

# DIMENSIONAMENTO, AVALIAÇÃO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE METANO E ANÁLISE DE CUSTO DE DIGESTORES ANAERÓBIOS PARA TRATAMENTO DE DEJETOS PRODUZIDOS NA SUINOCULTURA

## DESIGNING, POTENTIAL METHANE PRODUCTION ASSESSMENT AND COST ANALYSIS OF ANAEROBIC DIGESTERS FOR PIG MANURE TREATMENT

Flávia Junqueira de Macedo <sup>1\*</sup>  
Jorge Manuel Rodrigues Tavares <sup>1</sup>  
Paulo Belli Filho <sup>1</sup>  
Arlei Coldebella <sup>2</sup>  
Paulo Armando Victória de Oliveira <sup>2</sup>

### Abstract

*The aim of the study is to design anaerobic digesters units for pig manure treatment in Santa Catarina, Brazil. It is on interest to understand the impact that water management and savings have in anaerobic digestion in terms of sizing of the digester, methane production and capital costs. Therefore, two scenarios were evaluated: the first with values of the current legislation ( $7.0 \text{ L}\cdot\text{pig}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ) and the second from the value of manure determined in growing-finishing pig units at Santa Catarina ( $5.0 \text{ L}\cdot\text{pig}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ). Two designing parameters were used: Hydraulic Retention Time and Organic Load. Therefore, the potential production of methane ( $\text{CH}_4$ ) was determined and the costs were estimated. The volume difference between the two scenarios was 29% and the  $\text{CH}_4$  production was 2.42 higher for scenario 2 ( $5.0 \text{ L}\cdot\text{pig}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$  and  $45.7 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  of VS in manure). The total costs of implementation were higher or lower depending on the parameter project analyzed: considering the digester volume, the scenario 2 showed to be more expensive per  $\text{m}^3$ . If the  $\text{CH}_4$  potential production is taken into account, the digesters for the same scenario will be the cheapest ones.*

**Key Words:** Pig manure, anaerobic digesters, design, methane potential production.

---

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina.

<sup>2</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Suínos e Aves.

\* *Autor correspondente:* Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Reitor João David Ferreira Lima, Caixa Postal 476 – Bairro Trindade - Florianópolis - Santa Catarina - Brasil - CEP 88040-970 – Tel.: +55(48)3721-7743. [flaviajmacedo@gmail.com](mailto:flaviajmacedo@gmail.com)

## Resumo

O estudo visou dimensionar biodigestores em função de dois parâmetros: de projeto o tempo de detenção hidráulica (TDH) e a Carga orgânica volumétrica (Cv); calcular a produção potencial de metano ( $\text{CH}_4$ ); e estimar os custos de implantação dos biodigestores para dois cenários: o primeiro com valores vigentes na legislação ( $7.0 \text{ L}\cdot\text{suíno}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ) e o segundo a partir do volume de dejetos determinado em granjas de crescimento-terminação em Santa Catarina ( $5.0 \text{ L}\cdot\text{suíno}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ). Como resultados ressalta-se a diferença no volume dos biodigestores em aproximadamente 29% (cenário 1 vs cenário 2) e uma produção superior de  $\text{CH}_4\cdot\text{suíno}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$  em uma proporção de 2.42 para o cenário 2 ( $5.0 \text{ L}\cdot\text{suíno}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$  e  $45.7 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  de SV no dejetos). Foram encontrados valores de  $0.051$  e  $0.124 \text{ m}^3 \text{ CH}_4\cdot\text{suíno}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$  para o cenário 1 e o cenário 2, respectivamente. Os custos de implantação variaram de R\$34571.00 a R\$60142.00 para o cenário 1 e de R\$30101.00 a R\$ 50274.00 para o cenário 2 com amarração em viga (AV) aumentando proporcionalmente ao volume de dejetos a ser tratado. Os custos para biodigestores com amarração em solo (AS) foram em média de R\$7000.00 menores.

**Palavras-chave:** Dejetos suíno, digestor anaeróbio, dimensionamento, produção potencial de metano.

## Introdução

Segundo dados mundiais apresentados para o ano de 2013, o Brasil totalizou um rebanho médio de 38.578 milhões de suínos, sendo ainda considerado o quarto maior produtor [(rebanho: 38.100 milhões de cabeças); (carne em carcaça:  $3.37 \times 10^6 \text{ ton}\cdot\text{ano}^{-1}$ )] e exportador mundial de suínos (carne em carcaça:  $0.60 \times 10^6 \text{ ton}\cdot\text{ano}^{-1}$ ) (USDA, 2013). A produção de suínos no Estado de Santa Catarina destaca-se no cenário produtivo brasileiro, apresentando o maior rebanho de animais (7.480.183 suínos: ~19.28% do efetivo nacional), concentrado principalmente na Mesorregião do Oeste Catarinense (73.2%) (Brasil, 2012). O principal subproduto da atividade suinícola é o dejetos produzido diariamente pelos animais nas diferentes fases fisiológicas da cadeia de produção de suínos.

Os dejetos produzidos diariamente em granjas suinícolas devem ser isolados dos alojamentos de suínos por questões de segurança e higiene. A alta taxa de nutrientes, em especial nitrogênio e fósforo, associada ao seu elevado potencial de biodegradação, não permite a sua simples disposição em ambiente natural (Chelme-Ayala *et al.*, 2011). De fato, o órgão legislador do Estado de Santa Catarina, define para o crescimento/terminação um volume diário de  $7.0 \text{ L}\cdot\text{suíno}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ . Independentemente da fase fisiológica, o produtor pode aplicar no solo, o volume máximo de dejetos de  $50 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ , após um período de armazenamento de 120 dias (Fundação do Meio Ambiente, 2009). O tratamento dos dejetos gerados pelo processo biológico de digestão anaeróbia mostra-se atrativo, pois, permite a produção de adubo orgânico, a captura de gases odorantes e geradores de efeito de estufa, bem como, a utilização energética e/ou térmica do biogás resultante do processo (Belli Filho, 1995) No Brasil, o modelo mais utilizado é o digestor do tipo horizontal (tipo lagoa coberta) onde a câmara de fermentação é enterrada no solo com possível revestimento em alvenaria e a campânula de contenção de gases constituída por mantas de PVS (Henn, 2005).

Na construção destas estruturas existem parâmetros de dimensionamento que devem ser considerados, sendo os mais importantes: o Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) e a Carga Orgânica Volumétrica (Cv) (Metcalf & Eddy, 2003). Pesquisas sugerem que o volume de dejetos gerados varia em função do tamanho do rebanho, do peso vivo dos animais, do volume de água ingerido pelos animais, da consistência da fração sólida dos dejetos e dos desperdícios gerados com limpeza e equipamentos de dessedentação dos animais (Tavares, 2012).

A determinação dos volumes gerados tem sido realizada em diferentes pesquisas no Estado nos últimos anos, com ênfase para a fase fisiológica de crescimento/terminação. O estudo de Tavares (2012) monitorou e avaliou um total de 15 granjas comerciais na fase fisiológica de crescimento/terminação no Oeste Catarinense (17 lotes de produção: 6928 suínos) e determinou um volume médio de dejetos produzidos de  $4.58 \text{ L}\cdot\text{suíno}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ . Tal pesquisa contou com o apoio e a participação das seguintes entidades: Brasil Foods (BRF), Associação das Indústrias de Carnes e Derivados de Santa Catarina (AINCADESC/SINDICARNE\_SC), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Suínos e Aves (EMBRAPA) e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGEA/UFSC).

O presente estudo tem como objetivo mostrar o efeito da redução do volume diário e da sua qualidade físico-química dos dejetos produzidos no dimensionamento dos digestores do tipo lagoa coberta em função da Cv e do TDH considerando: a) o volume de biodigestor; b) a estimativa da produção potencial de CH<sub>4</sub>; e c) o custo de implantação de biodigestores segundo empresa contatada pela pesquisa. Serão considerados para o estudo, os dois cenários já apresentados: produção de 7.0 L·suíno<sup>-1</sup>·dia<sup>-1</sup> (Fundação do Meio Ambiente, 2009) versus 5.0 L·suíno<sup>-1</sup>·dia<sup>-1</sup> (Tavares, 2012), correspondente a uma produção média de dejetos de 4.58 L·suíno<sup>-1</sup>·dia<sup>-1</sup>, acrescido do volume de 0.57 L·suíno<sup>-1</sup>·dia<sup>-1</sup> para água de lavagem.

## Metodologia

### Dimensionamento de digestores do tipo lagoa coberta

O dimensionamento de biodigestores do tipo lagoa coberta foi realizado considerando-se dois cenários distintos de produção de dejetos para unidades suínolas de crescimento/terminação: o cenário 1, com 7.0 L·suíno<sup>-1</sup>·dia<sup>-1</sup> (Oliveira, 1993; Fundação do Meio Ambiente, 2009) e o cenário 2 com 5.0 L·suíno<sup>-1</sup>·dia<sup>-1</sup> (Tavares, 2012).

A Tabela 1 exibe os valores adaptados e utilizados no cálculo do dimensionamento dos biodigestores para os parâmetros Cv e TDH.

**Tabela 1.** Valores adaptados e utilizados no cálculo do dimensionamento dos biodigestores para os parâmetros presentes nas equações.

	Parâmetro	Valor adotado	Referência
TDH	Tempo de Detenção Hidráulica	30 e 35 dias	Oliveira (2003)
Cv	Carga Orgânica Volumétrica	1.5 kg SV.m <sup>-3</sup> .d <sup>-1</sup>	La Farge (1995); Metcalf & Eddy (2003)
N	Número de suínos	de 300 a 1200	Tavares (2012)
q1	Vazão de dejetos produzida por suíno para o cenário 1	7.0 L·suíno <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup>	Oliveira (1993)
q2	Vazão de dejetos produzida por suíno para o cenário 2	5.0 L·suíno <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup>	Tavares (2012)

### Cálculo da produção potencial de metano

A Tabela 2 mostra as equações utilizadas nos cálculos da produção potencial de CH<sub>4</sub> sendo exibidas na sequência da sua utilização. A Equação 1 utiliza a remoção de Demanda Química de Oxigênio (DQO) durante a anaerobiose para o cálculo da geração potencial de metano, ao passo que a Equação 2 se baseia na redução de Sólidos Voláteis (SV). A Tabela 3 exibe os valores adaptados para os parâmetros utilizados no cálculo. As diferentes concentrações de SV e DQO utilizadas para ambos os cenários foram obtidas em pesquisas com diferença temporal de 15 anos e comprovam a evolução científica, técnica e tecnológica na suinocultura que resultou na produção de dejetos mais concentrados (modelos de produção, equipamentos para a ingestão de água e ração, genética, manejo diário, nutrição e aspetos sanitários) (Tavares *et al.*, 2012).

### Análise de custos da instalação de biodigestores

A análise de custos da instalação de biodigestores foi realizada para ambos os cenários estudados, considerando-se: a) granjas com 300, 600, 900 e 1200 suínos instalados; b) TDH de 30 dias; e c) dois sistemas de amarração entre a lona inferior e a superior: ancoragem por viga (AV) ou no solo (AS). Os valores foram repassados por empresa especializada (Oeste de SC). Os itens orçados para a instalação de biodigestores foram: 1) Terraplanagem e escavação; 2) Brocas; 3) Vigas em concreto armado; 4) Caixa de passagem; 5) Tubo de limpeza - PVC 150 mm; 6) Tubo de entrada e saída - PVC 150 mm; 7) Tubo dreno DN 65; 8) Geotêxtil G150; 9) Manta Inferior - PVC 0.80

mm; 10) Manta Superior - PVC 1.00 mm; 11) Parafuso Inox 3/8" com chumbador químico; 12) Chapa Zincada 3/16x2"; 13) Registro PVC 75 mm; 14) Válvula de Segurança; 15) Mão-de-obra; 16) Bomba Elétrica 5 cv; 17) Tubo PVC 3" PN 60. O orçamento para amarração do tipo AS não possui os itens relacionados a AV.

**Tabela 2.** Equações utilizadas no cálculo da produção potencial de CH<sub>4</sub>.

Equação	Descrição (unidade)	Referência
$E(\%) = \frac{S - S_0}{S}$	Eficiência de remoção de um nutriente	Chernicharo (2007)
$Q_{CH_4} = \frac{DQO_{CH_4}}{f(T)}$	Produção de CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> ·d <sup>-1</sup> ) (Equação 1)	
$DQO_{CH_4} = Q \cdot (S_0 - S) - Y_{obs} \cdot Q \cdot S_0$	Carga de DQO convertida em CH <sub>4</sub> (kg DQO <sub>CH<sub>4</sub></sub> ·d <sup>-1</sup> )	Chen e Hashimoto (1978) apud Nishimura (2009)
$f(T) = \frac{P \cdot K_{DQO}}{R(273 - T)}$	Fator de correção da T operacional do reator (kg DQO·m <sup>-3</sup> )	
$P = \left( \frac{B_0 SV_0}{TDH} \right) \cdot \left( \frac{1 - k}{TDH \cdot \mu_m - 1 + k} \right)$	Produção de CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> ·m <sup>-3</sup> V <sub>u</sub> ·d <sup>-1</sup> ) (Equação 2)	
$k = 0.5 + 0.0043 \cdot e^{0.051 \cdot SV_0}$	Constante	
$\mu_m = 0.013 \cdot T - 0,129$	Taxa de crescimento máx. específico (dia <sup>-1</sup> )	

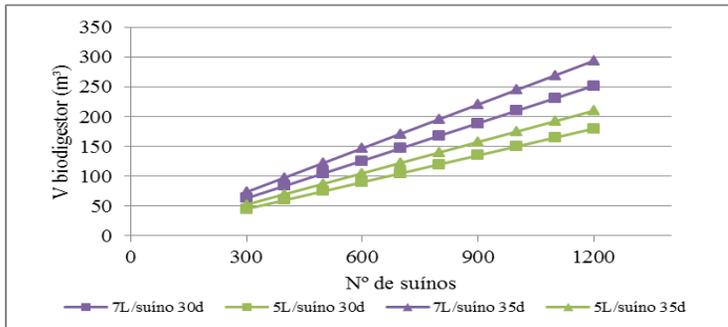
**Tabela 3.** Valores adaptados e utilizados no cálculo da produção potencial de metano para os parâmetros presentes nas equações.

Parâmetro	Valor adotado	Referência
T Temperatura	25° C	Gusmão (2008)
E (%) DQO Eficiência de remoção de DQO	80%	Dal Mago (2013)
E (%) SV Eficiência de remoção de SV	92%	Henn (2005)
B <sub>0</sub> Taxa de conversão de SV em metano	0.6048 (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> ·kg <sup>-1</sup> SV)	Dal Mago (2009)
Y <sub>obs</sub> Coeficiente de produção de sólidos no sistema em termos de DQO	0.15 kg DQO <sub>lodo</sub> /kg DQO <sub>apl</sub>	Chernicharo (2007)
DQO <sub>1</sub> Demanda Química de Oxigênio para o cenário 1	23.6 g·L <sup>-1</sup>	Medri (1997)
SV <sub>1</sub> Sólidos Voláteis para o cenário 1	13.4 g·L <sup>-1</sup>	Medri (1997)
DQO <sub>2</sub> Demanda Química de Oxigênio para o cenário 2	79.6 g·L <sup>-1</sup>	Tavares (2012)
SV <sub>2</sub> Sólidos Voláteis para o cenário 2	45.7 g·L <sup>-1</sup>	Tavares (2012)
$\frac{[CH_4]}{biogás}$ Proporção entre metano e biogás gerado	0.7	Oliveira (2003)

## Resultados

### Dimensionamento de digestores a partir do TDH

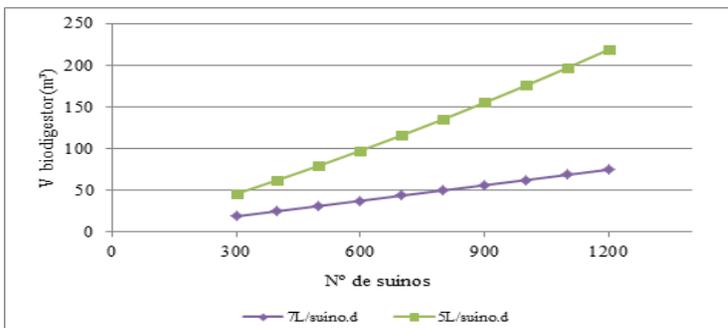
A Figura 1 apresenta os resultados obtidos para o dimensionamento de biodigestores com TDH de 30 e 35 dias (volumes úteis são inferiores em 29% no cenário 2). Considerando volumes úteis similares para os reatores, o cenário 2 permite um total de 35 dias de TDH para 30 dias no cenário 1.



**Figura 1.** Dimensionamento de biodigestores com TDH = 30 e TDH = 35 dias para granjas com efetivos instalados entre 300 e 1200 animais.

### Dimensionamento de digestores a partir da Cv

A Figura 2 apresenta os resultados para digestores dimensionados com  $C_v = 1.5 \text{ kg SV} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ , considerando os dois cenários.

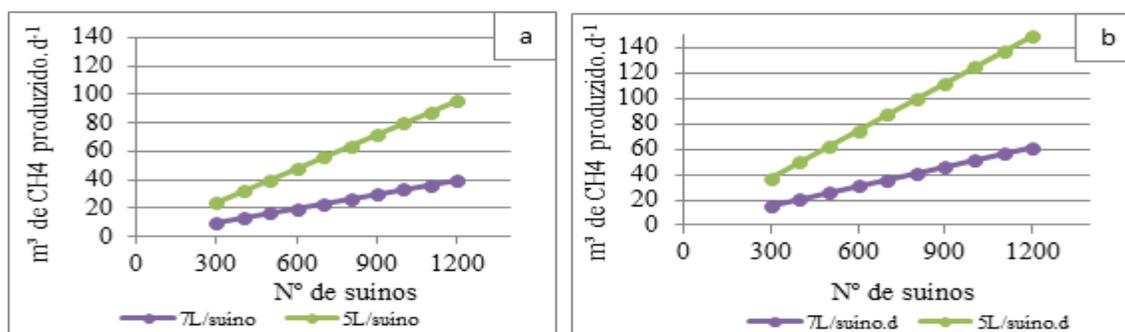


**Figura 2.** Resultados comparativos para dimensionamento de biodigestores com  $C_v = 1,5 \text{ kg SV} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ .

Os biodigestores que apresentam maior volume são os dimensionados para o cenário 2 ( $5.0 \text{ L} \cdot \text{suíno}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ ). Sendo a  $C_v$  constante, o volume passa a ser função apenas da vazão e da concentração de SV. A concentração de SV diminuiu em maior proporção (0.29 vezes) que a vazão aumenta (1.4 vezes), o que explica a diminuição do volume do reator para o cenário 1 em relação ao projetado para o cenário 2. Se o critério de dimensionamento escolhido for o TDH, para que o tempo de 30 dias seja respeitado, a  $C_v$  torna-se menor, similar a outro valor encontrado na literatura, de  $0.5 \text{ kg SV} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ .

A Figura 3 apresenta os resultados da produção potencial de  $\text{CH}_4$  em função da DQO e SV para ambos os cenários, com recurso à Equação 1 (a) e Equação 2 (b) da Tabela 2. O dejetos mais concentrado (cenário 2) é aquele que apresenta uma maior produção por suíno instalado na granja. Para a Equação 2, por exemplo, a produção de  $\text{CH}_4$  do cenário 2 é maior em uma proporção aproximada a 2.42.

A Tabela 4 mostra os resultados da produção potencial de  $\text{CH}_4$  por suíno instalado na granja e por kg de  $\text{SV}_{\text{removido}}$  para uma eficiência hipotética de 92% de remoção de SV (Henn, 2005).



**Figura 3.** Produção potencial de CH<sub>4</sub> em função da DQO (Equação 1: Figura 3a) e em função dos SV (Equação 2: Figura 3b) para os cenários estudados.

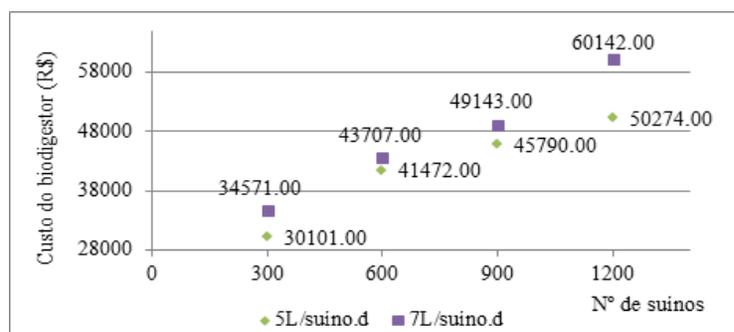
**Tabela 4.** Produção potencial de CH<sub>4</sub> por suíno instalado na granja.

Equação utilizada	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> ·suíno <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup>		m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> ·kg SV <sub>removido</sub> <sup>-1</sup>	
	cenário 1	cenário 2	cenário 1	cenário 2
Equação 1	0.033	0.080	0.385	0.379
Equação 2	0.051	0.124	0.595	0.591

O volume potencial de CH<sub>4</sub>·suíno<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup> em função dos SV no cenário 2 é similar ao obtido experimentalmente por Dal Mago (2009). Os resultados obtidos no cenário 1 foram bastante inferiores, sendo justificado pela baixa concentração de matéria orgânica presente no dejetos devido à sua diluição (Chernicharo, 2007; Gusmão, 2008; Dal Mago, 2009). Em relação à produção de CH<sub>4</sub> por kg de SV<sub>removidos</sub>, alguns autores encontraram valores médios experimentais similares e até superiores, de 0.52 a 0.72 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>·kg SV<sub>removido</sub><sup>-1</sup> (Chae, 2008; Dal Mago, 2009).

#### Análise de custo geral do digestor e por item do biodigestor

A Figura 4 apresenta o custo total de implantação dos biodigestores para ambos os cenários considerando o sistema de amarração AV. O custo total aumenta com o aumento do volume útil do digestor. Os custos de implantação para o sistema de amarração AS seguem a mesma tendência, porém com valores de R\$6000.00 a 8000.00 menores, por não necessitar de viga de concreto e outros itens. A diferença do custo entre os sistemas (AS e AV) diminui conforme o volume aumenta.



**Figura 4.** Custo total de implantação dos biodigestores para ambos os cenários através do sistema de amarração AV em função do número de suínos instalados na granja.

Na Figura 5 observa-se que o preço do biodigestor diminui com o aumento do volume útil e tende a estabilizar a um preço fixo de R\$180.00·m<sup>-3</sup> (Figura 5a). Tal valor é similar ao estimado por Embrapa (2013). Isto ocorre pelo custo mínimo e máximo de materiais de e mão-de-obra. Lindemeyer (2008) demonstra um valor de R\$266.67·m<sup>-3</sup> de volume útil, para um biodigestor de 300 m<sup>3</sup>. Um produtor 1200 suínos no cenário 2 teria o mesmo investimento que um produtor com 900 suínos no cenário 1. Analisando-se o custo por produção potencial de CH<sub>4</sub> (Error! No se encuentra el origen de la referencia.b), os digestores do cenário 2 apresentam custo por m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> produzido 2.4 vezes menor. O investimento para produzir 1 m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> será de aproximadamente R\$1500.00 para o cenário 1 e R\$500.00 para produzir 1 m<sup>3</sup> para o cenário 2.

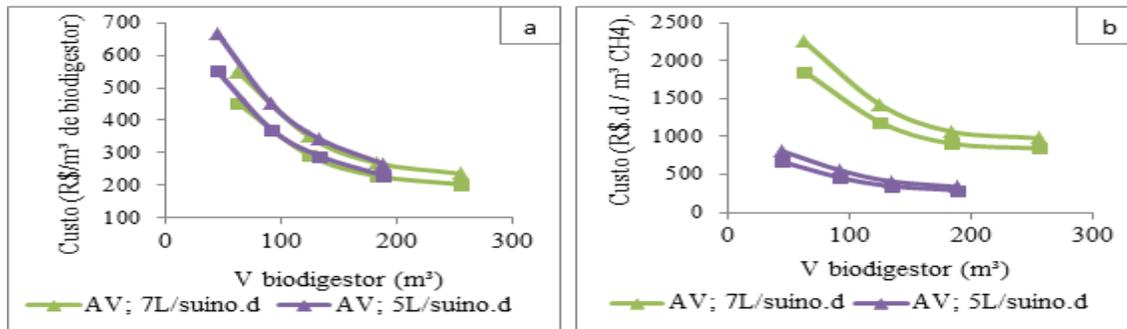


Figura 5. (a) Custo do biodigestor por volume útil; (b) Custo do biodigestor por m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> produzido.

A Error! No se encuentra el origen de la referencia. apresenta a relação de custos dos cinco principais itens de maior valor no orçamento da implantação dos digestores de amarração AV. O gráfico para AS apresenta a mesma tendência. As mantas de 0.08 e 1.00 mm apresentam o maior peso no custo do biodigestor (34 a 58% do custo total). Oliver *et al.* (2008) afirmam que as mantas são o maior investimento para construção do biodigestor do tipo.

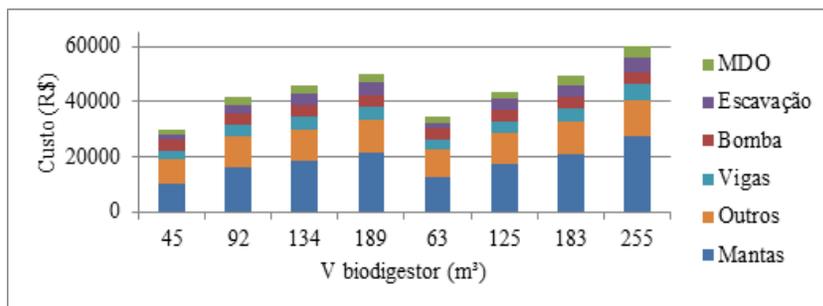


Figura 6. Análise parcial de custo dos diversos itens dos biodigestores com AV.

## Conclusões

Volumes menores de produção de dejetos suínos com maior concentração de SV necessitam de biodigestores de menor volume para o dimensionamento através do TDH. Em relação ao parâmetro Cv, o volume vai depender das características de entrada do dejetos ou das condições de projeto. A concentração de SV no dejetos suíno é chave para o cálculo produção potencial de CH<sub>4</sub> e no custo do digestor. Conclui-se ainda que: 1) para TDH, os digestores dimensionados para uma produção de 5.0 L·suíno<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup> apresentam volume 29% menor do que de 7-0 L·suíno<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>; 2) menores Cv devem ser adotados para respeitar-se TDH de 30 dias; 3) o cenário 2 estima produção potencial de CH<sub>4</sub> 2.43 vezes maior; 4) a diferença no custo entre ambos os cenários é maior em digestores para granjas com 300 suínos ou em digestores para granjas com 1200 suínos (13 e 17%), dependendo do percentual de peso de cada item que varia diferentemente para cada volume de biodigestor; 5) O custo do biodigestor·m<sup>-3</sup> de Vu é menor quanto

maior o seu volume e o custo da produção de 1m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> é menor quanto maior seu volume e concentração de SV; e  
6) As mantas de PVC representam de 34 a 58% dos custos da implantação de um biodigestor. Os custos variam de R\$106.82 a 250.78 por m<sup>3</sup> de volume útil.

### Referências Bibliográficas

- Belli Filho P. (1995) Stockage et odeurs des dejections animales cas du lisierdeporc. Thèse. Université de Rennes, U.F.R. *École Nationale Supérieure de Chimie*. Rennes, France.. 181p.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013). *Produção Pecuária Municipal 2012*. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Pecuaria/Producao\\_da\\_Pecuaria\\_Municipal/2012/ppm2012.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2012/ppm2012.pdf)>. Acesso: 1 fev. 2013.
- Chae K. J., Jang A. Yim S. K., Kim I. S. (2008) The effects of digestion temperature and temperature shock on the biogas yields from the mesophilic anaerobic digestion of swine manure. *Bioresource Technology*, **99**(1) p.001-006.
- Chelme-Ayala P., El-Din M. G., Smith R., Code K. R., Leonard J. (2011) Advanced treatment of liquid swine manure using physico-chemical treatment. *Journal of Hazardous Materials*, **186**. 1632–1638.
- Chernicaró, C.A.L. (2007). Reatores anaeróbios. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, Belo Horizonte, 379p.
- Dal Mago (2009) Avaliação de biodigestores com o uso de dejetos de suínos em Braço do Norte e em Concórdia. 152 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UFSC. Florianópolis.
- Embrapa. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/invtec/09.html>>. Acesso: 01 de junho de 2013.
- Fundação do Meio Ambiente. Instrução Normativa n.º 11, de 2009. Gusmão, M. M. F. e C. de C. (2008) Produção de biogás em diferentes sistemas de criação de suínos em Santa Catarina. 170 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UFSC. Florianópolis.
- Henn, A. Avaliação de dois sistemas de manejo de dejetos em uma pequena propriedade produtora de suínos – condições de partida (2005) 157p. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, UFSC. Florianópolis.
- La Farge B. (1995) Le biogaz: Procédés de fermentation méthanique. Paris: Masson, 237p.
- Lindemeyer, R. M. (2008) Análise da viabilidade econômico-financeira do uso de biogás como fonte de energia elétrica. 105p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) – UFSC, Florianópolis.
- Medri, W. (1997) Modelagem e utilização de lagoas facultativas para o tratamento de dejetos suínos. 206p. Dissertação Tese de Doutorado-Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. UFSC. Florianópolis.
- Nishimura, R. (2009) Análise de balanço energético de sistema de produção de biogás em granjas de suínos: implemento de aplicativo computacional. 97p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) UFMGS, Campo Grande.
- Oliveira, P. A. V. de (Coord.). (1993) Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, Documento, 27. 188p
- Oliveira, P. A. V. de (2003) Impacto ambiental causado pela suinocultura. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, v. 5, Uberaba, MG. Anais..., p. 142-161.
- Oliver, A. de P. M. et al.. Manual de treinamento em biodigestão – Winrock International Brasil, 23 p., 2008.
- Tavares, J. M. R. (2012) Consumo de água e produção de dejetos na suinocultura. 232 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.