

# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

## **BIODIGESTÃO DO LODO DA ETE DA EMPRESA M&G**

**Felipe Zauli da Silva**<sup>(1)</sup>; **Alessandra Faldoni Benedito**<sup>(2)</sup>; **Bruno Guimarães Ferreira**<sup>(3)</sup>;  
**Emília Gabriela Costa Silvério**<sup>(4)</sup>; **Giselle Patrícia Sancinetti**<sup>(5)</sup>

<sup>(1)\*</sup> Discente em Ciência e Tecnologia; [fzaulisilva@gmail.com](mailto:fzaulisilva@gmail.com); <sup>(2)\*</sup> Discente em Engenharia Química; [alessandrafaldoni@outlook.com](mailto:alessandrafaldoni@outlook.com); <sup>(3)\*</sup> Discente em Ciência e Tecnologia; [bruno.bgf15@gmail.com](mailto:bruno.bgf15@gmail.com); <sup>(4)\*</sup> Discente em Engenharia Química; [emiliagcsilverio@hotmail.com](mailto:emiliagcsilverio@hotmail.com); <sup>(5)\*</sup> Orientadora e Professora Pesquisadora; [giselle.sancinetti@unifal-mg.edu.br](mailto:giselle.sancinetti@unifal-mg.edu.br).

\*Instituto de Ciência e Tecnologia; Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG; Rodovia José Aurélio Vilela, nº 11.999 - Cidade Universitária, Poços de Caldas-MG, Brasil.

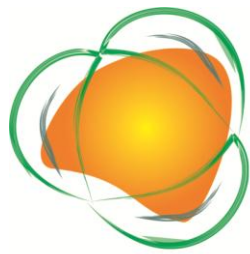
### **Eixo Temático:** Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Líquidos

**RESUMO** - O excedente de lodo das estações de tratamento de efluentes (ETEs) pode ser tratado de maneira a agregar valor à matéria-prima para obtenção de um produto de valor comercial. Um exemplo é a biodigestão para produção de biogás em reator anaeróbio. Analisando a importância do gerenciamento de subprodutos gerados em uma ETE, foi proposta a realização de um estudo abordando esse aspecto. Para tanto, utilizou-se o lodo excedente do sistema de tratamento de águas residuárias da empresa M&G Fibras Brasil de Poços de Caldas, Minas Gerais, cuja técnica de tratamento é a de lodos ativados. Com base nos resultados obtidos, tanto na biodigestão quanto nas demais análises aplicadas ao lodo, foi possível verificar a obtenção de até 165,9m<sup>3</sup> de metano/mês. O projeto concluiu que o lodo da empresa M&G possui potencial para conversão energética para possível aplicação dentro da própria indústria.

**Palavras-chave:** Águas residuárias. Reator anaeróbio. Biogás. Energia.

**ABSTRACT** - The excess sludge of effluent treatment plants (ETPs) can be treated to add value to the raw material for obtaining a product of commercial value. Example of this is the digestion for biogas production in anaerobic reactor. Analyzing the importance of the management of by-products generated in an ETP, it was proposed to conduct a study addressing this aspect. So we used the excess sludge from the wastewater treatment system of the company M&G Fibras Brasil Poços de Caldas, Minas Gerais, where the treatment technique is the activated sludge. Based on certain results of digestion and other analyzes applied to the mud, we found getting to 165.9m<sup>3</sup> methane/month. The project concluded that the M&G company's sludge has potential for energy conversion to possible application within the industry itself.

**Keywords:** Wastewater. Anaerobic reactor. Biogas. Energy.



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

## **Introdução**

O tratamento de águas residuárias consiste na aplicação de técnicas físicas, químicas e biológicas que removem os contaminantes e possibilita a reutilização da água ou o simples despejo da mesma em corpos hídricos. No entanto, esse tratamento pode gerar subprodutos que ocasionam degradação ambiental caso não sejam manipulados corretamente (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011). Um tipo de tratamento biológico de águas residuárias é o sistema de lodos ativados, no qual poluentes orgânicos biodegradáveis são consumidos pela ação de micro-organismos aeróbios e é gerado o lodo biológico (NUVOLARI et al., 2011).

Nesse tipo de sistema de tratamento de águas residuárias é possível verificar três etapas operacionais básicas, sendo essas a atividade metabólica dos micro-organismos no reator aeróbio para síntese da matéria orgânica em bio sólidos (lodo), a decantação do lodo para separação do efluente tratado e o reciclo dos bio sólidos sedimentados no fundo do decantador como forma de alimentação do tratamento, mantendo a atividade metabólica homogênea (VON SPERLING, 2002).

O lodo se forma pela floculação de fragmentos orgânicos não digeridos, por uma fração inorgânica, como areia, por células mortas de micro-organismos e principalmente uma grande variedade de bactérias dos gêneros *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Citromonas*, *Zooglea* e bactérias filamentosas, como *Nocardia sp* e *Sphaerotilus natans* (ROSA; BAZZANELLA, 2009).

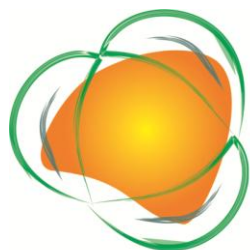
A disposição dos resíduos gerados ao longo do tratamento deve ser direcionada de modo a não acarretar impactos ambientais, em conformidade com as Leis Federais 6938 e 12305 (BRASIL, 1981; BRASIL, 2010). Uma alternativa de gerenciamento é a biodigestão anaeróbia para produção de biogás (REIS, 2012).

A biodigestão anaeróbia de lodos é um processo de estabilização biológica em que diferentes tipos de micro-organismos, na ausência de oxigênio, promovem a transformação de compostos orgânicos complexos em produtos mais simples, como o biogás composto de metano, gás carbônico e outros gases em menores proporções (CHERNICHARO, 2011).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a biodigestão anaeróbia do lodo excedente do sistema de tratamento de águas residuárias da empresa M&G Fibras Brasil de Poços de Caldas-MG, além da verificação da viabilidade técnica para instalação de um biodigestor em escala industrial na empresa.

## **Material e Métodos**

Os procedimentos de amostragem e de análises (potencial hidrogeniônico - pH, sólidos totais - ST, sólidos totais voláteis - STV, demanda química de oxigênio - DQO) foram elaborados de acordo com a versão vigente do Standard Methods for the



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012), sendo os ensaios realizados em duplicata nas dependências da UNIFAL-MG em Poços de Caldas-MG (com exceção do pH, que foi analisado em campo) em outubro de 2015. Como inóculo foi utilizado o lodo proveniente do reator anaeróbio de manta de lodo aplicado para tratamento de águas residuárias do abatedouro de aves da empresa Avícola Dacar, sediada em Tietê-SP.

Iniciou-se a parte analítica do projeto pela amostragem do efluente da empresa M&G. Foram coletadas 3 amostras de lodos em pontos distintos, os quais tinham as características descritas na Tabela 1.

**Tabela 1: Característica das amostras coletadas na empresa M&G**

Amostra	Ponto de amostragem	Local	Característica do efluente
A	Saída da linha de lavagem	Pré-ETE	Proveniente da lavagem de garrafas e <i>flakes</i> de PET
B	Saída da equalização	Pré-ETE	Após a linha de lavagem onde ocorre a neutralização do pH entre 7,00 e 8,00, adição de polieletrólito e mistura com águas residuárias oriunda de outros pontos da recicladora de PET
C	Reciclo do lodo	ETE	Recirculação dos biossólidos do reator aeróbio

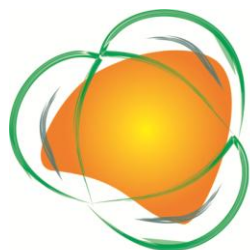
ETE = Estação de tratamento de efluentes; PET = polietileno tereftalato; pH = potencial hidrogeniônico

Fonte: Do autor, Out. 2015

Durante a amostragem foi verificado o pH das amostras, uma vez que, para a execução do teste de biodigestão anaeróbia, valores ideais de pH são próximos a neutralidade.

Posteriormente, as amostras foram transportadas em caixas térmicas sob refrigeração de  $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$  até ao laboratório da UNIFAL-MG para realização das análises propostas. Em primeiro momento, efetuou-se o ensaio de ST e STV. Também foi estimado o teor de matéria orgânica por meio da relação entre STV/ST. Outro ensaio realizado para verificação indireta do teor de matéria orgânica presente nas amostras foi a DQO pelo método colorimétrico.

Por fim, o passo seguinte foi a realização dos ensaios de biodigestão em reator anaeróbio para verificação da produção de biogás. Foram avaliadas diferentes condições de ensaio com o reator em 85% de sua capacidade. A temperatura foi controlada em  $30^\circ\text{C}$  por meio de circulação de água proveniente do banho ultratermostatizado. A Tabela 2 indica as condições adotadas.



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

**Tabela 2: Ensaios de biodigestão anaeróbia**

Amostra	Lodo M&G (L)	Inóculo (L)	Duração do ensaio (dias)
C	12,24	1,36	6
C	13,60	Ausente	3
B	12,24	1,36	4

Fonte: Do autor, Out. 2015

Após o término dos ensaios, o biogás gerado foi quantificado com detector de gases DG-500, o qual analisava o teor de oxigênio (%O<sub>2</sub>), gás sulfídrico (ppm de H<sub>2</sub>S), monóxido de carbono (ppm de CO) e metano (% Limite Inferior de Explosividade - LIE). Para medição dos gases, encaixou-se o conector do medidor de gases DG-500 à mangueira superior do biodigestor, a qual estava interligada ao registro de alívio de pressão. Em seguida, ligou-se o medidor de gases DG-500, aguardou-se sua estabilização e foi aberto o registro superior do biodigestor para escoamento dos gases do interior do reator. A leitura do instrumento iniciou-se instantaneamente, sendo o resultado final anotado após todo o gás ter sido expurgado.

## Resultados e Discussão

A etapa inicial dos ensaios laboratoriais consistiu na caracterização das amostras coletadas na Pré-ETE e ETE da empresa M&G. As análises foram feitas em duplicata, sendo que os resultados médios podem ser verificados na Tabela 3:

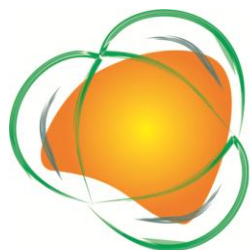
**Tabela 3: Resultados analíticos das amostras**

Amostra	pH	ST (g/L)	STV (g/L)	Relação STV/ST	DQO (g/L)
A	10,71	17,9	13,7	0,77	32,4
B	7,25	16,2	12,1	0,74	36,2
C	7,33	8,3	6,4	0,78	8,7

pH = potencial hidrogeniônico; ST = sólidos totais; STV = sólidos totais voláteis; DQO = demanda química de oxigênio

Fonte: Do autor, Out. 2015

Os resultados de pH foram coerentes com a característica do efluente gerado pela planta, pois a amostra A provém da etapa de lavagem de garrafas PET (que contém hidróxido de sódio) e as amostras B e C são de etapas em que o pH deve estar neutralizado, sendo a B na equalização e a C no reciclo do lodo do reator aeróbio. As



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

relações STV/ST indicaram que os teores de matéria orgânica eram superiores a 70% nas três amostras e, pelas análises de DQO, verificou-se que as amostras continham alto teor de matéria orgânica, sendo esses fatores importantes indicadores de potencial para biodigestão.

Não foi analisada a biodigestão da amostra A devido ao seu pH alcalino, uma vez que as condições favoráveis aos micro-organismos deve ser em pH próximo a 7,00.

Após o período de biodigestão foi efetuada a medida dos gases gerados, como pode ser verificado na Tabela 4. Ressalta-se que nas três condições iniciais o teor de oxigênio era 20,9% e ausência dos demais gases analisados.

**Tabela 4: Resultados da composição do biogás após a biodigestão anaeróbia**

Amostra	Oxigênio (%O <sub>2</sub> )	Gás sulfídrico (ppm)	Monóxido de carbono (ppm)	Metano (%LIE)
C	16,2	Ausente	Ausente	> 100**
C*	12,0	Ausente	72	> 100**
B	8,3	> 100**	69	> 100**

\*ausência de inóculo; \*\*limite de quantificação do equipamento; LIE = limite inferior de explosividade

Fonte: Do autor, Out. 2015

Para avaliar a possibilidade de aplicação do biogás gerado foi necessário converter as leituras de metano para metro cúbico (m<sup>3</sup>). Para isso, foi verificado o limite inferior de explosividade (LIE) do metano, que é 5% (v/v) (FELTRE, 2004), e as informações de calibração presentes no manual de instruções do medidor de gases (INSTRUTHERM, 2013).

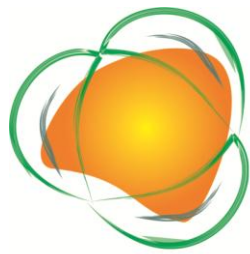
Por intermédio de informações cedidas pela M&G, como vazão do sistema de tratamento de efluentes e operação dos setores da fábrica, estimou-se o teor máximo de metano que poderia ser produzido a partir do lodo gerado nos pontos coletados na Pré-ETE e ETE, como pode ser visualizado na Tabela 5.

**Tabela 5: Potencial de produção de metano dos lodos da M&G**

Lodo	Vazão média (m <sup>3</sup> /dia)*	Produção teórica de metano (m <sup>3</sup> /dia)	Produção teórica de metano (m <sup>3</sup> /mês)
Pré-ETE	84	0,8	24,7
ETE	480	4,7	141,2

\*condições normais de operação da fábrica; ETE = Estação de tratamento de efluentes

Fonte: Do autor, Out. 2015



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Com base na Tabela 5 verificou-se que a produção mensal de metano a partir dos lodos da M&G poderia totalizar até  $165,9\text{m}^3$ .

A partir do metano produzido são possíveis algumas aplicações de caráter energético entre as quais se destacam a conversão do biogás em energia elétrica ou térmica ou a queima direta como combustível em caldeiras.

Para que o biogás seja aplicado na produção de energia é necessária a utilização de equipamentos específicos para a conversão, como motores geradores de energia elétrica. Quanto maior o teor de metano no biogás maior será a equivalência energética, sendo que, em média,  $1\text{m}^3$  de biogás equivale a  $1,05\text{kWh}$  de energia elétrica ou  $2,13\text{kWh}$  de energia térmica (COLDEBELLA, 2006; COSTA, 2011).

Com base nos dados de comparação energética, tem-se que  $165,9\text{m}^3$  de metano podem ser convertidos em  $174,2\text{kWh}$  de energia elétrica ou  $353,4\text{kWh}$  de energia térmica. Porém, como os sistemas possuem perdas, esses valores podem ser diferentes na prática.

Apesar disso, segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética - EPE, o valor determinado de  $174,2\text{kWh}$  de energia elétrica está acima do consumo médio por residência no Brasil que, em setembro de 2015, era  $166,0\text{kWh}$ , ou seja, o potencial energético do lodo da M&G é suficiente para abastecer uma residência no decorrer de um mês (EPE, 2015).

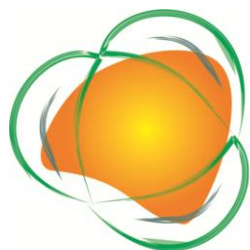
Analisando os resultados de biodigestão anaeróbia e do dimensionamento, verificou-se que os lodos da M&G possuem potencial para aplicação energética, o que consiste em uma disposição final sustentável do subproduto gerado pelos sistemas de Pré-ETE e ETE da empresa. Além disso, a energia obtida com o biogás pode ser aplicada nas próprias dependências da indústria, como nos setores de produção ou utilidades.

## **Conclusões**

Conforme os dados coletados no decorrer do projeto concluiu-se que o lodo da empresa M&G possui potencial para conversão energética para possível aplicação dentro da própria indústria. No entanto, em futuros experimentos, sugere-se a repetição das análises realizadas para validação da reprodutibilidade dos ensaios bem como a alteração de alguns fatores, como a substituição do medidor de gases e avaliação da necessidade de inóculo para acelerar a biodigestão.

## **Agradecimento(s)**

Os autores agradecem à equipe da M&G Fibras Brasil, à Avícola Dacar e à UNIFAL-MG.



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

## Referências

APHA - American Public Health Association. AWWA - American Water Works Association. WEF - Water Environmental Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22<sup>th</sup> ed. APHA/AWWA/WEF: Washington, 2012.

BRASIL. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 357, de 17 Março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, 2005.

\_\_\_\_\_. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 430, de 16 Maio de 2011. Ministério do Meio Ambiente, 2011.

\_\_\_\_\_. Lei Federal 6938 de 31 de Agosto de 1981. Política Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente, 1981.

\_\_\_\_\_. Lei Federal 12305 de 02 de Agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Ministério do Meio Ambiente, 2010.

COLDEBELLA, A. Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais. Paraná: Centro de Ciências exatas e Tecnologia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2006.

COSTA, E. S. G. M. Tratamento de resíduos sólidos em reator anaeróbio de duplo estágio visando a obtenção de bioenergia e créditos de carbono: Estudo de caso CEASAMINAS. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 2011.

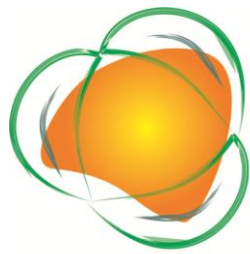
CHERNICHARO, C. A. L. Reatores anaeróbios - princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Volume 5. 2ed. Belo Horizonte: UFMG, 2011.

EPE. Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica - Setembro de 2015. Ano IX, Número 97. Empresa de Pesquisa Energética: Rio de Janeiro, 2015.

FELTRE, R. Química Orgânica. 6 ed. São Paulo: Moderna, 2004.

INSTRUTHERM. Manual de Instruções: Detector de 4 gases digital portátil. Modelo DG-500. São Paulo: Instrutherm, 2013.

NUVOLARI, A. et al. Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola. 2 ed. rev. atualizada e ampliada. São Paulo: Blucher, 2011.



XIII Congresso Nacional de  
**MEIO AMBIENTE**  
de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

REIS, A. S. Tratamento de resíduos sólidos orgânicos em biodigestor anaeróbio. Caruaru: Universidade Federal de Pernambuco - Centro Acadêmico do Agreste - Núcleo de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, 2012.

ROSA, S. A. S. BAZZANELLA, A. Microbiologia dos lodos ativados. Disponível em: <<http://www.tratamentodeagua.com.br/bibMicrobiologiadadosLodosAtivados.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2014.

VON SPERLING. Lodos ativados - princípios do tratamento biológico de águas. Volume 4 - 2 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2002.