



Methane to Markets

**TECNOLOGIAS PARA O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO
BIOGÁS**

**Eng. Jim Michelsen
Director de Projetos
SCS Engineers**

**Belo Horizonte, MG, Brasil
15 de abril de 2010**

Sumário

- **Aproveitamento do biogás – Visão geral**
- **Uso Direto – BTU médio**
- **Uso Direto – BTU alto**
- **Geração de Eletricidade**
- **Cogeração de Energia**

Por Que Utilizar O Biogás?

- Fonte local de combustível
- A captura e utilização do biogás são relativamente simples
- Fonte renovável de energia
- Fornecimento constante - 24 horas por dia, 7 dias por semana
- Tecnologias confiáveis para a utilização do biogás
- Recurso energético que, se não aproveitado, seria desperdiçado
- Ajuda a reduzir emissões de poluentes para a atmosfera

Benefícios de um Projeto de Aproveitamento de Biogás

- Destroi o metano e outros compostos orgânicos contidos no LFG
- Substitui o uso de recursos não-renováveis
- Benefícios potenciais para o aterro:
 - Fonte adicional de renda
 - Desenvolvimento econômico local
- Benefícios potenciais para o usuário final:
 - Custos reduzidos de combustível
 - Ganho através do uso de fontes renováveis de energia
 - Apoia estratégia de ser uma empresa “verde” e/ou sustentável

Benefícios de um Projeto de Aproveitamento de Biogás

- Cada megawatt de energia gerada ou a utilização direta média de 615 m³/h é equivalente a:
 - Um plantio anual de 4.900 hectares de árvores
 - Eliminação anual das emissões de CO₂ de 9.000 automóveis
 - Prevenção anual do uso de 99.000 barris de petróleo
 - Prevenção anual do uso de 200 vagões de carvão
 - Fornecimento de eletricidade a 650 casas por ano

O Biogás já foi utilizado na produção de...

- Flores e tomates
- Cerâmica e vidro
- Carros e caminhões
- Farmacêuticos
- Tijolos e concreto
- Aço
- Suco de laranja e maçã
- Biodiesel, ethanol e GNL
- Bens de consumo e embalagens
- Fibra de vidro, nylon e papel
- Brim
- Eletrônicos
- Químicos
- Chocolate
- Secagem do lodo proveniente de esgoto sanitário
- Produtos à base de soja
- Tapete
- Calor infravermelho
- Energia verde
- Economia de custos
- Aumento da sustentabilidade



Methane to Markets

Quem utiliza o Biogás?

The Solae[®]
Company™



MLGW

Hometown Energy Working for You

MALLINCKRODT



AJINOMOTO



Owens Corning



Rolls-Royce



Lucent Technologies
Bell Labs Innovations



INTERNATIONAL PAPER

From innovation to results.

DAIMLERCHRYSLER

The Ultimate
Driving Machine

Tipos de Projetos



Aterro Sanitário

Uso Direto - BTU Médio



Uso Direto - BTU Alto

Energia Elétrica



Opções de Utilização de Biogás

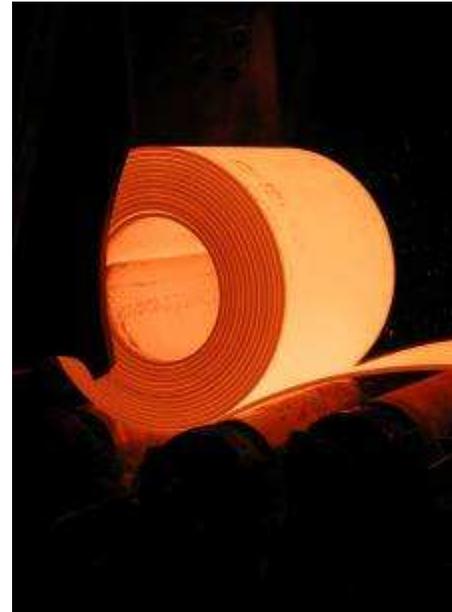
- **Combustível com BTU médio.** O biogás bruto ou com pouco tratamento tem uso comercial, institucional e industrial para o abastecimento de aquecedores de água, fornos, secadores de agregados e geradores convencionais de eletricidade. Esse biogás contém, tipicamente, 50% de metano.
 - **Evaporação do Chorume.** O biogás é utilizado como combustível na evaporação do chorume, reduzindo os custos do tratamento.
- **Combustível com BTU alto.** O biogás é purificado a níveis de 90 a 99 por cento de metano, através da remoção do dióxido de carbono. Uso final como gás natural ou gás natural comprimido.
- **Energia Elétrica.** O biogás é utilizado como combustível de motores de combustão interna e de turbinas. A energia produzida é injetada no grid.

Utilização do Biogás

Uso Direto:
Combustível com BTU Médio

Utilização Direta do Biogás

- **Calderas**
- **Aplicações térmicas direta**
 - Forno
- **Aplicações inovadoras**
 - Estufas
 - Aquecedores Infravermelhos
 - Fornos de cerâmica
 - Evaporação do chorume

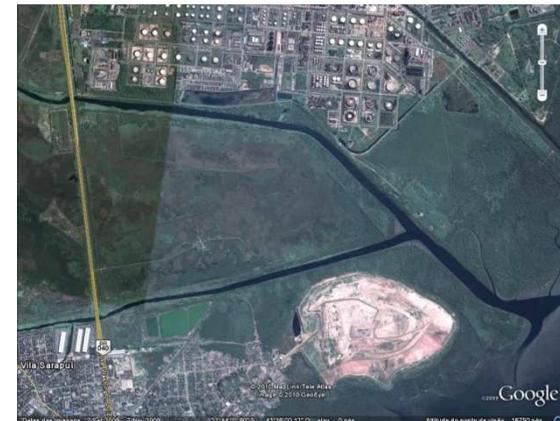


Utilização Direta do Biogás

- Mais de 100 projetos nos E.U.A.
- Comprimento do gasoduto varia de 0,6 a 15 km
 - < 5 km tem maior viabilidade
- O biogás é utilizado por um usuário fora do aterro sanitário
- Canalização do biogás para um usuário próximo para uso em caldeira, forno ou algum outro processo
- Excelente possibilidade, se um usuário final se encontra nas proximidades
- Pode tirar vantagem do preço de distribuição do GN

Aterro de Jardim Gramacho, Rio de Janeiro – Em Desenvolvimento

- Transporte do biogás purificado do Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho até a Refinaria de Duque de Caxias
- Substituirá parte do uso de gás natural por 20 anos
- 6 km de dutos subterrâneos
- Aproximadamente 200 mil m³/dia de biogás
- Início da operação prevista: 2011
- Parte do dinheiro será depositado em fundo social de auxílio a 3 mil catadores e seus familiares, além da recuperação de manguezais.



Fonte: Google Earth

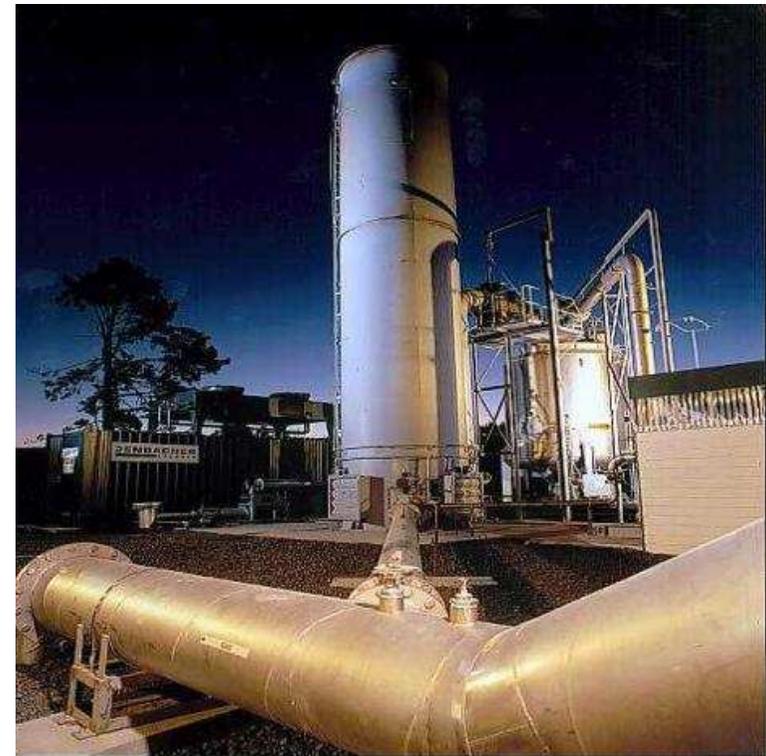
Estufas

- Utilizam tanto a energia elétrica quanto o calor
- O dióxido de carbono pode ser utilizado para melhorar o crescimento das plantas
- 6 projetos em estufas estão em operação nos E.U.A.



Evaporação do Chorume

- Utiliza o biogás no tratamento do chorume
- Tecnologia comercialmente disponível
- Unidades operando em diversas partes do mundo (e.g. CTR Nova Iguaçu, Rio de Janeiro)
- 20 unidades operando nos E.U.A.





Utilização do Biogás

Uso Direto:
Combustível com BTU Alto

Processamento do Biogás para Combustível de BTU Alto

- **Tecnologia**
 - Primeiro passo: remoção do dióxido de carbono
 - O biogás é purificado de 50% para 90%- 99% de metano
- **Vantagens**
 - Injeção do produto tratado em gasoduto
 - Metano pode ser usado como matéria-prima
 - Redução do uso de combustíveis fósseis
- **Desvantagens**
 - Deve cumprir com os padrões rígidos referentes a gasodutos
 - Tecnologia cara
 - Economicamente viável somente em grande escala



Combustível com BTU Alto – Montauk Energy - Valley & Monroeville, PA

- Início das operações em 2006
- Conversão do biogás para combustível com BTU alto, qualidade do gasoduto (duas plantas)
 - Tecnologia de membranas
- Biogás injetado em:
 - Gasoduto de baixa pressão para distribuição local
 - Gasoduto de alta pressão para distribuição nacional



Fotos: cortesia da Montauk Energy



Biogás como Combustível Vehicular

- Automóveis e equipamentos utilizados em aterros sanitários abastecidos por gás Natural Vehicular (GNV)
- Ônibus abastecidos por GNV
- Metanol para biodiesel





Utilização do Biogás

Geração de Energia Elétrica

Geração de Energia Elétrica

- **Tipo de projeto mais comum nos E.U.A**
 - Nos E.U.A, existe um total de aproximadamente 1100 MW de capacidade em mais de 250 projetos
- **Venda de Eletricidade para**
 - Injeção na rede
 - Cooperativas de indústrias qualificadas
 - Usuários situados próximos ao aterro
 - Auto geração ou medição líquida
- **Tamanho médio de um projeto: 4 MW (500 kW - 50 MW)**

Geração de Energia Elétrica

- **Motores de Combustão Interna**
- **Turbinas**
- **Microturbinas**
- **Novas tecnologias**
 - **Célula combustível**

Motor de Combustão Interna

- **Capacidade:** 350 kW - 3 MW
- **Vantagens**
 - Tecnologia comprovada e confiável
 - Eficiente
 - Disponibilidade alta > 92%
 - Não requer pré-tratamento do biogás
- **Desvantagens**
 - Maiores custos de O&M
 - Maiores emissões de NOx e CO



Turbinas: gás, Vapor e Ciclo Combinado

- **Capacidade:** 1- 6 MW
- **Vantagens**
 - Resistente a corrosão
 - Custo baixo de O&M
 - Tamanho pequeno
 - Emissões mais baixas de NOx
- **Desvantagens**
 - Ineficiente com carga parcial
 - Carga parasitária alta devido às exigências da alta compressão do gás
 - Requer pré-tratamento do biogás



Microturbinas

- **Capacidade:** 30-200 kW
- **Vantagens**
 - Emissões baixas
 - Capacidade de utilizar combustíveis diversos
 - Leve/tamanho pequeno
 - Custos baixos de manutenção
- **Desvantagens**
 - Ineficiente
 - Custo alto de investimento \$/kW
 - Pode requer pré-tratamento do combustível



Geração de Eletricidade, Aterro Bandeirantes, SP

- Inaugurada em 2003, é a primeira usina no Brasil
- Uma das maiores usinas de energia a partir de biogás do mundo
- 12.000 m³/hr de biogás
- Capacidade: 24 motores, 22 MW – suficiente para abastecer uma cidade de 400 mil habitantes
- Fornece energia às unidades administrativas e comerciais do Unibanco e 20 mil famílias agora tem energia confiável



Geração de Eletricidade, Aterro São João, SP

- Inaugurada em 2008
- Capacidade: 20 MW – suficiente para abastecer uma cidade de 400 mil habitantes
- 12.000 – 18.000 m³/hr de biogás
- 16 motores
- Metade dos créditos certificados pela ONU pertence à Prefeitura e metade à empresa Biogás





Utilização do Biogás

Cogeração

Cogeração

- **Indústrias Grandes**
- **Aplicações em Microturbinas**

Cogeração

■ Vantagens

- Maior eficiência de recuperação energética através da recuperação do calor residual - até 80%
- Sistemas especializados em cogeração estão disponíveis
- Flexível – água quente ou geração de vapor a partir do calor recuperado

■ Desvantagens

- Maiores custos de capital para os sistemas de recuperação

Cogeração BMW – South Carolina

- 15 km de dutos
- 4 turbinas a gás adaptadas para queimar biogás
- 4,8 MW = 25% da demanda de energia da planta
- 72 MMBtu/hr = 80% da demanda térmica da planta (água quente, aquecimento, refrigeração)
- A BMW economiza pelo menos \$1 milhão/ano





Utilização do Biogás

Custo

Custo (2008)

- Uso Direto (fluxo de biogás = 1662 m³/hr)

Componente	Custo	
Custo dos equipamentos instalados (filtro, compressor e sistema de desidratação)	585(x) + R\$1,350,000; x = ft ³ /min	R\$1,922,072
Custo do gasoduto (5 km de extensão)	R\$594.000 / milha	R\$1,782,000
Custo Total de Investimento		R\$ 3.704.072
Custo anual de operação e manutenção do filtro, compressor, dutos e sistema de desidratação (excluindo energia)	90000*(x/700) ^{0.2} ; x = capacidade projetado do sistema em ft ³ /min	R\$98,629

- Combustível com BTU Alto (fluxo de biogás = 1662 m³/hr)

Componente	Custo	
Custo dos equipamentos instalados (compressor, separadores e secadores de gás)	(x/2000) ^{0.63} * R\$15.120.000; x = ft ³ /min	R\$9.633.600
Custo do gasoduto (5 km de extensão)	R\$594.000 / milha	R\$1,782,000
Custo Total de Investimento		R\$ 11.415.600
Custo anual de operação e manutenção do compressor e dos separadores e secadores de gás (excluindo energia)	0,40 * x/1000; x = ft ³	R\$180.441

Custo (2008)

- Motores – Usina com capacidade de 3,2 MW

Componente	Custo	
Custo dos equipamentos instalados (tratamento/compressão do gás, motor/gerador, preparação do local, alojamento)	R\$2.880/ kW instalado	R\$9.216.000
Custo do equipamento de interconexão com a rede	R\$450.000/ sistema	R\$450.000
Custo Total de Investimento	R\$ 9.666.000	
Custo anual de operação e manutenção do equipamento de tratamento/compressão de gás e motor/gerador (excluindo energia)	R\$0,036/ kWh gerado	R\$793.336



Utilização do Biogás

Comercialização de Energia

Comercialização de Energia

- Crise energética de 2001
- Novo modelo do setor elétrico brasileiro, anunciado em 2003, estabeleceu dois tipos de mercados
 - Ambiente de Contratação Regulada (ACR): Contrato entre agentes de geração e distribuição de energia elétrica com preço fixo (estipulados por leilões)
 - Ambiente de Contratação Livre (ACL): Contrato entre agentes de geração, comercialização, importadores e exportadores de energia, e consumidores livres (demanda mínima de 3MW)

Energia Renovável

- PROEOLICA em 2002
- PROINFA em 2002
 - 1ª Fase: Contratação de 3.300 MW de energia renovável no Sistema Interligado Nacional (SIN) por 20 anos
 - 2ª Fase: Assegurar que 10% da demanda energética venha de fontes renováveis, leilões de energia

Energia Renovável

- Consumidores Especiais (demanda mínima de 500 kW) passaram a ter direito de adquirir energia a partir de fontes alternativas dentro do ACL
 - Empreendimentos com potência instalada \leq 1.000 kW
 - Fontes renováveis (PCHs, eólica, biomassa ou solar) com potência instalada \leq 50.000 kW

Energia Renovável

- 50% de redução da tarifa de uso dos sistemas de transmissão e distribuição para determinadas fontes de energia renovável
- 100% de redução da tarifa de uso dos sistemas de transmissão e distribuição quando 50% ou mais do insumo energético for resíduos sólidos urbanos e/ou biogás de aterro sanitário
- Usina perde desconto se comprar energia convencional em montante superior a 49% de sua Garantia Física

Opções de Venda de Eletricidade

1. Venda no Mercado Spot (à vista)
2. Contrato com distribuidor de energia elétrica – leilões (ACR)
3. Contrato com consumidor livre (ACL)
4. Leilões de energia renovável





Preço da Energia Elétrica (CCEE)

Preço Médio da CCEE (R\$/MWh)				
Mês	Submercado			
	SE/CO	S	NE	N
03/2010	27,74	27,74	30,19	27,56
02/2010	13,85	13,85	16,06	13,85
01/2010	12,91	12,91	12,91	12,91
12/2009	16,31	16,31	16,31	16,31
11/2009	16,31	16,31	16,31	16,31
10/2009	16,31	16,31	16,31	16,31
09/2009	16,31	16,31	16,31	16,31
08/2009	16,31	16,31	16,31	16,31
07/2009	30,43	30,43	25,55	25,55
06/2009	40,84	40,84	30,00	23,14
05/2009	39,00	39,10	30,17	16,31
04/2009	46,46	48,73	27,79	16,31
03/2009	90,87	91,28	84,25	24,96
02/2009	52,08	66,15	27,41	27,41
01/2009	83,64	83,66	77,77	77,82
12/2008	96,97	96,93	96,97	96,97
11/2008	106,14	93,77	106,14	106,14
10/2008	92,43	92,17	92,43	92,43
09/2008	109,93	109,40	109,91	109,93
08/2008	102,79	101,21	102,79	102,79
07/2008	108,42	108,42	108,42	108,42
06/2008	76,20	76,20	75,34	75,34
05/2008	34,18	34,19	34,42	27,61
04/2008	68,80	72,12	71,92	50,97
03/2008	124,70	127,41	123,24	117,67
02/2008	200,42	200,65	214,37	200,43
01/2008	502,45	502,45	497,61	502,45

Preço Médio da CCEE (R\$/MWh)				
Mês	Submercado			
	SE/CO	S	NE	N
12/2007	204,93	204,93	204,93	204,93
11/2007	185,11	185,11	185,11	185,11
10/2007	198,13	198,13	197,45	198,13
09/2007	149,53	149,80	149,11	149,53
08/2007	39,27	36,13	45,81	44,36
07/2007	122,59	122,19	118,94	122,87
06/2007	97,15	59,42	97,19	97,35
05/2007	59,96	23,48	53,37	53,37
04/2007	49,36	49,05	28,07	24,25
03/2007	17,59	17,59	17,59	17,59
02/2007	17,59	17,59	17,59	17,59
01/2007	22,62	26,28	17,59	17,59
12/2006	58,75	59,18	17,58	45,23
11/2006	80,82	80,82	24,40	80,82
10/2006	92,42	92,42	46,25	92,42
09/2006	123,88	123,88	68,56	123,88
08/2006	104,98	105,19	51,94	104,98
07/2006	90,90	91,44	30,61	90,90
06/2006	67,89	70,01	23,44	44,84
05/2006	51,91	52,51	19,79	16,97
04/2006	20,87	21,06	16,92	16,92
03/2006	28,56	42,67	36,10	18,94
02/2006	58,02	63,63	37,62	29,20
01/2006	28,64	28,78	19,14	19,14
12/2005	19,20	19,19	18,40	19,20
11/2005	35,73	24,17	19,79	35,73
10/2005	43,12	18,83	18,86	43,12

- Preço de Liquidação das Diferenças (PLD) - preço pelo qual é valorada a energia comercializada no Mercado de Curto Prazo (Spot)

Preço da Energia Renovável

- 1º Leilão Energia Renovável em 2007, geração para 2010

Fonte	Potência	Energia	Preço
Biomassa (bagaço de cana-de-açúcar)	511,9 MW	115 MW médios	R\$ 138,85 /MWh
Biomassa (criadouros avícolas)	30 MW	25 MW médios	
PCH	96,74 MW	46 MW médios	R\$ 134,99 /MWh
Total Geral	638,64 MW	186 MW médios	R\$ 137,32 /MWh

- 1º Leilão Eólica em 2009 - contratação de 1.805,7 MW a um preço médio de venda de R\$ 148,39/MWh.

Tarifas Médias por Classe de Consumo e Região (R\$/MWh)

Novembro 2009 (ANEEL)

Classe de Consumo/Região	Centro Oeste	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul	Brasil
Residencial	293,35	284,18	307,14	307,24	286,04	298,69
Industrial	219,18	220,84	247,09	250,64	224,29	237,06
Comercial, Serviços e Outras	278,30	301,18	318,87	287,27	263,74	286,17
Rural	207,86	214,60	234,39	205,36	170,10	195,38
Poder Público	285,75	329,04	344,51	302,84	287,43	308,81
Iluminação Pública	158,71	174,93	178,22	166,64	147,09	164,67
Serviço Público	185,19	205,29	214,80	220,14	143,06	203,30
Consumo Próprio	302,63	316,25	325,94	301,91	264,74	302,65
Rural Aquicultor	240,98	200,37	250,61	195,21	78,76	191,59
Rural Irrigante	205,78	138,95	228,84	223,24	145,40	165,83
Totais por Região	258,21	259,44	288,45	277,09	241,51	266,17





Perguntas

Jim Michelsen

jmichelsen@scsengineers.com