

## DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA DIGESTÃO DE CARÇA SUÍNA E SUA CODIGESTÃO COM DEJETO SUÍNO.

DEISI C. TÁPPARO<sup>1</sup>, AIRTON KUNZ<sup>2</sup>, ANDRÉ C. DO AMARAL<sup>3</sup>, RICARDO L. R. STEINMETZ<sup>4</sup>, TAÍS C. GASPARETO.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Mestranda em Eng. Agrícola, PGEAGRI, Unioeste. Email: deisictapparo@gmail.com

<sup>2</sup> Pesquisador, Embrapa Suínos e Aves; Eng. Agrícola, PGEAGRI - Unioeste. E-mail: [airton.kunz@embrapa.br](mailto:airton.kunz@embrapa.br)

<sup>3</sup> Doutorando em Eng. agrícola, PGEAGRI, Unioeste. E-mail: andrec.doamaral@gmail.com

<sup>4</sup> Analista, Embrapa Suínos e Aves. E-mail: ricardo.steinmetz@embrapa.br

<sup>5</sup> Graduanda em Eng. Ambiental e Sanitária, UnC. E-mail: taisgaspareto@hotmail.com

Apresentado no  
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016  
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

**RESUMO:** A suinocultura destaca-se pela importância na agropecuária brasileira. Um dos desafios da atividade é o manejo dos resíduos, em especial dos animais mortos dentro das propriedades rurais. Neste contexto a codigestão com dejetos suínos torna-se uma rota de tratamento possível para a estabilização deste resíduo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de biogás da carcaça suína e sua codigestão com dejetos de suíno. A carcaça suína foi triturada (<4 mm). Os estudos de digestão foram conduzidos em batelada, sob condições mesofílicas (37°C) e em triplicata. Foram utilizados tubos eudiômetros para mensurar o biogás produzido, conforme norma VDI4630. Os experimentos envolveram a digestão de amostras de carcaça em separado e das relações de mistura entre carcaça e dejetos de 3 e 7 kg.m<sup>-3</sup>, as quais representaram 1 e 2,5 vezes a mortalidade encontrada em granjas comerciais (mortalidade de 7%.ano<sup>-1</sup> para matrizes). Os testes apresentaram valores de produção de biogás de 0,731(±0,002) Nm<sup>3</sup>kgSV<sup>-1</sup> (para 3 kg.m<sup>-3</sup>), 0,753 (± 0,036) Nm<sup>3</sup>kgSV<sup>-1</sup> (para 7 kg.m<sup>-3</sup>) e 1,194 (± 0,037) Nm<sup>3</sup>kgSV<sup>-1</sup> para a carcaça, com concentrações de metano 47, 51 e 57% respectivamente. Os testes demonstraram que a carcaça suína possui características favoráveis à degradação via digestão anaeróbia, e sua codigestão com dejetos suínos. No entanto, são necessários estudos sobre a estabilidade do processo de digestão contínua, dos compostos intermediários produzidos durante a digestão, bem como, a biossegurança no uso do digestato.

**PALAVRAS-CHAVE:** destinação de carcaça suína, codigestão, qualidade do biogás

### DETERMINATION OF BIOGAS YIELD FROM CO-DIGESTION OF SWINE MANURE AND SWINE CARCASS

**ABSTRACT:** Swine production is an important activity for Brazilian agriculture. One of the challenges of this activity is the management of animal carcass. In this context, co-digestion with swine manure could be a viable route for the residue stabilization. This study aimed to evaluate biogas yield of swine carcass and co-digestion of swine manure. The swine carcass was grinding (4mm). The study was conducted in mesophilic temperature (37°C) and triplicate tests, the biogas volume was measured using eudiometer tubes, according to VDI 4630. The experiments involve the carcass sample digestion separate and loading rates of carcass/manure were 3 and 7 Kg.m<sup>-3</sup> manure,

representing 1 and 2.5 times of the mortality/manure production rates on typical swine farms, (mortality about 7% year<sup>-1</sup> for sows), and a just carcass sample (weight carcass/seed sludge=0,5). The batch tests presented values of biogas yield that 0.731(±0.002)Nm<sup>3</sup>KgSV<sup>-1</sup> (3Kg.m<sup>-3</sup>), 0.753(±0.036)Nm<sup>3</sup>KgSV<sup>-1</sup> (7Kg.m<sup>-3</sup>) and 1.194(±0.037)Nm<sup>3</sup>KgSV<sup>-1</sup> for carcass, with methane concentrations 47, 51 e 57% respectively. **These tests demonstrated that swine carcass has favorable characteristics to degradation anaerobic digestion and their co-digestion with swine manure.** However research is needed for the stability of continuous digestion process and on intermediate compounds produced during digestion, as well as biosecurity of digestate use.

**KEYWORDS:** swine carcass disposal, co-digestion, biogas quality

## INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta posição relevante no cenário mundial da produção de suínos, sendo o quarto maior produtor e exportador (ABIPECS, 2013). A competitividade da cadeia suinícola no mercado internacional é baseada na incorporação de avanços tecnológicos nas unidades produtoras e na coordenação da cadeia produtiva (MIELE et al, 2013).

A adoção de Sistema de Produção de Animais Confinados (SPAC's) proporcionou a expansão e tecnificação da produção suinícola, no entanto aumentou os riscos de contaminação ambiental (KUNZ, 2009). Além da preocupação com a quantidade e concentrações de poluentes nos dejetos suínos, outro desafio para atividade é o manejo e destinação de carcaças de animais mortos nas propriedades.

Em seus estudos a ABCS (2014) descreveu as taxas de mortalidade para a produção brasileira de suínos nas diferentes fases de crescimento, sendo (reprodução/maternidade, creche, terminação e ciclo completo) 7, 3,2, 4 e 5,7%.ano<sup>-1</sup> respectivamente. A cadeia suinícola e os órgãos públicos reconhecem a necessidade de alternativas de gerenciamento de carcaças, buscando alternativas de baixo custo e um destino ambientalmente correto (MASSÉ et al., 2008)

A digestão anaeróbia representa uma alternativa para reduzir o impacto ambiental e ao mesmo tempo produzir energia limpa. Os resíduos de origem animal são considerados ótimos substratos para a produção de biogás, pois são ricos em proteínas e lipídios (BAYR, 2012), no entanto, devido a estas características a monodigestão da carcaça animal pode ser inviável pelo provável acúmulo de ácidos orgânicos voláteis, elevado consumo da alcalinidade e produção de amônia livre (RAJAGOPAL et al, 2014; LEE et al, 2015).

Neste contexto a codigestão com dejetos suíno torna-se uma rota possível para a estabilização deste resíduo. Este estudo objetivou avaliar a capacidade de produção de biogás de carcaça suína, e sua codigestão com dejetos de suíno, como estratégia de gerenciamento deste resíduo. O presente trabalho trata de uma pesquisa exploratória, e faz parte de um estudo maior sobre a destinação de animais mortos via digestão anaeróbia.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Amostras

**Dejeto:** As amostras de dejetos foram coletadas em uma unidade comercial produtora de suínos, na cidade de Concórdia-SC.

**Carcaça suína:** Para as amostras de carcaça foi utilizada uma parcela representativa de carne suína (composto por carne, gordura e pele) e triturada a  $< 4$  mm. Posteriormente, foi realizado um teste apenas utilizando a carcaça suína com relação mássica carcaça/inóculo=0,5.

**Relações dejetto/carcaça:** As relações escolhidas (3 e  $7\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) foram baseadas em uma Unidade Produtora de Desmamados (UPD), em relação a taxa de mortalidade e produção de dejetto (IN 11 Fatma), caracterizando-se em 1 e 2,5 vezes as relações encontradas em granjas comerciais.

**Determinações analíticas:** As amostras inicialmente foram homogeneizadas, e em seguida foram coletadas alíquotas de 50g para realização de análises de ST, SV, e SF, nitrogênio amoniacal, sendo realizadas segundo APHA (2012). Para a carcaça foram efetuadas também determinações de proteínas e lipídeos (APHA, 2012). Após a realização do teste de potencial metanogênico foram coletas amostras para realização do teste de relação alcalinidade intermediária/alcalinidade parcial (AI/AP) (TÁPPARO et al., 2014), nitrogênio amoniacal e pH.

**Potencial metanogênico específico:** os ensaios biocinéticos foram realizados em condições mesofílica ( $37^{\circ}\text{C}$ ) e em triplicata, seguindo a norma internacional VDI 4630 (2006). A produção de biogás foi mensurada por meios de tubos eudiômetros. Os testes foram conduzidos em condições monitoradas de pressão e temperatura, e posteriormente corrigido para 273 K e 1013 hPa. Como controle positivo foi utilizado celulose microcristalina de alta pureza (Sigma-Aldrich). O valor de referência para a celulose encontra-se entre 740 a 750  $\text{mLN}\cdot\text{gSV}^{-1}$  e a obtenção superior a 80% de deste valor sinaliza o andamento satisfatório do teste em função da atividade do inóculo. Segundo a norma VDI 4630 a produção de biogás é considerada estabilizada, fim do teste, quando a produção diária de gás torna-se igual ou inferior a 1% do volume total produzido.

**Inóculo:** como inóculo anaeróbico mesofílico foi utilizado material aclimatado, preparado a partir de partes iguais de: a) lodo anaeróbico de reator UASB alimentado com dejetto de suínos, b) lodo anaeróbico de reator UASB de indústria de alimentos, e c) esterco bovino fresco. Duas semanas antes do teste o inóculo foi aclimatado ( $37 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ) e alimentado com a amostra estudada na proporção de  $0,3\text{ kgSV}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{dia}^{-1}$  durante 7 dias consecutivos. Em seguida, o mesmo permaneceu 7 dias sem alimentação com a finalidade de reduzir a contribuição de biogás proveniente do inóculo (STEINMETZ, et al, 2014).

**Análise do biogás:** Para avaliação da composição do biogás ( $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ ), as amostras foram analisadas por sensor eletroquímico (BIOGAS 5000 GEOTECH).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após as análises laboratoriais das amostras foram observadas as concentrações de lipídeos e proteínas da carcaça e outros parâmetros de caracterização, mostrados na tabela 1.

Tabela 1 Composição da amostra de carcaça suína, dejetto suíno e das relações 3 e  $7\text{ Kg}_{\text{carcaça}}\cdot\text{m}^{-3}_{\text{dejetto}}$ .

| Parâmetro   | Dejetto | Carcaça | $3\text{ Kg}_{\text{carcaça}}\cdot\text{m}^{-3}_{\text{dejetto}}$ | $7\text{ Kg}_{\text{carcaça}}\cdot\text{m}^{-3}_{\text{dejetto}}$ |
|---|---------|---------|---|---|
| Sólidos Totais ( $\text{gST}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{amostra}}$ )   | 15,69   | 424,53  | 17,05   | 18,43   |
| Sólidos Fixos ( $\text{gSF}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{amostra}}$ )    | 6,79    | 24,25   | 6,68  | 7,07  |
| Sólidos Voláteis ( $\text{gSV}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{amostra}}$ ) | 8,90    | 400,28  | 10,37   | 11,36   |

|   |      |       |         |         |
|---|------|-------|---------|---------|
| Nitrogênio Amoniacal (mg .L <sup>-1</sup> ) | 1722 | -     | 2843,73 | 2979,47 |
| pH  | 7,37 | 5,93  | 7,20    | 7,19    |
| Proteínas (%)                               | -    | 18,81 | -       | -       |
| Lipídeos (%)                                | -    | 21,39 | -       | -       |

Em seus estudos, Massé et al (2008) utilizaram carcaças suínas intactas, ou seja sem retirar sangue, vísceras e conteúdo visceral e encontraram valores referentes a sólidos totais (40,7%), sólidos voláteis (38%), proteínas (15,9%) e lipídeos (17,67%) similares com o presente estudo, comprovando que o preparo da amostra foi satisfatório.

Em paralelo foram realizados ensaios biocinéticos da degradação das amostras estudadas em condições mesofílicas. Obteve-se a produção específicos cumulativos e a velocidade específica de produção de biogás das amostras (carcaça suína e 3, 7 Kg<sub>carcaça</sub>.m<sup>-3</sup><sub>dejeito</sub>) e do controle positivo (Celulose), apresentados na figura 1.

Para a amostra de celulose estudada obteve-se o valor de 738 mLN.gSV<sup>-1</sup>, o que corresponde a cerca de 99,7% de recuperação, em relação ao recomendado pela VDI 4630, considerando-se satisfatória a atividade do inóculo.

A amostra estudada de carcaça apresentou valores de produção de biogás de 1,194 (±0,037) Nm<sup>-3</sup>kgSV<sup>-1</sup><sub>adicionado</sub>, com concentração de 57% de metano, totalizando aproximadamente 0,675 (±0,021) Nm<sup>-3</sup>CH<sub>4</sub>.kgSV<sup>-1</sup><sub>adicionado</sub>. A amostra de carcaça suína apresentou uma produção de metano superior às amostras de codigestão, atribuindo-se pela concentração de lipídeos presentes na referida amostra, pois a sua degradação produz cerca de duas vezes mais metano ao compararmos a degradação de carboidratos e proteínas. (VDI 4630, 2006; BAYR et al, 2012; PITK et al., 2014). O teste de potencial metanogênico específico não fornece informações sobre a estabilidade do processo de monodigestão da carcaça animal, visto que este utiliza uma fonte de microrganismos (inóculo) para a digestão.

A tabela 2 apresenta um resumo dos resultados de pH inicial e final dos testes, relação alcalinidade intermediária/alcalinidade parcial (AI/AP) para as três amostras estudadas. O teste AI/AP realizado após a finalização dos ensaios apresentou valores próximos a 0,130 g<sub>ác.acético</sub>.g<sup>-1</sup><sub>CaCo3</sub>, indicando que não houve inibição ao processo por produção excessiva de ácidos e/ou consumo de alcalinidade, sendo evidenciado também pelos valores de pH inicial e final próximos a neutralidade.

Tabela 2 Relação AI/AP e pH do digestato, e pH inicial do teste para as três amostras estudadas.

| Amostra  | pH inicial | pH final | AI/AP (g <sub>ác.acético</sub> .g <sup>-1</sup> <sub>CaCo3</sub> ) |
|--|------------|----------|--|
| Carcaça suína  | 7,65       | 7,64     | 0,136  |
| 3Kg <sub>carcaça</sub> .m <sup>-3</sup> <sub>dejeito</sub> | 7,61       | 7,7      | 0,128  |
| 7Kg <sub>carcaça</sub> .m <sup>-3</sup> <sub>dejeito</sub> | 7,62       | 7,69     | 0,130  |



Figura 1 Produção cumulativa de biogás e velocidade específica da produção de biogás para celulose, 3, 7Kg.m<sup>-3</sup> e carcaça suína.

## CONCLUSÕES

Os testes comprovam que a carcaça animal possui características favoráveis à degradação via digestão anaeróbia e produção de um biogás de qualidade. Os testes demonstraram uma tendência de aumento da produção de metano com o aumento da relação de carcaça. É possível concluir também que carcaça animal pode ser utilizada como substrato para a codigestão com dejetos suínos, nas relações estudadas. Ainda assim, são necessários estudos sobre a estabilidade do processo de digestão contínua, dos compostos intermediários produzidos, e sobre o comportamento de patógenos presentes na carcaça animal e sua persistência e/ou inibição ao longo do processo anaeróbio.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e EMBRAPA Suínos e Aves (Projeto TECDAM)

## REFERÊNCIAS

ABIPECS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. **RELATÓRIO ANUAL 2012**, SÃO PAULO. 2013.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER**. 22<sup>ST</sup>. ED. WASHINGTON: APHA, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS - ABCS. **PRODUÇÃO DE SUÍNOS: TEORIA E PRÁTICA**. COORDENAÇÃO EDITORIAL ABCS. 1ª EDIÇÃO, BRASÍLIA, DF, 2014.

BAYR, S. PAKARINEN, O. KORPPOO, A. LIUKSIA, S. VÄISÄNEN, A. KAPARAJU, P. RINTALA, J. **EFFECT OF ADDITIVES ON PROCESS STABILITY OF MESOPHILIC ANAEROBIC MONODIGESTION OF PIG SLAUGHTERHOUSE WASTE**. BIORESOURCE TECHNOLOGY. VOL. 120, P. 106 -113. 2012a.

BAYR, S.; RANTANEN, M.; KAPARAJU, P.; RINTALA, J. **MESOPHILIC AND THERMOPHILIC ANAEROBIC CO-DIGESTION OF RENDERING PLANT AND SLAUGHTERHOUSE WASTES**. BIORESOURCE TECHNOLOGY, V. 104, P. 28–36, 2012b.

FATMA, 2014. **INSTRUÇÃO NORMATIVA IN-11**. PORTARIA INTER SETORIAL N01/04, DE 14.11.2014. FATMA, FLORIANÓPOLIS. DISPONÍVEL EM: <http://www.fatma.sc.gov.br/conteudo/instrucoes-normativas>.

KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, R. L. R. **ADVANCED SWINE MANURE TREATMENT END UTILIZATION IN BRAZIL**. BIORESOURCE TECHNOLOGY, V.100, N.22, P.5485-5489, 2009.

MASSÉ, D.I. MASSE, L. HINCE, J.F. POMAR, C. **PSYCHROPHILIC ANAEROBIC DIGESTION BIOTECHNOLOGY FOR SWINE MORTALITY DISPOSAL**. BIORESOURCE TECHNOLOGY. VOL. 99, P. 7307 – 7311. 2008.

MIELE, M., SANDI, A. J., KUNZ, A. HENN, J. D. **IMPACTOS NA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE NA COMPETITIVIDADE E NAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE CARNE SUÍNA**. IN: COMPETITIVIDADE DE CADEIAS AGROINDUSTRIAS BRASILEIRAS. BRASÍLIA: EMBRAPA, 2013.

LEE, J.; KOO, T.; HAN, G.; SHIN, S. G.; HWANG, S. **ANAEROBIC DIGESTION OF CATTLE OFFAL: PROTEIN AND LIPID-RICH SUBSTRATE DEGRADATION AND POPULATION DYNAMICS OF ACIDOGENS AND METHANOGENS**. BIOPROCESS AND BIOSYSTEMS ENGINEERING, V. 38, N. 12, P. 2349–2360, 2015.

PITK, P.; PALATSI, J.; KAPARAJU, P.; FERNANDÉZ, B.; VILU, R. **MESOPHILIC CO-DIGESTION OF DAIRY MANURE AND LIPID RICH SOLID SLAUGHTERHOUSE WASTES: PROCESS EFFICIENCY, LIMITATIONS AND FLOATING GRANULES FORMATION**. BIORESOURCE TECHNOLOGY, V. 166, P. 168–177, 2014.

RAJAGOPAL, R.; SAADY, N. M. C. **LOW-TEMPERATURE ANAEROBIC CO-DIGESTION OF SWINE CARCASS AND SWINE MANURE: IMPACT OF HIGH SWINE CARCASS LOADING RATE**. TRANSACTIONS OF THE ASABE, V. 57, N. 6,

P. 1811–1816, 2014.

STEINMETZ, R.L.R, KUNZ, A., AMARAL, A. C., SOARES, H. M., SCHMIDT, T., WEDWITSCHKA, H. **SUGGESTED METHOD FOR MESOPHILIC INOCULUM ACCLIMATION TO BMP ASSAY.** IN: XI LATIN AMERICAN WORKSHOP AND SYMPOSIUM ON ANAEROBIC DIGESTION. HAVANA, CUBA. 2014.

TAPPARO, D., KUNZ, A., STEINMETZ, R., AMARAL, A. C., CHINI, A., DIAS, J. R. **INFLUÊNCIA DA MATRIZ SÓLIDA NA DETERMINAÇÃO DE AI/AP EM DIGESTORES ANAERÓBIOS.** IN: ANAIS DA 8ª JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, CONCÓRDIA SC, 2014.

VDI 4630, 2006. **FERMENTATION OF ORGANIC MATERIALS—CHARACTERIZATION OF THE SUBSTRATE, SAMPLING, COLLECTION OF MATERIAL DATA, FERMENTATION TESTS.** THE ASSOCIATION OF GERMAN ENGINEERS, DÜSSELDORF, GERMANY.