹ de ração) e ractopamina (0 e 20 ppm) em dietas para leitoas em terminação sob conforto térmico, observaram interação entre níveis de energia líquida e ractopamina. A inclusão de 20 ppm de ractopamina em dietas contendo 2.668 kcal de energia líquida kg⁻¹ de dieta ocasionou redução da espessura de toucinho e aumento da porcentagem de carne magra e do índice de bonificação de carcaças.

Apple et al. (2004) avaliaram dois níveis de energia (3,30 e 3,48 Mcal EM kg⁻¹), três níveis de lisina (1,7; 2,4 e 3,1 g de lisina Mcal⁻¹) e a suplementação com 10 ppm de ractopamina na alimentação de suínos em terminação. Os autores observaram que a relação lisina: energia interferiu no desempenho e nas características das carcaças dos animais. O nível de energia metabolizável com 3,30 Mcal foi suficientes para otimizar a deposição

de tecido magro e tanto o desempenho como as características de carcaça foram melhoradas, pois a relação lisina: energia aumentou de 1,7 para 3,1 g Mcal⁻¹.

2.2 A problemática dos dejetos de suínos

Os dejetos de origem animal são conhecido popularmente por esterco, definidos como uma mistura de fezes, urina, água desperdiçada nos bebedouros e de higienização, resíduos de ração, pelos, poeira e outros materiais resultantes do processo criatório (DIESEL et al., 2002).

As quantidades de fezes e urina são afetadas por fatores zootécnicos, como tamanho, raça, sexo e atividade, fatores ambientais como temperatura e umidade e fatores dietéticos como digestibilidade, conteúdo de fibra e proteína (BORDIM et al., 2005).

Desta forma a quantidade total de esterco produzida por um suíno varia de acordo com o seu desenvolvimento ponderal, podendo apresentar valores decrescentes de 8,5 a 4,9% em relação a seu peso vivo/dia para a faixa de 15 a 100 kg (BORDIM et al., 2005)

Um dos componentes que influi no volume dos dejetos é a produção de urina que, por sua vez, depende diretamente da quantidade de água ingerida. Suínos em crescimento e terminação consomem em média 5,5 L de água/animal/dia e produzem 2,0 a 2,5 L de urina por dia (BEZERRA, 2005).

Os dejetos de suínos podem apresentar grandes variações em seus componentes, dependendo do sistema de manejo adotado, da quantidade de água e nutrientes em sua composição, por exemplo, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) que é o indicador que expressa o potencial poluidor da atividade varia de 11 a 38g L⁻¹, sólidos totais (ST) de 12 a 49g L⁻¹, sólidos voláteis (SV) de 8 a 39g L⁻¹, N de 1 a 3g L⁻¹, P de 0,3 a 1g L⁻¹ e o potássio (K) de 0,2 a 1g L⁻¹ (DIESEL et al., 2002).

Um suíno de 68 kg de peso vivo produz uma carga orgânica de 0,00013g L⁻¹ de DBO, isto tem quatro vezes o equivalente populacional humano, ou seja, um suíno médio produz quatro vezes maior potencial poluidor que um humano (BEZERRA, 2005).

O N pode estar presente nos dejetos de quatro formas: N orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato (SOUZA et al., 2009). A concentração de cobre (Cu) e zinco (Zn) nos dejetos varia de 0,9 a 1,6g kg⁻¹ e de 0,3 a 1,8g kg⁻¹, respectivamente (KUNZ et al., 2005).

Nagae et al. (2005), realizaram a caracterização dos dejetos de suínos em crescimento e terminação criados no sistema de lâmina d'água sob duas condições diferentes de manejo de limpeza da lâmina d'água (fase 1: 48 horas e fase 2: 24 horas). Observaram produção média de dejetos líquidos nas duas fases, de 10,8 L suíno⁻¹ dia⁻¹. Para os parâmetros de pH, ST, SV e demanda química de oxigênio (DQO) os valores médios encontrados nas duas fases foi de 7,35; 34g L⁻¹, 27 g L⁻¹ e 30g L⁻¹ respectivamente. A quantidade médias de N, P e K foram de 3,0g L⁻¹; 1,6g L⁻¹ e 1,8g L⁻¹ respectivamente.

2.3 Digestão anaeróbia

2.3.1. O Processo

A digestão anaeróbia é um sistema de tratamento no qual a matéria orgânica em meio anaeróbio, é degradada até a forma de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) (DEMIRER & CHEN, 2005). Para a reciclagem dos dejetos são utilizados os biodigestores que conferem meio anaeróbio para o substrato fermentar e que estão presentes no meio rural e urbano sob vários tipos e operações.

Durante o processo de digestão anaeróbia em que estão envolvidos muitos microrganismos que se beneficiam do substrato para suas atividades metabólicas e reprodutivas, ocorrem três fases: hidrólise, acidogênese e metanogênese, considerando que durante o processo, todas as fases ocorrem simultaneamente (KRANERT et al., 2012).

A fase de hidrólise envolve a transformação mediada por enzimas extracelulares dos compostos insolúveis e dos compostos com alto peso molecular como carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos em compostos solúveis mais simples como os monossacarídeos, os aminoácidos e os ácidos graxos. As bactérias que hidrolisam a matéria orgânica nessa fase são facultativas e anaeróbias estritas (KRANERT et al., 2012).

Na fase de acidogênese, os monômeros são transformados em álcoois ácidos graxos voláteis (AGV) por bactérias de acidificação. Na fase de acetogênese os AGV são transformados pelas bactérias acetogênicas em ácido acético e ácido fórmico, liberando também hidrogênio e CO₂ e outros ácidos orgânicos como o propiônico e o butírico que devem ser convertidos em ácido acético. Na fase metanogênica, o ácido acético, o hidrogênio e o dióxido de carbono são convertidos em biogás pelas *archeas* metanogênicas (KRANERT et al., 2012). Os produtos finais deste processo são o biogás e o biofertilizante.

2.3.2. Produtos gerados

A utilização de biodigestores é uma alternativa tecnológica para o gerenciamento dos dejetos de animais, o que permite a agregação de valor ao resíduo mediante a utilização do biogás produzido em sistemas de geração de energia e calor, além da produção de biofertilizante para uso agrônomo (PERDOMO et al., 2003).

Os biodigestores podem ser construídos de pedra ou tijolo e a campânula de ferro, fibra de vidro ou PVC.

O processo da digestão anaeróbia é um sistema de tratamento que consiste na transformação de compostos orgânicos complexos em substâncias mais simples, como CH₄ e CO₂, através da ação combinada de diferentes microrganismos que atuam na ausência de oxigênio (OLIVEIRA & HIGARASHI, 2006).

O biogás produzido no processo de digestão anaeróbia é composto de aproximadamente de 60 a 70% de CH₄ e de 30 a 40% de CO₂ e vapor de água (STARR et al., 2012). O CH₄ gerado nos biodigestores pode ser aproveitado como fonte de energia térmica ou elétrica e usada em substituição ao gás liquefeito de petróleo (GLP) ou à lenha; e pode ser considerado como uma fonte de energia renovável.

Além dos aspectos ambientais e da redução na emissão de gases de efeito estufa, a produção de biogás pode agregar valor à produção, tornando-a economicamente sustentável, por meio da geração de energia e a valorização agrônomo do biofertilizante (OLIVEIRA, 2004).

Segundo Pergher (2006) o poder calorífico do biogás é de aproximadamente 5000 a 7000 kcal/m³, desta forma a cada 1 m³ de biogás purificado equivale, aproximadamente, ao valor energético de 0,45 L de GLP; 0,55 L de óleo diesel; 0,61 L de gasolina; 0,58 de querosene; 1,5 de lenha e 1,43 kW de eletricidade.

O biogás também pode ser usado na propriedade nas seguintes atividades: iluminação, aquecimento, refrigeração, secagem de grãos, incubadoras, misturadores de ração, geradores de energia elétrica.

Campos et al. (2004), estudaram o fluxo energético contido em sistema de tratamento de dejetos de suínos por meio de biodigestores com produção de biogás como fonte alternativa para co-geração de energia. Observaram em uma granja com 1700 matrizes em sistema UPL (unidade produtora de leitões) que sua produção era de 3400 leitões/mês e a produção de dejetos líquidos era de 47L matriz⁻¹ dia⁻¹, totalizando 80m³ dia⁻¹, o que produziu 208m³ dia⁻¹ de biogás com produção de energia elétrica de 35,2 kWh dia⁻¹.

O uso do biofertilizante é outra vantagem, pois pode ser utilizado como adubo orgânico, fertilizante de lavouras, trazendo ganhos econômicos ao produtor, sem comprometer a qualidade do solo e do ambiente. Este biofertilizante é o efluente resultante da fermentação anaeróbia da matéria orgânica, na ausência de oxigênio, por um determinado período de tempo (MEDEIROS & LOPES, 2006).

O biofertilizante apresenta várias características positivas para o solo: aumenta a retenção de umidade, melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas, melhora a estrutura e atividade microbológica, fornece nutrientes minerais como N, P e K, além de apresentar baixa concentração de sólidos, o que proporciona uma melhor incorporação junto ao solo (RIZZONI et al., 2012).

O biofertilizante de dejetos de suínos contém teores médios de 3,2% de N e 0,22% de P (KUNZ & OLIVEIRA, 2006). É considerado um adubo orgânico isento de agentes causadores de doenças e pragas às plantas. A sua aplicação pode ser feita diretamente no solo em forma líquida ou seca (OLIVER et al., 2008).

2.3.3 Fatores que interferem na digestão anaeróbia

Para que ocorra o processo de fermentação anaeróbia é necessário que se tenha condições favoráveis para o crescimento de biomassa de microrganismo e com isso ocorra à eficiência do processo. Existem vários fatores que podem favorecer ou não o processo, entre estes fatores tem-se a temperatura, pH, composição do substrato e a porcentagem de sólidos totais e a interação entre os microrganismos envolvidos (ABBASI et al., 2012).

2.3.3.1 Temperatura

Dos fatores físicos que afetam a atividade microbiana, a temperatura é um fator importante no processo de digestão anaeróbia, pois pode afetar na velocidade do metabolismo bacteriano, na solubilidade dos substratos e no equilíbrio iônico (ORRICO JÚNIOR, 2007; RIZZONI et al., 2012).

As mudanças bruscas de temperatura no digestor podem prejudicar o seu desempenho, visto que as *archeas* metanogênicas são sensíveis à variação de temperatura. No processo de digestão estas *archeas* funcionam em três diferentes faixas de temperatura, a termofílica acima de 45°C, mesofílica de 25 e 45°C e psicofílica menor que 25°C. Fora deste limite os microrganismos não são capazes de sobreviver (ABBASI et al., 2012).

O processo de digestão se faz mais efetivo na faixa mesofílica em que à temperatura ideal esteja em torno de 35° C e na faixa termofílica em torno de 55°C (ABBASI et al., 2012).

Souza et al. (2005) avaliaram a partida de biodigestores de bancada, alimentados com dejetos de suíno, com 6 g L⁻¹ de ST, submetidos a três temperaturas diferentes (25, 35 e 40 °C) e agitação do substrato. Os resultados demonstraram que a agitação não interferiu e que as temperaturas de 35 e 40 °C favoreceram a partida dos biodigestores, pois resultaram em maior produção acumulada de biogás e em menor tempo, quando comparadas a de 25 °C.

2.3.3.2 Potencial de hidrogênio (pH) e alcalinidade

A interação entre o pH e a alcalinidade quando bem controlados caracterizam estabilidade do processo de digestão anaeróbia, favorecendo altas taxas de metanogênicas e maior produção de biogás.

A maioria das bactérias se desenvolvem em pH próximo da neutralidade, entre 6,5 e 7,5. Nas fases de hidrólise e Acidogênese os microrganismos têm um crescimento ótimo na faixa de pH entre 5,5 e 6,5, mas suportam valores de pH mais baixos, já as *arqueas* metanogênicas têm um crescimento ótimo em uma faixa de pH entre 6,6 e 7,4 (CHERNICHARO, 1997; WARD et al., 2008).

A produção ótima de biogás ocorre quando o valor de pH está entre 6 e 7. Durante o período inicial de digestão as grandes quantidades de ácidos orgânicos são produzidos e o pH da mistura diminui, a digestão prossegue e há aumento da concentração de amônia, devido à digestão de N e com isso o valor de pH aumenta e quando a produção de CH₄ estabiliza, o pH se mantém entre 7,2 e 8,2 (ABBASI et al., 2012).

Os microrganismos produtores de CH₄ têm um crescimento ótimo na faixa de pH de 6,7 a 7,5. O pH menor que 6 deve ser evitado e pH maior que 10 conduz a um grave dano no sistema microbiano, afetando o sistema do digestor (KRANERT et al., 2012).

O pH pode interferir no processo anaeróbio de forma direta, em que as suas variações afetam a atividade das enzimas, alterando suas estruturas proteicas, ou indiretamente, provocando a alteração de substâncias, aumentando a toxicidade do meio (CHERNICHARO, 1997).

A alcalinidade no reator se origina de dois processos de amonificação (mineralização de nitrogênio orgânico) e remoção de AGV, considerada uma medida da capacidade de tamponamento das bactérias ácidas presentes no meio (PEREIRA et al., 2009).

A alcalinidade é determinada em três estágios, a alcalinidade parcial (AP), alcalinidade intermediária (AI) e alcalinidade total (AT).

A AP está relacionada à presença de íons bicarbonato responsáveis pelo tamponamento do sistema no valor de pH desejado para as atividades biológicas (SILVA & NOUR, 2005), este método consiste em titular amostra até o pH=5,75 (RIPPLEY et al., 1986).

A Al está relacionada aos ácidos voláteis, que consiste em titular amostra até pH= 4,30 (RIPPLEY et al., 1986), enquanto que a AT correlaciona todos os compostos capazes de neutralizar ácidos incluindo-se, entre outros, os íons carbonatos, bicarbonatos e os ácidos orgânicos voláteis (SILVA & NOUR, 2005).

2.3.3.3 Componentes dos substratos

Para que o processo de digestão anaeróbia ocorra de forma adequada é necessário que o substrato apresente nutrientes suficientes para o crescimento e atividade dos microrganismos.

Dentre os nutrientes importante para o processo biológico da metanogênese, destaca a relação carbono:nitrogênio (C:N), concentração de sólidos, presença de inoculo, nutrientes e a interação entre os microrganismos envolvidos (ABBASI et al., 2012).

A relação C:N do substrato é importante para que haja a formação dos ácidos orgânicos que irão transformados pelas *archeas* metanogênicas em biogás. A relação ideal deve estar em torno de 20 a 30:1, caso esteja abaixo ou acima desses níveis pode ocorrer inibição do crescimento dos microrganismos e baixa produção de biogás. A relação C:N média de esterco de suínos é de 18 (ABBASI et al., 2012).

A concentração de sólidos do substrato é outro aspecto importante a ser observado no processo de digestão anaeróbia. Em experimento com biodigestores batelada, Lucas Junior et al. (1993) encontraram melhor produção de biogás quando o teor de ST do substrato foi menor que 8% em relação ao teor de ST de 16% e a presença de inoculo adicional antecipou o pico de produção de biogás nos dois casos (8 e 16 % de ST).

A utilização de inóculo no substrato é realizado com o intuito de acelerar o processo, fornecendo ao novo substrato uma população adicional de microrganismos típicos da digestão anaeróbia, isto favorece ao aumento na produção de biogás (XAVIER E LUCAS JUNIOR, 2010).

A utilização de inóculo também reduz o tempo de início de operação do biodigestor até a estabilidade de funcionamento, assim o uso de inoculo poderá

antecipar o pico de biogás e aumentar o número de microrganismos presente no interior do biodigestor (TREVIZAN, 2013).

Steil (2001) avaliando três concentrações de inóculo (0, 10 e 15%) com resíduos de postura, de suíno e cama de frango, concluíram que as concentrações de 10% para resíduos de aves de postura e frangos de corte, e 15% para resíduos de suínos promoveram melhores resultados.

A disponibilidade de certos nutrientes é essencial para o crescimento e atividade microbiana, como o carbono (C), N e P, essenciais para todos os processos biológicos. O C é a fonte de energia para o metabolismo das bactérias, enquanto o N é importante na construção da estrutura das células (MIRANDA, 2009). O P é utilizado pelos microrganismos na forma de ortofosfato inorgânico, que pode ser incorporado pelas células em crescimento, através da mediação de enzimas chamadas fosfatases (CHERNICHARO, 1997).

De acordo com o mesmo autor o enxofre também é considerado um dos nutrientes necessários à metanogênese. Os microrganismos assimilam o enxofre na forma de sulfetos, que são originados a partir da redução biológica de sulfatos, sendo necessário para a síntese de proteínas.

A quantidade de nutriente é variável, ou seja, se este não atingir a concentração mínima exigida, pode limitar o crescimento dos microrganismos, enquanto que se a concentração do nutriente exceder determinado valor, ela pode se tornar tóxica, inibindo a atividade e o crescimento bacteriano (TREVIZAN, 2013).

O tipo de substrato pode acelerar ou retardar a produção de biogás, isto devido ao tempo de adaptação que os microrganismos necessitam para iniciar o processo. O nitrogênio, embora essencial ao processo, pode tornar-se um fator inibitório quando em altas concentrações na forma de amônia.

2.3.3.3.1 Compostos inibidores

Existem diversas substâncias que provocam efeito tóxico no processo de digestão anaeróbia. A magnitude desse efeito depende da concentração do material em digestão, que pode ter efeito benéfico quando há baixa concentração.

Os principais agentes tóxicos da digestão anaeróbia são amônia livre, AGV, hidrogênio, sulfatos, sulfetos e cátions. Entre estes inibidores a amônia livre e AGV são os mais comuns (GONZÁLEZ-FERNANDEZ & GARCÍA-ENCINA, 2009).

A amônia é produzida pela degradação biológica de material nitrogenado, principalmente sob a forma de proteínas, ureia e ácidos nucleicos (GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ & GARCÍA-ENCINA, 2009). O íon amônia (NH_4^+) e a amônia livre (NH_3) são produzidos pela degradação de compostos nitrogenados, e podem atuar inibindo o sistema por meio do aumento da exigência de energia de manutenção e mudanças de pH intracelular dos microrganismos (CHEN et al., 2008).

Estudos demonstram que concentrações de amônia livre acima de 200 mg L^{-1} são tóxicas aos microrganismos metanogênicos (CHEN et al., 2008), enquanto que o limite máximo de segurança para o íon amônia é da ordem de 1.000 mg L^{-1} (CHERNICHARO, 1997). Enquanto que em trabalho de Rajagopal et al. (2013) considera inibição por NH_4 em condições de pH elevado acima de $1500\text{-}3000 \text{ mg L}^{-1}$.

Entretanto ressaltam que a inibição por N amoniacal pode ser influenciada pelo tipo de substrato, inóculo, condições ambientais como pH, temperatura e períodos de aclimação (CHEN et al., 2008).

Outro aspecto a ser considerado no processo de digestão anaeróbia é a concentração de AGV, que são produtos intermediários da digestão anaeróbia.

Altas concentrações de AGV podem estar relacionadas à instabilidade nas inter-relações estabelecidas entre as diferentes populações anaeróbias. Para que a digestão anaeróbia ocorra normalmente, a concentração de AGV deve estar em equilíbrio com a alcalinidade do sistema (STEIL, 2001).

A inibição do processo por AGV está associada ao pH, ou seja, os baixos valores de pH estão associados a altas concentrações de AGV, causando falência do processo (STEIL, 2001). Esta inibição no digestor ocorre quando sua concentração é acima de 4.000 mg L^{-1} (WARD et al., 2008).

3. Objetivo geral

Avaliar o processo de digestão anaeróbia de dejetos de suínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia líquida e ractopamina.

3.1 Objetivos específicos

Avaliar níveis de energia líquida (2.300; 2.425; 2.550; 2.675 e 2.800 kcal kg⁻¹) e ractopamina (0 e 10ppm) nas dietas de suínos em terminação sobre:

- Risco de falência do processo de digestão anaeróbia;
- Produção acumulada de biogás;
- O potencial de produção de biogás dos dejetos por meio da digestão anaeróbia.

4. Referências

ABBASI, T.; TAUSEFF, S. M.; ABBASI, S. A. **Biogas energy**. 2 ed. New York Dordrecht Heidelberg London: Springer, 2012, 180p.

AGOSTINI, P. S.; SILVA, C. A.; BRIDI, A. M.; ABRAM, R. A. M.; Pacheco, G. D., Lozano, A.P.; Ywazaki, M. S.; Dalto, D. B.; Gavioli, D. F.; Oliveira, E. R.; Bonafé, E. G.; Souza, N. E.; Visentainer, J.V. Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno. **Archivos de Zootecnia**, v.60, n.231, p.659-670, 2011.

ALMEIDA, V. V.; NUNEZ, 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.

ALMEIDA, V.V.; BERENCHTEIN, B.; COSTA, L. B.; TSE, M. L. P.; BRAZ, D. B.; MIYADA, 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.

APPLE, J.K.; MAXWELL, C.V.; BROWN, D.C.; FRIESEN, K. G.; MUSSER, R. E.; JOHNSON, Z. B.; ARMSTRONG, T. A. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.82, p.3277-3287, 2004.

ARMSTRONG, T. A.; IVERS, D. J.; WAGNER, J. R.; ANDERSON, D. B.; WELDON, W. C.; BERG, E. P. The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and

meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, n.11, p.3245-3253, 2004.

BELLAVER, C., FIALHO, E.T., FÁVERO, J., AJALA, L.C., MENDES, J. Níveis de ractopamina na dieta e efeitos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos em terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n.10, p.1795-1802, 1991.

BEZERRA, S. A. Gestão ambiental da propriedade suinícola: um modelo baseado em um biossistema integrado. **Revista Ciências Empresariais da UNIPAR**, v.6, n.2, p.153-186, 2005.

BORDIM, R. A.; PEREIRA, C. A. D.; EBOLI, M.; ARTILHEIRO, R.; FREITAS, C. A produção de dejetos e o impacto ambiental da suinocultura. **Sistema Anhanguera de Revista Eletrônica**, v.3, n.3, p. 1-4, 2005.

CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T.; SANTOS, E. P.; CASIMIRO, E. L. N.; NAGAE, R. Y.; WEISS FILHO, W.; DAGA, J. Análise energética de biodigestores tubulares usando dejetos de suínos. IN: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5, 2004, Campinas, **Proceedings online...** Campinas: Meio Rural, 6p, 2004.

CANTARELLI, V. S.; TADEU FILHO, E.; ALMEIDA, E. C.; ZANGERONIMO, M. G.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F. Ractopamine for finishing barrows fed restricted or ad libitum diets: performance and nitrogen balance. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.12, p.2375-2382, 2009.

CANTARELLI, V.S. **Ractopamina em rações para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita**. 2007. 108f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CHEN, Y.; CHENG, J. J.; CREAMER, K. S. Inhibition of anaerobic digestion process: A review. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 4044-4064, 2008.

CHERNICHARO, C., A. L. Fundamentos da digestão anaeróbia. In: _____. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias - Reatores Anaeróbios**. 2 ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, p.31-97, 1997.

DECAMP, S. A.; HANKINS, S. L.; CARROLL, A. L.; IVERS, D. J.; RICHERT, B. T.; SUTTON, A. L.; ANDERSON, D. B. Effects of Ractopamine and level of dietary crude protein on nitrogen and phosphorus excretion from finishing pigs. **Purdue University Swine Research Report**, p.97-102, 2001.

DEMIRER, G.N.; CHEN, S. Two-phase anaerobic digestion of unscreened dairy manure. **Process Biochemistry**, v.40, n.4, p.3.542-3.549, 2005.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos de suínos. **Boletim informativo de Pesquisa e Extensão (BIPERS)**. EMBRAPA - CNPSA e EMATER-RS, 30 p. 2002.

GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, C., GARCÍA-ENCINA, P.A. Impact of substrate to inoculum ratio in anaerobic digestion of swine slurry. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, p. 1065-1069, 2009.

HINSON, R. B.; WIEGAND, B. R. RITTER, M. J.; ALLE, G. L.; CARR, S. N. Impact of dietary energy level and ractopamine on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.89, p. 3572–3579, 2011.

JACELA, J. Y.; DEROUCHÉY, J. M.; TOKACH, M. D.; GOODBAND, R. D.; NELSEN, J. L.; RENTER, D. G.; DRITZ, S. S. Feed additives for swine: Fact sheets – carcass modifiers, carbohydrate-degrading enzymes and proteases, and anthelmintics. **Journal of Swine Health and Production**, v.17, n. 6, p.325-332, 2009.

KRANERT, M.; KUSCH, S.; HUANG, J.; FISCHER, K. Anaerobic Digestion of Waste. In: Karagiannidis, A. **Waste to Energy- oportunities and challenges for developing and transition economies**. New York: Springer, 2012, p. 107-135.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 22, n. 3, p. 651-665, 2005.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. V. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. **Revista política agrícola**, v.15, n. 3, p. 28-35, 2006.

LUCAS JUNIOR, J.; ORTOLANI, A. F.; BENINCASA, M.; IMADA, R. Y. Avaliação do uso de inóculo no desempenho de biodigestores abastecidos com estrume de frangos de corte com cama de maravalha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: SBEA/CEPLAC, 1993. p. 915-930.

MEDEIROS, M. B.; LOPES, J. S. Biofertilizantes líquidos e sustentabilidade agrícola. **Bahia Agrícola**, v.7, n.3, p. 24-26, 2006.

MIMBS, K. J.; PRINGLE, T.D., AZAIN, M.J.; MEERS, S. A.; ARMSTRONG, T. A. Effects of ractopamine on performance and composition of pigs phenotypically sorted into fat and lean groups. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 1361-1369, 2005.

MIRANDA, A. P. **Suínos em diferentes fases de crescimento alimentados com milho ou sorgo: desempenho, digestibilidade e efeitos na digestão anaeróbia**. 2009. 123f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.

MOURA, M. S.; KIEFER, S.; SILVA, C. M.; NANTES, C. L.; SILVA, E. A.; MARTINS, L. P. Níveis de energia líquida e ractopamina para leitoas em terminação sob conforto térmico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.9, p.1968-1974, 2011.

NAGAE, R.; DAMASCENO, S.; RICHARD, A. Caracterização do dejetos de suínos em crescimento e terminação criados no sistema de lâmina d'água submetido a dois manejos de higienização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23º, 2005, Campo Grande, **Anais...** Campo Grande, 5p. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/II-183.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2013.

NOBLET, J. Net energy for growth in pigs: application to low protein, amino acid supplemented diets. In: PORK INDUSTRY CONFERENCE, 1996, Urbana. **Proceedings...** Urbana: University of Illinois, p. 15-25, 1996.

OLIVEIRA, P. A. V. de. Produção e aproveitamento do biogás. In: OLIVEIRA, P.A.V. de. **Tecnologia para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas praticas**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. Cap. 4, p.43-55.

OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M. **Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006, 42p. (documento 115).

OLIVER, A. de P. M.; SOUZA NETO, A. A.; QUADROS, D. G.; VALLADARES, R. E. **Manual de treinamento em digestão**. Salvador: Winrock, 2008. 23 p.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P. **Biodigestão anaeróbia e compostagem de dejetos de suínos, com e sem separação de sólidos**. 2007. 77f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

PAYNE, R. L. Net energy in swine. **Feedstuffs**, v.78, n. 13, p. 16-20, 2006.

PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V. O.; KUNZ, A. **Sistema de tratamento de dejetos de suínos: inventário tecnológico**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003. 83 p. (Documentos, 85).

PEREIRA, E. L.; CAMPOS, C. M. M.; MOTERANI, F. Efeitos do pH, acidez e alcalinidade na microbiota de um reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) tratando efluentes de suinocultura. **Revista Ambiente e Água**, v.4, n. 3, 2009.

PERGHER, G. D. Purificação de biogás. In: KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. V. **Reunião técnica sobre biodigestores para tratamento de dejetos de suínos e uso de biogás**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, p. 13-20, 2006

RAJAGOPAL, R.; MASSÉ, D. I.; SINGH, G. A critical review on inhibition of anaerobic digestion process by excess ammonia. **Bioresource Technology**, v. 143, p. 632-641, 2013.

RIPPLEY, 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.

RIZZONI, L. B.; TOBIAS, A. C. T.; BIANCHI, M. D.; GARCIA, J. A. D. Digestão anaeróbia no tratamento de dejetos de suínos. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, n. 18, p. 1-20, 2012.

ROSA, R. A. **ractopamina em dietas com ajustes nutricionais para suínos machos castrados em terminação sob clima quente**. 2013, 33f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.

ROSS, K. A.; BEAULIEU, A. D.; MERRILL, J.; VESSIE, G.; PATIENCE, J. F. The impact of ractopamine hydrochloride on growth and metabolism, with special consideration of its role on nitrogen balance and water utilization in pork production. **Journal of Animal Science**, v.89, n.7, p. 2243–2256, 2011.

SCHINCKEL, A.P.; LI, N.; RICHERT, B.T. PRECKEL, P. V.; EINSTEIN, M. E. Development of a model to describe the compositional growth an dietary lysine requirements of pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1106-1119, 2003.

SILVA, G. H. R.; NOUR, E. A. A. Reator compartimentado anaeróbio/aeróbio: sistema de baixo custo para tratamento de esgotos de pequenas comunidades. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 268-275, 2005.

SOUZA, C. F.; CARVALHO, C. C. S.; CAMPOS, J. A. Caracterização de dejetos de suínos em fase de terminação. **Revista Ceres**, v.56, n.2, p.128-133, 2009.

SOUZA, C. F.; LUCAS JUNIOR, J.; FERREIRA, W. P. M. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos sob efeito de três temperaturas e dois níveis de agitação do substrato – considerações sobre a partida. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 530-539, 2005.

SOUZA, G. H. C. **Níveis de ractopamina em dietas para suínos em terminação**. 2011. 43f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina.

STARR, K.; GABARREL, X.; VILLALBA, G. et al. Life cycle assessment of biogas upgrading technologies. **Waste Management**, v.32, p.991-999, 2012.

STEIL, L. **Avaliação do uso de inóculos na biodigestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frangos de corte e suínos**. 2001. 127f. Dissertação (Mestrado de Biotecnologia) – Universidade Estadual Paulista, Araraquara.

TADEU FILHO, E.; RODRIGUES, P.B.; AMARAL, N. O.; ZANGERÔNIMO, M. G.; CANTARELLI, V. S. Redução da poluição ambiental dor dejetos de suínos utilizando os instrumentos da nutrição. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 1º, 2008, Ceará, **Anais...**, Fortaleza, p.1-20, 2008.

TREVIZAN, P. S. F. **Produção de biogás por dejetos de suínos em terminação suplementados com ractopamina**. 2013. 54f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Mato Grosso Do Sul, Aquidauana.

WARD, A. J.; HOBBS, P. J.; HOLLIMAN, P. J.; JONES, D. L. Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources-review. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 7928–7940, 2008.

WATANABE, P. H.; THOMAZ, M. C.; PASCOAL, L. A. F.; RUIZ, U. S.; DANIEL, E.; AMORIM, A. B. Manure production and mineral excretion in feces of gilts fed ractopamine. **Animal Sciences Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p. 267-272, 2013.

XAVIER, A. N.; LUCAS JUNIOR, J. Parâmetros de dimensionamento para biodigestores batelada operados com dejetos de vacas leiteiras com e sem uso de inóculo. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.2, p. 212-223, 2010.

Capítulo 2 – Digestão anaeróbia de dejetos de suínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia líquida e ractopamina

Anaerobic digestion of manure from swine fed on diets containing different levels of net energy and ractopamine

Fabiane Ortiz do Carmo Gomes

Redigido conforme as normas da Revista Ciência Rural

RESUMO

Objetivou-se avaliar a digestão anaeróbia de dejetos de suínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia líquida e de ractopamina, quanto aos potenciais de produção de biogás e riscos ao desenvolvimento do processo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x5 (ractopamina= 0 e 10 ppm e energia líquida= 2.300; 2.425; 2.550; 2.675 e 2.800 kcal kg⁻¹). Utilizaram-se biodigestores contínuos de bancada operados com tempo de retenção hidráulica de 30 dias, com cargas diárias por 90 dias. Foram realizadas análises de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), pH, alcalinidade, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total e fósforo total (substratos e biofertilizantes) e produção de biogás. Os resultados de pH, nitrogênio amoniacal, alcalinidade, nitrogênio e fósforo dos substratos foram: 7,11±0,82; 186±42,97 mg L⁻¹; 2.595±305,79 mg CaCO₃ L⁻¹; 2,18±0,11% e 1,54±0,16%, e do e biofertilizantes foram: 7,66±0,23; 460±45,29 mg L⁻¹; 4.865±407,18 mg CaCO₃ L⁻¹; e 1,93±0,14% e 2,45±0,44% respectivamente. Por meio da análise de regressão constatou-se aumento linear para a produção de biogás e para os potenciais de produção de biogás dos dejetos à medida que foram aumentados os níveis de energia líquida nas dietas. Maiores produções de biogás são obtidas por dejetos de animais que recebem dietas contendo maiores níveis de energia líquida. O fornecimento de ractopamina para os animais não interfere no processo de digestão anaeróbia.

Palavras-chave: biodigestores, biogás, potenciais, suinocultura

ABSTRACT

This study aimed to examine the anaerobic digestion of manure from swine fed on diets containing different levels of net energy and ractopamine, the potential of biogas production risks and the development process as well. The experimental design was performed with randomized blocks, factorial model 2x5 (ractopamine = 0 and 10 ppm and net energy = 2,300, 2,425, 2,550, 2,675 and 2,800 kcal kg⁻¹). Tests were performed using batch and continuous digesters with hydraulic retention time of 30 days, charged daily during 90 days. We analyzed total solids (TS), volatile solids (VS), pH, alkalinity, ammonia nitrogen, total nitrogen and total phosphorus (substrates and biofertilizers) and biogas production. The results for pH, ammonia nitrogen, alkalinity, nitrogen and phosphorus were: 7.11 ± 0.82 ; 186 ± 42.97 mg L⁻¹; $2,595 \pm 305.79$ mg CaCO₃ L⁻¹; $2.18 \pm 0.11\%$ and $1.54 \pm 0.16\%$, and the biofertilizers were: 7.66 ± 0.23 ; 460 ± 45.29 mg L⁻¹; $4,865 \pm 407.18$ mg CaCO₃ L⁻¹; ± 0.14 and $1.93 \pm 0.44\%$ and 2.45% respectively. Through regression analysis we found a linear increase in biogas production and potential production of biogas from waste as the net energy levels were increased in the different diets. Greatest yields are obtained by biogas manure of animals receiving diets containing higher levels of net energy. The provision of ractopamine for animals does not interfere in the anaerobic digestion process.

Keywords: digesters, biogas, potentials, swine breeding

INTRODUÇÃO

Os suinocultores e as indústrias de carne suína vêm observando uma nova tendência no mercado que é a demanda por carnes mais magras. Com isso, dietas específicas têm sido formuladas para melhorar a eficiência na utilização dos nutrientes pelos animais, diminuir o teor de gordura e aumentar a quantidade de carne na carcaça dos suínos.

1 Os suínos em fase de terminação são os que apresentam maior mudança na
2 composição da carcaça, com o aumento da deposição de gordura.

3 Diante disso, aditivos tem sido utilizados na nutrição de suínos com o intuito de
4 melhorar o aproveitamento dos nutrientes pelos animais, reduzir o teor de gordura na fase de
5 terminação e reduzir a quantidade de elementos excretados.

6 Dentre os aditivos comumente utilizados, destaca-se a ractopamina, um agonista beta-
7 adrenérgico, cuja função é repartidora de nutrientes, pois possui capacidade de alterar o
8 metabolismo animal, bloqueando a lipogênese, estimulando a lipólise, aumentando assim a
9 deposição de proteína e reduzir a deposição de gordura (AGOSTINI et al., 2011; ALMEIDA
10 et al., 2012).

11 Ajustes nutricionais nas formulações de dietas precisam ser feitos para que a
12 ractopamina expresse seu máximo benefício, isso ocorre devido à necessidade crescente de
13 nutrientes para suportar o aumento da taxa de deposição muscular resultante da inclusão dos
14 agonistas β -adrenérgico na dieta (JACELA et al., 2009).

15 Uma alternativa para maximizar a ação da ractopamina é a adequação dos níveis
16 energéticos. A utilização de energia líquida pode atender melhor às exigências dos animais,
17 reduzindo os custos energéticos da ingestão e digestão dos alimentos, pois parte da energia
18 metabolizável se perde nos processos de digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes na
19 forma de incremento calórico (NOBLET, 1996).

20 Mesmo com a utilização de aditivos e o balanceamento das dietas pelo conceito de
21 energia líquida, os nutricionistas e produtores vem enfrentando problemas com o destino dos
22 dejetos gerados pelos animais que são ricos em nutrientes e, portanto, poluentes.

23 Uma forma de reduzir o poder poluente dos dejetos é tratá-los em biodigestores
24 anaeróbios. Nos biodigestores, os nutrientes contidos nos dejetos garantem a sobrevivência e
25 reprodução dos microrganismos no processo de digestão anaeróbia, permitindo que ocorra a

degradação da fração orgânica não estável, até a forma estável, produzindo biogás e biofertilizante (ALVAREZ et al., 2006).

Embora estudos comprovem a eficiência de utilização da ractopamina e da formulação de dietas para atendimento da energia líquida, a associação destes sobre o tratamento de resíduos gerados pelos animais são escassos na literatura. Portanto, objetivou-se avaliar a digestão anaeróbia de dejetos de suínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia líquida e ractopamina, quanto aos potenciais de produção de biogás e riscos ao desenvolvimento do processo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Resíduos de Origem Animal da Unidade Universitária de Aquidauana da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). A temperatura média do ar da sala durante o período experimental foi de 29,44°C.

Os dejetos foram provenientes de suínos, machos castrados, geneticamente similares, com peso médio de ± 90 a 95 kg, criados em galpão de alvenaria da Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), no município de Terenos-MS.

As dietas experimentais fornecidas aos animais foram isoprotéicas (Tabela 1) à base de milho e farelo de soja, suplementadas com minerais e vitaminas, formuladas de forma a atender as exigências nutricionais propostas por ROSTAGNO et al. (2011) para a categoria, exceto para os níveis de energia e aminoácidos.

Os diferentes níveis de energia líquida (2.300; 2.425; 2.550; 2.675 e 2.800 kcal de energia líquida kg^{-1} de dietas), foram obtidos a partir da inclusão de óleo de soja em substituição ao caulim, mantendo o mesmo padrão de proteína ideal entre os tratamentos. Da mesma forma, a ractopamina foi incluída nas dietas em substituição ao caulim.

O período de fornecimento das dietas foi de 28 dias. Os dejetos foram colhidos segundo as diferentes dietas, nos três últimos dias da fase experimental, logo após excreção, evitando-se colheitas próximas ao bebedouro e ao comedouro.

Os dejetos foram acondicionados em sacos plásticos identificados e armazenados em congelador a temperatura de -20°C . Para abastecimento dos biodigestores, os dejetos foram descongelados em temperatura ambiente por até 12 horas.

Foram utilizados dez biodigestores contínuos de bancada, com volume útil de 7,8 L de substrato em fermentação. Os biodigestores foram construídos em policloreto de polivinila (PVC), constituídos de duas partes distintas, uma câmara de fermentação e o gasômetro. Cada biodigestor foi considerado uma unidade experimental.

Os biodigestores foram operados por 122 dias, sendo os primeiros 32 dias de partida, necessários para o desenvolvimento dos microrganismos nos processo de fermentação, com crescimento da população microbiana e sua aclimação aos substratos.

Os substratos de partida e os substratos dos abastecimentos diários foram formulados para conter aproximadamente 5% de sólidos totais (ST). Cada biodigestor recebeu 1,03 kg de dejetos e 6,77 kg de água no período de partida.

Após o tempo de partida, os biodigestores foram operados com cargas diárias por 90 dias, com 30 dias de tempo de retenção hidráulica. Os biodigestores foram abastecidos diariamente com 0,03 kg de dejetos, 0,23 kg de água e 0,5% (massa/volume) de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) para correção do pH.

Durante o experimento foram coletadas amostras dos dejetos, do substrato e biofertilizante, diariamente, para determinação dos teores de ST e sólidos voláteis (SV), seguindo metodologias descritas por APHA, AWWA, WPCF (2005).

Foram realizadas as análises semanais de pH, o nitrogênio amoniacal e alcalinidade parcial, considerados como indicadores da estabilidade do processo de digestão anaeróbia, nas

1 amostras dos substratos e biofertilizantes. Seguiu-se a metodologia descrita por APHA,
2 AWWA, WPCF (2005).

3 Quinzenalmente foram realizadas análises dos substratos e biofertilizantes para a
4 quantificação do teor de nitrogênio pelo método semimicro Kjeldhal, conforme Silva &
5 Queiroz (2002), e o teor de fósforo pelo método colorimétrico, conforme metodologia de
6 Malavolta et al. (1991).

7 As produções de biogás foram calculadas com base no deslocamento do gasômetro e
8 da área do biodigestor (0,00785 m²). Para correção do volume de biogás para as condições de
9 1atm e 25°C, utilizou-se a expressão que resulta da combinação das leis de Boyle e Gay-
10 Lussac, conforme Caetano (1985), no qual: V0 = Volume de biogás corrigido, m³; P0 =
11 Pressão corrigida do biogás, 10332,72 mm de H₂O; T0 = Temperatura corrigida do biogás,
12 298,15, em K; V1 = Volume do biogás no gasômetro; P1 = Pressão do biogás no instante da
13 leitura, 25,5 mm de água; T1 = Temperatura do biogás no instante da leitura, K.

1 Tabela 1- Composições nutricional das dietas fornecidas aos animais durante o experimento
 2 de desempenho

Ingredientes	Energia Líquida (kcal kg ⁻¹ de dieta)				
	2.300	2.425	2.550	2.675	2.800
Milho	70,150	70,150	70,150	70,150	70,150
Farelo de soja (45%)	20,444	20,444	20,444	20,444	20,444
Óleo de soja	0,000	1,697	3,394	5,091	6,790
Inerte (caulim)	6,850	5,153	3,456	1,759	0,050
Fosfato bicálcico	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832
Calcário	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445
Suplemento Vit.+Min. ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Sal comum	0,305	0,305	0,305	0,305	0,305
L-Lisina HCl	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451
DL-Metionina	0,159	0,159	0,159	0,159	0,159
L-Treonina	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177
L-Triptofano	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037
Ractopamina/caulim ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
<i>Total (kg)*</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
Valores nutricionais calculados ³					
Energia Líquida (kcal/kg)	2.300	2.425	2.550	2.675	2.800
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3.045	3.186	3.327	3.468	3.608
Proteína bruta (%)	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Lisina digestível (%)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Met+Cist digestível (%)	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617
Treonina digestível (%)	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667
Triptofano digestível (%)	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187
Valina digestível (%)	0,638	0,638	0,638	0,638	0,638
Arginina digestível (%)	0,259	0,259	0,259	0,259	0,259
Histidina digestível (%)	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164
Leucina digestível (%)	0,669	0,669	0,669	0,669	0,669
Fenil+Tir digestível (%)	0,432	0,432	0,432	0,432	0,432
Cálcio (%)	0,440	0,440	0,440	0,440	0,440
Fósforo disponível (%)	0,232	0,232	0,232	0,232	0,232
Sódio	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160

3 ¹ Conteúdo por quilograma do produto: Vit. A - 1.250.000 UI; Vit. D₃ - 250.000 UI; Vit. E - 6.250 UI; Vit. K₃ -
 4 750 mg; Vit. B₁ - 375 mg; Vit. B₂ - 1.000 mg; Vit. B₆ - 375 mg; Vit. B₁₂ - 4.500 mcg; niacina - 4.500 mg; Ácido
 5 pantotênico - 2.300 mg; Ácido fólico - 125 mg; ferro - 25 g; cobre - 3.750 mg; manganês - 12.5 g; zinco - 31.25
 6 g; iodo - 250 mg; selênio - 75 mg e excipiente q.s.p. - 1000g.

7 ² Cloridrato de ractopamina a 2,05 % inclusa em substituição ao caulim.

8 ³ Valores calculados com base na composição nutricional das matérias-primas, conforme ROSTAGNO et al.
 9 (2011).

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

$$\text{biogás: } V_0 = \frac{V_1}{T_1} \times 297,75252$$

Os potenciais de produção de biogás foram calculados utilizando-se a produção total de biogás de cada tratamento, as quantidades de dejetos, de sólidos totais e de sólidos voláteis que entraram no biodigestor e dos sólidos voláteis reduzidos durante o processo.

Para a análise de variância, os dados foram ajustados utilizando-se as semanas como cofator. Para os dados de produção acumulada de biogás utilizaram-se os dados obtidos no último mês de operação e, portanto, o número de semanas foi igual a quatro. Para os potenciais de produção de biogás foram utilizadas as médias semanais obtidas durante todo o período de cargas diárias e, portanto, o número de semanas foi igual a 13.

A análise de variância foi realizada por meio do software estatístico Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2011) em um delineamento fatorial 2 x 5 (0 e 10 ppm de ractopamina x 2.300; 2.425; 2.550; 2.675 e 2.800 kcal de energia líquida por kg de ração). Para a variável ractopamina (suplementação ou não) as médias foram submetidas à comparação de médias pelo teste t e para a variável níveis de energia líquida, as médias foram submetidas à análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de ST e de SV nos dejetos de suínos que receberam diferentes níveis de energia líquida com e sem ractopamina, variaram de 32,29,4 a 38,46% e de 19,07 a 23,19%, respectivamente (Tabela 2).

1 Tabela 2- Sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV) de dejetos de suínos que receberam
 2 dietas contendo diferentes níveis de energia líquida e ractopamina

	Níveis de ractopamina (ppm)	Níveis de energia líquida (kcal kg ⁻¹)				
		2.300	2.425	2.550	2.675	2.800
ST (%)	0	37,02	36,23	36,25	34,06	32,29
	10	38,46	36,21	38,26	37,23	34,50
SV ¹ (%)	0	19,07	20,03	21,19	21,90	21,21
	10	20,82	20,72	22,87	23,19	21,70

¹Como porcentagem na material natural.

Os dejetos de suínos alimentados com dietas contendo 0 e 10 ppm de ractopamina, apresentaram valores médios de sólidos totais e de sólidos voláteis inferiores aos encontrados por TREVIZAN (2013) de 38 a 39% e 20 a 23%, respectivamente. A diferença pode ser devida às diferentes inclusões de energia líquida e aos ingredientes utilizados na formulação das dietas como proteína bruta, cálcio, fósforo disponível e aminoácidos.

Os valores médios dos parâmetros de monitoramento para os substratos e biofertilizantes foram: pH 7,11±0,82 e 7,66±0,23; 186±43 e 460±45 mg L⁻¹ de nitrogênio amoniacal; 2.595±306 e 4.865±407 mg CaCO₃ L⁻¹ de alcalinidade parcial, respectivamente. As concentrações iniciais de nitrogênio e fósforo nos substratos foram de 2,18±0,11% e 1,93±0,14% e dos biofertilizantes foram 1,54±0,16% e 2,45±0,44%, com base na matéria seca, respectivamente.

Os resultados de pH, nitrogênio amoniacal, alcalinidade, nitrogênio e fósforo se mostraram satisfatórios e estão de acordo com os valores reportados por ASTALS et al.

(2011) e GONZÁLEZ-FERNANDEZ & GARCÍA-ENCINA (2009). Desta forma, pode-se inferir que não houve riscos de falência do processo.

As quantidades de sólidos totais e de sólidos voláteis nos biofertilizantes indicam que houve degradação de considerável parte da matéria orgânica dos dejetos (Tabela 3). As maiores relações sólidos voláteis/sólidos totais dos substratos foram observadas nos dejetos de suínos alimentados com maiores níveis de energia líquida com ou sem suplementação de ractopamina, evidenciando que maiores quantidades de matéria orgânica faziam parte desses dejetos e, então, maiores produções de biogás poderiam ser esperadas.

Tabela 3– Sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV) dos substratos e biofertilizantes e relação SV/ST de dejetos de suínos que receberam dietas contendo diferentes níveis de energia líquida e ractopamina

Níveis de		Níveis de energia líquida (kcal kg ⁻¹)				
	ractopamina (ppm)	2.300	2.425	2.550	2.675	2.800
ST dos	0	11,11	10,87	10,88	10,22	9,69
Substratos (g)	10	11,54	10,86	11,48	11,17	10,35
SV dos	0	5,72	6,01	6,36	6,57	6,36
substratos (g)	10	6,25	6,22	6,86	6,96	6,51
Relação SV/ST	0	0,52	0,55	0,58	0,64	0,66
nos substratos	10	0,54	0,57	0,60	0,62	0,63
ST dos	0	2,36	2,78	2,62	2,94	2,88
Biofertilizantes (g)	10	2,80	2,75	2,63	3,21	2,73
SV dos	0	1,01	1,18	1,22	1,38	1,40
biofertilizantes (g)	10	1,20	1,21	1,21	1,53	1,30

1 Observa-se que os SV como percentuais dos ST variaram de 52 a 66%,
2 consideravelmente inferiores aos de dejetos de animais criados sem acesso ao solo como
3 aqueles reportados por MIRANDA et al. (2012) e WATANABE et al. (2013). É possível que
4 os animais tenham consumido solo, o que resulta em maiores quantidades de matéria mineral
5 nos dejetos.

6 Não houve ($P>0,05$) interação entre os níveis de energia líquida e ractopamina, e
7 também não foi observado efeito de suplementação com ou sem ractopamina na produção de
8 biogás e nos potenciais de produção de biogás (Tabela 4). Todavia, houve efeito ($P<0,05$) dos
9 níveis de EL para essas variáveis.

1 Tabela 4- Produção acumulada semanal de biogás e potenciais de produção de biogás por dejetos de suínos que receberam dietas contendo
 2 diferentes níveis de energia líquida (EL) e ractopamina (RAC)

	Níveis de ractopamina (ppm)	Níveis de energia líquida (kcal kg ⁻¹)					CV (%)	Valor de P		
		2.300	2.425	2.550	2.675	2.800		EL	RAC	EL x RAC
Produção de biogás (m ³)*	0	0,0126	0,0134	0,0136	0,0155	0,0155	4,82	<0,0001	0,825	0,237
	10	0,0129	0,0122	0,0140	0,0170	0,0146				
Potencial de produção de biogás dos dejetos (m ³ kg ⁻¹)*	0	0,0686	0,0709	0,0750	0,0821	0,0850	10,98	<0,0001	0,219	0,061
	10	0,0711	0,0708	0,0785	0,0906	0,0797				
Potencial de produção de biogás dos ST adicionados (m ³ kg ⁻¹)*	0	0,1853	0,1956	0,2068	0,2410	0,2632	11,07	<0,0001	0,129	0,054
	10	0,1848	0,1955	0,2052	0,2434	0,2310				
Potencial de produção de biogás dos SV adicionados (m ³ kg ⁻¹)*	0	0,3598	0,3537	0,3538	0,3749	0,4006	10,98	<0,001	0,099	0,267
	10	0,3415	0,3417	0,3433	0,3910	0,3673				
Potencial de produção de biogás dos SV reduzidos (m ³ kg ⁻¹)*	0	0,4399	0,4444	0,4401	0,4763	0,5211	13,75	<0,0001	0,196	0,141
	10	0,4241	0,4280	0,4216	0,5118	0,4645				

3 CV = coeficiente de variação. * Efeito linear para os níveis de energia líquida (P<0,05).

4

5

Por meio da análise de regressão constatou-se aumento linear ($P < 0,05$) na produção de biogás e nos potenciais de produção de biogás dos dejetos à medida que foram aumentados os níveis de energia líquida das dietas fornecidas aos animais (Tabela 5).

Tabela 5- Equações de regressão da produção acumulada semanal de biogás e dos potenciais de produção de biogás de dejetos de suínos que receberam dietas contendo diferentes níveis de energia líquida

Variável	Equação	R ²
Produção de biogás (m ³)	$\hat{Y} = - 0,002401 + 0,000006x$	0,711
Potencial de produção de biogás dos dejetos (m ³ kg ⁻¹)	$\hat{Y} = - 0,005410 + 0,000032x$	0,800
Potencial de produção de biogás dos ST adicionados (m ³ kg ⁻¹)	$\hat{Y} = - 0,132841 + 0,000136x$	0,923
Potencial de produção de biogás dos SV adicionados (m ³ kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 0,155125 + 0,000081x$	0,725
Potencial de produção de biogás dos SV reduzidos (m ³ kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 0,091171 + 0,000144x$	0,723

R²= coeficiente de determinação.

Essa resposta é justificada considerando que os dejetos dos animais que receberam maiores níveis de energia líquida continham maiores quantidades de energia bruta nos dejetos e, portanto, promoveram maiores produções de biogás e potenciais de produção de biogás.

Potenciais superiores por kg de dejetos, ST adicionados, SV adicionados e SV reduzidos foram reportados por MIRANDA et al. (2012) de 0,161; 0,525; 0,599 e 0,872 m³ kg⁻¹ respectivamente. ORRICO JÚNIOR et al. (2010) encontraram potenciais médias de dejetos e SV reduzidos de 0,056 m³ kg⁻¹ e 0,523 m³ kg⁻¹ respectivamente. A diferença pode ser aos ingredientes utilizados na formulação das mesmas.

Considerando que a ractopamina não influenciou o volume de biogás produzido pelos dejetos ($\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$), a dieta contendo o nível de energia líquida de 2.675 kcal kg^{-1} contribuiu para um incremento de 12% na produção de biogás em relação à dieta contendo o nível de energia líquida de 2.500 kcal kg^{-1} , considerada padrão dos níveis estudados. No entanto, a adoção de um determinado nível de energia líquida na dieta dos animais para incremento da produção de biogás deve ser precedida de um estudo de viabilidade econômica.

Desde que a receita com o incremento na produção de biogás seja maior que os custos do fornecimento de dietas com altos níveis energia de líquida, as dietas que superam as exigências energéticas dos animais podem ser utilizadas.

CONCLUSÕES

Maiores produções de biogás são obtidas por dejetos de suínos em terminação que recebem dietas contendo maiores níveis de energia líquida. O fornecimento de ractopamina para os animais não interfere na produção de biogás e nos potenciais de produção de biogás.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINI, P. S.; SILVA, C. A.; BRIDI, A. M.; ABRAM, R. A. M.; Pacheco, G. D., Lozano, A.P.; Ywazaki, M. S.; Dalto, D. B.; Gavioli, D. F.; Oliveira, E. R.; Bonafé, E. G.; Souza, N. E.; Visentainer, J.V. Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno. **Archivos de Zootecnia**, v.60, n.231, p.659-670, 2011.
- ALMEIDA, V. V.; NUNEZ, 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.
- ALVAREZ, R.; VILLCA, S.; LIDÉN, G. Biogas production from llama and cow manure at high altitude. **Biomass and Bioenergy**, v.30, n.3, p.66-75, 2006.

- 1 APHA. AWWA. WPCF. Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater
2 21th ed. Washington: 2005. 1368p.
- 3 ASTALS, S.; ARISCO, M.; GALÍ, A. MATA-ALVAREZ, J. Co-digestion of pig manure and
4 glycerine: Experimental and modelling study. **Journal of Environmental Management**,
5 v.92, p.1091-1096, 2011.
- 6 CAETANO, L. Proposição de um sistema modificado para quantificação de biogás. 1985. 75
7 f. Dissertação (Mestrado Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas,
8 Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1985.
- 9 FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**
10 **(UFPA)**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- 11 GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, C., GARCÍA-ENCINA, P.A. Impact of substrate to inoculum
12 ratio in anaerobic digestion of swine slurry. **Biomass and Bioenergy**, v. 33,p. 1065-1069,
13 2009.
- 14 JACELA, J. Y.; DEROUCHÉY, J. M.; TOKACH, M. D.; GOODBAND, R. D.; NELSEN,
15 J. L.; RENTER, D. G.; DRITIZ, S. S. Feed additives for swine: Fact sheets – carcass
16 modifiers, carbohydrate-degrading enzymes and proteases, and anthelmintics. **Journal of**
17 **Swine Health and Production**, v.17, n. 6, p.325-332, 2009.
- 18 MALAVOLTA, E.; BOARETTO, A. E.; PAULINO, V. T. Micronutrientes, uma visão geral.
19 In: FERREIRA, M.E., CRUZ, M. C. Micronutrientes na Agricultura. Piracicaba:
20 Potafós/CNPq. p. 1-33. 1991.
- 21 MIRANDA, A.P.; LUCAS JÚNIOR, J.; THOMAZ, M.C.; PEREIRA, G.T.; FUKAYAMA,
22 E.H. Anaerobic biodigestion of pig feces in the initial, growing and finishing stages fed with
23 diets formulated with corn or sorghum. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 1, p. 47-59, 2012.

- 1 NOBLET, J. Net energy for growth in pigs: application to low protein, amino acid
2 supplemented diets. In: PORK INDUSTRY CONFERENCE, 1996, Urbana. **Proceedings...**
3 Urbana: University of Illinois, p. 15-25, 1996.
- 4 ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR. Avaliação de parâmetros
5 da digestão anaeróbia de dejetos de suínos alimentados com dietas á base de milho e sorgo.
6 **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 4, p. 600-607, 2010.
- 7 ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.;
8 LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. EUCLIDES, R. F. **Tabelas**
9 **brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed.
10 Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 252p. 2011.
- 11 SILVA, D.J., QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed.
12 Viçosa: Imprensa Universitária da UFV, 235p, 2002.
- 13 TREVIZAN, P. S. F. **Produção de biogás por dejetos de suínos em terminação**
14 **suplementados com ractopamina**. 2013. 54f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) –
15 Universidade Estadual do Mato Grosso Do Sul, Aquidauana.
- 16 WATANABE, P. H.; THOMAZ, M. C.; PASCOAL, L. A. F.; RUIZ, U. S.; DANIEL, E.;
17 AMORIM, A. B. Manure production and mineral excretion in feces of gilts fed ractopamina.
18 **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 35, n. 3, p. 267-272, 2013.

Capítulo 3- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a recente variação no fornecimento de energia líquida e do uso de ractopamina nas dietas de suínos em terminação, são necessárias pesquisas que quantifiquem e caracterizem os dejetos para tomada de decisões quanto ao tratamento ou reciclagem.

No presente trabalho, os animais foram criados sobre chão batido e cama sobreposta e, possivelmente ingeriram solo, o que interferiu na qualidade dos dejetos utilizados na digestão anaeróbia. Para futuros experimentos sugere-se a criação dos animais em galpão de piso de concreto para melhor caracterização e quantificação dos dejetos.

Mais estudos são necessários quanto à inclusão da ractopamina, em outros níveis de suplementação, para verificar seus efeitos em substratos de biodigestor, no que diz respeito a produção de biogás, potenciais de produção de biogás, redução de sólidos e qualidade dos biofertilizante.

Sugere-se que, para experimentos de digestão anaeróbia em que as diferenças entre os substratos sejam devidas a pequenas variações nas dietas, por exemplo, 125 kcal de energia líquida e 10 ppm de ractopamina, utilizem-se biodigestores com temperatura de operação controlada. Isso pode contribuir para menores variações nos dados obtidos e mais certeza no estudo de possíveis interações entre os fatores analisados.