

CARCAÇAS DESIDRATADAS: POTENCIAL BIOQUÍMICO DE METANO

RITIELI MAROSTICA¹, BRUNA HINTERHOLZ², EDILENE DA SILVA PEREIRA³,
EDUARDO LUIZ BULIGON⁴, JÉSSICA CAROLINE DE LIMA⁵, MÔNICA SAROLLI
SILVA DE MENDONÇA COSTA⁶

¹ Eng. Agrícola, Mestranda em Engenharia Agrícola, UNIOESTE, Cascavel – PR, riti_marostica@hotmail.com.

² Eng. Ambiental, Mestranda em Engenharia Agrícola, UNIOESTE, Cascavel – PR.

³ Eng. Ambiental, Doutoranda em Engenharia Agrícola, UNIOESTE, Cascavel – PR.

⁴ Eng. Agrícola, Doutorando em Engenharia Agrícola, UNIOESTE, Cascavel – PR.

⁵ Eng. Agrônoma, Mestranda em Engenharia Agrícola, UNIOESTE, Cascavel – PR.

⁶ Eng. Agrícola, Prof. Doutora em Engenharia Agrícola, UNIOESTE, Cascavel – PR.

Apresentado no
LI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2022
27 a 29 de outubro de 2022 - Pelotas - RS, Brasil

RESUMO:

A geração de resíduos e carcaças provenientes da cadeia produtiva da suinocultura é um problema que necessita ser amenizado ou resolvido de forma sustentável e planejada. O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial bioquímico de metano, segundo norma alemã (VDI 4630), de águas residuárias em mono (MonoDA) e codigestão anaeróbia (CoDA) com suas respectivas carcaças desidratadas nos três segmentos (Unidades produtoras de leitões - UPL, unidades de crechário - UC e unidades de terminação -UT). O experimento foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado com seis tratamentos e três repetições. Os resultados do ensaio mostraram que a monodigestão da água residuária de UPL (1413 L biogás kgSV⁻¹) e a sua codigestão com as carcaças desidratadas (1159 L biogás kgSV⁻¹) apresentaram as maiores produções de biogás e metano ($p \leq 0.05$). Não houve diferença estatística significativa entre a Mono e a CoDA em cada segmento estudado. Conclui-se que a inclusão de carcaças desidratadas em biodigestores não afeta o processo de DA sendo uma alternativa ambientalmente segura para sua destinação.

PALAVRAS-CHAVE: digestão anaeróbia, água residuária da suinocultura, biogás, BMP, destinação de carcaças.

DEHYDRATED CARCASSES: BIOCHEMICAL METHANE POTENTIAL

ABSTRACT: The generation of waste and carcasses from the swine production chain is a problem that needs to be alleviated or solved in a sustainable and planned way. The aim of this study was to evaluate the biochemical potential of methane, according to the German standard (VDI 4630), of the swine wastewater in mono (MonoAD) and anaerobic co-digestion (ACoD) with their respective dehydrated carcasses in the three segments (Piglet producing units -UPL, nursery units - UC and termination units -UT). The assay was carried out in a completely randomized design with six treatments and three replications. The test results showed that the MonoAD of UPL wastewater (1,413 L biogas kgVS⁻¹) and its ACoD with the dehydrated carcasses (1,159 L biogas kgVS⁻¹) showed the highest production of biogas and methane ($p \leq 0.05$). There was no statistically significant difference between MonoAD and ACoD in each segment studied. It is concluded that the addition of dehydrated carcasses in anaerobic digesters does not affect the AD process, being an environmentally safe alternative for its destination.

KEYWORDS: anaerobic digestion, swine wastewater, biogas, BMP, carcass destination.

INTRODUÇÃO: A demanda por alimento aumenta a cada ano, por consequência, aumenta-se também a produção animal e a geração de resíduos, bem como de carcaças de suínos geradas durante as diferentes fases da cadeia produtiva. O manejo e a destinação dos resíduos e animais mortos nas unidades produtoras é uma grande preocupação tanto para os produtores e indústrias, quanto para os órgãos públicos. A digestão anaeróbia (DA) pode ser utilizada para a estabilização dos resíduos orgânicos gerados no meio rural, porém, para realizar a DA na destinação de carcaças, os aspectos de biossegurança dentro das granjas necessitam ser atentados, pois os animais mortos, bem como seus resíduos, podem conter microrganismos patogênicos. Um pré-tratamento possível à DA é submeter as carcaças de suínos em desidratadores, obtendo uma redução de até 80% no volume biológico, sanitizando os resíduos e permitindo na sequência, a adição do material aos biodigestores para promover o aproveitamento energético do material desidratado. Na literatura, o pré-tratamento térmico em várias faixas de temperatura e duração, é reportado com sucesso. Como exemplo, Tang et al. (2020) avaliaram dois pré-tratamentos (térmico e químico com H₂SO₄) em carcaças de suínos antes de submetê-las ao processo de DA. Os autores concluíram ser o pré-tratamento térmico (121°C por 1 hora) o mais indicado para eliminação de patógenos e recuperação de energia., podendo gerar dois subprodutos durante o processo, o biogás (fonte renovável de energia) e o biofertilizante (fertilizante renovável). Os objetivos desta pesquisa foram avaliar o incremento em biogás/metano com a inserção de carcaças de animais desidratadas em monodigestão (MonoDA) ou codigestão anaeróbia (CoDA) com as respectivas águas residuárias do processo.

MATERIAL E MÉTODOS:

Local do ensaio: Os ensaios de MonoDA e CoDA foram conduzidos no Laboratório de Análise de Resíduos Agroindustriais - LARA, localizado no bloco H da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, no município de Cascavel, Paraná.

Obtenção das carcaças: As carcaças foram obtidas junto à produtores de suínos da região Oeste do Paraná, que contém em suas instalações o desidratador (Figura 1), produto desenvolvido pela empresa DEBONA, localizada no município de Céu Azul, Paraná. Foram coletadas carcaças e respectivas águas residuárias em Unidades de crechário (UC), Unidades Produtoras de Leitões (UPL) e Unidades de Terminação (UT).



FIGURA 1. Desidratador de carcaças

Processamento das carcaças: Visando a homogeneização das carcaças desidratadas e a acurácia do ensaio de BMP, secou-se o material em estufa de aeração forçada a 105 °C até peso constante e após isso, o material foi triturado, conforme mostram as Figuras 2a e 2b.



FIGURA 2. Carcaça desidratada sem homogeneizar (A) e homogeneizada (B)

Caracterização do material: Realizaram-se análises de sólidos totais (ST) e voláteis (SV) das águas residuárias e da combinação entre as águas residuárias e as carcaças das unidades de UPL, UC e UT pelos métodos gravimétricos, baseados na secagem e ignição das amostras (APHA, 2005).

As leituras de pH e condutividade elétrica (CE) foram realizadas com um pHmêtro (TECNAL®, modelo TEC-3MP, Piracicaba, SP, Brasil) e um condutivímetro de bancada (MSTecnopon®, modelo mCA 150). Para medir o pH das amostras foram preparadas soluções aquosas de proporção 1:5 (massa:volume) e agitadas por 30 min (TEDESCO et al., 1995).

Ensaio de potencial bioquímico de metano: A determinação do potencial bioquímico de metano (BMP) foi realizada em amostras da MonoDA (águas residuárias - AR) e CoDA (águas residuárias + respectivas carcaças) em batelada, de acordo com a norma VDI 4630 (2006). Antes do início do experimento, realizou-se uma pesquisa com produtores de suínos e constatou-se que a quantidade de carcaças geradas corresponde a menos de 1% da quantidade de AR gerada, portanto, foi adotada a quantidade de 1% de material sólido (carcaças desidratadas) com relação ao volume de AR na CoDA. O ensaio foi realizado em triplicata, com frascos reatores de vidro âmbar com capacidade de 1000mL, sendo entre 200 e 400mL de volume útil e entre 600 a 800mL de headspace para armazenamento do biogás. O ensaio foi conduzido em temperatura mesofílica (37°C), em câmara de germinação (BOD) até o momento em que a produção diária de biogás representou menos de 1% da sua produção acumulada. Além dos tratamentos avaliados, três frascos reatores adicionais foram utilizados para avaliar a atividade biológica do inóculo, utilizando celulose microcristalina como amostra de referência a fim de validar a sua eficácia nos testes. De acordo com a norma VDI 4630 (2006), os valores de referência de produção de metano para celulose microcristalina se encontram em torno de 740 – 750 L kgST⁻¹, a produção média no presente estudo foi de 789 L kgST⁻¹, comprovando a eficiência do inóculo. Outros três frascos reatores foram abastecidos apenas com inóculo para que fosse possível descontar (dos demais tratamentos) a produção endógena de biogás.

Inóculo: O inóculo utilizado para os ensaios de DA foi fornecido pelo Centro Internacional de Energias Renováveis – Biogás (CIBiogás), localizado na Itaipu em Foz do Iguaçu, Paraná.

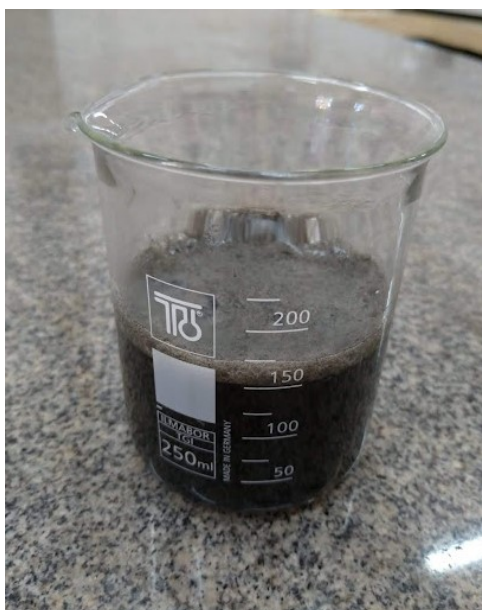


FIGURA 3. Inóculo utilizado no ensaio de BMP

Condução e padronização do experimento: Depois de colocada a amostra, retirou-se o Oxigênio presente em cada frasco, com a inserção de gás Nitrogênio. Em seguida, os frascos foram vedados e acoplou-se um sistema para permitir a leitura do biogás. O sistema usado é de vedação tipo rosca, contendo uma agulha conectada a uma mangueira de silicone com válvula abre/fecha, seguida de duas ramificações do tipo cateter com sistema de fechamento (Figura 4a e 4b). Isso possibilitou a aferição da produção de biogás com auxílio do conjunto de uma seringa de vidro própria para biogás e um manômetro para correção das pressões internas e externas aos frascos reatores. O volume de biogás produzido foi monitorado

diariamente (Figura 4c) e padronizado nas condições normais de temperatura e pressão conforme a norma VDI 4630 (2006).



FIGURA 4. Frascos reatores de vidro âmbar com seus componentes para fechamento (A), frascos fechados após remoção de Oxigênio (B) e monitoramento do biogás (C).

Análise do biogás: A determinação da composição do biogás (CH_4 e CO_2) foi realizada por meio de um cromatógrafo a gás (modelo GC-2014, Shimadzu Scientific Instruments, Columbia, MD, EUA), equipado com uma coluna Carboxen® 1000 Plot (4,5 m, 2,10 mm). As temperaturas do injetor e do detector foram mantidas a 100 e 150°C, respectivamente. A temperatura inicial da coluna foi de 40°C e aquecida a 145°C (adaptado de PENTEADO et al., 2013). A calibração do cromatógrafo foi realizada com gás padrão de biogás, contendo $2 \pm 0,02\%$ de oxigênio, $8 \pm 0,1\%$ de nitrogênio, $55 \pm 1,0\%$ de metano e $35 \pm 0,7\%$ de dióxido de carbono.

Delineamento experimental e análise estatística: O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado (DIC), com seis tratamentos e três repetições, totalizando 18 unidades amostrais. Os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo Teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Caracterização do material: Os resultados médios do teor de sólidos totais, sólidos voláteis, pH e condutividade elétrica dos materiais antes do ensaio BMP, são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Sólidos totais, voláteis, pH e condutividade elétrica dos tratamentos. **Total solids, volatiles, pH and electrical conductivity of the treatments.**

Tratamento	Sólidos Totais (%)	Sólidos Voláteis (%)	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
MonoDA UPL	0,48 ^C	57,85 ^B	7,09 ^C	71,90 ^A
MonoDA UC	0,62 ^{BC}	67,09 ^{AB}	7,10 ^{CD}	73,80 ^{AB}

MonoDA UT	0,94 ^B	68,35 ^{AB}	7,11 ^D	69,60 ^A
CoDA UPL	1,04 ^B	72,74 ^A	7,29 ^A	18,07 ^B
CoDA UC	2,22 ^A	69,37 ^{AB}	7,27 ^B	18,04 ^B
CoDA UT	1,93 ^A	70,97 ^A	7,25 ^B	18,13 ^B
CV (%)	19,18	10,96	0,14	37,64

*Letras diferentes indicam diferença estatística entre os tratamentos.

*CV – Coeficiente de variação

A AR possui baixo teor de ST, em CoDA esse teor aumenta, sendo que CoDA UC e UT apresentaram os maiores valores de ST, mesmo em CoDA a porcentagem de ST é baixa para esse tipo de resíduo. A análise da série de sólidos dos substratos é um parâmetro essencial para sua caracterização e está diretamente relacionado com a quantidade de água presente no substrato, o potencial de produção de biogás/metano e a quantidade de minerais (CHERNICHARO, 2007).

Os SV representam a fração orgânica que pode ser convertida em biogás, portanto, quanto maior a concentração de SV no material de entrada no biodigestor, maior a possibilidade de melhores produções de biogás (OLIVEIRA, 2004). Apenas a MonoDA UPL e a CoDA UT apresentaram diferenças significativas com relação à porcentagem de SV. Pela Tabela 1, há uma tendência de aumento de SV quando se realiza a CoDA dos materiais, possibilitando um maior potencial para produção de biogás e metano.

O pH influencia diretamente o crescimento microbológico e afeta o equilíbrio químico de alguns compostos (KUNZ et al., 2019). É importante manter uma faixa adequada de pH que possibilite o desenvolvimento máximo da maior parte dos microrganismos envolvidos. Normalmente os microrganismos mesofílico envolvidos na produção de metano na DA, têm o seu pH ótimo próximo a neutralidade, com o nível ideal entre 6,5 e 7,5. Em condições acima ou abaixo desta faixa a produção de metano decresce, tendendo a cessar (SOARES et al., 2017). A MonoDA das AR apresenta pH dentro do nível ideal para a produção de metano e quando misturadas às respectivas carcaças em CoDA, os valores de pH aumentaram, mostrando que a CoDA auxilia na alcalinidade do meio e ajuste de pH em condições ideais.

De acordo com Silva et al. (2012), a condutividade elétrica indica o teor de sais presentes na mistura líquida, no caso dos tratamentos realizados, o simples fato de realizar a mistura entre AR e as respectivas carcaças teve um efeito benéfico para a redução da condutividade elétrica do meio, reduzindo entre 3,8 – 4,1 vezes com relação à MonoDA de AR.

Produção de biogás: A Tabela 2 apresenta os resultados do ensaio de Potencial de Produção de biogás e metano da MonoDa e CoDA dos três segmentos da suinocultura (UPL, UC e UT). Tanto a CoDA UPL quanto a MonoDA UPL possuem o maior potencial produtivo se comparado aos demais tratamentos. Gusmão (2008) também obteve a maior produção de biogás com dejetos de UPL (297 L kgSV⁻¹). Para todos os segmentos estudados (UPL, UC e UT) observou-se que não houve diferença estatística significativa entre a MonoDA e a CoDA, ou seja, a adição das carcaças na quantidade avaliada (1%) não afetou a produção de biogás e metano.

Em granjas de produção intensiva, o destino de animais mortos e restos de parto é crítico pela sua frequência e por ser um foco de concentração de patógenos, esse material geralmente é contaminado e, numa condição de falhas de biossegurança, como presença de roedores e moscas, constitui-se numa fonte permanente de recontaminação da granja (KICH & VILAS-BOAS, 2015), por isso a desidratação associada com a CoDA se torna essencial para evitar a disseminação de patógenos.

TABELA 2. Potencial de produção de biogás (PPB) e Metano (PPM) da MonoDA e CoDA de AR e carcaças da cadeia produtiva da suinocultura. **Biogas (PPB) and Methane (PPM) production potential of MonoDA and CODA of AR and carcasses of the pig production chain**

Tratamento	Produção Biogás (L kgST ⁻¹)	Produção Biogás (L kgSV ⁻¹)	Produção Metano (L kgST ⁻¹)	Produção Metano (L kgSV ⁻¹)
CoDA UPL	802a	1159a	473a	683a
CoDA UC	491b	678b	270b	372b
CoDA UT	368bc	518bc	210bc	295bc
MonoDA UPL	812a	1413a	489a	850a
MonoDA UC	346bc	519bc	197bc	295bc
MonoDA UT	183c	269c	102c	149c
CV (%)	17,17	17,06	17,49	17,37

C.V.: coeficiente de variação; letras iguais = médias estatisticamente iguais a 95% de significância.

CONCLUSÕES: A mistura entre água residuária e carcaça desidratada de suínos em codigestão anaeróbia, favorece os teores de sólidos totais, sólidos voláteis e pH e diminui a condutividade elétrica se comparada com a monodigestão anaeróbia dos resíduos.

A monodigestão e a codigestão anaeróbia de água residuária e carcaças desidratadas de suínos de unidades produtoras de leitões geram maior quantidade de biogás em comparação com unidades de terminação e crechário. A adição de carcaças desidratadas em codigestão anaeróbia com a respectiva água residuária não altera a produção de biogás e metano.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Mestrado Acadêmico em Inovação (MAI) à primeira autora e pela bolsa de Produtividade em Pesquisa (2) à Orientadora. Também agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelas bolsas concedidas aos demais autores.

REFERÊNCIAS:

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 18 ed., Washington, 2005.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios-Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**, 2da Ed., vol. 5. Belo Horizonte, Brasil: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

GUSMÃO, M. M. F.C.C. **Produção de biogás em diferentes sistemas de criação de suínos em Santa Catarina**. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, 2008. 170 f.

KICH, J. D.; VILAS-BOAS, J. **Salmonela na suinocultura brasileira: do problema ao controle**. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; DO AMARAL, A. C. **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato.** Embrapa Suínos e Aves- Livro científico (ALICE),[s.l], [s.v.], [s.n.], p. 209, [n.l], 2019.

OLIVEIRA, P. A. V. de. Produção e aproveitamento do biogás. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: Manual de boas práticas.** Concórdia: Gestão Integrada de Ativos Ambientais, 2004.

PENTEADO, E. D.; LAZARO, C. Z.; SAKAMOTO, I. K.; ZAIAT, M. Influence of seed sludge and pretreatment method on hydrogen Production in packed-bed anaerobic reactors, **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 38, n. 14, p. 6137-6145, 2013.

SILVA, W. T. L.; NOVAES, A. P. L.; KUROKI, V.; ALMEIDA, L. F.; MAGNONI JÚNIOR, M. L., Avaliação físico-química de efluente gerado em biodigestor anaeróbio para fins de avaliação de eficiência e aplicação como fertilizante agrícola, **Química Nova**, v. 35, n.1, p. 35-40, 2012.

SOARES, C.M.T.; FEIDEN, A.; TAVARES, S. G. Fatores que influenciam o processo de digestão anaeróbia na produção de biogás. **Nativa**, Sinop, v.5, p.522-528, dez. 2017.

TANG, B.; LI, G.; HE, M.; LIU, J.; JI, J.; WU, K.; ZHAO, X.; WANG, C.; YIN, F.; LIN, W.; ZHANG, W. Effects of pretreatments on anaerobic digestion performances in batch reactor for pig mortality and microbial consortia management, **Biomass and Bioenergy**, v. 140, p. 105652, 2020.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análises de solos, plantas e outros materiais. **Boletim técnico da Faculdade de Agronomia da UFRGS**, Porto Alegre, n. 5, ed. 2, p. 1-174, 1995.

VDI 4630. **Fermentation of Organic Materials. Characterisation of the Substrates, Sampling, Collection of Material Data, Fermentation Tests.** VDI-Handbuch Energietechnik. 2006. 92 p.