

## **ESTUDO DE CASO: ACOMPANHAMENTO DE BIODIGESTOR NO MUNICÍPIO DE PATO BRAGADO**

DOI: 10.19177/rgsa.v9e012020586-598



**Luiz Antonio Marafon Bacca<sup>1</sup>**

**Dilcemara Cristina Zenatti<sup>2</sup>**



### **RESUMO**

Para se obter resultados satisfatórios na produção de biogás em escala real é primordial que se faça o monitoramento do biodigestor, a fim de verificar se o processo de biodigestão anaeróbia está ocorrendo de maneira eficiente ou se necessita de intervenção para adequação dos parâmetros. Tendo em vista isto, este trabalho teve por objetivo monitorar alguns parâmetros para verificar o funcionamento de um biodigestor anaeróbio alimentado com dejetos suínos em uma propriedade no município de Pato Bragado. Os parâmetros avaliados foram: pH, AV (acidez volátil), AT (alcalinidade total), ST (sólidos totais), SV (sólidos voláteis) e a composição do biogás produzido. Os resultados obtidos demonstraram que o biodigestor em questão tinha um bom funcionamento, gerando biogás de maneira satisfatório e não necessitando de nenhum tipo de correção para os parâmetros avaliados. Destacando-se a boa capacidade de tamponamento do biodigestor e a produção de quantidades ínfimas de H<sub>2</sub>S e NH<sub>3</sub>.

**Palavras chaves:** Biodigestor. Sólidos. Alcalinidade. Acidez. Biogás.

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia de Energia pela Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina. E-mail: [luizmarafon@outlook.com](mailto:luizmarafon@outlook.com)

<sup>2</sup> Graduação em Química pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2004) e mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2007), Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Atualmente é professora do Departamento de Engenharias e Exatas da Universidade Federal do Paraná (UFPR) - Setor Palotina. E-mail: [dil.zenatti@ufpr.br](mailto:dil.zenatti@ufpr.br)

## **CASE STUDY: BIODIGESTOR FOLLOW-UP IN THE MUNICIPALITY OF PATO BRAGADO**

To obtain satisfactory results in the production of biogas on a real scale, it is essential to monitor the biodigester in order to verify that the process of anaerobic biodigestion is occurring efficiently or if it needs intervention to fit the parameters. In view of this, this work aimed to monitor some parameters to verify the operation of an anaerobic biodigester fed with pig manure at a property in the municipality of Pato Bragado. The parameters evaluated were: pH, AV (volatile acidity), TA (total alkalinity), ST (total solids), SV (volatile solids) and the composition of the biogas produced. The results obtained showed that the biodigester in question had a proper functioning, generating biogas satisfactorily and not requiring any kind of correction for the parameters evaluated. Highlighting the good buffering capacity of the biodigester and the production of tiny amounts of H<sub>2</sub>S and NH<sub>3</sub>.

**Keywords:** Biodigester. Solids. Alkalinity. Acidity. Biogas.

### **1 INTRODUÇÃO**

O Brasil está entre os maiores produtores e exportadores de suínos do mundo, produzindo em 2018 mais de três milhões e setecentas mil toneladas de carne suína. Juntamente com o aumento da produção suinícola veio o incremento de dejetos, que ganha cada vez mais importância no contexto ambiental, uma vez que a poluição provocada pelo manejo inadequado pode acarretar graves problemas ao meio ambiente (CARDOSO, OYAMADA e SILVA, 2015). De acordo com Jelinek (1977) apud Oliveira (1993) a quantidade de dejetos produzidos é cerca de 4,9 a 8,5% peso vivo/dia para a faixa de 15 a 100 kg. Tendo em vista isso são necessários estudos para avaliar as melhores maneiras para se destinar tais dejetos. Uma destas formas é com a utilização de biodigestores.

### **2 REVISÃO DE LITERATURA**

#### **2.1 BIODIGESTORES**

Um biodigester compõe-se, basicamente, de uma câmara fechada na qual uma biomassa é degradada na ausência de oxigênio. Como resultado desta fermentação

ocorre à liberação de biogás e a produção de biofertilizante (GONÇALVES et al., n.d). Devido à grande quantidade de materiais que podem ser biodegradados em anaerobiose existem incontáveis modelos de biodigestores, sendo mais conhecidos os modelos indiano, chinês, canadense e batelada. Atualmente, o modelo de biodigestor mais difundido no Brasil é o modelo canadense, devido ao menor custo e fácil instalação, em relação aos demais modelos e com a vantagem de poder ser usado tanto em pequenas, quanto grandes propriedades (OLIVER, 2008).

Existem duas principais formas de realizar a alimentação de um biodigestor. Por meio de alimentação em modo batelada ou contínua. Segundo Kothari, et al (2014). No tipo batelada o reator é alimentado uma única vez no início do processo e só é realizada a substituição do substrato ao final do processo de degradação. Já no modo contínuo o material entra continuamente no reator e é retirado uma igual quantidade que já está estabilizada pois ficou tempo suficiente dentro do biodigestor para que a biodigestão anaeróbia ocorresse.

## 2.2 BIODIGESTÃO ANAERÓBIA

O processo de biodigestão anaeróbia é o que rege o funcionamento do biodigestor. A digestão anaeróbia é um processo no qual vários tipos de bactérias, na ausência de oxigênio promovem a transformação de compostos orgânicos complexos em compostos mais simples como metano e gás carbônico (CAMPOS, 1999). Tal processo pode ser dividido em quatro etapas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese.

Na fase de Hidrólise as bactérias liberam no meio as enzimas extracelulares que irão promover a hidrólise de partículas (quebra de partículas no meio aquoso), transformando moléculas grandes em menores e mais solúveis (ARRUDA et al., 2002). Esta conversão de materiais particulados em materiais dissolvidos é conseguida através da ação de exoenzimas excretadas pelas bactérias fermentativas hidrolíticas. (PENA, 2016). Na Acidogênese os compostos gerados na hidrolise são absorvidos por um grupo de bactérias e excretadas como substâncias orgânicas simples como ácidos e álcoois. (CAMPOS, 1999). Na terceira etapa do processo temos a Acetogênese, onde as bactérias acetogênicas transforma os ácidos orgânicos em acetato, dióxido de carbono e hidrogênio. E por fim a Metanogênese, onde as

arqueas metanogênicas consomem acetato (arqueas acetoclásticas) e hidrogênio (arqueas hidrogenotróficas) para produção de metano (JAIN et al., 2015).

Para que este processo ocorra de forma a promover uma digestão anaeróbia eficiente e uma produção de metano satisfatória, alguns fatores devem ser considerados.

### **2.3 FATORES QUE AFETAM A BIODIGESTÃO**

Castro e Cortez (1998) afirmam que a eficiência da biodigestão anaeróbia dependem de condições específicas de temperatura, pH, tipo de substrato, acidez volátil e alcalinidade total, teor de sólidos, dentre outros.

Segundo Comastri (1981) a faixa de operação dos digestores é em pH 6,0 a 8,0, tendo como ponto ideal o pH 7,0. Caso o pH esteja fora desta faixa a produção de biogás pelas bactérias será afetada. Sendo assim é importante encontrar meio para garantir que o pH não varie muito.

O pH tende a refletir mais o status atual do processo e é menos sensível ao acúmulo de ácidos voláteis, visto que sofre alteração significativa somente após a capacidade de tamponamento; proveniente das concentrações de carbonatos e bicarbonatos da alcalinidade; ter sido destruída, fazendo com que as bactérias metanogênicas sejam inibidas pela acumulação destes compostos (HAWKES et al., 1993).

Sendo assim, a alcalinidade e a acidez volátil podem ser consideradas como duas variáveis importantes na maioria das estratégias de monitoramento, pois respondem aos desequilíbrios causados por mudanças operacionais súbitas, ou falhas no processo. Estudos afirmam que a relação entre acidez volátil e alcalinidade deve ser observada como parâmetro de estabilidade nos reatores anaeróbicos, essa relação deve ficar entre 0,1 a 0,5 para que o sistema mantenha o equilíbrio nas reações de produção e de consumo dos compostos (SÁNCHEZ et al., 2005).

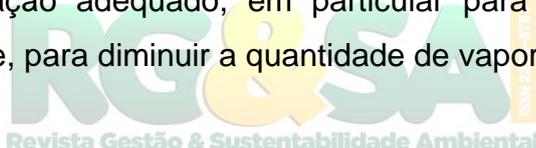
As temperaturas entre 35 e 40 °C (na faixa mesofílica), são consideradas as mais adequadas para a produção de biogás e redução do tempo partida dos biodigestores, sendo assim, consideradas importantes por permitir mais rápido o início de cargas contínuas em biodigestores (MIRANDA, AMARAL e JUNIOR, (2006); SOUZA, LUCAS JÚNIOR e FERREIRA, 2005).

## **2.4 BIOGÁS**

O Brasil é um país com uma matriz energética extremamente variada. Utiliza energia elétrica produzida desde fontes tradicionais como termoelétricas como fontes alternativas. Dentre as formas alternativas de energia renováveis, pode-se citar a de conversão da biomassa em energia secundária, destacando-se a biodigestão anaeróbia de resíduos (agroindustriais, domésticos, rurais, etc.), o que permite o seu aproveitamento sob a forma de biogás (OLIVEIRA,2004).

O biogás é um gás malcheiroso proveniente da degradação anaeróbia de materiais orgânicos. É composto basicamente de: 50 a 60% de metano e 30 a 40 % de gás carbônico além de outros componentes com menor presença como Gás sulfídrico, Amônia e Hidrogênio (ARRUDA et al, 2002).

Segundo Moço (n.d) A sua caracterização é importante porque permite definir o sistema de purificação adequado, em particular para eliminar o sulfureto de hidrogênio, a amônia e, para diminuir a quantidade de vapor de água.



## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 BIODIGESTOR**

Foi realizado o acompanhamento do biodigestor localizado na cidade de Pato Bragado no oeste do estado do Paraná. O modelo do reator é mistura completa com um TDH de 35 dias e volume total de 1800 m<sup>3</sup>. O biodigestor é alimentado diariamente com dejetos suínos, resultantes da criação de 3000 animais existentes na granja. A alimentação do biodigestor é semicontínua e esporadicamente adiciona-se uma quantidade de dejetos bovinos e soro de leite provenientes de outros locais, estas adições não são realizadas em tempos determinados, portanto não tem como quantificar ou qualificar estes substratos.

### 3.2 AMOSTRAGEM

Para a realização das análises foram coletadas diariamente amostras do afluente e efluente do biodigestor durante o período de 22 de janeiro de 2019 a 25 de fevereiro de 2019. Após serem coletadas tais amostras foram mantidas em congelamento para serem posteriormente analisadas. Foi coletado uma vez por semana o biogás produzido após passar pelo sistema de filtragem para verificar a quantidade de H<sub>2</sub>S e NH<sub>3</sub> restantes, para assim determinar se os filtros estão em funcionamento ou necessitam de reparos.

### 3.3 PARÂMETROS ANALISADOS

Avaliou-se o potencial hidrogeniônico (pH), sólidos totais (ST), sólidos totais voláteis (STV) e sólidos totais fixos (STF), acidez volátil (AV), alcalinidade total (AT), alcalinidade parcial (AP), alcalinidade intermediária (AI) além da concentração de H<sub>2</sub>S e NH<sub>3</sub> no biogás. As metodologias empregadas nas análises podem ser visualizadas na Tabela 1.



Tabela 1. Parâmetros e metodologias empregadas no experimento

Parâmetro	Método
pH	Potenciométrico (4500-H* / APHA, 1995)
ST	Gravimétrico (2540-B / APHA, 1995)
STV	Gravimétrico (2540-E / APHA, 1995)
STF	Gravimétrico (2540-E / APHA, 1995)
AV	Volumétrico (SILVA, 1977)
AT	Volumétrico (SILVA, 1977)
AP	Volumétrico (SILVA, 1977)
AI	Volumétrico (SILVA, 1977)
NH <sub>3</sub>	Colorimétrico (KUNZ, A.; SULZBACH, A., 2007)
H <sub>2</sub> S	Colorimétrico (KUNZ, A.; SULZBACH, A., 2007)

Fonte: Os Autores.

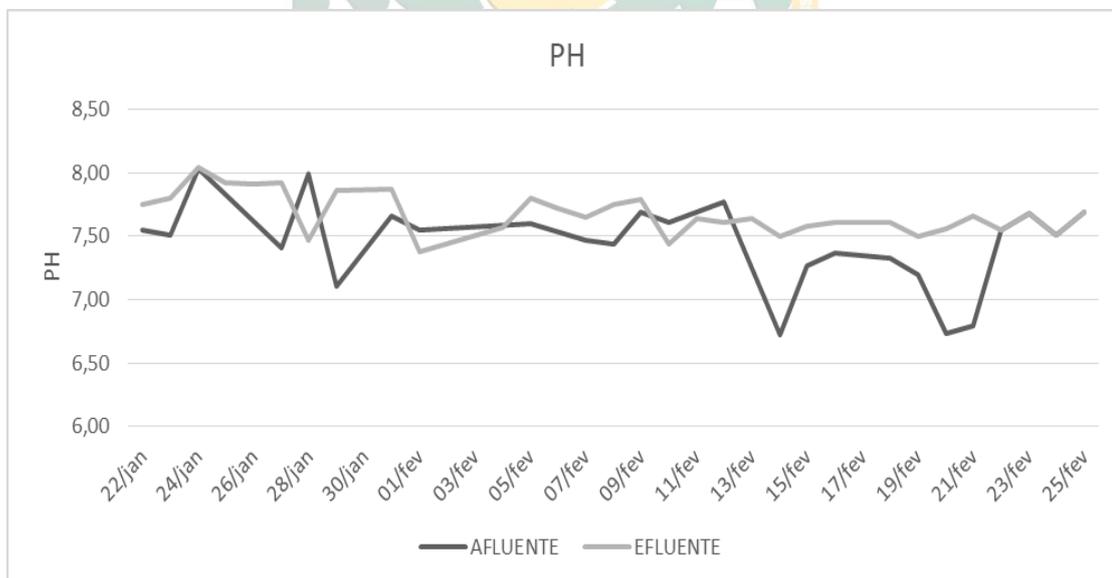
## 4. RESULTADOS

### 4.1 pH

O pH proveniente de dejetos de animais pode variar devido a diversas condições: estresse, alimentação, medicação, dentre outros. Segundo a ASAE (2003) o dejetos suíno ideal encontra-se na faixa de pH de 7 a 8.

Conforme pode-se observar no gráfico 1, as amostras provenientes do afluente tiveram valores bem distintos de pH, no entanto sua grande maioria encontra-se dentro do que determina a literatura como sendo o ideal para que ocorra um bom processo de biodigestão. Já as amostras coletadas do efluente apresentam valores muito próximos umas das outras estando condicionadas a faixa de 7,5 a 8, demonstrando um equilíbrio existente ao final do processo.

Gráfico 1: Perfil do pH do biodigestor anaeróbico no período de 22/01/2019 a 25/02/2019



Fonte: Os autores

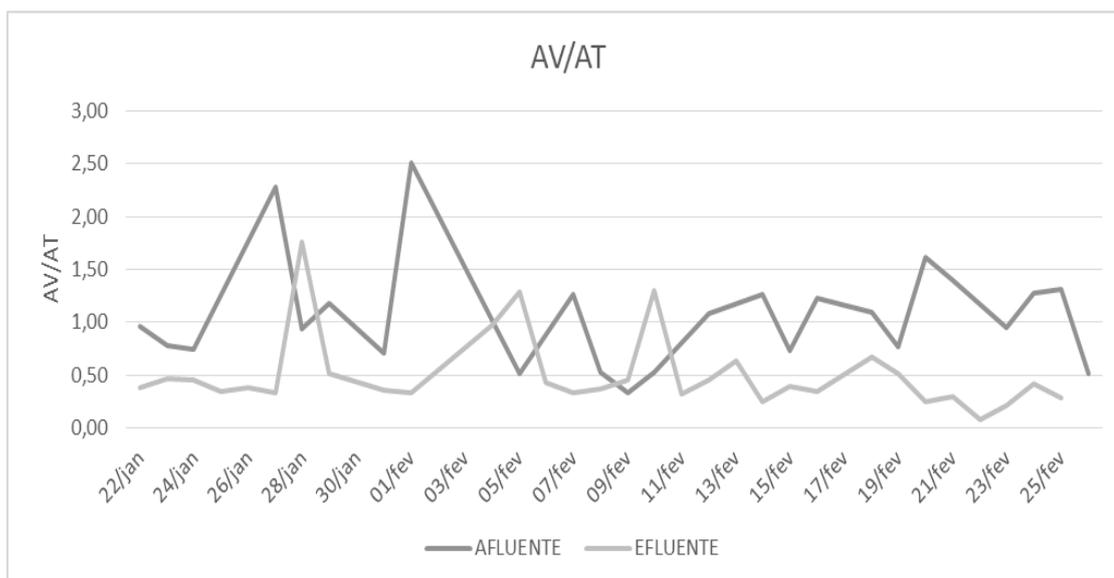
### 4.2 ALCALINIDADE E ACIDEZ

A alcalinidade total e a acidez volátil podem ser relacionadas para verificar se o reator está conseguindo realizar o tamponamento e se o mesmo não está

acidificando durante o processo. Para isso se estabelece uma relação entre AV/AT que segundo Luna et al (2009) deve estar próxima a 0,5.

Ao analisar o gráfico 2 pode-se perceber que as amostras do afluente possuíam uma relação muito superior as recomendadas pela literatura, atingindo valores acima de 1 em grande parte. No entanto após o processo de biodigestão tais valores se encontram próximos a 0,5, com exceção de picos ocasionais que podem ser explicados pela alta relação AV/AT proveniente de dejetos bovinos. Assim pode-se afirmar que o biodigestor está conseguindo realizar um bom tamponamento durante o processo e não necessita de correções com relação a isto.

Gráfico 2. Perfil da relação AV/AT do biodigestor anaeróbio no período de 22/01/2019 a 25/02/2019



Fonte: Os autores

### 4.3 REMOÇÃO DE SÓLIDOS

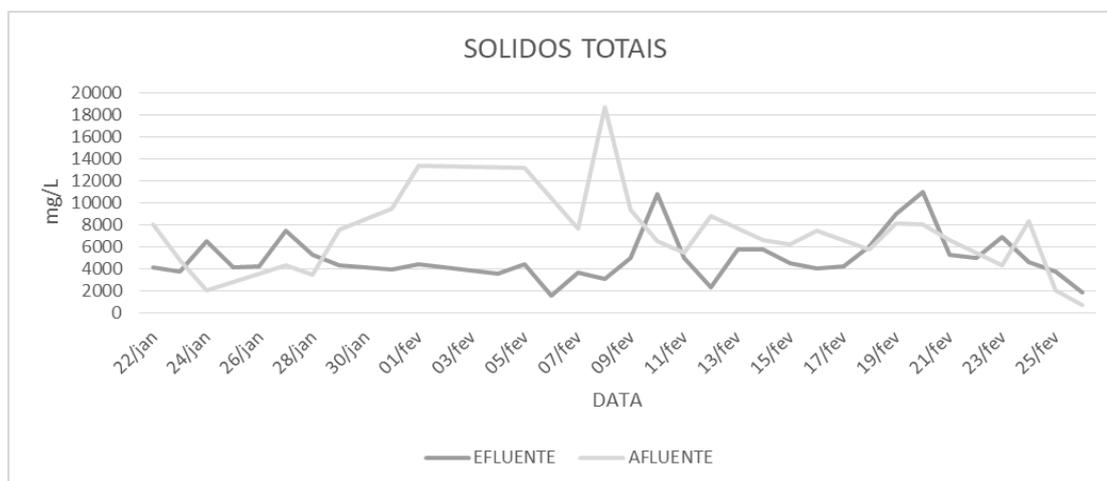
A remoção de sólidos é uma avaliação de suma importância pois somente com ela pode-se determinar se o efluente do biodigestor está dentro das normativas regulatórias e se o processo está ocorrendo com grande eficiência.

De acordo com estudos realizados por Diesel et al (2002) a quantidade média encontrada de ST foi de aproximadamente 22400 mg.L<sup>-1</sup>. Observa-se que os resultados obtidos do biodigestor em estudo, apresentados na Figura 3, são inferiores.

No entanto segundo Oliveira (2004), as propriedades produtoras de suínos, nas quais ocorre um elevado desperdício de água, é possível observar que a porcentagem de sólidos totais é menor que  $1,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Portanto acredita-se que na propriedade em questão é utilizado um grande volume de água para a limpeza do local onde ficam os suínos.

Observa-se também que a média de ST do efluente é cerca de 30% menor que do afluente. Sendo assim houve uma eficácia de 30% na remoção de ST. Tal valor se encontra próximo ao encontrado por Vivan (2010).

Gráfico 3. Perfil de Sólidos Totais do biodigestor anaeróbio no período de 22/01/2019 a 25/02/2019



Fonte: Os autores

Em relação aos STV a concentração é de aproximadamente  $3000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  no afluente e de  $2470 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  no efluente. Sendo assim houve uma remoção de 18%. Um valor extremamente baixo se comparado aos encontrados por Kunz (2005), mas próximo ao encontrado pelo mesmo pesquisador em 2010.

#### 4.4 CARACTERIZAÇÃO DO BIOGÁS ( $\text{NH}_3$ e $\text{H}_2\text{S}$ )

A presença de  $\text{H}_2\text{S}$  no biogás é algo que pode causar inúmeros problemas. Desde a corrosão de tubulações (quando feitas de aço ou ferro) a destruição completa de um motor em que este gás esteja sendo queimado para produção de energia térmica ou elétrica.

Para que isso não ocorra é necessário utilizar-se de métodos para purificar o biogás, o qual após este processo será conhecido por biometano. Há diversas formas de se realizar tal remoção de impurezas. Como por exemplo: Absorção, Adsorção, tratamento biológico e uso de óxido férrico. Dentre estes o sistema utilizado no caso em estudo é o de dessulfurização biológica, com um equipamento operando com vazão de 100m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.

Os valores encontrados para concentração de H<sub>2</sub>S e NH<sub>3</sub> no biogás, após o processo de dessulfurização biológica estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Concentração de NH<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>S presentes no Biogás após dessulfurização

Data	NH <sub>3</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	H <sub>2</sub> S (mg.L <sup>-1</sup> )
07/01/2019	250	20
14/01/2019	250	20
21/01/2019	250	20
28/01/2019	250	20
04/02/2019	250	20
11/02/2019	250	20
18/02/2019	250	20
25/02/2019	250	20

Fonte: Autores

De acordo com Arias (2010), o limite máximo para que o biogás possa ser utilizado em um motor a combustão é de 100 ppm. Ou seja, a partir disto o gás sulfídrico irá começar a causar danos ao motor que se forem muito intensos será necessário a troca do mesmo em pouco tempo.

Podemos perceber pela tabela 2 que a concentração de ambos se manteve constante durante todas as análises. Além disto ambos os valores se encontram abaixo do máximo recomendado para a utilização determinada.

## 5. CONCLUSÃO

De acordo com as análises feitas em laboratório foi possível concluir que o biodigestor estudado se encontra em perfeito funcionamento. Os valores de pH demonstram que não houve acidificação do reator. Pela relação AV/AT percebe-se que o reator teve uma boa capacidade de tamponamento. Houve uma relativa remoção de ST e STV. Além do biogás estar de acordo com o ideal para a sua queima no motor de combustão interna para produção de eletricidade.

## REFERENCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). *RESOLUÇÃO Nº 8, DE 30 DE JANEIRO DE 2015*. Brasil, 2015.

APHA. *Standard Methods: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 19 ed.1995.

Arias, V. (2010). Remoción del sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S(g))/ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S(aq)) en el biogás. *ECAG Informa*, (53), pp.16-21.

Arruda, M., Amaral, L., Pires, O., Barufi C. (2002). Dimensionamento de Biodigestor para Geração de Energia Alternativa. *Revista científica eletrônica de agronomia*. v. 1, n. 2, p. 1-8.

Campos, J. (1999). *Tratamento de esgoto sanitário por processo anaeróbio e disposição controlada no solo*. Rio de Janeiro

Cardoso, B., Oyamada, G., Silva, C. (2015). Produção, Tratamento e Uso dos Dejetos Suínos no Brasil. *Desenvolvimento em Questão*, 13(32), p.127.

Castro, L. R., Cortez, L. A. B. Influência da temperatura no desempenho de biodigestores com esterco bovino. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* vol.2, n.1 pp.97-102. 1998

Comastri Filho, J. (1981). *Biogas ; independencia energetica do Pantanal Mato-Grossense*. Corumba: EMBRAPA-UEPAE de Corumba.

Diesel, R., Miranda, C.R., Perdomo, C.C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. *Boletim Informativo de Pesquisa*. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves – EMBRAPA e Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural - EMATER/RS, 2002. 31p.

Gonçalves, H., Lima, R., Weiss, V., Menezes, V. (2014). *O biodigestor como princípio de sustentabilidade de uma propriedade rural*.

Hawkes, F.r. et al. A new instrument for on-line measurement of bicarbonate alkalinity. *Water Research*, [S.l.], v. 27, n. 1, p.167-170, jan. 1993.

Jain, S., Jain, S., Wolf, I., Lee, J., Tong, Y. (2015). A comprehensive review on operating parameters and different pretreatment methodologies for anaerobic digestion of municipal solid waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, pp.142-154.

Kothari, R., Pandey, A., Kumar, S., Tyagi, V., Tyagi, S. (2014). Different aspects of dry anaerobic digestion for bio-energy: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, pp.174-195.

Kunz, A., Oliveira, P. V., Higarashi, M. (2005). *Biodigestor para o tratamento de dejetos de suínos: Influência da temperatura ambiente*. 1st ed. Concordia: EMBRAPA Suínos e Aves.

Kunz, A., Sulzbach, A. (2007). *Kit Biogás portátil para análise de concentração de gás metano, amônia e gás sulfídrico em biogás*. 1st ed. Concordia: EMBRAPA Suínos e Aves.

Leite, V., Lopes, W., Sousa, J., Prasad, S., Silva S. (2009). Tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos com alta e baixa concentração de sólidos. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, 13(2), pp.190;196.

Luna, M., Leite, V., Lopes, W., Sousa, J., Silva, S. (2009). Tratamento anaeróbio de resíduos orgânicos com baixa concentração de sólidos. *Engenharia Agrícola*, 29(1), pp.113-121.

*Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*

Manure Production and Characteristics American. (2013). In: *ASAE STANDARDS*, 1st ed. St. Joseph, pp.682;685.

Miranda, A., Amaral, L., Junior, J. (2006). Influência da temperatura na biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos e suínos. *Revista UNIVAP*, 13(24), pp.2928;2931.

Moço, E. (N.D.). *Projeto de uma unidade produtora de biogás*. Mestre. Instituto Politécnico de Tomar.

Oliveira, P. (1993). *Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos*. 1st ed. Concordia: EMBRAPA Suínos e aves.

Oliveira, P. (2004). *Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos*. 1st ed. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves.

Oliver, A. (2008). *Manual de treinamento em biodigestão*. 2nd ed. Salvador: Winrock international.

Pena, J. (2016). *Caracterização e tratabilidade do efluente gerado em indústria de refrigerantes empregando reator uasb*. Mestre. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro- Campus Uberaba.

Sanchez, et al. Effect of organic loading rate on the stability, operational parameters and performance of a secondary upflow anaerobic sludge bed reactor treating piggery waste. *Bioresource Technology*, [S.l.], v. 96, n. 3, p.335-344, fev. 2005.

Souza, C., Lucas, J., Ferreira, W. (2005). Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos sob efeito de três temperaturas e dois níveis de agitação do substrato: considerações sobre a partida. *Engenharia Agrícola*, 25(2), pp.530-539.

Silva, M. O. S. A da. *Análises físico-químicas para controle de estações de tratamento de esgotos*. São Paulo: São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1977. 226 p.

Vivan, M., kunz, A., Stolberg, J., Perdomo, C.,Techio, V. (2010). Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(3), pp.320-325.

Zenatti, D. C. (2011). *Tratamento e aproveitamento de resíduos da produção do biodiesel: água residuária e glicerol*. Doutor. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel.

