



## PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DIFERENTES TIPOS DE RESÍDUOS

### **Márcia Helena Azevedo**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica

Rua Sarmento Leite, 425 – 90050-170 – Porto Alegre – RS

### **Pedro Mello**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica

Rua Sarmento Leite, 425 – 90050-170 – Porto Alegre – RS

**Resumo.** *O método biológico para a produção de combustível a partir de resíduo orgânico baseia-se na atividade metabólica microbiana que transforma matéria orgânica em combustíveis, como por exemplo, o gás metano. Este trabalho apresenta uma breve definição de biogás e sua origem. Além disso, sobretudo, apresenta uma análise detalhada da composição de amostras de biogás produzido em dois biodigestores – um em uma indústria e outro em sistema de tratamento de esgoto – e em dois aterros sanitários. Através dos resultados de tais análises, foi possível estimar seus respectivos poder calorífico e compará-los com o de um gás combustível típico de refinaria de petróleo.*

**Palavras-chave:** *Biodigestor, Biogás, Energia renovável.*

## 1. INTRODUÇÃO

A população urbana é agente ativo na produção de lixo e esgoto. As conseqüências da produção excessiva de lixo, tais como a poluição, seja ela no solo, ar ou nas águas, contribui com a degradação da atmosfera, portanto não é somente a população urbana que sofre, suas conseqüências são sentidas por todos os seres vivos na Terra. Os problemas epidemiológicos devido a disposição inadequada do lixo e esgoto, já foram contornados nas cidades que preocupam-se com qualidade de vida e impacto ambiental: planejando aterro sanitário com subsolo impermeável em áreas danificadas pela ação do homem, saibreiras, por exemplo, é possível a recuperação destes ambientes; estações de tratamento de água e esgoto e um órgão de fiscalização das empresas que exija que elas cumpram determinadas normas no sentido de evitar danos ao ambiente, porém tais normas são limitadas, principalmente no que diz respeito a poluição do ar.

A lei da conservação da energia é sabida por todos, porém muitas confusões são feitas a respeito disso, tais como achar que a energia é inesgotável. As perdas na conversão das diferentes formas de energia são irrecuperáveis, o que é garantido pela lei da entropia, ela pode crescer, mas nunca diminuir. A transformação da matéria prima em combustível, a queima desse combustível, o calor e o trabalho envolvidos em todo o processo não podem ser convertidos em matéria prima novamente. Esse é um fato obvio, todos têm conhecimento

disso, mas nos países industrializados mantém-se uma cultura de que o alto nível de vida é proporcional ao consumo de energia.

O processo de industrialização intensifica a transformação da matéria prima em produtos não renováveis e poluidores. Nas indústrias há também o problema do desperdício de energia, sobretudo a que provém de combustíveis fósseis, que são opções facilmente encontradas no mercado, mas o uso destes é um hábito custoso, tanto em termos econômicos como de comprometimento ambiental. Os sistemas industriais contam com tecnologia de última geração, mas não a relacionam com sociedade e natureza. Buscam altos níveis de produtividade e eficiência operacional, mas excluem outras preocupações. Frequentemente, os serviços necessários poderiam ser executados de maneira simples e sem desperdício. Um desafio para as indústrias é a conversão biológica do lixo em combustíveis gasosos com conseqüente economia financeira, redução do uso de eletricidade e combustíveis fósseis limitados e não renováveis bem como diminuição da poluição.

Este trabalho não tem a pretensão de responder o que deve ser feito em relação a estas questões devido a sua complexidade, entretanto aqui são abordados os principais elementos encontrados no gás proveniente de lixo e esgoto urbanos e dos resíduos de uma indústria, também é abordado o seu poder calorífico, servindo como um primeiro passo na compreensão de sua importância e riqueza como fonte de energia que está sendo desperdiçada na atmosfera e propõe um estudo mais aprofundado para sua posterior aplicação energética.

## **2. CARACTERÍSTICAS DO BIOGÁS E DOS BIODIGESTORES**

Conforme vários autores (ALVAREZ *et al*, 1992; OSTROVSKI, 1980; UNESP, 1979; NOGUEIRA, 1992; LIMA, 1991), biogás é uma mistura gasosa resultante da fermentação de resíduos orgânicos (dejetos de animais, resíduos de vegetais, etc.) na ausência de oxigênio. O processo de formação de gás, que envolve interação da atividade física, química e biológica é realizado fundamentalmente pelos microrganismos que degradam as moléculas orgânicas complexas. Em outras palavras, transformam a cadeia de carbono em gases e em substâncias mais bio-resistentes. Este processo constitui-se de dois estágios básicos: liquefação e gaseificação. Na fase ácida a cadeia de carbono é quebrada sucessivamente, os carboidratos são convertidos em açúcares, as proteínas em aminoácidos, os lipídios em glicerol, etc. Este estágio chama-se liquefação. Finalmente as bactérias metanogênicas removem os produtos finais das bactérias formadoras de ácidos e convertem em gases, esta conversão evita acidez excessiva, o que mataria as formadoras de ácidos.

O biogás tem sua composição e produção dependendo, entre outros fatores, do material a ser fermentado, da temperatura, do local e do tempo de fermentação. A decomposição orgânica ocorre, com maior eficiência, em tanques herméticos chamados digestores, ou biodigestores.

A biodigestão constitui um dos métodos para tratamento de resíduos poluidores, reduzindo a carga de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio), agentes patogênicos, coliformes fecais e sólidos suspensos, por isso já foi adotada por algumas indústrias e estações de tratamento de esgoto.

## **3. DESCRIÇÃO DOS LOCAIS DE COLETA – ATERRO SANITÁRIO**

Um aterro sanitário é, basicamente, um local para disposição de resíduos precedido de um projeto de engenharia onde todas as medidas são tomadas no sentido de evitar impactos ambientais. Dentre essas medidas podem ser citadas a impermeabilização do solo, cobertura diária, monitoramento, drenagem de gases e tratamento do chorume (líquido percolado, escuro e com elevada carga orgânica que é proveniente da decomposição anaeróbia da matéria orgânica).

Diferente disso, o lixão é uma disposição de lixo, sem critérios, a céu aberto. Sem nenhum tipo de controle ambiental contribui com a contaminação das águas e do ar e proliferação de transmissores de doenças.

### 3.1 Aterro sanitário com estudo de impacto ambiental

Um dos locais de coleta de biogás escolhido para o presente trabalho foi o aterro sanitário da zona sul do município de Porto Alegre (aterro da Extrema) por estar em atividade recebendo, em média, mil toneladas de lixo domiciliar diariamente. A cidade conta com uma separação de lixo inorgânico limpo (lixo seco) para reciclagem que coleta uma média de 80 toneladas diárias, mas sempre existe rejeitos dos galpões de reciclagem e, além disso, não são todos os habitantes que contribuem com este sistema. É por esses motivos que, infelizmente, não é só lixo orgânico que é despejado no aterro, pode-se caracterizá-lo por lixo urbano. O aterro da Extrema é o único aterro sanitário em Porto Alegre no qual foi feito estudo de impacto ambiental. Segundo REICHERT e ANJOS (1997) o sistema de drenagem de gás é o convencional de tubos de concreto, distantes 50 m uns dos outros, com 60cm de diâmetro, perfurados, colocados verticalmente da base até imediatamente abaixo da camada de cobertura final do aterro. Para cada um dos tubos há outro tubo concêntrico, de polietileno perfurado de 100 mm de diâmetro, sendo o espaço restante preenchido com brita nº 4, no final desta tubulação é colocado um *flare* (queimador) para promover a queima dos gases. O sistema descrito, ilustrado na Fig. 1 e a Fig. 2, extraída do trabalho de LIMA (1991), mostra o detalhe do dreno de gás. A coleta foi realizada da seguinte forma: um funil de vidro adaptado a uma bomba manual de sucção e introduzido no *flare*, dessa forma foi possível encher o coletor com o biogás.

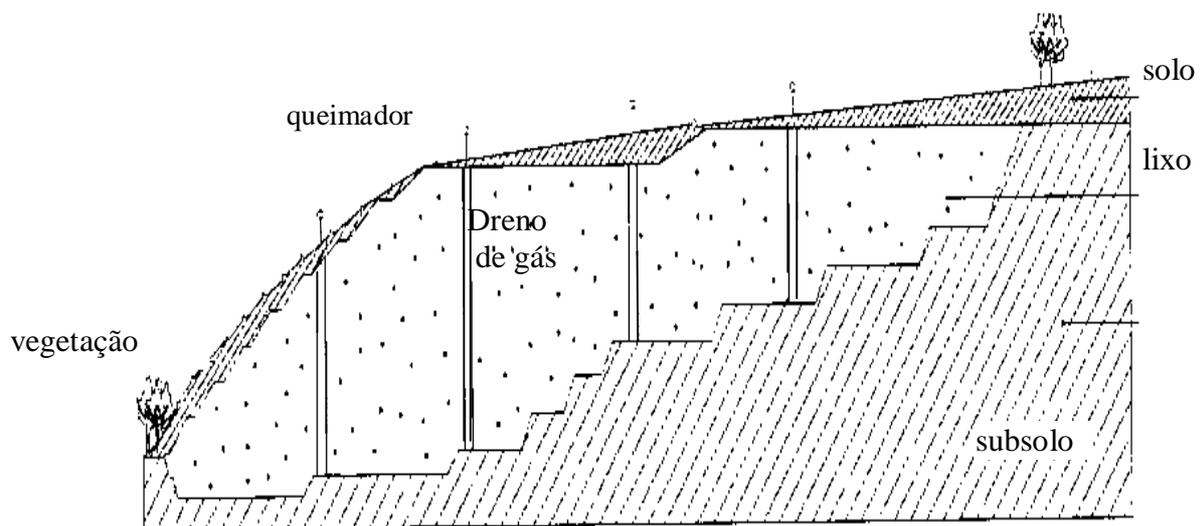


Figura 1 - Corte longitudinal do aterro esquematizando o sistema de drenagem de gás

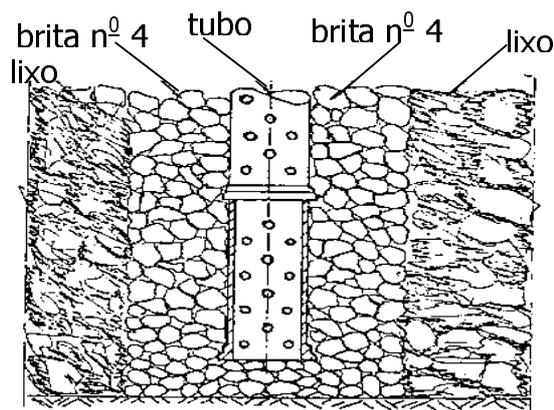


Figura 2 - Detalhe do drenô de gás

### 3.2 Aterro sanitário sem estudo de impacto ambiental

De acordo com material de divulgação do Departamento Municipal de Limpeza Urbana (sd), de 1985 à 1989 o aterro da Zona Norte era um lixão numa área de 50 hectares da várzea do Rio Gravataí que deságua no estuário Guaíba e era responsável por altos índices de poluição nesses dois cursos de água. Sobre o lixo havia barracos e pessoas que viviam dele. Em 1990 iniciou-se o processo de recuperação onde foi impermeabilizada a área do antigo lixão com uma parede subterrânea de argila em todo seu perímetro evitando vazamento do líquido percolado (chorume). O lixo coletado foi misturado ao novo acelerando sua estabilização. Essas técnicas de aterro sanitário foram adotadas e hoje este aterro está com seus dias de vida contados.

## 4. DESCRIÇÃO DOS LOCAIS DE COLETA – BIODIGESTOR

Uma representação esquemática de biodigestor de fluxo ascendente encontra-se na figura abaixo:

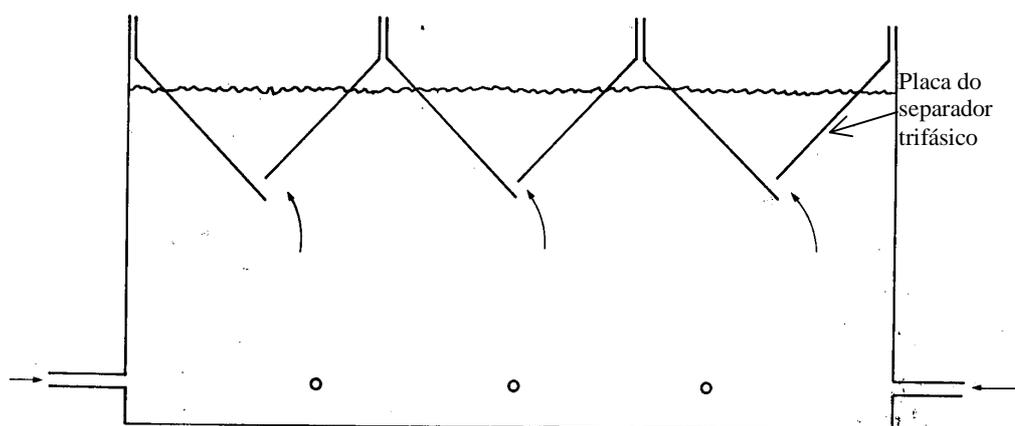


Figura 3 - Reator de fluxo ascendente

Este reator é, conforme MANUAL TÉCNICO DO SISTEMA METHAX-BIOPAQ, constituído basicamente de um tanque onde se localiza na parte superior um aparador trifásico sólido/líquido/gás, o que confere ao equipamento elevada capacidade de retenção de sólidos. O despejo a ser tratado é distribuído uniformemente no fundo do reator e escoava através de

uma camada de lodo biológico ativo (leito de lodo), onde os poluentes orgânicos são biodegradados. O gás produzido, resultante da estabilidade anaeróbia da matéria orgânica, ao atingir o aparato separador interno, é encaminhado, através de placas refletoras, à câmara de acúmulo de gás. O líquido contendo partículas em suspensão e eventualmente lodo biológico disperso, oriundo da câmara de reação, escoar através da abertura entre placas do separador trifásico atingindo a zona de decantação. Nesta região, o escoamento crescente, proporcionado pela separação prévia do gás e, a carga superficial aplicada, permite a decantação de sólidos em suspensão. As partículas sedimentadas retornam à zona de reação com auxílio das paredes inclinadas do separador interno, contribuindo assim para o enriquecimento do leito de lodo.

O líquido tratado deixa o sistema por transbordamento em calhas coletoras de efluentes, convenientemente distribuídas no topo do reator.

As condições básicas para um sistema de tratamento anaeróbio de alta taxa são:

- alta capacidade de retenção de lodo biológico.
- alta atividade específica do lodo retido.
- bom contato entre o lodo biológico e o despejo.

#### **4.1 Biodigestor para tratamento de esgoto.**

A Vila Esmeralda tem seu tratamento residual realizado por dois biodigestores idênticos de fluxo ascendente. Após um breve gradeamento o afluente passa por dois tanques de decantação, o segundo é para garantir que não entre areia no biodigestor. A parte líquida entra num compartimento apropriado enquanto que a areia é depositada no fundo de outro compartimento. Os dejetos descem por canos e entram na parte inferior do biodigestor. O gasômetro encontra-se na parte superior do biodigestor, não existe qualquer controle da pressão, tal como manômetro, e sua cúpula é fixa de modo que não adiantaria acrescentar pesos adicionais para obter tal controle de pressão. No cano de saída do gás foi conectado uma bomba manual de sucção ligada ao coletor para posterior análise.

#### **4.2 Biodigestor para tratamento de resíduos industriais**

As empresas são obrigadas, sob pena de multas, à tratarem seus resíduos antes de despejá-los no rio. Uma cervejaria na grande Porto Alegre optou pelo biodigestor de fluxo ascendente para este tratamento. O resíduo passa por uma peneira rotativa e depois pelo estabilizador. Uma característica muito particular deste resíduo é sua temperatura elevada, para isso o sistema conta com uma torre de resfriamento, também há um controle de pH que, sempre que preciso ajustes existem tanques de ácido, soda e micronutrientes (nitrogênio e fósforo) com esta finalidade, tudo isso é feito antes dos dejetos entrarem no digestor. O gasômetro encontra-se separado do digestor e sua pressão é perfeitamente controlável, tanto que na coleta não foi preciso uso de bomba de sucção, além disso possui uma saída de gás própria para isso.

### **5. ANÁLISE CROMATROGRÁFICA DAS AMOSTRAS E RESULTADOS**

De acordo com McNAIR *et al* (1981), a cromatografia de gases caracteriza-se por uma amostra que se incorpora a uma coluna cromatográfica e o gás puro que atua como portador flui continuamente. Esta técnica tem a vantagem de que os picos da amostra estão rodeados por um gás portador puro e quando se conclui a análise, a coluna fica pronta para outra

amostra. Um cromatograma registra picos ao longo de um tempo, através das áreas dos picos e dos tempos, faz-se uma análise qualitativa e quantitativa, ou seja, as componentes e concentrações. Além disso, a partir desses resultados é possível calcular os outros dados, quais sejam, densidade relativa, poder calorífico e peso molecular médio.

Na tabela 1 abaixo apresenta-se comparação entre os resultados das análises realizadas nas amostras coletadas e estes com valores referentes ao gás combustível derivado do petróleo.

Tabela 1. Resultados das análises cromatográficas

	Aterro Extrema	Aterro Zona Norte	Biodigestor DMAE	Biodigestor cervejaria	Gás combustível de refinaria
O <sub>2</sub> (*)	0,72 %	0,63 %	0,52 %	0,25 %	-
N <sub>2</sub> (*)	2 %	1,19 %	9,57 %	3,50 %	-
Ar (*)	0,02 %	0,01 %	0,11 %	0,04 %	-
CO (*)	0	0	0	0	-
CO <sub>2</sub> (*)	27,99 %	41,47 %	5,49 %	10,63 %	-
CH <sub>4</sub> (*)	69,27 %	56,70 %	84,30 %	85,58 %	-
Densidade relativa (g/cm <sup>3</sup> )	0,8386	0,9656	0,6512	0,674	0,6787
Poder calorífico superior (kcal/m <sup>3</sup> )	6147	5034	7475	7590	9660
Poder calorífico inferior (kcal/m <sup>3</sup> )	5537	4533	6730	6834	8789
Peso molecular médio	24,23	27,89	18,83	19,48	19,61

(\*) Percentual de volume molar

Comparando os resultados das análise cromatográficas de um gás combustível típico de refinaria de petróleo com os referentes ao biogás, observa-se que o poder calorífico no primeiro caso é maior. No entanto as densidades e os pesos moleculares dos dois tipos de gás praticamente se equívalem. Dessa forma é possível ter uma idéia da riqueza energética do biogás. Cabe aqui uma pergunta: por que um gás tão rico é desperdiçado?

## 6. CONCLUSÃO

Nas áreas urbanas as fontes de energia não renováveis como derivados de petróleo são largamente utilizadas em funções triviais como aquecimento de água e preparação de alimentos. Essas fontes de energia, além de serem economicamente desvantajosas e ecologicamente perniciosas, produzem no seu usuário uma relação de dependência com o fornecedor já que, via de regra, a rede logística de produção e distribuição encontra-se em poder de grupos restritos com interesses corporativos.

A energia elétrica é, de longe, a opção mais encontrada no mercado. No entanto, embora seja uma opção ecológica e economicamente viável, por ser mais barata, renovável e de menor impacto sobre o ambiente, a energia elétrica não é um combustível nem pode ser facilmente armazenada. É uma forma de energia de alta qualidade e adequada para uso mais nobres tais como iluminação, trens elétricos, determinados processos mecânicos, etc.

É hora de a população despertar para a necessidade de optar por um tipo de energia adequado aos seus recursos e necessidades, evitar o desperdício de tipos nobres de energia e procurar soluções alternativas e renováveis.

O biogás é uma opção energética que poderia ser adotada para usos menos nobres ao invés de ser jogada na atmosfera poluindo o ambiente, pois sua existência é inevitável, tem fácil e barata exploração e improvável extinção e, para estes usos, é mais vantajosa, em termos econômicos e ambientais, que a energia elétrica e a energia derivada do petróleo.

### ***Agradecimentos***

As pessoas relacionadas a seguir contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento deste trabalho e a elas manifesta-se o agradecimento dos autores: Adriana Porto Ramis, Eduardo Massinger, Natal Antonini, Rogério Pinto, Volvir Antonietti.

### **REFERÊNCIAS**

- Alvarez, M. V. *et al.*, 1992, Tratamiento anaerobio de albañales domésticos en Cuba. Resultados de investigación y proyecto de una planta de 5,9 MLD, XXIII congreso de la asociación interamericana de ingeniería sanitaria y ambiental, La Havana, Cuba, pp. 608-618.
- Codistil S/A Dedini, sd, Manual técnico do sistema de tratamento de efluente Methax-Biopaq, Sertãozinho.
- Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU), sd, Aterro sanitário. Estação de tratamento de lixo, Coordenação de comunicação da prefeitura de Porto Alegre, Porto Alegre.
- Faculdade de ciências agrárias e veterinárias – UNESP, 1979, Projeto biogás, Jaboticabal.
- Lima, L. M. Q., 1991, Tratamento de lixo, Hemus, São Paulo.
- Lovins, A., 1977, Soft Energy Paths, Penguin, sl.
- Lyle, J. T., 1994, Regenerative Design for Sustainable Development, Wiley, San Francisco.
- McNair, H. M. *et al.*, 1981, Cromatografia de gases, Eva V. Chesneau, Washington, D.C.
- Nogueira, L. A. H., 1992, Biodigestão a alternativa energética, Nobel, São Paulo.
- Ostrovski, C. M., 1980, Novas tecnologias em biodigestores, Sistemas de biodigestão, Anais do 1º encontro nacional, CNI – Departamento de Assistência à Média e Pequena Indústria – Divisão de Estudos e Pesquisa, Rio de Janeiro.
- Reichert, G. A. & Anjos, I., 1997, Aterro sanitário da Extrema – Porto Alegre: concepção de projeto, Porto Alegre.

### ***BIOGAS PRODUCTION FROM DIFFERENT TYPES OF RESIDUES***

***Abstract.*** *The biological method for the fuel production from organic residue is based on the microbial metabolic activity that transforms organic matter in fuels, like for example, the gas methane. This work presents a brief biogas definition and its origin. Besides, above all, it presents a detailed analysis of the composition of biogas samples produced in two anaerobic digesters - one in an industry and another in a sewer treatment system - and in two sanitary*

*embankments. Through the results of such analyses, it was possible to value its respective calorific power and to compare them with the one of a typical combustible gas of a petroleum refinery.*

**Key Words:** *Anaerobic Digesters, Biogas, Renewable Energy.*