

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL A PARTIR DO BIOGÁS DE ATERROS SANITÁRIOS

Clenio B. Gonçalves Jr., clenio@cefetsp.br¹
Nilton Costa Jr., costajr.nilton@gmail.com²
Osiás Baptista de Souza Filho, osiasbap@uol.com.br¹
Sergio Yoshinobu Araki, araki@cefetsp.br³
Marta Maria Nogueira Assad, martassad@yahoo.com.br⁴

¹IFSP – Campus São Roque, Rod. Quintino de Lima, 2100, São Roque, SP.

²IFSP – Campus Salto, R. Rio Branco R. Rio Branco, 1780, Salto, SP

³IFSP – Campus São Paulo, R. Pedro Vicente, 625, Canindé, SP.

⁴UNITAU – Universidade de Taubaté, Rua Daniel Danelli, s/n – Taubaté – SP – Cep: 12060-440

Resumo: *Historicamente, a utilização sistemática de energia não renovável tem levado a uma redução drástica dos recursos naturais do planeta como um todo, e causado grandes impactos ambientais. Além disso, a crescente produção de lixo, resultante da cultura de consumo e descarte adotada pela sociedade pós Revolução Industrial, teve como consequência o aparecimento dos grandes aterros sanitários. Dentre os problemas causados pelo acúmulo de lixo nestes aterros, o mais grave tem sido considerado a geração de gases que intensificam o efeito estufa. Este artigo tem como propósito avaliar a utilização dos gases gerados em aterros sanitários, também conhecidos como biogás, para produção de energia elétrica em escala econômica. O objetivo do estudo é investigar os aspectos técnicos e econômicos da utilização desta fonte alternativa de energia. A pesquisa utilizou uma abordagem quantitativa, exploratória. Foram utilizados, como fontes de dados, índices e relatórios, e outros dados secundários. As análises realizadas dos dados e informações obtidos demonstraram que um projeto de construção de usina geradora de energia elétrica, a partir do gás metano de aterros, é viável economicamente desde que considere parâmetros como volume e vazões de gás produzido, tecnologia de geração, efeitos ambientais, custos, e outros.*

Palavras-chave: *Geração de energia elétrica, biogás, aterro sanitário.*

1. INTRODUÇÃO

Fontes energéticas são recursos fundamentais como fatores geradores de crescimento e desenvolvimento econômico em uma nação. No caso de países em desenvolvimento como Brasil, China e Índia, com grandes dimensões territoriais e/ou populações, este fator é crítico do ponto de vista da estabilidade industrial/comercial, pois as consequências da escassez energética afetam de modo amplamente restritivo os mais diversos setores de uma sociedade.

Usinas são construídas para atender a demanda, como no caso da China, com a maior construção hidrelétrica do planeta, ou do Brasil, com a maior capacidade de geração existente. Essas construções afetam toda uma cadeia de vida e alteram o ambiente de espécies nativas que deverão ser encaminhadas para outro lugar, ou sistema biológico. Em alguns casos estes movimentos causam prejuízos ambientais irreparáveis.

Historicamente, a utilização sistemática de energia não renovável tem levado a uma redução drástica dos recursos naturais do planeta como um todo. Desta forma, o desenvolvimento sustentável se torna um processo de vital importância no que diz respeito não apenas à qualidade de vida da população, mas, sobretudo, no que tange à problemática ambiental.

Neste contexto, uma das grandes preocupações dos países em desenvolvimento são os seus resíduos domésticos e industriais, os quais são depositados em grandes aterros sanitários, criando um grande problema para as metrópoles. Esses aterros, devido ao resíduo orgânico neles armazenado, geram gases que poluem o ar e contaminam o meio ambiente. Com a produção dos gases oriundos destes resíduos, podem-se realizar o aproveitamento dos mesmos para a geração de energia elétrica. Diversos estudos têm sido desenvolvidos com vistas ao aproveitamento destes gases, denominados Biogás. Prefeituras e empresas têm atuado no aproveitamento da energia dos gases gerados por grandes aterros sanitários para transformá-los em energia elétrica.

Este artigo tem como objetivo geral abordar e investigar a viabilidade técnica e econômica do aproveitamento do Biogás na geração de energia elétrica, e envolve, também, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), proposto no Protocolo de Quioto (PQ) Apud CEPETEC (2010), que permite a um país desenvolvido investir em tecnologias e

projetos nos países em desenvolvimento que gerem redução, ou não emissão, de Gases de Efeito Estufa (GEE). Especificamente, são levantados os elementos que afetam a viabilidade técnico-econômica para a produção de energia elétrica a partir do gás metano.

2. REVISÃO DA LITERATURA

De acordo com Goldemberg e Lucon (2006), a produção e o consumo de energia são ambientalmente impactantes, mas podem ser melhorados com o uso mais eficiente de energia e a transição de fontes de energias fósseis para fontes renováveis. Os autores observam que os padrões atuais de produção e consumo de energia são baseados em combustíveis fósseis altamente poluentes, que geram Gases de Efeito Estufa (GEE), e que representam risco ao suprimento de longo prazo no planeta. Os autores relatam ainda a necessidade de estimular a produção de energias renováveis, e que o Brasil apresenta uma condição bastante favorável em relação ao resto do mundo.

Goldemberg e Lucon declaram que o novo modelo elétrico adotado no Brasil a partir de 2002, com a criação da Empresa de Planejamento Energético (EPE), diversificou a planta energética como forma de atender a demanda futura, contudo, aumentando a produção de energia de usinas térmicas a partir de fontes não renováveis e poluidoras. De acordo com Goldemberg e Lucon “[...] o Brasil está na contramão da história, já que o resto do mundo vem procurando alternativas para diminuir a participação de fontes poluentes na matriz energética”.

A questão ambiental, conciliada ao crescimento sócio econômico dos países, tem sido foco de diversos estudos. Hinrichs e Kleinbach (apud VANZIN et. al, 2006), em concordância com Goldemberg e Lucon, declaram que o uso dos recursos energéticos é um dos principais fatores a afetar o meio ambiente, e que a utilização dos combustíveis fósseis aumentou em torno de 30% a concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera e, provavelmente, contribuiu para a elevação da temperatura global.

Conforme Ensinas (2003) um dos graves problemas ambientais enfrentados pelos grandes centros urbanos é o lixo. A decomposição anaeróbica da matéria orgânica contida no lixo provoca a emissão de biogás, oferece riscos de explosão, e constitui-se também num problema global, porque possui cerca de 50% metano, que é um dos gases causadores do efeito estufa. No entanto, o biogás pode gerar benefícios para os governos locais, e estimular a adoção de práticas de engenharia que maximizam a geração e a coleta do biogás, o que reduziria os riscos de contaminação ao meio ambiente.

O lixo urbano, ou Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), pode ter diferentes destinações, sendo que as mais usuais são o lixão, o aterro controlado e o aterro sanitário. Os lixões são áreas de disposição sem nenhuma preparação do solo ou tratamento de efluentes líquidos (chorumes). Os aterros controlados são uma fase intermediária entre os lixões e os aterros sanitários. Nestes últimos, o local escolhido para o aterro é preparado previamente com o nivelamento da terra e com o selamento da base com argila e mantas de PVC para impermeabilização do solo, evitando-se dessa forma a contaminação do lençol freático pelo chorume. Os gases produzidos são coletados por drenos verticais.

Diariamente em todo o Brasil são produzidas e coletadas milhares de toneladas de RSU. Conforme pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2007), a quantidade total gerada de RSU por macro-região e no Brasil pode ser vista na Tab. (1).

Tabela 1. Quantidade Total Gerada de RSU por Macro-Região e Brasil (ABRELPE, 2007)

Macro-Região	RSU Coletado (t/dia)	Taxa de Coleta (%)	RSU Gerado (t/dia)	RSU Gerado (kg / hab / dia)
Norte	7.987	73,56	10.846	0,992
Nordeste	31.422	69,51	45.205	1,236
Centro Oeste	10.181	85,96	11.844	1,040
Sudeste	77.543	92,04	84.249	1,177
Sul	13.787	83,51	16.509	0,749
Brasil	140.911	83,55	168.653	1,106

Segundo dados da ABRELPE, a produção de RSU tem aumentado significativamente ao longo dos anos e a destinação final desses resíduos ainda é precária na maioria das regiões do Brasil. Cerca de 1/3 dos resíduos são depositados em aterros sanitários e os 2/3 restantes, em aterros controlados e lixões, causando prejuízos à saúde pública e poluição.

Em razão das mudanças climáticas provocadas pela poluição e principalmente do aquecimento global gerado pela emissão de GEE, a Organização das Nações Unidas (ONU), em 1992, realizou a Convenção - Quadro sobre a Mudança no Clima (CQMC), onde os países signatários se comprometeram em reduzir suas emissões de GEE. Finalmente, em dezembro de 1997, as metas de redução de emissões foram fixadas no PQ, onde os países industrializados assumiram o compromisso de reduzir suas emissões de carbono em cerca de 5% entre 2008 e 2012, com base nas emissões de 1990.

O PQ entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005 e o primeiro período de comprometimento das metas estabelecidas abrange o período de 2008 a 2012. Nesse período, os países incluídos no Anexo I, do Protocolo, deverão cumprir seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos sob o Artigo 3º, a fim de promover o desenvolvimento sustentável. Dentre as diversas ações, destacam-se a limitação e/ou redução de emissões

de metano por meio de sua recuperação e utilização no tratamento de resíduos, bem como na produção, no transporte e na distribuição de energia.

O PQ, em seu Artigo 12º, definiu o MDL, com o objetivo de assistir às partes não incluídas no Anexo I para que atinjam o desenvolvimento sustentável e contribuam para o objetivo final da Convenção, e assistir às partes incluídas no Anexo I para que cumpram seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no Artigo 3º. Com o MDL, as partes não incluídas, como o Brasil por exemplo, podem se beneficiar com o financiamento de projetos que resultem em Reduções Certificadas de Emissões de carbono (CER em inglês). Cada CER equivale a 1 tonelada de CO₂ que deixa de ser emitida ou que é capturada da atmosfera.

De acordo com o MDL, as reduções resultantes devem ser certificadas por entidades operacionais designadas, com base em:

- a) Participação voluntária das partes envolvidas
- b) Benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo relacionados com a mitigação da mudança do clima, e
- c) Reduções de emissões que sejam adicionais às que ocorreriam na ausência da atividade certificada de projeto.

Conforme o Instituto Brasileiro de Administração Municipal - IBAM (2010), os compromissos de redução de emissões são expressos em dióxido de carbono equivalente (CO₂eq), sendo que 1 grama de metano contribui 21 vezes mais para a formação do efeito estufa do que 1 grama de dióxido de carbono. Portanto, a queima de 1 tonelada de metano produzida nos aterros sanitários, na forma de biogás, gera 21 toneladas de CO₂eq ou 21 CER.

O biogás produzido em aterros sanitários é constituído basicamente de metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), nitrogênio (N₂) e gás sulfídrico (H₂S), além de parcelas menores de outros gases. O biogás é o resultado da decomposição da matéria orgânica biodegradável do lixo por bactérias anaeróbicas, e a quantidade de metano gerada depende da composição dos RSU, do clima, da disposição, da umidade e da quantidade de resíduos depositados no aterro. Segundo dados da BIOGÁS (2010), a concentração de metano no biogás varia entre 50% e 70% do volume.

De acordo com o Banco Mundial (apud IBAM, 2010), para que o biogás produzido em aterros sanitários possa ser explorado comercialmente por meio de sua recuperação energética, o aterro deverá receber no mínimo 200 toneladas de RSU/dia, ter uma capacidade total em torno de 500 mil toneladas, com uma altura mínima de 10 metros.

Na página da Internet “Combustão e Energia” da USP (2010), podemos verificar que a máxima liberação de energia do metano - processo chamado de entalpia - se dá pela sua combustão completa, conforme a equação abaixo:



Nesse processo são gerados: dióxido de carbono (gás carbônico), água e também é liberada energia (-802 kJ/mol). Realizando algumas transformações de unidades, podemos chegar ao valor energético do metano de aproximadamente 10 kWh/m³. Em uma usina utilizando tecnologia de grupos geradores baseados em motores a explosão do tipo ciclo Otto, com eficiência média em torno de 30%, a geração de energia elétrica seria de aproximadamente 3KWh/m³ de metano, ou de 1,5 kWh/m³ de biogás, considerando uma concentração de 50% de gás metano no biogás.

A estimativa de produção de biogás em um aterro sanitário pode ser levantada por meio de alguns modelos matemáticos, dentre os quais Ensinas (2003) destaca:

- Método de aproximação simples;
- Método para países ou regiões específicas;
- Metodologia para estimativa da quantidade de sólidos voláteis biodegradáveis restantes no aterro;
- Método de Decaimento de Primeira Ordem

Segundo Montilha (2005), cada um dos métodos acima apresenta diferenças nos resultados obtidos dadas suas complexidades e quantidades de dados que necessitam.

Conforme a publicação REVISTA ELO 46 (2008), no processo de gaseificação dos RSU, em média, cada tonelada de resíduo depositado em aterros sanitários gera 200 m³ de biogás. Observando esse dado, se todo lixo coletado no Brasil fosse destinado aos aterros sanitários teríamos, conforme os números da Tab. (1), em 2007, uma capacidade de geração diária em torno de 28 milhões de m³ de biogás, com a possibilidade de transformação em energia da ordem de 42 GWh. Esses números são teóricos, contudo, revelam que uma grande quantidade de energia deixa de ser reaproveitada do lixo por falta de projetos nesse setor.

A análise acima pode ser confirmada nos dados da CEMPRE et. al. (2008) mostrados na tabela 2, a qual compara a destinação final e a recuperação de energia de RSU em alguns países.

Tabela 2: Destino de RSU em diversos países (CEMPRE et. al., apud EPE, 2008)

País	Reciclagem	Compostagem	Recuperação energética (1)	Aterro Sanitário
Estados Unidos	24%	8%	13%	55%
Alemanha	15%	5%	30%	50%
Japão	15%	-	78%	7%
Brasil	8%	2%	-	90% (2)
México	2%	-	-	98% (2)

(1) Basicamente incineração

(2) Incluem aterros controlados e lixões

2.1. Projetos para Aproveitamento do Biogás

De acordo com Silva (2006), o inevitável esgotamento das reservas de combustíveis fósseis, e a crescente procura por combustíveis alternativos e ambientalmente sustentáveis, levam ao desenvolvimento de tecnologias de aproveitamento dos resíduos. Além de incentivar a racionalização do uso dos recursos naturais, minimizando o consumo de matérias primas e desenvolvendo mecanismos de redução da geração de resíduos, seu aproveitamento visa aperfeiçoar a matriz energética, utilizando um combustível renovável e abundante (CETESB, 2002).

O gás produzido em aterros possui um grande conteúdo energético, principalmente por se tratar de um gás altamente comburento. Segundo Muylaert (2000), o seu poder calorífico é de aproximadamente 5.800 Kcal/m³ ou 24MJ/m³. A partir destas constatações surgiram tecnologias e projetos de captação de biogás em aterros que têm, como maior finalidade, o aproveitamento da energia contida neste produto oriundo da decomposição do lixo. Segundo Júnior apud Lindemeyer (2008), “a implantação do Banco de Projetos da Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F), lançado em setembro de 2005, no âmbito do Mercado Brasileiro de Reduções de Emissões (MBRE), iniciativa conjunta da BM&F e do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), objetiva desenvolver um sistema eficiente de negociação de certificados ambientais, e criar no Brasil as bases de um ativo mercado de créditos de carbono que venha a constituir referência para os participantes em todo o mundo.”

De acordo com o mesmo autor, atualmente o processo de comercialização dos CER se dá principalmente por meio das bolsas do Canadá, Reino Unido (Emission Trade Scheme), Holanda (European Climate Exchange), Noruega (Nord Poll), Alemanha (European Energy Exchange), União Européia (Emission Trading System), Austrália (New South Wales Trade System) e EUA (Chicago Climate Exchange). Segundo dados da pesquisa da ABRELPE (2007), cerca de 65% dos projetos de MDL no Brasil estão concentrados nas regiões sul e sudeste, e 33% desses projetos são de redução de emissões de metano.

No próximo item serão abordados alguns exemplos de projetos de aproveitamento do biogás direcionados para fins de geração de energia.

2.1.1. Projetos no Mundo

Um dos primeiros projetos de aproveitamento do biogás para a geração de energia nos EUA foi realizado em Rolling Hills, Califórnia, no aterro Palos Verdes em 1975. O gás era coletado e vendido para a Companhia de Gás “Southern California”. Outros projetos foram implantados ainda na mesma década como o Mountain View, em 1978, e Monterey Park, em 1979 (USEPA, 1996).

Hoje existem no mundo cerca de 950 plantas de captação de biogás de aterro em todo mundo. Até o ano de 2001 havia, somente nos Estados Unidos, cerca de 330 aterros em operação utilizando o gás metano para aproveitamento energético. Atualmente, estes projetos de aproveitamento do gás de aterro estão concentrados, em sua maioria, nos Estados Unidos e na Europa. No Reino Unido, os projetos de aproveitamento do gás de aterro foram iniciados em 1981 com o uso comercial do biogás, substituindo combustíveis fósseis (MOSS, 1991).

Em janeiro de 1993, já existiam no país cerca de treze projetos com uso do biogás e 42 instalações gerando ao todo 72 MW de eletricidade (BROWN & MAUNDER, 1994).

Recentemente países como os EUA e o Reino Unido possuem projetos para redução do metano gerado nos aterros em até 50 % nas próximas décadas, gerando ganhos de créditos de carbono e geração de energia, além de mais uma oportunidade de diminuição do custo de captação e disposição do lixo domiciliar nas grandes cidades e a consequente geração de empregos diretos e indiretos.

2.1.2. Projetos no Brasil

Conforme a ABRELPE (2007), os projetos de MDL podem ser baseados em fontes renováveis e alternativas de energia, eficiência e conservação de energia ou reflorestamento. Há regras claras e rígidas para aprovação de projetos do MDL. Os projetos devem ser elaborados aplicando metodologias aprovadas, devem ser verificados e validados por Entidades Operacionais Designadas (EODs) e aprovados e registrados pelo Conselho Executivo do MDL e deverão ser aprovados pelo governo do país anfitrião através da Autoridade Nacional Designada (AND) e pelo governo do país que comprará os CER.

A empresa pública Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP, atua com um Programa de Apoio a Projetos do MDL, o Pró-MDL, que financia o pré-investimento e o desenvolvimento científico e tecnológico de atividades de projeto no âmbito do MDL por meio de linhas de financiamento reembolsáveis e não-reembolsáveis. O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, disponibiliza uma linha de crédito para “estudos de viabilidade, custos de elaboração do projeto, documentos de concepção de projeto (PDD) e custos relativos ao processo de validação e registro”. A Caixa Econômica Federal conta com uma linha de crédito para o financiamento integral de projetos no âmbito do MDL em áreas como saneamento, bombeamento de água e pequenas hidrelétricas.

No Brasil, o tratamento de gases em aterros sanitários é praticamente todo feito através da queima do metano (CH₄) e liberação do dióxido de carbono (CO₂). Em geral, o sistema de drenagem de gases é individual (tipo aberta) utilizando-se queimadores do tipo *flare*, havendo algumas exceções em sistemas conjugados de drenagem, com extração forçada de gás. O tratamento de gás com queima do tipo aberta não é o mais aconselhado, uma vez que a

queima não é completa (queima entre 300 a 400°C), como acontece nos queimadores do tipo enclausurado (queima acima dos 1000°C). A queima total do metano se dá somente acima dos 1000°C. Esta combustão incompleta, ou a baixas temperaturas, além de não garantir a transformação do metano (CH₄) em dióxido de carbono (CO₂), pode resultar na liberação de compostos tóxicos, que poderiam ser destruídos pela ação de elevadas temperaturas.

Em países em desenvolvimento como o Brasil e a China, existe um evidente potencial para se expandir programas de recuperação do metano (HENRIQUES, 2004). Em 1977, o biogás do Aterro Caju, localizado às margens da Baía de Guanabara, a 8 Km da Cidade do Rio de Janeiro, coletado pela CEG (Companhia Estadual de Gás) juntamente com a COMLURB (Companhia Municipal de Limpeza Urbana), depois de purificado, era adicionado ao gás craqueado de nafta que abastecia a cidade para uso residencial através de um gasoduto de 4 Km. O projeto todo teve duração de 10 anos, mas já em 1985 iniciou-se o aproveitamento do gás para o abastecimento da frota da COMLURB e de táxis (ENSINAS, 2003, pg. 40). Esse projeto recuperou cerca de 10 milhões de metros cúbicos de biogás, e análises feitas pela COMLURB ainda verificaram a presença de gás com capacidade economicamente viável de aproveitamento do biogás.

Em 1981, a COMGÁS (Companhia de Gás de São Paulo) distribuía o gás de um aterro localizado na Rodovia Raposo Tavares para um conjunto residencial (DANESE, 1981). A cidade de Natal possui um aterro em que se depositava, na década de 1980, cerca de 500 toneladas diárias de lixo. Em 1983 elaborou-se um plano que abrangia três vertentes para o aproveitamento do potencial do gás do aterro: (a) biogás para uma cozinha comunitária para moradores de baixa renda da comunidade próxima ao aterro; (b) biogás para uma rede de distribuição conectada diretamente a uma comunidade de 150 habitantes; e (c) uma ligação à alimentação de uma caldeira da indústria de castanha de caju.

Depois do ano de 2003, após crises relacionadas ao preço do petróleo, começaram a surgir algumas experiências de aproveitamento energético do gás de aterro no Rio de Janeiro. Alguns projetos foram abandonados com a estabilidade do preço do petróleo. O Projeto Nova Gerar de Aproveitamento do Biogás no Aterro Sanitário de Adrianópolis, no Estado do Rio de Janeiro, é bastante importante, principalmente por ter revitalizado um lixão, transformando-o num modelo de aterro sanitário no Brasil. Utiliza-se dos mais modernos conceitos e tecnologias para acondicionamento de RSU. Além disso, o projeto usa o biogás gerado no aterro para a queima do chorume (evaporador de chorume). O Aterro de Adrianópolis recebe atualmente cerca de 2000 toneladas por dia de lixo e possui um sistema de captação do biogás para uso no queimador de evaporação do chorume.

De acordo com Escobar (apud ENSINAS, 2003, pg. 41), um projeto semelhante foi implantado na cidade de Tremembé em São Paulo, onde a gerenciadora do aterro utiliza o gás desde 2001 para a evaporação do chorume. Esse projeto utilizou-se de financiamento externo por meio do mercado de carbono do MDL, previsto no PQ.

Um estudo que fez o levantamento de 110 municípios com mais de 300 mil habitantes, cujos aterros oferecem condições para a produção de energia, mostrou que o Brasil possui um potencial de 300 a 400 MW de geração de energia por meio do aproveitamento do biogás de aterro (RECICLÁVEIS, 2006).

A primeira unidade implantada no país é a localizada no Aterro Sanitário dos Bandeirantes, em São Paulo, que tem capacidade instalada de 20MW e que foi autorizada para produção de energia elétrica em 2003 pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), sendo esta unidade considerada a maior da América Latina. A segunda unidade geradora de energia foi a UTE São João Biogás no município de São Paulo, uma obra do PAC (Programa Acelerado de Crescimento) que entrou em funcionamento em janeiro de 2008 com capacidade instalada de 24MW. Esses projetos visam minimizar as emissões de GEE no aterro por meio da coleta do biogás gerado e sua utilização para geração de eletricidade durante aproximadamente 15 anos.

Outros projetos estão sendo avaliados pela ANEEL para serem concessionados pelas prefeituras. Segundo Plotakhina (apud ENSINAS, 2003, pg. 41), no Aterro Sanitário Metropolitano de Salvador/BA, “a empresa VEGA Bahia, que tem a concessão de operação do aterro de 1999 à 2020, prevê uma usina de geração termelétrica com capacidade instalada de 45 MW no período de 2015 à 2021”. Em Pernambuco, o uso da biomassa para produção de energia elétrica ainda está restrito ao bagaço da cana. Contudo, o estudo de mercado dos resíduos sólidos pôde constatar a existência de algumas cidades ou aterros com potencial de exploração energético. O desenvolvimento desta tecnologia em outros países e estados e as experiências adquiridas anteriormente terão papel importante para o surgimento crescente de usinas produtoras de energia elétrica no País (JUCÁ, 2002).

Segundo Francisco Maciel apud Revista ELO 27 (2006), diretor de energia e meio ambiente da CTBC, “no Brasil são geradas 149 mil toneladas de lixo ao dia e que poderiam render entre US\$ 125 e US\$ 336 milhões de créditos de carbono ao ano, pelo valor atual da tonelada (entre 5 e 8 €)”, e que “há uma linha de corte para os projetos, sendo preferenciais os aterros que atendam a partir de 200 mil habitantes, como o dos Bandeirantes e o do São João, também em São Paulo (SP)”.

Além das perspectivas de maior desenvolvimento desta tecnologia em todo mundo, o setor elétrico brasileiro vem utilizando mecanismos de incentivos ao uso da biomassa (inclusive do Biogás) para geração de energia elétrica. O Programa Nacional de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) – instituído pela lei 10.438 de 2002, prevê a operação de 144 usinas, totalizando 3.299,40 MW de capacidade instalada, dos quais 685,24 MW de 27 usinas a base de biomassa, com garantia de contratação por 20 anos da Eletrobrás. A mesma lei concede, além de outros incentivos, a redução das tarifas do uso dos sistemas elétricos de transmissão e distribuição de energia até o consumidor de no mínimo 50%. Além disso, existe, no Brasil, o Fundo Protótipo de Carbono, que é uma parceria entre o Banco Mundial, onde serão financiados os Certificados de Emissões Reduzidas ou "créditos de carbono", no âmbito do PQ, e do MDL. Segundo o IBAM (2010), estima-se que o mercado global de carbono atinja US\$ 10 bilhões por ano nos próximos anos e que o Brasil tenha potencial para responder por parte significativa desse mercado.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa, com uma abordagem quantitativa e exploratória, utilizou como fonte os dados obtidos na literatura e outros dados secundários, como índices e relatórios, fornecidos pela Usina Termelétrica Bandeirante (UTEB), que utiliza o biogás proveniente de um aterro sanitário localizado na cidade de São Paulo. Considerou-se que o aterro sanitário é a solução mais adequada de disposição dos RSU, quando comparado com os lixões e com os aterros controlados.

A avaliação de retorno de investimento da geração de energia elétrica a partir do biogás seguiu a rotina básica de qualquer projeto dessa natureza, ou seja:

a) Levantamento do investimento realizado na construção da UTEB, para determinação do capital empregado, a taxa de amortização do investimento e a taxa de juros sobre o capital investido.

b) Levantamento dos RSU em toneladas por ano depositados no aterro para o cálculo da geração de biogás, utilizando o Método de Decaimento de Primeira Ordem (MDPO) por meio da planilha LandGem, para determinação da produção de biogás que será convertida em energia e em créditos de carbono, os quais serão comercializados ao longo a vida útil da usina como outra fonte de receita.

c) Balanço anual das receitas e despesas da UTEB e análise dos resultados financeiros empregando os métodos TIR (Taxa Interna de Retorno) e VPL (Valor Presente Líquido) para determinação da viabilidade financeira do negócio.

4. VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO GÁS METANO.

Para esta análise, considerou-se como base o aterro sanitário Bandeirantes, que foi o primeiro no Brasil a produzir energia em escala comercial a partir do biogás de RSU. O aterro Bandeirantes está localizado no quilômetro 26 da rodovia dos Bandeirantes, no bairro de Perus, pertencente ao município de São Paulo.

Segundo o Jornal da Ciência (2007), o aterro Bandeirantes foi considerado o maior aterro da América Latina e possuía a maior central de geração de eletricidade movida a biogás de RSU do mundo, sendo superado em capacidade de energia no ano de 2007 pela usina termoelétrica São João, também no município de São Paulo.

4.1 Análise Técnica da Usina Bandeirante

A usina termelétrica Bandeirante foi implantada pelo consórcio Biogás Energia Ambiental, formado pela empresa Arcadis Logos Engenharia, da área de projetos energéticos do grupo Logos Engenharia, pela Heleno & Fonseca Construtécnica S. A., construtora e operadora do aterro Bandeirantes e pela holandesa Van Der Wiel, especializada em projetos de desgaseificação. Foram instalados 24 grupos geradores G3516LE (*low emission*), da Caterpillar, com 925 kW cada, com um potencial de geração de 20 MW de potência elétrica, que em plena carga, produz aproximadamente 170 mil MWh/ano de energia, o suficiente para abastecer uma cidade de 300 mil habitantes por 1 ano, considerando um consumo médio de 50 kWh/mês/habitante. Além disso, o projeto evitará emissões de aproximadamente 16,1 milhões de toneladas de carbono (IPCC, 2005).

A termelétrica tem capacidade instalada para captar 18 mil metros cúbicos por hora de biogás a no mínimo 50% de metano. Desse montante, 12 mil metros cúbicos por hora são consumidos para gerar energia e atender ao contrato de fornecimento fechado com um banco privado. O biogás gerado pelo lixo do aterro equivale a 8 milhões de toneladas de gases, que são transformados em energia elétrica. A usina ainda coloca São Paulo na bolsa mundial de "crédito carbono", gerando recursos para a cidade agregando o equivalente a um milhão de CER ao ano (SANTOS, 2008).

Seguem os dados levantados do aterro Bandeirantes:

- Área em planta: 140 hectares
- Altura máxima: 105 metros
- Quantidades estocadas: 40 milhões de toneladas
- Anos de utilização: 28 Anos, de 1979 a 2007
- Extensão de gasoduto: 60 km com tubos de PEAD de 110 mm a 300 mm de diâmetro.
- Poços conectados: 250 (Drenos de Gás)
- Capacidade de coleta do sistema: 18.000 Nm³/h
- Capacidade de Flaring: 5000 m³/h

Segundo Montilha (2005), a área do aterro Bandeirantes é subdividida em 5 sub-aterros denominados AS-1, AS-2, AS-3, AS-4 e AS-5, além de uma área utilizada para depósito de resíduos inertes. Dados revelam que as áreas AS-1 a AS-3 são mais antigas e pouco produtivas, enquanto que as áreas AS-4 e AS-5 são áreas novas e contribuem com a maior produção de metano do aterro.

Para a estimativa de geração de metano, foi utilizada a planilha de cálculo LandGEM, versão 3.2, disponibilizada no site da USEPA e que emprega o Método de Decaimento de Primeira Ordem (MDPO). Os dados utilizados nos cálculos são de Montilha, conforme segue abaixo:

- Crescimento anual de demanda: 5%
- L0= 125 (m³/ton);
- K = 0,1 (1/ano);

- $R = 3000$ (ton/dia) = 1.095.000 (ton/ano);
- Proporção de Metano (CH_4) = 50%;
- Período de disposição: 1992 – 2006;
- Período de análise: 1993 – 2016.

Outros dados importantes para o cálculo foram obtidos na visita a UTEB, conforme segue abaixo:

- Taxa de captura de metano (bombeada): 50%.
- Proporção média de metano (CH_4) = 50%
- Eficiência energética de transformação do metano em energia elétrica: 30%

Com os parâmetros acima foi calculado o volume anual de metano e esse dado foi utilizado no levantamento da geração de energia e de CER do período sob análise. A capacidade de geração de energia foi calculada utilizando-se uma taxa de conversão de $1,5 \text{ kWh/m}^3$ de biogás (op. cit), e que foi considerada adequada para a UTEB.

Os CER foram calculados da seguinte forma: o volume de biogás efetivamente capturado pela planta de gás é normalizado em pressão e temperatura (Nm^3) e transformando em toneladas de metano, sendo corrigido em cerca de 2% (presença de O_2) e depois reduzido em 20% do seu peso devido à linha de base da geração espontânea do aterro. Em seguida, esse valor é multiplicado por 21 (fator de conversão para CO_2eq), resultando em toneladas de carbono equivalente e que serão transformados em CER.

Os resultados da produção de metano e de energia da UTEB podem ser vistos no gráfico da Fig. (1). Pode-se observar no gráfico que ao longo dos anos a produção de gás tende a diminuir gradativamente a ponto de não ser mais viável a geração de energia, o que deverá ocorrer após 15 anos do encerramento do aterro (2007). Pode-se verificar que em 2018 a produção de energia deverá ser de aproximadamente 90 mil MWh.

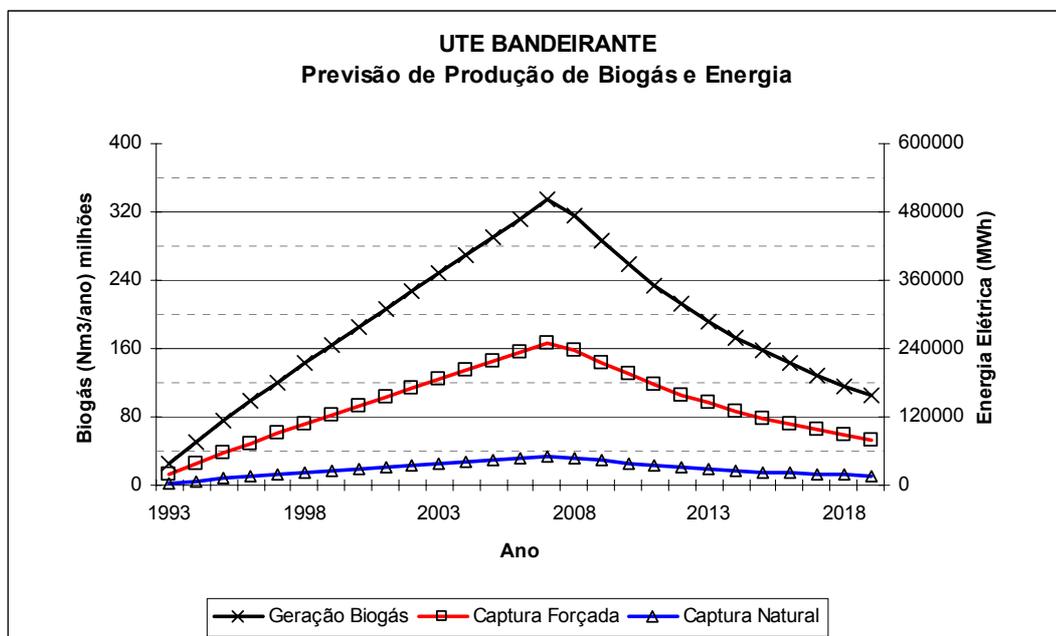


Figura 1. Estimativa de produção de biogás e energia elétrica da UTE Bandeirante

4.2 Análise Financeira da UTE Bandeirante

A análise financeira realizada nesse estudo utilizou os indicadores TIR (Taxa de Interna de Retorno) e VPL (Valor Presente Líquido), ambos métodos consagrados de análise de investimentos, para que fosse retratado de forma mais realista possível um panorama financeiro da UTE Bandeirante. Para esta análise, levantou-se inicialmente o valor do investimento da construção da planta de energia, que foi de R\$ 48 milhões, e da planta de captação de gás, que foi de R\$ 15 milhões, sendo que outros R\$ 1,5 milhões foram empregados em obras de melhorias no bairro em torno do aterro para adequação ao projeto do MDL. Portanto, o valor total investido na usina foi cerca de R\$ 64,5 milhões, conforme dados divulgados pelo investidor.

Conforme o investidor, a amortização da planta de energia se dará em 15 anos a partir de 2003, a uma taxa de juros não divulgada. Porém, o banco investidor declarou como sendo “alta” essa taxa devido ao elevado risco do mercado atacadista de energia no Brasil. A amortização da planta de gás foi fixada em 12 anos com uma taxa de juros mais baixa e também não revelada pelo investidor. Na falta dessas informações, outros trabalhos relacionados foram consultados (VANZIN et. al., 2006), (BARROS e LEME, 2007), (SEGRET e BITO, 2006) e verificou-se que um investimento desse porte deveria trabalhar com uma taxa de juros próxima à SELIC. No entanto, considerando-se a recomendação de “alto risco” divulgada no relatório do banco investidor, e desconhecendo a trajetória da SELIC, para efeito de cálculo, fixou-se a taxa de juros do investimento em 15% ao ano (praticamente o dobro da SELIC atual, 2010), tanto para a planta elétrica, quanto para a planta de gás.

A receita da usina será calculada pela venda da energia e pela venda dos CER, sendo que pelo contrato de concessão de exploração do biogás firmado com a prefeitura de São Paulo, 50% dos CER serão destinados à Secretaria Municipal do Meio Ambiente para financiamento de obras de melhorias no bairro de Perus, conforme compromisso com o MDL. Para essa análise foram utilizados os preços de energia estimados no Plano Nacional de Expansão (PNE2030, 2008), e que está em torno de R\$ 140,00/MWh, em valores corrigidos pelo índice IPCA.

Para o cálculo da receita dos CER, levantou-se primeiramente o valor negociado no mercado europeu, e que varia entre 15 e 19 euros. No entanto, verificou-se que o contrato com o banco alemão KfW Bank Group, para o qual são repassados os CER da UTEB garante um valor mínimo de 10 euros por CER, porém, com resultados bem acima desse preço. Portanto, para o cálculo da receita dos créditos de carbono gerados pela UTEB, fixou-se o valor dos CER em 15 euros, convertendo-se o valor obtido para a moeda nacional ao câmbio de R\$ 2,52/euro.

Os custos da usina também foram estimados, sendo que os principais custos são: custo de manutenção fixado a uma taxa de energia gerada (R\$/kWh) e custo operacional com a folha de pagamento dos funcionários. Conforme o CENBIO (2004), os custos de manutenção são aqueles relacionados com a manutenção dos grupos geradores - troca de óleo, filtros, peças defeituosas e instalações, e que variam entre 3 e 18 centavos de R\$/kWh. Para esse cálculo fixou-se a taxa de manutenção em R\$0,08/kWh (valor arbitrário considerado adequado), multiplicando-se pelo montante da energia gerada no período. O custo operacional foi calculado a partir do número de trabalhadores da usina, que é de 40 funcionários, estabelecendo-se um custo médio de R\$ 1.500,00/funcionário e o mesmo para pagamento de encargos trabalhistas, obtendo-se um custo operacional anual em torno de R\$ 1.560.000,00.

O retorno do negócio foi avaliado pela TIR e VPL, sendo que os resultados financeiros dependem da taxa de atratividade estabelecida pelo investidor. O banco investidor divulgou uma taxa de atratividade de 11% para a planta de gás (fixada pela ANEEL), contudo, não informou a taxa da planta de energia, e neste caso, utilizou-se uma taxa de atratividade arbitrária de 15%, considerada conservadora nesta análise financeira.

Na Tabela (3) são apresentados os resultados do balanço financeiro da UTEB, considerando-se todos os dados apresentados acima. O período de análise é de 15 anos a partir do encerramento do aterro em 2007.

Tabela 3. Estimativa de balanço do investimento da UTEB

Ano	Invest./Prest UTEB R\$	Despesas Manut/Oper. R\$	Receita de Energia R\$	Receita de CER R\$	Receita Líquida R\$	TIR (%)	VPL (TX=15%)
2003	(64.500.000)	0	0	0	(64.500.000)		
2004	14.250.000	15.160.000	24.837.000	15.036.082	10.463.082	-84%	(48.175.364)
2005	13.563.750	15.160.000	24.837.000	16.227.724	12.340.974	-47%	(40.060.973)
2006	12.877.500	15.160.000	24.837.000	17.437.092	14.236.592	-22%	(31.921.155)
2007	12.191.250	15.160.000	24.837.000	18.669.056	16.154.806	-7%	(23.889.361)
2008	11.505.000	15.160.000	24.837.000	17.651.432	15.823.432	2%	(17.048.455)
2009	10.818.750	15.160.000	24.548.000	15.971.676	14.540.926	7%	(11.581.983)
2010	10.132.500	15.160.000	24.004.000	14.451.770	13.163.270	11%	(7.278.886)
2011	9.446.250	15.160.000	23.749.000	13.076.502	12.219.252	13%	(3.805.412)
2012	8.760.000	14.287.909	22.098.832	11.832.108	10.883.032	14%	(1.115.293)
2013	8.073.750	13.076.688	19.621.558	10.706.135	9.177.254	15%	857.295
2014	7.387.500	11.980.731	17.285.387	9.687.311	7.604.467	16%	2.278.625
2015	6.701.250	10.989.067	15.192.584	8.765.442	6.267.709	16%	3.297.303
2016	4.640.000	10.091.773	13.757.483	7.931.300	6.957.010	17%	4.280.527
2017	4.160.000	9.279.867	12.448.286	7.176.537	6.184.955	17%	5.040.624
2018	3.680.000	8.545.225	11.263.675	6.493.599	5.532.049	17%	5.631.806
2019	0	7.880.493	10.191.794	5.875.651	8.186.953	17%	6.392.585
2020	0	7.279.018	9.221.917	5.316.509	7.259.408	18%	6.979.183
2021	0	6.734.782	8.344.335	4.810.576	6.420.130	18%	7.430.295
2022	0	6.242.336	7.550.267	4.352.789	5.660.720	18%	7.776.167
2023	0	5.796.753	6.831.764	3.938.567	4.973.578	18%	8.040.416

A tabela 3 foi organizada seguinte forma: a coluna "Invest./Prest." apresenta o valor do investimento realizado em 2003 e as prestações calculadas pelo sistema de amortização constante ao longo de 15 anos; as colunas "Receita de Energia", "Receita de CER" e "Receita Líquida" apresentam os resultados da venda de energia, de CER e a receita líquida respectivamente (descontada as prestações); as colunas TIR e VPL apresentam o retorno financeiro da UTEB, sendo o VPL calculado para uma taxa de atratividade de 15% do investimento. Analisando os resultados das colunas TIR e VPL, verificamos que a partir de 2008 a UTEB obtém um saldo positivo no balancete, e a partir de 2013 é superado o retorno financeiro desejado de 15%, restando ainda uma vida útil lucrativa estimada até 2023.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.

De acordo com o exposto nesta pesquisa, pode-se considerar que o gás metano gerado pelos aterros sanitários é uma fonte de energia renovável, sendo viáveis as construções de usinas geradoras de energia elétrica para o aproveitamento e encaminhamento dos gases gerados pelo lixo das grandes metrópoles.

Os resultados financeiros obtidos no estudo demonstram a viabilidade do empreendimento, dentro de uma concepção ecologicamente correta e inovadora. A recuperação do investimento (*payback*) se deu em 5 anos e do lucro pretendido (15%) em aproximadamente 10 anos, o que confirma a hipótese levantada de viabilidade financeira desse tipo de atividade.

Um fator preocupante para este tipo de projeto é a dependência da receita dos CER para a viabilidade econômica da usina. Pelo PQ, o período de comprometimento de redução de emissões dos países do Anexo I termina em 2012, e uma nova rodada de negociações definirá as novas metas de reduções de carbono e de países comprometidos, trazendo incertezas para o setor.

Além das incertezas dos créditos de carbono, existem as indefinições do mercado atacadista de energia no Brasil. O PROINFA atua no setor das energias de fontes renováveis como um “pulmão”, compensando diferenças de tarifas praticadas neste setor. No entanto, a geração de energia a partir de RSU é praticamente insignificante diante de outras fontes, como biomassa de cana de açúcar, resíduos de safra, eólica, entre outras, o que pode representar um risco.

Observou-se no estudo da UTEB que o investimento da planta de energia foi cerca de 30% maior do que a planta de gás e o custo de manutenção e operação da usina também são elevados, comprometendo o retorno financeiro do investimento. Portanto, projetos de usinas menores requerem um estudo mais aprofundado e conservador, no que tange a produção de energia. No entanto, aterros sanitários menores podem ser estruturados no MDL apenas para a geração de CER, gerando receita para os municípios.

A questão do destino do lixo ainda é preocupante no mundo e é mais séria nos países pobres por falta de infraestrutura, trazendo uma série de problemas ambientais e de saúde pública. Ações como a reutilização, reciclagem e redução dos resíduos ajudam, mas não são suficientes para resolver o problema. É preciso mais pesquisa e investimentos em projetos que respondam às necessidades atuais de destinação dos resíduos, trazendo benefícios para o meio ambiente, para a economia e para as pessoas.

O projeto da Usina Bandeirante foi pioneiro em capacidade de geração de energia e de créditos de carbono. Além desses resultados econômicos, a população do entorno da usina foi beneficiada com investimentos feitos em sua região com a venda dos créditos de carbono gerados pela usina. O que era antigamente para os moradores de Perus um enorme transtorno, com emissões de mau cheiro, insetos, urubus e ratos, devido às metas sociais do MDL, passou a ser uma fonte de receita e de desenvolvimento.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABRELPE, 2007, “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2007”, 01 fev. 2010, <http://www.abrelpe.org.br/noticia_destaque_panorama.php>.

Barros, D. D. de; Lemme, C. F., 2007, “Avaliação Da Viabilidade Financeira de Projetos de Aterros Sanitários no Brasil, no Âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, do Protocolo de Quioto: Caso do Projeto Novagerar”, IX Engena: Curitiba.

Brown, K. A.; & Maunder, D. H., 1994, “Exploitation of landfill gas: a UK perspective”, *Water Science & Technology*. V. 30, nº12, pp 143-151.

CETESB, 2002, “Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Emissões de Metano no Tratamento e na Disposição de Resíduos”, Série Atas da CETESB. São Paulo.

COMLURB, “Potencial Energético do Biogás de Aterros”, 09 mai. 2005, <<http://www.rio.rj.gov.br/>>.

CPTEC, “Protocolo de Quioto”, 01 fev. 2010, <http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/protocolo_quioto.shtml>.

Danese, M., 1981, “Geração e Utilização de Biogás. Associação Brasileira de Conservação de Energia”, Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), São Paulo.

Ensinas, A. V., 2003, “Estudo da geração de biogás no aterro sanitário Delta em Campinas SP.”, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, 129 p. Dissertação (Mestrado).

Goldemberg J., Lucon O., 2006 “Energia e meio ambiente no Brasil.”, 3 jun. 2010, <<http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2007/Artigos%20de%20Periodicos/Goldemberg-meioambiente.pdf>>.

Henriques, M. R., 2004, “Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Abordagem Tecnológica. Rio de Janeiro, 190p. Dissertação (Mestrado) – COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

- IBAM-Instituto Brasileiro de Administração Municipal., “Biogás em Aterros Sanitários e Créditos de Carbono”, 01 fev. 2010, <www.ibam.org.br/publique/media/Boletim2a.pdf> .
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 1996, “Desechos, Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”, 07 mar. 2005, <http://www.ipccngip.iges.or.jp/public/gp/spanish/gpgaum_es.htm>.
- Jornal da Ciência, 2007, “JC. Créditos com o lixo”, 05 jan. 2010, <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=47644>>.
- Jucá, J. F. T., 2002, “Destinação Final dos Resíduos Sólidos no Brasil: Situação Atual e Perspectivas.”, 10º SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Braga, Portugal – 16 a 19 de Setembro de Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.
- LandGEM, “Landfill Gas Emissions Model (LandGEM)”, 13 jan. 2010, <<http://www.epa.gov/ttnecat1/products.html#software>>.
- Lindemeyer, R. M., 2008, “Análise da Viabilidade Econômico-Financeira do Uso do Biogás Como Fonte de Energia Elétrica.”, UFSC. Florianópolis.
- Montilha, F., 2005, “Biogás – Energia Renovável.”, São Paulo, Monografia (Engenharia Civil com Ênfase Ambiental) – Universidade Anhembi Morumbi.
- Moss, H. D. T., 1991, “The commercial use of landfill gas in the United Kingdom.”, In: Proceeding of the institution of mechanical engineers. 15-17 april 1991. Dusseldorf. Engineering for profit from waste. European Conference.
- Recicláveis., “Brasil poderia gerar até 400 MW com biogás.”, 02 jan. 2006, <www.reciclaeis.com.br>.
- ELO, “Especialistas apontam caminhos para o problema do lixo urbano.”, 13 jan. 2010, <<http://www.tractorfinder.com.br/artigos/facto-lixoutil.pdf>>.
- ELO, “Caminhos para o problema do lixo urbano.”, 13 jan. 2010, <<http://www.revistaelo.com.br/downloads/facto-lixoutil.doc>>.
- Segreti, J. B.;Bito, N. S., 2006, “Crédito Carbono: Um Estudo de Caso da Empresa NovaGerar.”, RBGN, São Paulo, Vol. 8, n. 21, p. 82091, mai. / ago. 2006.
- Santos, C. N., 2008, “Avaliação das medidas mitigadoras relacionadas ao meio físico, formuladas em Estudos de Impactos Ambientais e Relatórios de Impactos Ambientais (EIAs/RIMAs) de Aterros Sanitários no Estado de São Paulo.”, Campinas, Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Estadual de Campinas.
- Silva, T. N., 2006, “Universidade do Vale do Itajaí, Tese de Mestrado – Estudo de Caso do Aterro Bandeirantes – São Paulo – SP.”, USP. Combustão e Energia, (2006), 15 fev. 2010, <http://www.usp.br/qambiental/combustao_energia.html>.
- USEPA – United States Environmental Protection Agency. Energy Project Landfill Gas Utilization Software (E-PLUS) User’s Manual; EPA-30-B-97-006, 1997.
- Vanzin, E. et al., 2007, “Uso do Biogás em Aterro Sanitário como Fonte de Energia Alternativa: Aplicação de Procedimento para Análise da Viabilidade Econômica no Aterro Sanitário Metropolitano Santa Tecla”, II- Seminário de Sustentabilidade, FAE Centro Universitário, 03 jun 2010, <http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/IIseminario/pdf_praticas/praticas_01.pdf>



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

ELECTRIC ENERGY GENERATION IN BRAZIL FROM LANDFILL GAS

Clenio B. Gonçalves Jr., clenio@cefetsp.br¹
Nilton Costa Jr., costajr.nilton@gmail.com²
Osias Baptista de Souza Filho, osiasbap@uol.com.br¹
Sergio Yoshinobu Araki, araki@cefetsp.br³
Marta Maria Nogueira Assad, martassad@yahoo.com.br⁴

¹IFSP – Campus São Roque, Rod. Quintino de Lima, 2100, São Roque, SP.

²IFSP – Campus Salto, R. Rio Branco R. Rio Branco, 1780, Salto, SP

³IFSP – Campus São Paulo, R. Pedro Vicente, 625, Canindé, SP.

⁴UNITAU – Universidade de Taubaté, Rua Daniel Danelli, s/n – Taubaté – SP – Cep: 12060-440

Abstract. *Historically, the systematic use of non-renewable energy has led to a drastic reduction of the natural resources of the planet as a whole, and caused major environmental impacts. Moreover, the increasing production of waste, resulting from the culture of consumption and disposal adopted by the society after the Industrial Revolution, has resulted in the appearance of large landfills. Among the problems caused by the accumulation of waste in these landfills, the most serious has been considered the generation of gases that intensify the greenhouse effect. This article aims to evaluate the use of gases generated in landfills, also known as biogas to produce electricity in the economic scale. The study is to investigate the technical and economic aspects of using this alternative source of energy. The research used a quantitative approach, exploratory. Were used as sources of data, indexes and reports, and other secondary data. The analyzes the data and information obtained showed that a construction project of power plant electric power from methane gas from landfills is economically feasible since it considers parameters such as volume and flow rates of gas produced, technology generation, environmental effects, costs, and other.*

Keywords: *Electric energy generation, biogas, landfill, solid residues.*