

Estudo para implementação de Biodigestor de Resíduos Sólidos em Comunidade de Baixa Renda

Diego Fernandes Farias

diego.f.farias@gmail.com

Mario Augusto Junior

marioaugustojunior@gmail.com

O estudo consiste em encontrar uma solução para implantação de um Biodigestor anaeróbico em uma comunidade de baixa renda da cidade de Osasco – SP.

Foi feito um levantamento quantitativo de dados de produção de lixo orgânico e consumo de gás de cozinha de uma parcela da população. Através disso conseguimos uma média desses valores com os quais será estimada a produção de biogás.

Paralelamente a isso foi feita uma discussão dos possíveis modelos de biodigestores a serem usados e então escolhemos o que melhor se adapta à situação. O mesmo estudo foi feito em relação a um lugar apropriado para instalação do biodigestor.

Tomando como base estudos de geração de biogás já realizados e usando-se dos dados levantados estimamos a produção per capita de biogás para a solução escolhida.

Quanto ao destino do biogás, foi levantada uma discussão de qual seria a melhor empregabilidade para o biogás gerado, e com base em diversos fatores foi escolhida a alternativa que melhor se encaixava.

A partir destes pontos foi feito um estudo de viabilidade para implementação do biodigestor na comunidade.

Palavras chave: Biodigestores, Resíduos sólidos, Biogás, Batelada, Baixa Renda.

1. Introdução

De acordo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB, 1989, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, editada em 1991, 241.614 toneladas de lixo são produzidos diariamente no Brasil, dos quais, 76 % são destinados a vazadouros a céu aberto, 23% são destinados a aterros sanitários e 10% vão para usinas de compostagem ou incineração. Embora a composição do lixo varie de acordo com o local, estação do ano e período do dia, os principais componentes são biodegradáveis. No caso do Brasil, de acordo com o IBGE, (1989) 60% do volume produzido é constituído de material orgânico putrescível, 12% de material reciclável e 28% de rejeito. (GORGATI, LUCAS JR.)

Analisando essas quantidades vemos que um grande potencial de energia é desperdiçado. Enquanto em países como China e Índia o uso de biodigestores é largamente empregado como fonte de energia alternativa, no Brasil é uma área pouco explorada, por isso a importância de estudos em biodigestores.

Modelo Chinês: Projetado para ser enterrado, ele é construído quase que totalmente de alvenaria. Muito empregado na China entre as décadas de 50 e 70, era utilizado em pequenas propriedades rurais como fonte alternativa de energia, justamente por esse fator, ele foi desenvolvido para ser de simples construção e de baixo custo. Ele opera em regime de fluxo contínuo. O efluente é expelido num método conhecido por prensa hidráulica, conforme o biogás é gerado, a pressão interna aumenta, forçando a saída do efluente.

Modelo Indiano: Caracteriza-se por possuir um gasômetro de volume variável. Isso é possível porque a tampa desse biodigestor é móvel. A vantagem desse biodigestor para os demais é que ele sempre opera em pressão constante, uma vez que quando o biogás é formado, a tampa se desloca. Também é um biodigestor de fluxo contínuo e de fácil construção, porém por motivos de segurança o tampo deve ser metálico, encarecendo o custo de fabricação.

Batelada: Trata-se de um sistema bastante simples e de pequena exigência operacional. Sua instalação poderá ser apenas um tanque anaeróbico, ou vários tanques em serie. Esse tipo de biodigestor é abastecido de uma única vez, portanto não é um biodigestor de fluxo contínuo, mantendo-se em fermentação por um período conveniente, sendo o material descarregado posteriormente após o término do período efetivo de geração de biogás. Enquanto os modelos chinês e indiano prestam-se para atender propriedades em que a disponibilidade de biomassa ocorre em períodos curtos, com disponibilidade diária de biomassa, o modelo de batelada adapta-se melhor quando essa disponibilidade ocorre em períodos mais longos.

2. Metodologia e coleta de dados

Para esse projeto foi necessário o desenvolvimento de uma metodologia de tomada de dados para obtermos uma estimativa de produção de lixo orgânico com uma amostra de 10 famílias.

Primeiramente foi feito um estudo dos tipos de famílias a serem abordadas de forma a garantir uma diversidade entre elas. Os critérios usados na escolha das famílias foram **número de membros**, **perfil de família** (com filhos, idosos, etc.), **rotina diária** (que refeições são feitas em casa?), **poder de compra**.

Com o auxílio de um líder comunitário, selecionaram-se as famílias adequadas. Por se tratar de uma comunidade de baixa renda, muitas das pessoas possuem um baixo grau de instrução, dificultando a explicação do projeto, pensando nisso a abordagem foi feita usando panfletos contendo explicações de termos como biodigestão e lixo orgânico.

As famílias que aceitaram participar foram instruídas a depositar todo o lixo orgânico gerado durante sete dias dentro de um recipiente especial para isso. Foi definido o período de sete dias, para observar a produção de lixo orgânico durante dias úteis e fins de semana, já que a produção de lixo varia dependendo do dia.

Após sete dias retornou-se à comunidade para realizar a pesagem dos recipientes

3. Solução Escolhida

Utilizou-se uma matriz de decisão para escolher qual o melhor biodigestor para ser implementado na comunidade, dentre os que foram previamente apresentados. Segundo a matriz apresentada abaixo a melhor solução é a escolhida de um biodigestor do tipo batelada.

Matriz de decisão

Definição de biodigestor

	Modelo chinês	Modelo indiano	Batelada
Tamanho (Peso 1)	3 3	3 3	3 3
Custos (Peso 3)	4 12	2 6	3 9
Funcionamento (Peso 4)	2 8	2 8	5 20
Operação (Peso 2)	3 6	3 6	4 8
Segurança (Peso 3)	3 9	4 12	3 9
Eficiência (Peso 2)	2 4	3 6	4 8
Total	42	41	57

Figura 1. Matriz de Decisão das Alternativas de Solução

O biodigestor de batelada é mais adequado porque é de baixo custo de produção, de fácil operação e manutenção, e a principal vantagem para os demais é que ele não opera em fluxo contínuo. A geração de lixo orgânico diário da comunidade não justifica a escolha de um biodigestor de fluxo de contínuo.

3.1 Operação

O biodigestor de batelada opera em ciclos de 70 dias. O ciclo de biodigestão começa com a trituração dos resíduos orgânicos, e adição de água e uma cultura de bactérias (lodo de esgoto) formando o substrato. Esse substrato deve conter 20% de sólidos em relação ao volume total. Ao fim dos 70 dias toda a biomassa já terá sido digerida, sobrando somente um efluente que pode ser usado como biofertilizante, o biodigestor é limpo e o ciclo pode ser reiniciado.

Como é inviável o armazenamento de resíduos orgânicos produzidos durante 70 dias, contorna-se esse problema usando dez biodigestores em série, defasados entre si por um período de sete dias.

3.2 Aspectos construtivos

O modelo de batelada é formado basicamente por um corpo cilíndrico, um gasômetro flutuante e uma estrutura para guia do gasômetro, que poderá ser adotado um sistema de trave e roldana, tratando-se de um sistema simples e não exigindo uma preocupação operacional.

A figura abaixo é um esquema contendo as dimensões principais de um biodigestor de batelada

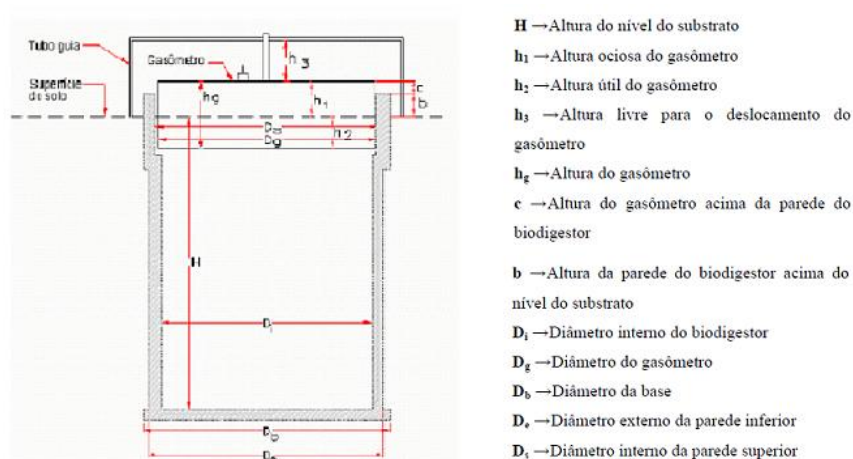


Figura 2. Desenho Esquemático de um Biodigestor de Batelada (Portes e Florentino)

4. Resultados

Com os dados levantados na pesquisa chegamos à seguinte tabela:

Tabela1. Dados Brutos Levantados na Comunidade

ID	Nome	No de pessoas na Família	Biomassa recolhida no período (g)	Biomassa por Pessoa por dia (g)	Duração Botijão (meses)	Duração do Botijão Por Pessoa (meses)
1	Luana	3	1000	48	4	1,3
2	Monita	3	0	0	0,5	0,2
3	Maria Ines	3	5600	267	2	0,7
4	Cristiana	7	0	0	1	0,1
5	Lidia	4	2500	89	1,5	0,4
6	Laide Maria	1	3100	443	6	6,0
7	Sueli	6	500	12	1	0,2
8	Dona Teresa	1	700	100	6	6,0
9	Nena	4	7000	250	2	0,5
10	Adilson	4	1200	43	3	0,8
11	Adelia	1	500	71	4	4,0

Porém percebemos que ou por falta de instrução, ou por algum outro motivo, algumas famílias não seguiram as instruções que foram passadas de depositarem apenas o lixo orgânico gerado por sua própria família, outras não depositaram regularmente e ficaram com quantidades muito baixas. Enfim, nem todos os dados colhidos puderam ser aproveitados.

Essa dispersão é mostrada no gráfico seguinte:

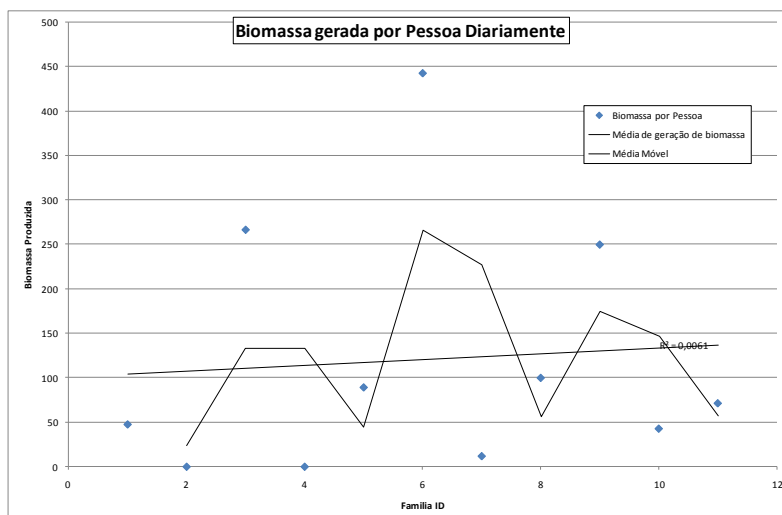


Figura 3. Gráfico de Pontos Levantados e Média

Como é evidenciado pelo gráfico temos alguns dados a serem desprezados. Feia a seleção dos valores que entram em uma banda em torno da linha média, chegamos então a seis famílias que puderam ter seus dados utilizados com maior precisão.

São elas:

Tabela 2. Dados Levantados na Comunidade depois de descarte dos valores fora de banda estipulada

ID	Nome	No de pessoas na Família	Biomassa recolhida (g)	Biomassa por Pessoa (g)	Duração Botijão (meses)	Duração do Botijão Por Pessoa (meses)	Consumo de GLP Mensal por Pessoa(L)	Convertido para Biogás (m3)
1	Luana	3	1000	48	4	12	0,375	0,83
2	Lidia	4	2500	89	1,5	6	0,75	1,67
3	Sueli	6	500	12	1	6	0,75	1,67
4	Dona Teresa	1	700	100	6	6	0,75	1,67
5	Adilson	4	1200	43	3	12	0,375	0,83
6	Adelia	1	500	71	4	4	1,125	2,50

Podemos perceber que nessas famílias temos uma maior uniformidade dos valores médios por pessoa sendo assim, portanto mais consistentes os dados par se trabalhar. Podemos inclusive traçar outro eixo no gráfico plotando os valores (corrigidos para Biogás) da demanda por gás de cozinha da população.

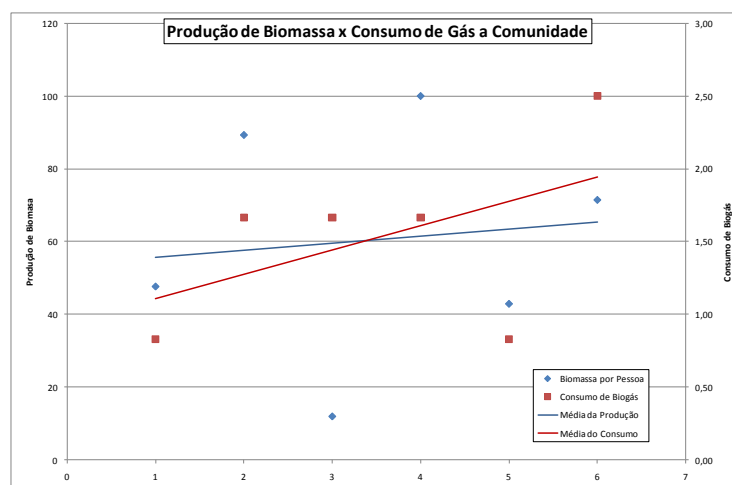


Figura 4. Gráfico de Pontos dos Valores Levantados e Média

Chegamos então a uma média de aproximadamente 60 gramas por pessoa de lixo orgânico produzido por dia e 1,5 metros cúbicos de biogás utilizado como gás de cozinha por mês.

5. Análise de resultados

Percebemos com esse estudo que é possível a construção de um biodigestor anaeróbio numa comunidade de baixa renda, e além dos benefícios sociais e ambientais que o biodigestor geraria teríamos ainda um retorno energético que poderia ser convertido tranquilamente em gás de cozinha.

A questão que fica, porém é a da auto-suficiência do biodigestor para essa funcionalidade quando se propõe abastecer todos os moradores que contribuem com o recolhimento de lixo orgânico.

Os resultados mostram que atingiríamos uma produção de 0,15 m³ por mês por pessoa com os dados de entrada expostos. O que implica que para suprir a necessidade média de gás dos moradores devemos ter uma coleta de lixo orgânico 10 vezes maior. Claro que o padrão de consumo e, portanto de descarte de lixo orgânico quando falamos de uma comunidade de baixa renda é muito menor que a média da população brasileira. Porém usando-se dos dados colhidos em campo, temos que para abastecer cada cidadão da comunidade com biogás suficiente para cozinhar precisamos de outros nove colaborando com a coleta de lixo orgânico para o biodigestor.

6. Alternativas para o uso do gás gerado pelo biodigestor

- Utilizar o biogás produzido para abastecer a demanda por gás de cozinha
Alternativa já considerada anteriormente, onde todas as famílias gerariam biogás suficiente para abastecer apenas uma residência.
- Utilizar o biogás produzido para fins comunitários – Posto de saúde
Seria feito um estudo para empregar o biogás gerado na cozinha do posto de saúde local.
- Utilizar o biogás produzido para fins comunitários – Sociedade Amigos do Bairro
Solução onde o biogás produzido é utilizado para gerar a energia consumida na Sociedade Amigos do Bairro Jardim Conceição.
- Utilizar o biogás produzido para iluminação pública
Alternativa onde o biogás seria armazenado e utilizado para abastecer um poste de iluminação pública.

7. Estimativa de consumo da solução aplicada

Tabela 3. Estimativa de consumo energético da solução escolhida

	Quantidade	Potência Média (W)	Uso diário (h)	Energia Gasta (kW.h)
Computador + Impressora	1	180	4	0,72
Lâmpada	4	60	12	2,88
Aparelho de Som	1	20	2	0,04
Aparelho de Fax	1	30	2	0,06
Telefone sem fio	1	10	2	0,02
		480		3,72

Para suprimos essa demanda de 3,7 kW.h por dia com uma potência média de 480 W lançaremos mão de um gerador, estudado no capítulo seguinte, que será alimentado com o biogás e fará a conversão de energia térmica da combustão desse gás em energia elétrica.

8. Aspectos construtivos e financeiros

- **Bateria de biodigestores** – Composto por dez biodigestores de batelada ligados em série. Em projetos de grande porte normalmente são construídos de alvenaria, porém para projetos de menor porte como em questão podem ser usados tambores de aço.

Usando o valor de produção de matéria orgânica per capita e adotando a base seca de 20% em resíduos sólidos chegamos aos valores apresentados na tabela a seguir.

Tabela 4. Dimensionamento do tambor do biodigestor

Volume de matéria orgânica produzido por pessoa	60 g
Numero de pessoas	40
Dias de ciclo do biodigestor	7
Porcentagem de resíduos sólidos	0,2
Volume minimo de cada unidade da bateria	84 L

Vemos que o volume mínimo de cada unidade da bateria é de 84 litros, porém como há a geração de biogás temos que considerar a expansão do mesmo, então trabalhamos com uma pequena margem o que nos permite utilizar tambores de 100 litros.

A empresa Greif Brasil possui o tambor recomendado.

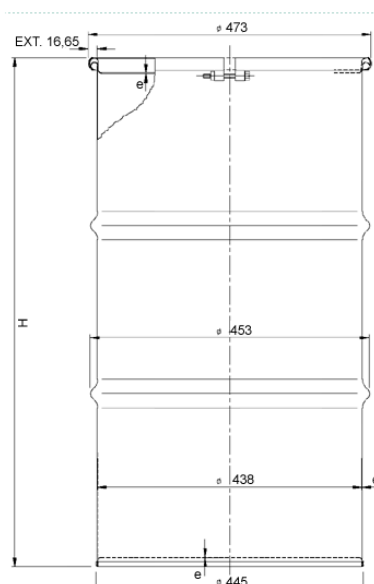


Figura 5. Tambor utilizado no biodigestor

Temos discriminado abaixo os custos individuais dos equipamentos para montagem dos biodigestores:

Tabela 5. Estimativa de custos da bateria de biodigestores

Item	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Tambor 100L	10	90,00	900,00
Torneiras 3/4"	10	8,00	80,00
Tubo 3/4" x 20cm	10	x	70,00
Mangueira de 1"	20 m	x	270,00
Tela 80x80 cm	10	x	35,00
			1355,00

- **Gasômetro** – Local de armazenamento do biogás proveniente do processo. De fundamental importância para não haver qualquer tipo de vazamento do gás para o meio ambiente.

Foi feito o orçamento com a Sansuy, especialista em implementação de biodigestores, o valor de um projeto para um gasômetro de 2 m³. Por se tratar de uma empresa conceituada nesse nicho, a Sansuy não desenvolve projetos de pequenos porte como este pois a oferta é muito baixa. Porém foi no passado uma estimativa de custos de R\$2300,00 para um gasômetro com essas características.

- **Triturador** – Faz-se extremamente necessário para preparar previamente a matéria orgânica, pois como já explicado previamente a eficiência do sistema é maior quando o material é previamente triturado. O triturador utilizado foi um Tramontina 94522. É um triturador doméstico com capacidade de trituração de 0,96 litros. O fato de ser um triturador doméstico não implica em grandes problemas pelo fato de termos um baixo volume de matéria orgânica por dia. O menor orçamento obtido desse equipamento foi de R\$685,00.

- **Local de coleta da matéria orgânica** – Local apropriado para armazenamento do material orgânico antes de prepará-lo e depositá-lo no biodigestor. O reservatório é constituído basicamente por um recipiente metálico onde será depositada a matéria orgânica até que seja completado o próximo ciclo, para que então ela seja depositada no respectivo biodigestor com ciclo a iniciar. O problema pode ser resolvido com um latão de coleta de lixo a ser instalado junto ao abrigo dos equipamentos. Foi destinado R\$400,00 para aquisição do mesmo.

- **Conjunto gerador** – Responsável pela geração de energia elétrica a partir do biogás gerado. O conjunto em questão é o DF1500G fabricado pela empresa chinesa *Guangzhou Dingfeng Machinery Co.Ltd*. Ele foi orçado em

R\$670,00 já inclusas taxas de importação. Vale ressaltar aqui que o gerador é importado da China, país com forte disseminação da indústria do Biogás, e portanto, é desenvolvido especialmente para operar com esse combustível.

- **Abrigo dos equipamentos** – Local construído para abrigar os biodigestores, gasômetro e reservatório de coleta. Construído de alvenaria, o abrigo necessitará apenas de um cômodo que comporte a bateria de biodigestores e, principalmente, o gasômetro já que este deve estar bem protegido devido à questão da segurança.

Uma área de 20 m² é o suficiente para comportar o dispositivo, para tanto foi consultado um especialista para se obter uma estimativa mais precisa de valores nesse tipo simples de construção. O valor no passado foi de R\$2.500 para uma construção sem acabamento já com porta e telhado.

- **Representação esquemática do conjunto:**

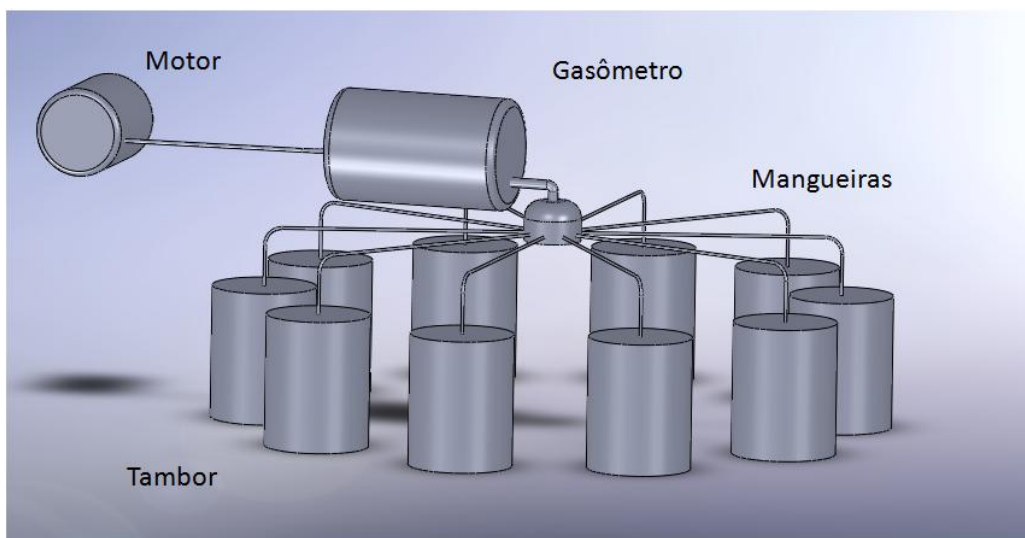


Figura 6. Representação esquemática do conjunto

9. Aspectos ambientais

A utilização de biogás como fonte energia alternativa tem grande impacto positivo na questão do aquecimento global.

Este é causado porque os GEEs (gases de efeito estufa) estão se acumulando em demasia, permitindo que somente uma parte da radiação refletida pela Terra seja liberada para o espaço.

Os GEEs mais conhecidos são: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (NO₂), na figura 6 abaixo podemos observar. O dióxido de carbono é o gás responsável por mais da metade do aquecimento global, porque possui emissão muito maior do que os outros GEEs. Pode-se questionar o projeto de aproveitamento do biogás, uma vez que sua queima resulta em CO₂, porém dentre todos os GEEs o mais nocivo é CH₄, sua capacidade de absorver radiação é 23 vezes maior que a do CO₂, por isso é vantajoso queimá-lo aproveitando seu potencial energético e diminuindo o impacto sobre o efeito estufa.

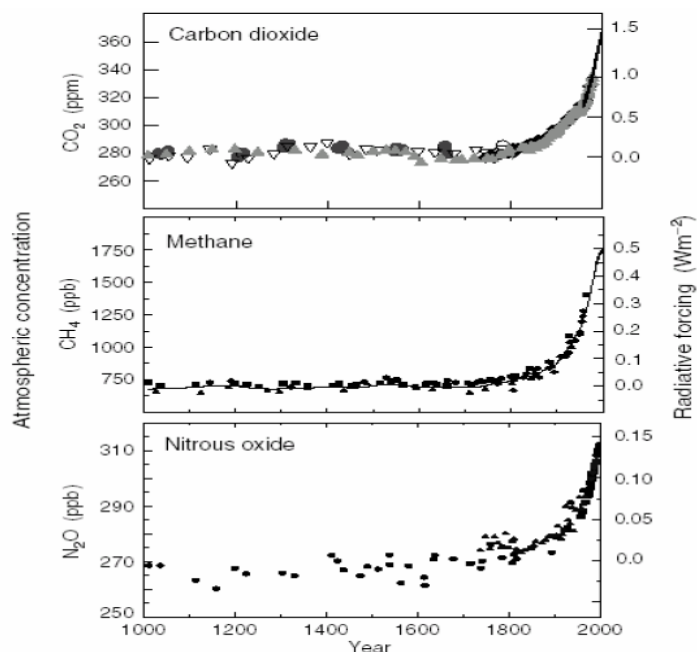


Figura 7. Representação Concentração de GEEs ao longo do tempo

- Créditos de carbono

O Protocolo de Kyoto, formalizado em 1997, criou um instrumento de mitigação de efeito estufa chamado *Mecanismo de Desenvolvimento Limpo* (MDL). Através dele os países desenvolvidos não necessitam reduzir as operações das indústrias para diminuir as emissões, eles podem comprar créditos de carbono de países em desenvolvimento. Esse instrumento é benéfico do ponto de vista ambiental, mas também social, porque além de reduzir as emissões, favorece o desenvolvimento de outros países através do financiamento de projetos de energia limpa.

10. Análise de viabilidade da implantação do biodigestor na comunidade

- Análise de Retorno de Investimento

Com base no consumo diário, chegamos num valor mensal gasto com energia elétrica. Calculado com base no site da AES – Eletropaulo temos o valor de R\$39,01 já inclusa a carga tributária.

Somando-se todos os custos de implantação do projeto listados acima, chegamos no valor de R\$7910,00 conforme mostra a tabela abaixo:

Tabela 6. Custos de implementação do projeto

Item	Valor (R\$)
Bateria de Biodigestores	1355,00
Gasômetro	2300,00
Triturador	685,00
Reservatório de Coleta	400,00
Conjunto Gerador	670,00
Abrigo dos Equipamentos	2500,00
	7910,00

Assumimos portanto o custo de R\$7910,00 para a construção do biodigestor. Para avaliar o retorno do investimento encontraremos a razão desse valor pelo gasto atual mensal com energia elétrica.

Tabela 7. Análise de retorno de investimento

	Valor (R\$)
Biodigestor	7910,00
Energia	39,01
Retorno (Meses)	202,8
Retorno (Anos)	16,9

Chegamos portanto num período de quase 17 anos para se pagar o investimento inicial sem se aprofundar em análises mais complexas de depreciação e correção monetária.

- Análise de Viabilidade

Se considerarmos aspectos puramente financeiros, percebemos claramente que fica inviável a empreitada, pois o investimeinte inicial é muito alto e o retorno é em um prazo muito longo. Porém quando analisamos por aspectos sociais e ambientais vemos a importancia de inclusão que um projeto como esse representa assim como o exemplo de cidadania que seria dado à essa comunidade num mundo onde os problemas estão cada vez mais presentes na sociedade.

11. Agradecimentos

Agradecemos a todos que nos apoiaram nessa difícil tarefa.

13. Referências

Amaral, F. L. Biodigestão Anaeróbia dos Resíduos Sólidos Urbanos: Um Panorama Tecnológico Atual, IPT, São Paulo, 2004.

Benincasa, M., Ortolani, A. F., Lucas Junior, J. Biodigestores Convencionais. UNESP, Campus de Jaboticabal, 1-15-25 p.

Deganutti, R.; Palhaci, M.C.J.P; Rossi, M.; Tavares, R. Biodigestores Rurais: Modelos Indiano, Chinês e Batelada. UNESP – Universidade Estadual Paulista Julio De Mesquita Filho, Bauru, São Paulo, 2002.

Pecora, V. Implantação de uma Unidade Demonstrativa de Geração de Energia Elétrica a Partir do Biogás de Tratamento do Esgoto, USP, São Paulo, 2006

Portes, Z. A.; Florentino, H. O. Aplicativo Computacional para Projeto e Construção de Biodigestores, UNESP, Botucatu.

Silva, N. A. Construção e Operação de Biodigestor: Modelo Chinês Embrater, Brasília, 1983

Silva, N. A. Construção e Operação de Biodigestor: Modelo Indiano Embrater, Brasília, 1983

Gorgati, C. Q.; Lucas Jr. Fração Orgânica de Lixo Urbano como Substrato para Biodigestor, UNESP, Botucatu.

14. Direitos autorais

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

Title: Anaerobic Digester Implementation Study in a Low Income Community

Diego Fernandes Farias

diego.f.farias@gmail.com

Mario Augusto Junior

marioaugustojunior@gmail.com

This study is about to find a solution of an anaerobic digester in a low income community in the city of Osasco – SP. It was made a data survey of organic solid waste production and gas consumption for cooking of a share of the population. Using this we get an average value that within will be estimated the biogas production.

Parallel to this study was made a discussion of the possible digester models to be used and then will be choice that one that best fit to the situation. The same study was made looking up an appropriate place to install the digester.

Taking some studies as base and using the collected data we estimated the biogas production of the choose solution.

As for the fate of biogas, was raised a discussion of how to better employability for the biogas, and based on several factors was chosen that best fit.

From these points was made a feasibility study for implementation of the digester in the community.

Keywords. Anaerobic Digester, Solid Waste, Biogas, Batch System, Low Income.