



## PROJETO DE REATOR PARA TRATAMENTO DO BIOGÁS DE ATERRO SANITÁRIO

Ricardo Coelho Sousa<sup>1</sup>; Lilian Lima Bomfim<sup>2</sup>; Flávia Regina Góis Lobão<sup>3</sup>; Antonio  
Guimarães Santos Júnior<sup>4</sup>.

<sup>(1)</sup> Professor, Instituto Federal de Sergipe, Aracaju, Sergipe, r.coelho.sousa@hotmail.com; <sup>(2)</sup> Bolsista Convênio IFS/Petrobras, Instituto Federal de Sergipe, Aracaju, Sergipe, lilian.bomfim2@hotmail.com; <sup>(3)</sup>; Bolsista Convênio IFS/Petrobras, Instituto Federal de Sergipe, Aracaju, Sergipe, flaviaregina\_frgl@yahoo.com.br; <sup>(4)</sup> Bolsista Convênio IFS/Petrobras, Instituto Federal de Sergipe, Aracaju, Sergipe, antonioguimaraes\_99@hotmail.com

### RESUMO

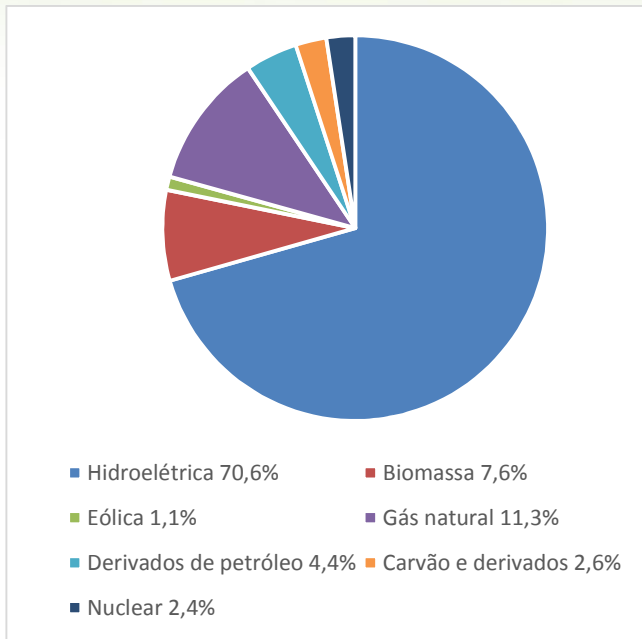
Atualmente, diante do contexto socioeconômico que tange ao investimento em energias limpas, há a necessidade em buscar o menor impacto ambiental possível e minimizar os que já existem. Com o contínuo crescimento populacional das cidades, houve simultaneamente uma maior concentração de resíduos sólidos em aterros sanitários, gerando um grave problema para a administração pública, pois além da produção de chorume, há também a liberação de gases, como o metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), amônia (NH<sub>3</sub>), hidrogênio (H<sub>2</sub>), gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S), nitrogênio (N<sub>2</sub>) e oxigênio (O<sub>2</sub>). A liberação de gases nos lixões é um risco de saúde pública, pois são gases que, além de terem odores desagradáveis, são tóxicos e oferecem risco de explosão. Sob essa perspectiva, surge o desenvolvimento no processo de obtenção do biogás e, posteriormente, seu devido tratamento em reatores a fim de que ele possa ser utilizado em seus diversos processos produtivos. Mesmo o biogás sendo constituído em sua maioria por metano, é necessário o tratamento para remoção de outros gases em sua composição. O gás sulfídrico, por exemplo, é responsável pela corrosão nas paredes dos dutos por onde o biogás circula e o gás carbônico pela redução do seu poder energético, devido ao deslocamento de equilíbrio durante a reação de combustão. Assim, objetivou-se a construção de um reator simples, a fim de retirar o gás sulfídrico presente utilizando como agentes oxidantes materiais recicláveis (restos de usinagem para oxidação metálica). Para a retirada do dióxido de carbono efetuou-se sua devida lavagem usando uma coluna de absorção recheada com água como solvente.

**Palavras-chave:** Aterros sanitários, biogás, gás sulfídrico, dióxido de carbono, tratamento.

### 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas é notável a dificuldade em optar por fontes de energias limpas e economicamente viáveis. Dados do BEN/Balanco Energético Nacional (2014) revelam que no Brasil e no mundo a utilização energética dá-se em sua maioria por meio do uso de combustíveis fósseis. Desta forma se evidencia que não se achou propostas de obtenção de energias que

supram as necessidades e diminuam a atual dependência em torno dos derivados de petróleo. Em vários países são realizados investimentos em pesquisas ousadas que focam o uso das energias renováveis e ditas limpas já vigentes no mercado, mas nenhuma foi eficaz para minimizar a subordinação das energias que mais implicam na poluição. A Figura 1 evidencia as fontes energéticas no país segundo a BEN 2014.



**Figura 1** – Principais fontes energéticas no país.  
**Fonte:** BEM 2014.

Produção de Lixo X População				
Classificação	População	Kg/dia habitante	Ton/dia	%
Até 100 mil ha	83.433.133	0,4	33.773	39
100 e 200 mil ha	16.615.355	0,5	8.308	10
200 e 500 mil há	22.040.778	0,6	13.224	15
Acima de 500 mil ha	45.777.000	0,7	32.044	37
Total	169.544.443	0,52	87.349	100

**Tabela 1** – Produção de lixo X população  
**Fonte:** ROYA, 2011.

O crescimento das cidades e o êxodo rural levam ao aumento da população, ocasionando uma maior produção de resíduos sólidos. A partir daí vê-se uma problemática, como acomodar ou até mesmo reutilizar esse material. A reciclagem é o principal destino destes

resíduos, mas não resolve totalmente o problema já que a parte não reciclável é destinada aos aterros sanitários. Esta destinação é deficiente, pois muitos aterros não possuem uma infraestrutura adequada e resultam em problemas ambientais graves como a contaminação dos lençóis freáticos e liberação de gases nocivos para a atmosfera. A Tabela 1 representa a produção de lixo relacionado ao crescimento da população de acordo com dados do BEN 2014.

O que acontece nos aterros sanitários é um processo comum à matéria orgânica na ausência de oxigênio, a fermentação ou “digestão anaeróbica”, que produz uma fonte de gás natural composto basicamente por metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e nitrogênio. O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é um dos principais causadores do efeito estufa e normalmente é liberado sem o menor controle pelos lixões. O metano (CH<sub>4</sub>) tem um grande valor energético e é o principal componente do biogás.

De acordo Zulauf (2004), No Brasil o potencial de energia elétrica a partir do biogás era superior a 350 MW, em 2005. Com o decorrer dos anos, este potencial de energia deve crescer na proporção do crescimento populacional e do crescimento econômico.

Segundo Chen et. al (2003), por meio da cromatografia gasosa de amostras colhidas no digestor, quando comprovada a estabilidade do processo em que o metano e dióxido de carbono não estejam variando significativamente ao longo de um período de 24 horas de operação, os dados experimentais tem sugerido que as composições do biogás contém de 40% a 60% e de 60% a 80% de metano em aterros e biodigestores, respectivamente. O teor de dióxido de carbono está entre 20% e 40% em volume, com o teor de sulfeto de hidrogênio oscilando entre 1500 a 3000 ppm.

O estudo foge dos atuais modos de se obter energias, tendo em vista que o



gás produzido nos aterros apresenta um potencial energético favorável a sua utilização. Aliando uma proposta de se obter uma energia limpa com a utilização de um gás antes não aproveitado, pensou-se na alternativa de tratamento e reinjeção deste no mercado, passando por diversos processos para retirada de contaminantes como o enxofre ( $H_2S$ ) e o próprio dióxido de carbono ( $CO_2$ ) presentes do biogás, pois o poder calorífico do biogás se torna menor e medida que se eleva a concentração das impurezas presentes.

O biogás proveniente de biodigestores e aterros sanitários contém elevados teores de  $CO_2$ , o qual é bastante prejudicial ao processo de combustão, interferindo na estabilidade de reação e nas emissões, visto que o  $CO_2$  é a forma mais oxidada do carbono não podendo ser queimado.

A remoção do  $H_2S$ , em específico, visa à diminuição da corrosividade do biogás. O tratamento garante uma maior vida útil ao sistema e aos seus equipamentos, em especial ao compressor.

A tese do projeto de aproveitamento energético do biogás produzido pela degradação dos resíduos é o tratamento e conversão do gás rico em metano em uma forma de energia útil, tais como: eletricidade, vapor, combustível para caldeiras ou fogões, combustível veicular ou para abastecer gasodutos com gás de qualidade.

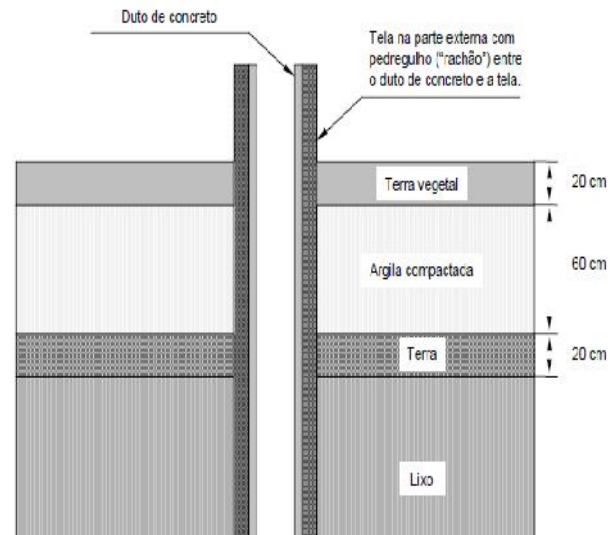
## 2. METODOLOGIA

### -Área de estudo

Neste trabalho tomou-se como referência dados obtidos sobre liberação de gases e potencial energético nos lixões em cidades brasileiras como Caucaia (CE) e Campinas (SP).

### -Métodos

Visando a construção de um esquema sustentável, de forma a não prejudicar o meio ambiente, tornou-se viável ao projeto a proteção do solo onde serão armazenados os resíduos, evitando aí a contaminação, como observado na Figura 2.



**Figura 2:** Correto armazenamento dos resíduos nos aterros.

**Fonte:** SOUSA, 2011.

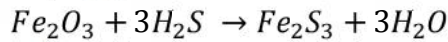
O reator simples, com alguns processos de tratamento para o biogás proveniente da decomposição dos resíduos, visa apresentar os devidos procedimentos para que os contaminantes/componentes do biogás sejam tratados.

- Para a retirada do dióxido de carbono utiliza-se uma coluna de absorção recheada, utilizando tubos de PVC rígidos e água com um solvente. A água em contra corrente com o gás tende a reduzir a percentagem deste contaminante, fazendo com que o percentual de metano no biogás se eleve.

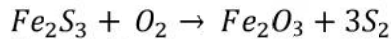
- A retirada do  $H_2S$  (ácido sulfídrico) ocorre através do princípio de oxidação metálica, ao qual esquematiza-se um anteparo constituído por cavaco de usinagem oxidado a fim de servir como recheio do reator. Tal material possui em sua composição óxido de ferro, cuja função será de agente oxidante do ácido sulfídrico. Tal reação é levemente endotérmica, tendo como ponto ótimo a



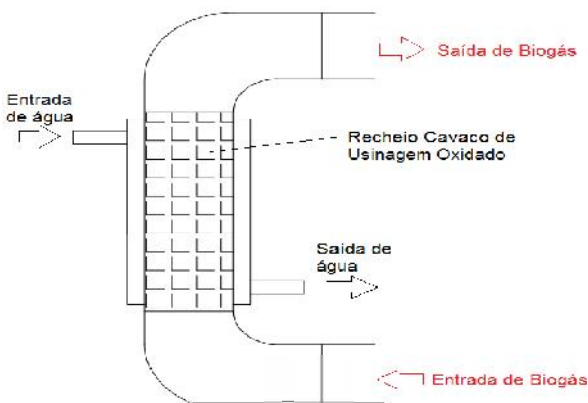
faixa de temperatura correspondente entre 25 e 50°C. A reação global está expressa abaixo:



A fim de recuperar o recheio do anteparo, pode-se instalar uma linha de ar comprimido (ou de oxigênio) em contra corrente para que o devido gás oxigênio interaja com o  $Fe_2S_3$ , de acordo com a reação abaixo:



A figura 3 a seguir esquematiza o processo de retirada de  $H_2S$ , mostrando também a circulação de água em volta do reator com o objetivo de manter as condições ideais de temperatura e pressão para o processo.

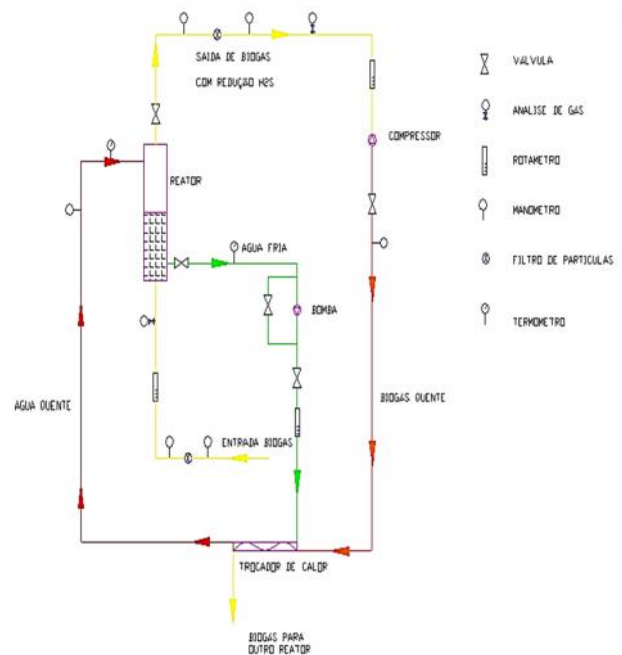


**Figura 3:** Esquemático de funcionamento do reator de remoção de  $H_2S$ .

Para a determinação de dimensões e parâmetros do sistema de purificação será utilizada simulação computacional de processos unitários, após testes laboratoriais e de campo, diminuindo a concentração de ácido sulfídrico e reduzindo assim a corrosão nos sistemas térmicos de geração de energia.

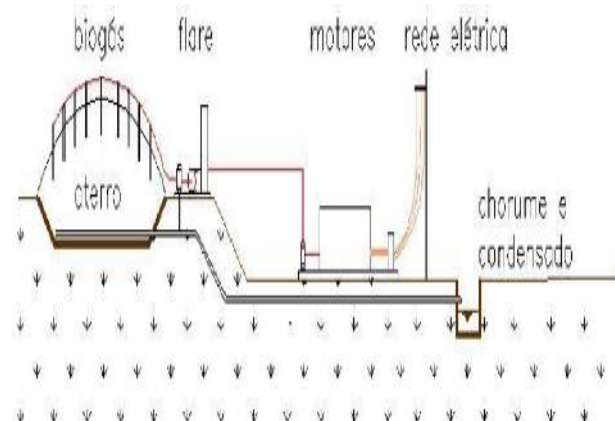
Projetou-se então um sistema padrão de coleta, tratamento e queima do biogás (Figura 5): poços de coleta, sistema de condução, tratamento (inclusive para desumidificar o gás), compressor e flare. No tratamento será inserida a coluna de absorção recheada juntamente com o anteparo contendo óxido de ferro. A Figura 4 a seguir mostra

um esquema de como será realizado o devido reator.



**Figura 4:** Esquema de planejamento do reator

Será utilizado um analisador de gases na entrada e outro na saída do reator, conforme se verifica na figura 4, com a finalidade de se verificar a real redução de ácido sulfídrico e a redução de dióxido de carbono no sistema proposto. Isto se faz necessário para se determinar a eficiência de tratamento do reator projetado.



**Figura 5:** Sistema de armazenamento com o adequada distribuição e uso do gás no próprio aterro sanitário.

Fonte: SOUSA, 2011.



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O biogás possui, originalmente, uma concentração aproximada de dióxido de carbono de 33%. Com a utilização da coluna de absorção estipula-se que essa concentração se reduza para 15%, o que representará um aumento de 57% a mais no poder calorífico por unidade de massa. No processo de purificação do biogás, o interessante é retirar o dióxido de carbono até que a porcentagem de metano fique próxima a do gás natural para que possa ser utilizado nos mesmos usos finais.

Utilizando a técnica de oxidação metálica para o enxofre, fazendo a remoção a níveis aceitáveis e com baixo custo utilizando materiais recicláveis, espera-se alcançar uma eficiência em torno de 85% de remoção deste composto.

Percebe-se que a produção de metano em um aterro sanitário varia com o passar dos anos. Desse modo, faz-se necessário o cálculo da geração de metano em aterros sanitários, de acordo com Souza (2011):

$$LFG = L0 \times R (e^{kc} - e^{kt})$$

Onde:

LFG = Quantidade total de gás gerado durante um ano, em m<sup>3</sup> (metros cúbicos)

L0 = Potencial total de geração de metano em peso (Kg) de lixo

R = Variação média anual aceita durante a vida útil

k = Velocidade da degradação do lixo (1/ano)

t = Tempo que o aterro está aberto (anos)

c = Tempo desde que o aterro foi fechado (anos)

AP42 utiliza os parâmetros de L0 = 0,5 m<sup>3</sup>/Kg de lixo e de k = 0,041/ano que é considerado, uma condição conservadora quanto à produção de metano.

Assim, tendo com base dados do aterro sanitário Delta, de acordo com a Figura 6 e Tabela 2 (Campinas – SP):

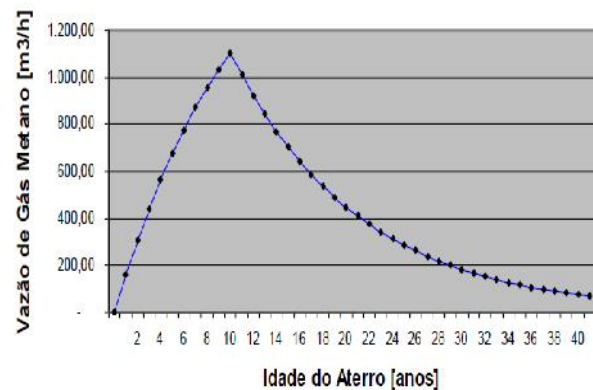


Figura 6: Produção de gás metano no Aterro Delta  
Fonte: Aterro Delta, Campinas – SP.

#### Vazão x Produção elétrica

Vazão Total de Biogás (m³/h)	Vazão Total do CH <sub>4</sub> (m³/h)	Potencia Elétrica Obtida (MW)
2268	544	1,6

Tabela 2: Comparação da vazão de gás com potência elétrica fornecida

Fonte: Aterro Delta, Campinas – SP.

Dados também coletados do aterro sanitário da cidade de Caucaia(CE)

**Produção de lixo = 2000 ton/dia**  
**Geração de biogás = 172 ton/dia (48% de CH<sub>4</sub>)**  
**Potencial elétrico = 51 MW**

\*Esta potência poderia atender 200.000 residências (800.000 pessoas)

### 4. CONCLUSÕES

Sendo um projeto precoce para uma afirmação definitiva, o tratamento em reatores, a fim de que ele possa ser



utilizado em processos produtivos, como aquecimento em caldeiras, uso como fonte energética em indústria e em automóveis ou até mesmo seu aproveitamento em motores geradores instalados no próprio aterro sanitário, observa-se que pode ser eficaz e barato, transformando o anterior problema – o biogás – em uma nova fonte de energia. Apesar de não resolver o déficit do sistema energético apresenta-se como uma juvenil forma de obtenção ou/ reciclagem de resíduos, de forma a serem aplicados posteriormente, testes em laboratórios para uma maior autoridade sobre o vigente tratamento, visaremos comprovar dados energéticos e real viabilidade do projeto.

## 5. AGRADECIMENTOS

À Petrobrás pelo incentivo financeiro e à Pró-Reitoria de pesquisa e extensão do Instituto Federal de Sergipe pelo apoio logístico.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ROYA, Bruno; FREITAS, Eduardo; BARROS, Evandro; et al. **Biogás – Uma Energia Limpa**. Revista Eletrônica Novo Enfoque, ano 2011, v. 13, p. 142 – 149.

**Balanco Energético Nacional 2014: 4:** Ano base 2013 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2014.

SOUZA, Ricardo Coelho. **O Uso do Biogás como Fonte Energética**. Universidade Federal do Ceará - Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Mecânica. 2011

GURGEL, Érico de Macedo. **Sistema de Purificação do Biogás por Remoção de H<sub>2</sub>S de Baixo Custo e Alta Eficiência**. Projeto Final de curso apresentado à

Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2008

ZULUAF, M. **Geração com biogás de aterros de lixo**. In **Dossiê: Energia Positiva para o Brasil 2004**. Disponível em: < [http:// www.grenpeace.br](http://www.grenpeace.br)>. Acesso em: 22 dez.2014.

MOREIRA, Edson Dantas Junior. **Projeto, Fabricação e Montagem de uma torre de absorção de baixo custo para remoção de CO<sub>2</sub> do Biogás**. Universidade Federal do Ceará - Programa De Graduação Em Engenharia Mecânica. 2008