

# Desenvolvimento de modelo de gestão e geração de energia em comunidades visando subsidiar os programas de eficiência energética

P. H. R. P. Gama<sup>1</sup>; E. C. Guardia<sup>1</sup>; G. C. G. Lima<sup>1</sup>, A. G. Lira<sup>1</sup>, E. M. Flores<sup>1</sup>; M. L. Jardim<sup>1</sup>; G. P. Álvarez<sup>2</sup>; V. B. Mak<sup>2</sup>; R. L. da Silva<sup>2</sup>; M. C. Javaroni<sup>3</sup>; N. Júnior<sup>3</sup>; F. A. F. da Silva<sup>3</sup>, B. Louzada<sup>3</sup>; <sup>1</sup>B&G Pesquisa e Desenvolvimento Ltda.; <sup>2</sup>Centro de Gestão de Tecnologia e Inovação; <sup>3</sup>Light Serviços de Eletricidade S.A.

## Resumo

Este trabalho apresenta o modelo de gestão através da geração energética a partir dos resultados do desenvolvimento do projeto de pesquisa intitulado “Desenvolvimento de Modelo para Gestão e Geração de Energia em Favelas visando subsidiar os programas de eficiência energética das distribuidoras”, desenvolvido pela B&G Pesquisa e Desenvolvimento em Sistemas Elétricos Ltda. – em parceria com o Centro de Gestão de Tecnologia e Inovação – CGTI, para a Light Serviços de Eletricidade S.A. dentro do Programa de P&D ANEEL desta distribuidora.

Dois comunidades do Rio de Janeiro foram escolhidas, Alto da Boa Vista e Cordovil onde foram realizados estudos de qualificação e quantificação dos insumos presentes em cada comunidade, realizando-se também um estudo de viabilidade econômica e o potencial de modularidade com base apenas no parâmetro de entrada número da população. O projeto teve por finalidade diminuir os desvios de energia por parte das comunidades gerando energia a partir do lixo orgânico e do esgoto doméstico de forma a permitir um ganho em energia consumida em relação à energia produzida e/ou fornecida pela operadora.

**Palavras chave:** Modelo Gestão de Energia; Geração, Biodigestor/UASB/BAS, Insumos, Biogás, Programa de eficiência energética.

## 1. Introdução

O aumento desordenado da população e o desenvolvimento de grandes núcleos urbanos sem planejamento, como por exemplo, as favelas, dificultam as ações de manejo de resíduos. A necessidade de disposição e tratamento é reconhecida, mas, por falta de recursos, essas ações costumam ser postergadas, provocando problemas de saúde nestas populações e degradação do meio ambiente. Segundo o IBGE (2000), 55 % dos distritos brasileiros possuem coleta de esgoto, porém menos de 10% de todo o esgoto gerado recebe algum tipo de tratamento antes de ser descartado nos corpos d'água, ocasionando a eutrofização das águas e a propagação de doenças hidrotansmissíveis, responsáveis pelos altos índices de mortalidade infantil.

A metodologia seguida por este projeto passa por etapas que subsidiam a proposição de um Modelo de Gestão e Geração de Energia focada em comunidades. O projeto aqui proposto pode ser entendido como a Parte I de um projeto maior. Esta primeira parte foca o estudo de conhecimento de ambientes de comunidades com relação às suas

características de geração de lixo orgânico e esgoto doméstico com vistas ao desenvolvimento de um Modelo de Gestão e Geração de Energia. A Parte II visa à implantação do Modelo desenvolvido através de um projeto Piloto.

Neste contexto, os avanços tecnológicos têm posicionado favoravelmente a geração distribuída (GD) frente aos grandes sistemas centralizados, devido à proximidade dos centros de consumo e a minimização dos impactos ambientais decorrentes da utilização de novos processos capazes de converter o atualmente designado por “desperdício”, em produtos úteis.

Desta forma, os resíduos não são encarados como materiais indesejáveis, mas sim como potenciais insumos na geração de energia. Assim, a geração de energia elétrica a partir do uso de biodigestores tem se apresentado como uma oportunidade crescente de negócios, pois a expansão desta atividade no País e o conseqüente incremento tecnológico nos sistemas de produção de energia tem resultado no aumento dos impactos ambientais causados pelo manejo inadequado dos dejetos de maneira geral.

Na prática a produção de biogás é possível com a utilização de um equipamento ou sistema denominado de biodigestor no caso de lixo e UASB + BAS para esgoto sanitário. O biodigestor constitui-se de uma câmara fechada onde é colocado o material orgânico (lixo e esgoto), em solução aquosa, onde sofre decomposição, gerando o biogás que irá se acumular na parte superior da referida câmara.

A decomposição que o material sofre no interior do biodigestor, com a conseqüente geração de biogás, chama-se digestão anaeróbica. Com base nos consumos médios de biogás das diversas utilidades que se deseja instalar em uma comunidade, pode-se determinar o volume de biogás diário suficiente para suprir as necessidades da comunidade.

Existe atualmente uma gama muito grande de modelos de biodigestores, sendo cada um adaptado a uma realidade e uma necessidade de biogás, neste trabalho trataremos exclusivamente de biodigestores do tipo canadense para o tratamento do lixo orgânico e do conjunto UASB + BAS para o tratamento do esgoto doméstico.

O UASB + BAS – sistema híbrido, Upflow anaerobic sludge blanket ou Reator anaeróbio de fluxo ascendente para o tratamento de esgoto sanitário.

O Modelo proposto pela B&G Pesquisa visa quantificar e qualificar todos os passos relativos à construção, operação e manutenção de sistemas de Biodigestor + UASB + BAS que funciona(m) a base de lixo orgânico e esgoto doméstico respectivamente produzindo biogás e gerando energia elétrica para as duas comunidades estudadas.

## 2. Seleção das Favelas e Palestra de Conscientização

Sob responsabilidade da Light foram selecionadas duas comunidades, a Comunidade da Fazenda - Alto da Boa Vista com cerca de 600 habitantes e Cordovil com cerca de 1680 habitantes, ambas situadas na cidade do Rio de Janeiro.

A palestra de conscientização como mostram as Figuras 1 e 2 foi elaborada com o objetivo de mostrar para as duas comunidades, os benefícios envolvidos no projeto, bem como a geração de renda, criação de emprego, melhores condições de vida, geração de energia a partir do esgoto sanitário e do lixo orgânico, e a produção de Biofertilizante para comercialização.



Figura 1: Palestra de Conscientização Alto da Boa Vista



Figura 2: Palestra de Conscientização Cordovil

## 3. Mapeamento Local das Favelas

Esta fase do modelo ou Etapa 3 descreveu todas as características iniciais e relevantes ao projeto levando em consideração parâmetros como número de habitantes e tipologia da comunidade.

### 3.1. Delimitação da região do estudo, qualificação e quantificação dos insumos energéticos.

Iniciou-se um estudo da área delimitada dentro de cada Favela, onde foram acrescentados dados relativos à qualificação e quantificação dos insumos como, lixo orgânico, esgoto doméstico e outros insumos energéticos, bem como a quantidade de pessoas por habitação e total de habitações em cada área delimitada em (m<sup>2</sup>) das já citadas Favelas ou Comunidades.

Através da pesquisa de campo, foi possível descobrir os dados relativos à demanda com geração de energia na ponta e na base de cada comunidade em estudo, os dados foram fornecidos pela Light, como podem ser vistos nas Figuras 3 a 7.

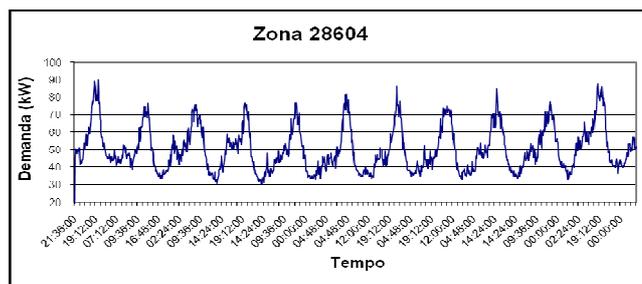


Figura 3: Demanda – Comunidade da Fazenda

Como pode ser visto na Figura 3, a demanda mínima na comunidade durante as 24 horas do dia, no período de 11 dias (11/12/2008 ao dia 22/12/2008) é de 30,1 kW e a demanda máxima foi de 90,1 kW.

Medições fornecidas pela Light S.A. e ilustradas dentro do horário de ponta que vai das 18:30 às 20:30 horas. Essas demandas foram medidas por um período de 11 dias, do dia 11/12/2008 ao dia 21/12/2008.

A Figura 4 ilustra a curva de demanda levantada através de medição para a comunidade da Fazenda, no horário de ponta, estabelecido pela Light S.A. das 18:30 às 20:30 horas, e considerando os dias de 11/12/2008 a 21/12/2008. Valor mínimo de demanda de 57,8 kW e valor máximo de demanda igual a 89,3 kW.

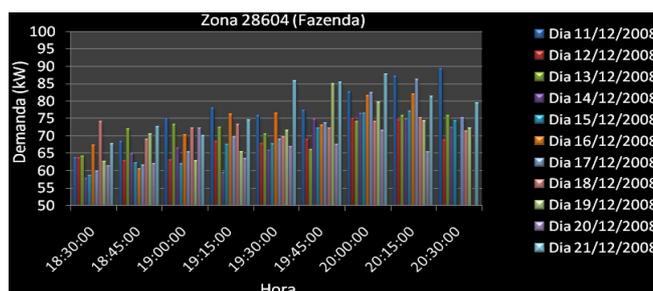


Figura 4: Demanda na ponta – Comunidade da Fazenda.

Como podem ser vistas nas Figuras 5 e 6, as demandas mínima e máxima na comunidade Cordovil durante as 24 horas do dia, no período de 7 dias (15/12/2008 ao dia 21/12/2008) é de 23,92 kW e 63,74 kW respectivamente no caso da Rua Antônio João e de 7,82 kW e 21,11 kW respectivamente no caso da Rua Dourados no mesmo período.



Figura 5: Demanda na base – Comunidade de Dourados (Rua Antônio João)

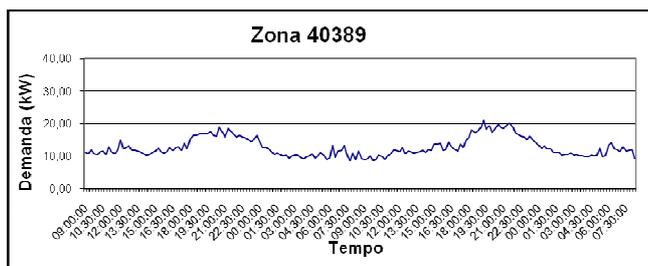


Figura 6: Demanda na base – Comunidade de Dourados (Rua Dourados)

Na comunidade de Dourados, como mostram as Figuras 5 e 6 tem-se uma demanda mínima de 35 kW (soma das duas demandas). Cálculos com base no número de pessoas residentes na comunidade de Dourados (1680 pessoas) foram feitos e a capacidade de produção de biogás seria de 284,05 m<sup>3</sup>/dia, que em energia daria 406,20 kWh/dia.

No caso com gasômetro, seguindo o mesmo raciocínio adotado para a comunidade da Fazenda acima descrito, a energia gerada diariamente e diretamente na ponta, o biogás seria acumulado no gasômetro por um período mínimo de horas que daria para suprir parte da energia consumida pela comunidade.

Nas Ruas Antônio João e Dourados, como mostrado nas Figuras 5 e 6 pode ser visto um aumento da demanda (mínima e máxima, com geração na ponta) em relação às Figuras 3 e 4 com geração na base, em virtude do horário de ponta (18:30 às 20:30h). Nesta situação, torna-se necessário o gasômetro, onde o biogás será armazenado para posteriormente ser transformado em energia e abastecer a comunidade

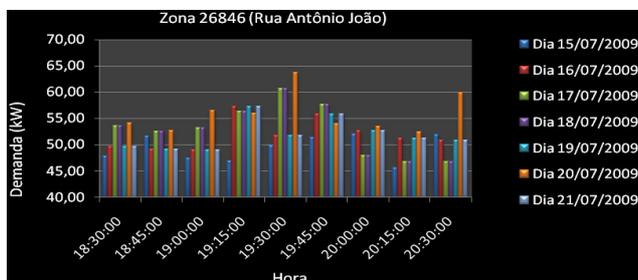


Figura 7: Demanda na ponta – Comunidade de Dourados (Rua Antônio João) Valor mínimo de demanda: 43,82 kW, valor máximo de demanda: 63,74 kW

Valores calculados com geração na ponta para a Rua Dourados no bairro de Cordovil, no período de 18:30 às 20:30 horas, e considerando do dia 11/12/2008 ao dia 21/12/2008.

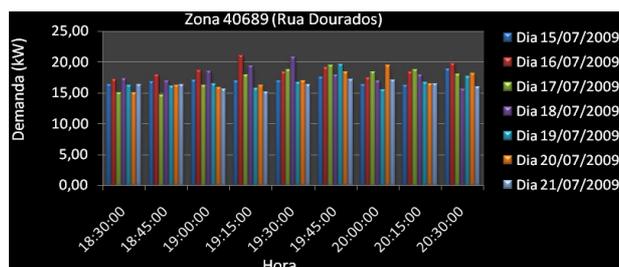


Figura 8: Demanda na ponta – Comunidade de Dourados (Rua Dourados) Valor mínimo de demanda: 14,60 kW, Valor máximo de demanda: 21,11 kW

A soma dos valores calculados com geração na ponta para a Rua Antônio João e Rua Dourados no bairro de Cordovil, no período de 18:30 às 20:30 horas, e considerando do dia 11/12/2008 ao dia 21/12/2008 está ilustrado na Figura 9.

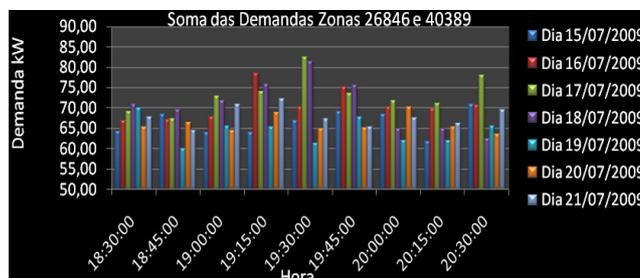


Figura 9: Soma da Demanda na ponta – Comunidade de Dourados (Rua Antônio João + Rua Dourados), Valor mínimo: 59,95 kW, Valor máximo: 82,53 kW

A demanda disponível através do biodigestor, que é proporcional a 406,20 kWh/dia supre parcialmente a demanda na base do sistema e integralmente a demanda na ponta do sistema conforme Figura 9 na comunidade de Dourados para as ruas em análise. A decisão em se instalar o gasômetro ou não deve passar pela análise de viabilidade econômica a ser feita nos meses seguintes.

### 3.2. Quantidade de esgoto produzido pelas Habitações

Para a comunidade do Alto da Boa Vista com cerca de 600 habitantes foi estimado com base na faixa de consumo de 5 – 20 L de esgoto por dia por habitante e considerando para fins de cálculo 5 L / dia / habitante um total de 6m<sup>3</sup>/dia de esgoto sendo gerado na comunidade. Para a comunidade de Cordovil estimou-se uma produção de 16,80 m<sup>3</sup> /dia de esgoto sendo produzido.

### 3.3. Quantidade de Lixo Orgânico produzido

Considerando uma faixa de produção por habitantes por dia de lixo orgânico que é de 0,6 – 1,2 Kg de lixo, adotando para fins de cálculos 0,8 Kg de lixo orgânico / dia / habitante, para a comunidade do Alto da Boa Vista com 600 habitantes calculou-se uma produção total de 480 Kg de lixo orgânico / dia / habitante e para a comunidade de Cordovil com 1680 habitantes uma produção de 1344 Kg de lixo orgânico / dia / habitante.

### 3.4. Potencial para Produção de Biogás na Comunidade do Alto da Boa Vista

Para o cálculo do potencial de geração de Biogás para cada comunidade em estudo foram considerados os seguintes parâmetros: Conversão de metano de 60%, número de habitantes, produção de lixo / dia / habitante (0,8 Kg).

### 3.5. Potencial para Produção de Biogás na Comunidade do Alto da Boa Vista

Para a comunidade do Alto da Boa Vista temos uma produção de 100,86 m<sup>3</sup>/ dia de biogás com 60% de metano.

### 3.6. Potencial para Produção de Biogás na Comunidade de Cordovil

Para a comunidade de Cordovil temos uma produção de 282,40 m<sup>3</sup>/ dia de biogás com 60% de metano.

### 3.7. Produção e uso do biogás e do Biofertilizante

Biogás é uma mistura de gases cuja composição depende de diversos fatores, como a temperatura em que se desenvolve o processo, o tipo de material a ser digerido, o tempo de retenção etc. O valor calorífico do biogás é de aproximadamente  $6 \text{ kWh/m}^3$  – o que corresponde ao valor energético de: 6,6 litros de óleo diesel; 1,1 litros de gasolina e 150 kg de lenha. Mas, levando-se em conta que ele é produzido junto ao local onde é consumido, deve apresentar um melhor aproveitamento energético global. Ele pode ser utilizado na própria atividade, em: iluminação, aquecimento, refrigeração, secagem de grãos, incubadoras, misturadores de ração, geradores de energia elétrica etc.

O biogás pode ser utilizado como qualquer outro gás combustível. Ele é inodoro como o gás butano, mas como vem misturado ao gás sulfídrico, que exala um forte odor, não necessita da adição de odorizantes por motivo de segurança. A mistura de biogás com ar em uma relação de 1:20 forma uma combinação explosiva. Portanto, deve-se ter cuidado com tubulações de gás em recintos fechados.

Ressaltasse que não se têm na literatura informações de explosão de biodigestores, talvez por que o biogás seja mais leve do que o ar, sendo sua massa específica em relação ao ar de 0,77 (CAEEB, 1981), ao contrário do GLP (gás liquefeito de petróleo ou gás de cozinha) que é mais pesado do que o ar.

Para a comunidade do Alto da Boa Vista estima-se uma produção de 438,3 Litros de Lodo / dia e para a comunidade de Cordovil 1227,1 Litros de Lodo / dia, levando em consideração os dois insumos, lixo orgânico e esgoto doméstico para a produção do Lodo.

### 3.8. Avaliação Econômica para subsidiar Programas de Eficiência Energética

Visando comparar um programa de eficiência energética de geração de energia elétrica a partir de biodigestão foram considerados os valores adotados pela Light dentro de uma análise de viabilidade técnico-econômica utilizando-se as seguintes variáveis para avaliação:

- TMA – taxa mínima de atratividade de 10%
- RCB – Relação Custo Benefício

Avaliou-se a viabilidade de um projeto de geração de energia elétrica a partir do conjunto ou sistema biodigestor + UASB + BAS como também, apenas do biodigestor, ou seja, da geração a partir do lixo orgânico apenas.

Foram considerados 4 (quatro) situações descritas abaixo, sendo as receitas consideradas no cálculo do RCB com receita (Venda do Biofertilizante, Venda do Crédito de Carbono).

Para tanto, foram considerados as seguintes Relações de custos – Benefícios (RCB's):

Para a comunidade do Alto da Boa Vista, temos:

- RCB Lixo e Esgoto sem receita = 1,253
- RCB Lixo sem receita = 1,020
- RCB Lixo e Esgoto com receita = 1,204
- RCB Lixo com receita = 0,928

Para a comunidade de Cordovil, temos:

- RCB Lixo e Esgoto sem receita = 0,859

- RCB Lixo sem receita = 0,651
- RCB Lixo e Esgoto com receita = 0,832
- RCB Lixo com receita = 0,584

A determinação da viabilidade e cálculo dos RCB's dentro dos padrões estabelecidos pela ANEEL mostrou que para valores de RCB's menores que 0,8 indicando viabilidade para Projeto de Eficiência Energética, para valores entre 0,8 e 1,0 indicam viabilidade para Projeto Piloto de Eficiência e para valores acima de 1,0 o Projeto não seria viável para Projetos de Eficiência.

Então, se pode concluir que para uma comunidade com número de habitantes inferior a 600 pessoas o valor dos RCB's tanto para lixo e esgoto, sendo com ou sem receita estariam acima de 1,0, exceto só para lixo orgânico com receita onde o RCB seria de 0,925, não tornando economicamente viável para Projetos de Eficiência no primeiro caso e no segundo caso estaria dentro de um projeto Piloto de Eficiência.

### 3.9. Desenvolvimento do modelo de gestão Energética através de geração de energia usando biogás

O Modelo proposto pela B&G Pesquisa visa quantificar e qualificar todos os passos relativos à construção, operação e manutenção do sistema Biodigestor + UASB + BAS que funcionarão a base de lixo orgânico e esgoto doméstico produzindo Biogás e gerando energia elétrica para as duas comunidades estudadas.

A seguir são apresentados os parâmetros que serão considerados na construção, operação e manutenção do sistema Biodigestor + UASB + BAS.

- Auto-sustentabilidade;
- Maior capacidade de energia instalada;
- Maior quantidade de lixo orgânico e esgoto doméstico obtidos;
- Menor custo de transporte do esgoto doméstico;
- Coleta de lixo;
- Menor área ocupada;
- Maior capacidade de replicar o modelo para outras regiões dentro da comunidade e para outras comunidades;
- Maior capacidade de geração de emprego e renda;
- Menor custo global do projeto;
- Viabilidade Econômica;
- Possibilidade de ser adotado em programas de Eficiência Energética das distribuidoras;
- Biofertilizante;
- Créditos de Carbono;

### 4. Desenvolvimento da Ferramenta para o Levantamento e Análise do Potencial de Insumos

Esta Ferramenta foi desenvolvida em Excel/2007, considerando todas as informações relevantes a continuação do projeto, informações sobre (Lixo orgânico, Esgoto sanitário, Despejo do Lixo bem como de Esgoto, Quantidade de Lixo e de Esgoto, Tipo de Relevo, Área Estudada, Área Total, número de pessoas / habitação, número total de pessoas na comunidade etc, como mostra a Figura 10.



Percebe-se que a principal razão para a adoção da solução do sistema biodigestor + UASB + BAS (ao menos em Cordovil) são os impactos não diretamente econômicos, tais como:

(1) o sistema UASB + BAS solucionariam o problema do não tratamento de esgotos e suas conseqüências para a saúde da população local;

(2) maior interesse de pesquisadores dessa tecnologia pelo local (tanto empresas quanto acadêmicos), valorizando a região;

(3) possibilidades de criação de novos negócios para replicação dessa tecnologia para outros locais, usando o conhecimento acumulado pelos moradores, dinamizando a economia local e gerando um processo de “aceleração evolutiva” (RIBEIRO, 1997: 69) da comunidade de Cordovil;

(4) aumento da oferta de empregos na comunidade para a administração do sistema biodigestor + UASB + BAS, o que não seria conseguido caso houvesse uma gestão centralizada dos resíduos em uma estação de tratamento de esgoto, por exemplo;

(5) redução da poluição ambiental, pois é realizado o tratamento do esgoto e do lixo orgânico, que não era realizado anteriormente;

(6) Realização de coleta seletiva e posterior comercialização dos materiais recicláveis;

(7) Venda do Biofertilizante (Lodo) gerando emprego e renda para comunidade de Cordovil.

## 8. Agradecimentos

Os autores agradecem à distribuidora Light Serviços de Eletricidade S.A pela oportunidade em desenvolver este artigo que foi fruto de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento do Ciclo 2008/2009 vinculado às regras da ANEEL.

## 9. Contatos

Os contatos acerca deste trabalho podem ser feitos através do email: [paulogama@bgpesquisa.com.br](mailto:paulogama@bgpesquisa.com.br) e [rogerio@bgpesquisa.com.br](mailto:rogerio@bgpesquisa.com.br). Empresa: B&G Pesquisa e Desenvolvimento em Sistemas Elétricos Ltda.

## 10. Referências Bibliográficas

ALVES, J. W. S., LUCON, O. S. Geração de Energia Elétrica com Gás de Lixo. Ambiente (2001);

AMARAL, F. L. M. Biodigestão Anaeróbia dos Resíduos Sólidos Urbanos: Um Ambiente On-Line, v. 2, n. 1, 2006.

Anais do ORTOLANI, A.F.; BENINCASA, M.; LUCAS JUNIOR, J. Biodigestores rurais: modelo Indiano, Chinês e Batelada. Jaboticabal, FUNEP, 1991. 3p. p. 01-10, 2005.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, “Procedimentos de Distribuição”, Acesso em 17 de setembro de 2007, disponível em <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=82&idPerfil=2>.

Aproveitamento Energético do Tratamento para Reuso da Água. CETES-CIER, v. 01, Aquecedor de Água a Biogás. Engenharia Agrícola Jaboticabal, v.25., n.3., 2005.

AVELLAR, L. H. N. A Valorização dos Subprodutos Agroindustriais Visando a BARRERA, Paulo. Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural.

BURANI, G. F.; UDAETA, M. E. M.; KANAYAMA, P. H., MACIEL, F. A. A.

CAEEB - O Biogás e sua tecnologia; Diretoria Técnica, Departamento de Estudos de Novas Fontes Alternativas de Energia; Rio de Janeiro; 31p; 1981.

COELHO, S. T., VELÁZQUEZ, S. M. S. G., PECORA, V., ABREU, F. C. Geração de Cogeração e a Redução da Poluição Ambiental. Tese de Doutorado, UNESP, Congresso Brasileiro de Energia (CBE), 2006.

COSTA, D. F. Geração de Energia Elétrica a Partir do Biogás do Tratamento de Esgoto.

DA SILVA, E. R. P., NAVARRO, L. L. L., PAVÃO, S. P., MEIRELLES, L. A.. Proposta de construção de um “bairro-cidade” auto-sustentável na cidade do Rio de Janeiro. de Produção: Uma análise de periódicos nacionais e internacionais.

ELETROBRÁS; Relatório: “Participação das empresas de geração na capacidade instalada”. Disponível na página da internet: <http://www.elektrobras.gov.br> ; 2001.

EMBRAPA. Coletânea de Tecnologias sobre Dejetos Suínos. Boletim Informativo EMBRAPA. O Papel dos Bancos de Alimentos na Redução do Desperdício de Alimentos. EMBRAPA-CNPQA, 1993.

Energia Elétrica A Partir do Biogás Proveniente do Tratamento de Esgoto. XI

GASPAR, R. M. B. L. Utilização de Biodigestores em Pequenas e Médias Propriedades Guaratinguetá, 2001. IPT: São Paulo, 2004.

LACERDA, D. P., DA SILVA, E. R. P., NAVARRO, L. L. L., OLIVEIRA, N. N. P., LACERDA, D. P., DA SILVA, E. R. P., NAVARRO, L. L. L., OLIVEIRA, N. N. P., LAGRANGE, B. Biomethane: principle techniques, utilisations. La Calade, EDISUD/energias alternativas, 1979. 249p.

LUCAS JÚNIOR, J. Estudo comparativo de biodigestores modelos indiano e chinês.

MCT – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA; Disponível na página da internet: <http://www.mct.br>; 2001.

SILVA, F. M., JUNIOR, J. L., BENINCASA, M., OLIVEIRA, E. Desempenho de Sistemas Energéticos Renováveis Em Ambientes Rurais. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, Técnico, CETESB/ASEC, v.1., n.2, p.1-3, 2001.