

## **Análise da recuperação energética do biogás de aterros sanitários**

Aracelli de Lima<sup>(1)</sup>; Emilly O. R. Borba<sup>(1)</sup>; Igor C. B. Oliveira<sup>(1)</sup>; Natália V.M.Gonzaga<sup>(1)</sup>; Paloma F. Martins<sup>(1)</sup>; Raiane M. Santos<sup>(1)</sup>; Fabio Campos<sup>(2)</sup>

- (1) Alunos do curso de Gestão Ambiental da Escola de Artes e Ciências Humanas (EACH) da USP;  
(2) Prof. Dr. do curso de Gestão Ambiental da Escola de Artes e Ciências Humanas (EACH) da USP.  
Avenida Prof. Almeida Prado, nº 271 – travessa 2, Prédio da Eng. Civil – Cidade Universitária, Butantã/SP  
e-mail: fcampos@usp.br

**RESUMO.** Atualmente, o volume e a disposição final de resíduos sólidos urbanos têm se mostrado um dos grandes desafios para as grandes metrópoles. No Brasil as recentes políticas públicas que tratam do assunto buscam adequar o cenário com a adoção de práticas ambientalmente corretas para o tratamento do lixo, como a adoção de aterros sanitários. Uma das consequências da decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos nos aterros é a geração e liberação do biogás, sendo este uma possível fonte de energia, composto principalmente por metano. Seu beneficiamento promove, além de energia limpa, a redução na emissão de gases do efeito estufa. No Brasil a participação do biogás na matriz energética é ainda incipiente, mesmo diante de um cenário favorável, entretanto, boa parte do metano produzido nas células dos aterros ainda é perdido. Estudos recentes apontam para a viabilidade técnica na conversão da energia química presente no biogás em energia elétrica, contudo, questões econômicas ainda travam o avanço da prática. Diversos acordos mundiais voltados para a preservação do meio ambiente com um enfoque de desenvolvimento sustentável endossam a adoção desse tipo de matriz energética, porém, ainda há um longo caminho no sentido da internalização da educação ambiental por parte da sociedade, bem como para o aprimoramento e o incentivo ao uso de tecnologias mais limpas.

**Palavras-chaves:** aterro sanitário, resíduos sólidos urbanos, biogás, matriz energética.

**ABSTRACT.** Currently, the volume and the final disposal of municipal solid waste have been shown to be one of the greatest challenges to the large cities. In Brazil the recent public policies that deal with the subject seeking to adapt the scenario with environmentally correct practices for the treatment of garbage, as the adoption of landfills. One of the consequences of the decomposition of the organic matter present in the solid waste in landfills is the generation and release of biogas, which is a possible source of energy, composed mainly of methane. Its improvement, in addition to promoting clean energy, the reduction of greenhouse gas emissions. In Brazil the participation of biogas in the energy matrix is still incipient, despite a favorable scenario; however, most of the methane produced in the landfill cells is still lost. Recent studies point to the technical feasibility in the conversion of chemical energy present in the biogas into electrical energy; however, economic issues still hinder the advancement of the practice. Various global agreements aimed at preserving the environment with a focus on sustainable development endorses the adoption of this type of energy, however, there is still a long path towards internalization of environmental education by society, as well as to enhance and encourage the use of cleaner technologies.

**Key-words:** landfill, municipal solid waste, biogas, energy matrix

**InterfacEHS** – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade  
Vol. 12 no 1 – Junho de 2017, São Paulo: Centro Universitário Senac

ISSN 1980-0894 Portal da revista InterfacEHS: <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/>

E-mail: [interfacehs@sp.senac.br](mailto:interfacehs@sp.senac.br)

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-SemDerivações 4.0Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

## **1. Introdução**

Com o crescimento demográfico em grande escala e o padrão acelerado de consumo nos últimos séculos, considerável quantidade de resíduos é gerada diariamente. O volume e a disposição final de resíduos sólidos, em especial, em grandes centros urbanos têm se mostrado um dos grandes desafios atuais.

Hoje, no Brasil, já estão consolidadas políticas públicas como as Políticas Nacional e Estadual de Resíduos Sólidos (Leis n. 12.305/2010 e n. 12.300/2006, respectivamente), bem como a Política Nacional de Saneamento Básico (Lei n. 11.445/2007), dentre outras, que preconizam parâmetros de tratamento e disposição final e ambientalmente adequados de resíduos sólidos e efluentes, além da promoção de pilares na redução de resíduos: não geração; redução; reutilização; reciclagem; recuperação de energia etc. Segundo determinação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, os lixões a céu aberto poderiam existir até 2014, devendo ser substituídos por aterros sanitários, que contam com incrementos como impermeabilização do solo e tratamento dos rejeitos gerados no processo de tratamento dos resíduos sólidos (SÃO PAULO, 2014).

O biogás, possível fonte alternativa de energia, é um produto da decomposição anaeróbica dos materiais orgânicos presentes nos resíduos sólidos. É composto por aproximadamente 50% de metano, 49% de dióxido de carbono, gases de efeito estufa, e traços de outros componentes, como óxido nitroso, amônia etc.

O beneficiamento do biogás promove, além da geração de energia e redução da emissão de gases de efeito estufa (com consequente crédito de carbono), melhoria socioambiental, pois gera mais um campo de atuação profissional, capacita novos trabalhadores a manejar a tecnologia, bem como auxilia na segurança do aterro e das populações circunvizinhas. (SÃO PAULO, 2014)

Apesar das políticas públicas estabelecidas e da viabilidade técnica do aproveitamento de biogás dos aterros sanitários, sabe-se que ainda há poucas iniciativas neste sentido no Brasil, ao contrário do observado em outros países.

Com a gestão integrada de resíduos (sólidos e efluentes) e as tecnologias existentes, tratar o lixo como um problema configura-se uma ótica ultrapassada, mas ainda a se superar. A paulatina educação ambiental da sociedade, ainda bastante consumista, no sentido de internalizar a ideia da responsabilidade compartilhada da gestão de resíduos, desde sua geração até sua correta destinação e tratamento, bem como o aprimoramento e o incentivo a tecnologias limpas, se fazem instrumentos necessários em questões desta magnitude e natureza.

Com este trabalho pretendeu-se compreender e diagnosticar possíveis entraves que inibam a disseminação desta tecnologia, de diversificação da matriz energética, recomendada inclusive pelos mais recentes Acordos Internacionais, o que endossa a relevância do assunto.

## **2. Histórico sobre disposição final de resíduos sólidos e das políticas públicas**

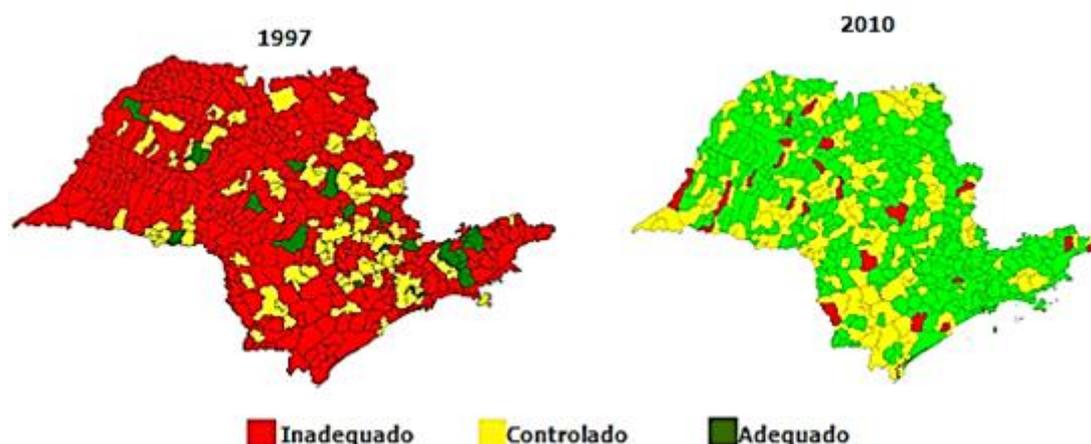
A disposição final dos resíduos sólidos urbanos tem-se mostrado um grande desafio nos últimos anos. Desde as primeiras mobilizações para tratar das demandas ambientais, como a Conferência de Estocolmo em 1972, levou-se à reflexão questões sobre a quantidade de lixo estar sendo acumulada em ritmo acentuado, não só devido ao crescimento demográfico, mas principalmente pela mudança comportamental de consumo da sociedade atual.

Só no Brasil, segundo a ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), "em 2015 foram gerados 79,9 milhões de toneladas de resíduos, no qual 58,7% do lixo produzido são direcionados para locais

adequados como aterros sanitários”. Com o crescente aumento populacional e consumo acentuado, este problema certamente se agravará sendo necessário, portanto, o desenvolvimento de alternativas para o manejo do lixo. A partir desta demanda, foram formuladas e entraram em vigor políticas públicas, de âmbitos federal e estaduais (Políticas Nacional e Estadual de Resíduos Sólidos, leis n. 12.305/2010 e n. 12.300/2006, respectivamente), a fim de instituir e regularizar parâmetros adequados de disposição final de resíduos, sólidos e efluentes.

Com o intuito de contextualizar essa mudança de cenário, a Figura 1 apresenta mapa da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) que ilustra, com o Índice de Qualidade de Aterros (IQA), a evolução da regulamentação de aterros sanitários do estado.

**Figura 1.** Índice de qualidade de aterros no estado de São Paulo – 1997 e 2010.



Fonte: CETESB, 2016

Vale lembrar que esta não é a realidade na grande maioria do país, sendo a metrópole paulista um caso excepcional. Feita esta ressalva, neste sentido, é possível notar certo avanço da questão, em especial na cidade de São Paulo, cujos parâmetros designados pelas políticas estão mais bem incorporados, mas ainda pode-se ver que há casos de disposição inadequada no Estado.

### 3. BIOGÁS

O biogás é um sub-produto da decomposição anaeróbica realizado em presença de archeobactérias do tipo metanogênicas, que se alimentam dos materiais orgânicos, presentes no rejeito do lixo. O processo pode ocorrer no interior de reatores denominados de Biodigestores ou diretamente no solo, como é o caso dos aterros sanitários. É constituído basicamente por metano (50%), dióxido de carbono (49%) e pequenas quantidades de outros gases, dentre eles: hidrogênio, gás sulfídrico, oxigênio, amoníaco e nitrogênio. A composição do biogás depende do material orgânico de origem e, em se tratando do gás do lixo, da idade da célula do aterro, pois os componentes químicos sofrem decaimento ao longo do tempo.

Dentre os gases constitutivos liberados pelo processo de decomposição anaeróbia, destacam-se o metano e o dióxido de carbono, altamente poluentes e fortes agravadores do efeito estufa. Segundo o relatório AR 4, do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), estabelecido como parâmetro internacional, o metano tem o potencial de aquecer a atmosfera 25 vezes mais do que o CO<sub>2</sub>.

Mais do que um problema a ser sanado, estudos comprovam a possibilidade de recuperação energética de biogás, em especial do metano. Por meio de captação

e uso de tecnologias específicas em sua purificação e conversão, pode ser gerada energia elétrica, térmica, além de biocombustíveis e biofertilizantes.

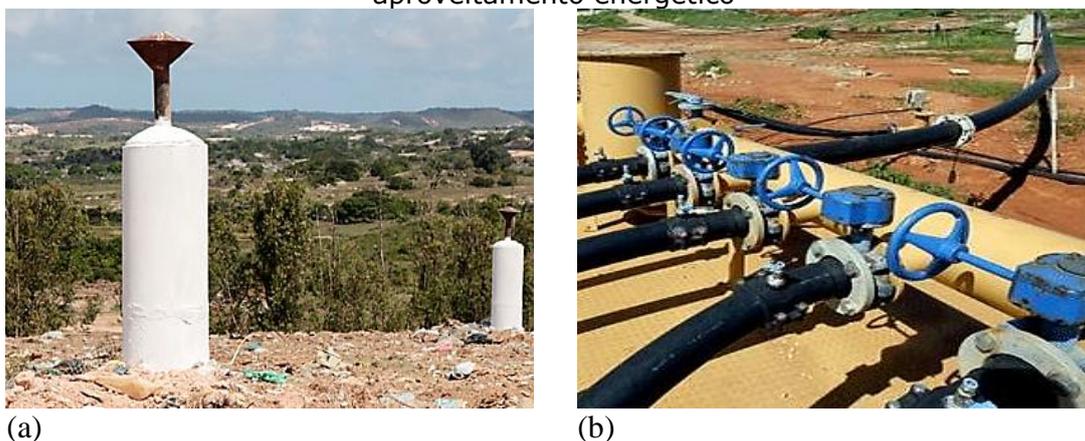
Os primeiros experimentos de reaproveitamento energético de biogás realizados no Brasil se deram nas cidades Natal e Rio de Janeiro, apesar de o primeiro biodigestor ter sido instalado na Granja do Torto, em Brasília. Em 1997, deu-se início ao programa de recuperação de metano dos aterros sanitários no estado de São Paulo.

A ABRELPE sinaliza que "para que o metano do biogás possa ser explorado comercialmente, por meio de recuperação energética, o aterro sanitário deverá receber, no mínimo, 200 toneladas de resíduos por dia e ter altura mínima de carregamento de 10 metros." (SÃO PAULO, 2014).

### 3.1. Técnica de Captação e Beneficiamento do Biogás

No caso dos aterros, o biodigestor não é necessário, pois o solo funciona como um biodigestor natural. A tecnologia utilizada é a drenagem dos gases, através de grandes dutos de ar dispostos ao longo do perfil do aterro, capazes de retirar o gás da camada subterrânea e conduzi-lo à superfície, como pode ser visto na Figura 2.

**Figura 2.** Captação e drenagem de gases: (a) com queimadores e (b) para aproveitamento energético



O processo de geração de biogás ocorre de forma mais intensa quando a temperatura do material está entre 30° e 35°C, pois nessas condições os processos bioquímicos ocorrem em menos tempo. À fim de garantir um melhor rendimento energético faz-se necessário a remoção de outros gases, como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e o gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S), principalmente.

Entende-se por conversão energética o processo que transforma um tipo de energia em outro, no caso do biogás a energia química contida em suas moléculas é convertida em energia mecânica por um processo de combustão, e, posteriormente, por meio de um gerador, em energia elétrica (COELHO et al, 2006).

A conversão energética de biogás em energia pode ser feita de várias formas, graças ao avanço tecnológico observado no setor. Dentre as opções disponíveis no mercado, as mais empregadas são as microturbinas a gás e os motores de combustão interna de ciclo Otto (PRATI, 2010).

### 3.2. Cenário do Biogás no Brasil e no Mundo

Hoje, no Brasil, há 15 usinas de recuperação energética do biogás de aterro sanitário, com potencial de 117,76 MW. Desse total, sete usinas encontram-se em São Paulo, com potencial de 70,32 MW, representando 60% do total de energia

gerada pelo biogás, conforme site da Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo.

Segundo Alessandro Gardemann, vice-presidente da Abiogás, empresa que promove e divulga o biogás como fonte alternativa à atual matriz energética, em entrevista à Revista Brasil (2016), ele comenta que "o Brasil desperdiça por ano mais de uma Itaipu em energia", ou seja, em torno de 89.215.404 de Megawatts-hora (89,2 milhões de MWh), conforme dados do site da Usina de Itaipu. Ou seja, atualmente, há um grande desperdício do biogás gerado em aterros sanitários.

Um estudo apresentado no XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção estima que, em um cenário otimista, o estado de São Paulo tem um potencial energético de fornecer energia a 1.122.105 famílias compostas por quatro pessoas, por ano, o que geraria um fornecimento elétrico para uma média de 4.488.420 pessoas (FREITAS; MAKIYA, 2012), porém, boa parte de todo esse metano é perdido, e pior, lançado de forma imprudente na atmosfera, sem ao menos realizar sua queima.

O tema ainda é novo e pouco explorado no país; contudo, alguns Estados (como São Paulo, Pernambuco e Santa Catarina) têm instaurado técnicas de recuperação energética a partir do biogás de aterros sanitários.

Em São Paulo, a empresa Biogás Energia Ambiental, capta o metano gerado no aterro da CTL, recupera a energia e vende para empresas que buscam compensação ambiental com os créditos de carbono. Segundo dados colhidos junto à administração do aterro, cerca de 60% do metano captado é transformado em energia, sendo o restante queimado para transformá-lo em gás carbônico, que tem um potencial de aquecimento menor.

Ainda em São Paulo, na cidade de Caieiras, foi inaugurada no mês de setembro de 2016 a Termoverde Caieiras que, conforme Boehm (2016), "Considerando possíveis perdas, a média para a geração de energia deve chegar a 26 MW por hora, o que é o mesmo consumido por uma cidade de 300 mil habitantes". A cidade tem uma população de 97.016 habitantes, de acordo com o site do IBGE.

No estado de Pernambuco, o Shopping Camará manteve durante a fase de construção 30% de sua energia consumida advinda de biogás. Em 2017, quando o shopping inaugurar, a energia do biogás atenderá um total de 10% das lojas, que segundo Freitas (2016), equivale a "12 residências com consumo médio de 159 kWh/mês".

Em Santa Catarina a Usina de Itajaí tem capacidade de fornecer energia para 3.500 residências (G1, 2014); ainda na região Sul do país, o laboratório de biogás do Paraná tornou-se referência no assunto na América Latina (CIBiogás, 2016), além dos demais já supracitados, ou seja, o país tem grande potencial em energia limpa e a técnica é promissora, podendo vir a crescer em implementação.

Entretanto, um estudo conduzido pela Faculdade de Tecnologia de Botucatu, demonstrou que há a viabilidade no processo de conversão energética do biogás, porém o custo está acima do lucro esperado, ou seja, o empresário que investisse em tal tecnologia teria um prejuízo de R\$ 1.592,14 por ano (CERVI; ESPERANCINI; BUENO, 2011).

Em um cenário internacional, a conversão energética do biogás tem sido implantada em países desenvolvidos, como por exemplo, na Noruega, que é a primeira colocada no *ranking* do IDH do ano passado e em 2014 ficou na colocação 24ª no *ranking* de maiores economias do mundo; lá até o ano de 2013, importava-se lixo de outros locais para alimentar seus biodigestores anaeróbios.

Na cidade de Barcelona, por exemplo, parte do lixo é incinerado e compostado e o restante é situado em aterros controlados. Segundo Bonfiglioli em entrevista ao InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade - Vol. 12 no 1 – Junho de 2017

jornal *Estadão* (2010), apesar de eficiente, a técnica de recuperação energética é cara; nesse empreendimento em Barcelona, foi gasto em torno de 156 milhões e ainda contou-se com 92% de financiamento público, ou seja, a empresa não consegue se sustentar com a venda da energia. Apesar de limpa, eficiente e ter grande potencial, a tecnologia ainda é muito cara, portanto, pouco viável economicamente.

Na Alemanha, os biodigestores encontram-se em operação para fornecer energias às fazendas. No estado de Saxônia-Anhalt foi investido em torno de 31,5 milhões de euros em uma usina para a geração de energia do Parque Nordmethan Produktion Könnern Süd GmbH, conforme Fachverband Biogas (2014), *apud* SECCHI (2015). A refinaria do parque tem capacidade de fornecer energia para pelo menos 10 mil famílias.

### 3.3. Estudo da Viabilidade

A avaliação da viabilidade econômica do aproveitamento energético do biogás carece de bases de parâmetro de comparação, bem como situar o biogás no cenário da matriz energética brasileira atual.

A matriz energética brasileira é dividida em diversas fontes. A Tabela 1 mostra a oferta interna em relação ao ano de 2016.

**Tabela 1 – Matriz energética brasileira.**

Fonte	Potência instalada		Nº de usinas
	%	MW	
Biomassa	9,4	13.339	522
Eólica	6,0	8.486	349
Fóssil	18,4	26.181	2362
Hídrica	64,8	92.169	1214
Nuclear	1,4	1.990	2
Solar	0,02	23	38
Total	100	142.189	4487

Fonte: Adaptado de BIG BANCO DE INFORMAÇÕES - ANEEL (2016)

De acordo com esses dados, a biomassa, fonte que abrange o biogás, corresponde a 9,4% do total da matriz energética, sendo que desse montante, apenas 0,0722% são provenientes do biogás gerado em aterros. Atualmente, o país conta com 15 usinas produtoras de biogás a partir de resíduos sólidos urbanos, correspondendo a geração de 114680 kW de energia (BIG BANCO DE INFORMAÇÕES – ANEEL, 2016).

Um dado importante na adoção da prática de conversão energética do biogás em energia elétrica é o Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE), que consiste em uma análise do potencial de produção e sua viabilidade econômica, identificando também qual é a melhor solução tecnológica para que ocorra o beneficiamento.

Para a realização de um EVTE de biogás são levados em consideração diversos fatores: composição dos resíduos dispostos, umidade, tamanho das partículas, InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade - Vol. 12 no 1 – Junho de 2017

temperatura, pH, idade dos resíduos, projeto do aterro e sua operação, pois tais fatores influenciam na capacidade energética de geração do gás e também na vida útil do aterro.

Para se ter uma ideia de custos no tocante às diversas fontes energéticas da matriz brasileira, a seguir, na Tabela 2, é apresentado um comparativo na geração de energia elétrica.

**Tabela 2** - Comparativo de custos de investimento de matrizes energéticas

<b>FONTES DE GERAÇÃO</b>	<b>CUSTOS (em US\$/kW)</b>
Usinas Elétricas	1.330
Potencial até 60.900 MW	1.100
Potencial entre 60.900 e 70.900 MW	1.450
Potencial entre 70.900 e 80.900 MW	1.800
Potencial acima de 80.900 MW	2.500
Pequenas Centrais Hidroelétricas	1.200
Co-Geração a partir da Biomassa da Cana	900
Centrais Eólicas	1.300
Resíduos Sólidos Urbanos	1.350
Centrais Nucleares	2.200
Térmicas a Carvão Mineral	1.600
Térmicas a Gás Natural	750
Outras Usinas	500

Fonte: Tolmasquim, 2007.

Tratando especificamente da geração de energia através de biogás, na Tabela 3, a seguir, são demonstrados alguns indicadores de viabilidade econômica, divididos por regiões do país.

**Tabela 3 - Indicadores de viabilidade econômica do biogás por região**

Indicadores de Viabilidade econômica		Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Quantidade de locais por região		3	13	3	26	11
Toneladas de CO <sub>2</sub> e (mil)	Agregado	4.186,55	17.869,44	2.980,75	54.073,92	9.720,05
	Médio	1.395,52	1.374,57	993,58	2.457,91	883,64
Potencial de Geração (MW)	Agregado	13	60	10	170	33
	Médio	4,33	4,62	3,33	7,73	3,00
Valor do Investimento (R\$ MM)	Agregado	30,52	175,02	34,83	472,78	94,95
	Médio	10,17	13,46	11,61	21,49	8,63
Custo do Investimento (R\$/MW)		267,98	332,99	397,63	317,47	328,44
Custo Operacional (R\$ MM)	Agregado	123,16	558,13	78,81	1.598,11	305,24
	Médio	41,05	42,93	26,27	72,64	27,75
Custo Financeiro (R\$ MM)	Agregado	18,04	103,48	20,59	279,53	56,14
	Médio	6,01	7,96	6,86	12,71	5,10
Receita Bruta (R\$ MM)	Agregado	336,56	1.542,14	193,05	4.512,07	813,55
	Médio	112,19	118,63	64,35	205,09	73,96
Lucro Bruto (R\$ MM)	Agregado	87,67	357,97	26,61	1.137,95	184,59
	Médio	29,22	27,54	8,87	51,73	16,78
Impostos Gerados (R\$ MM)	Agregado	77,17	347,53	32,20	1.023,70	172,63
	Médio	25,72	26,73	10,73	46,53	15,69
Valor Presente (R\$ MM)	Agregado	23,86	18,87	12,97	165,16	10,24
	Médio	7,95	1,45	4,32	7,51	0,93

Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2010.

Os números apresentados reforçam o que são fora aventado: que apesar de tecnicamente viável e promissora, a tecnologia ainda é cara, pois não é aproveitada em grande escala.

### 3.4. Vantagens e Desvantagens

Mesmo com todo o potencial em torno da técnica de recuperação energética de biogás, também é necessário mostrar as restrições para o uso deste método. A Tabela 4 elenca alguns prós e contras do uso de biogás como fonte de energia, a fim de, por mais este meio, enriquecer a discussão sobre sua viabilidade.

**Tabela 4 - Vantagens e limitações do reaproveitamento energético do biogás**

<b>Recuperação energética de biogás de aterros</b>	
<b>Vantagens</b>	<b>Limitações</b>
Geração de energia, para uso do próprio aterro ou para comercialização.	Falta de garantia do fornecimento mínimo de lixo para alimentar a usina.
Disposição final adequada até o fim do ciclo de vida dos rejeitos.	Tecnicamente viável, mas em escala, a implementação ainda é muito custosa.
Reduz emissão de metano, conforme recomendam Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e Acordo de Paris.	Falta política integrada de incentivo da tecnologia em grande escala no país (como de outras energias renováveis).

### **3.5. Dos Incentivos – Sobre Energias Renováveis e Recomendações nos Acordos Internacionais**

A Segunda Guerra Mundial e a crise do petróleo em meados dos anos 1970 implicaram na necessidade da busca pela independência deste recurso, abrindo espaço à discussão sobre energias mais limpas e renováveis. Até os dias de hoje, a matriz energética mundial não é renovável em sua maioria; a matriz brasileira é considerada sustentável, contudo, é possível e preciso diversificá-la, substituindo fração da participação hidrelétrica por outras fontes, deixando, com isso, de desmatar áreas verdes e minimizando os impactos ambientais. Dessa forma, foram feitos os primeiros experimentos com o aproveitamento de biogás no Brasil, mais especificamente nas cidades Natal e Rio de Janeiro, e o primeiro biodigestor fora instalado na Granja do Torto, Brasília.

Com a iminência das mudanças climáticas, atualmente a emissão de gases de efeito estufa (GEE) é uma preocupação da pauta global. Neste sentido, o reaproveitamento de biogás se mostra interessante tanto do ponto de vista de geração de energia quanto de redução de emissão de GEE, o que parece ser um incentivo à prática. A Tabela 5 traz estimativas de emissões por tipo de disposição final, desmembradas por regiões.

**Tabela 5 - Estimativa de emissões por tipo de disposição final, por regiões**

<b>Região</b>	<b>Aterro Sanitário (tCO<sub>2</sub>e)</b>	<b>Aterro Controlado (tCO<sub>2</sub>e)</b>	<b>Lixão (tCO<sub>2</sub>e)</b>	<b>Total</b>
Norte	27.176.948	19.293.712	11.207.468	57.678.127
Nordeste	81.359.268	51.720.052	23.268.194	156.347.515
Centro-Oeste	31.972.185	29.748.332	7.131.202	68.851.719
Sudeste	448.987.315	65.900.593	22.564.710	537.452.618
Sul	61.264.397	7.954.859	2.693.376	71.912.632
<b>Total</b>	<b>650.760.113</b>	<b>174.617.547</b>	<b>66.864.950</b>	<b>892.242.611</b>

Fonte: ABRELPE, 2013.

### 3.6. Exemplo de Aproveitamento Energético do Biogás: Central de Tratamento de Resíduos Leste – CTL

Uma breve contextualização histórica: anterior ao Complexo Central de Tratamento Resíduos Leste, objeto específico deste estudo, em região vizinha funcionou durante os anos de 1992 a 2009 o Aterro Sanitário Sítio São João, sendo parte desta gestão, a partir de 2004, realizada pela concessionária EcoUrbis. O Complexo incorporou a área do antigo aterro desativado, que atualmente está sendo reabilitada, com Compensações de Serviços Ambientais (CSA), que serão exemplificadas a seguir. Em Novembro de 2010, em continuidade à operação com a junção dos aterros, o CTL passa a operar. A Figura 3 ilustra as atuais instalações da Central de Tratamento de Resíduos Leste.

**Figura 3.** Instalações da Central de Tratamento de Resíduos Leste – CTL



Fonte: Aterro CTL, 2016.

A área total do empreendimento é de 1.123.590 m<sup>2</sup>, nos quais 34% do espaço estão destinados à disposição final dos resíduos sólidos, e o restante da área à faixa de proteção ambiental, revegetação de áreas internas remanescentes, estação de queima de biogás, balanças e demais unidades de apoio operacional (ECOURBIS, 2016).

A EcoUrbis coleta resíduos urbanos das zonas Sul e Leste do município de São Paulo, atendendo a cerca de metade da população da cidade, totalizando aproximadamente 7 mil toneladas/dia. Segundo dados da empresa, este montante representa um quarto do lixo gerado em todo o estado de São Paulo, o que corresponde a cerca de 160 municípios.

O empreendimento da empresa Biogás é instalado dentro do aterro. Segundo dados da própria empresa, 60% do gás drenado é revertido em energia, os outros 40% são apenas queimados, de modo que o metano eliminado e queimado se transforme em CO<sub>2</sub>, menos poluente; ou seja, além da perda natural existente nos diversos processos de produção e distribuição energética. A empresa Biogás também comercializa os créditos de carbono de suas operações, sendo que 50% destes créditos ficam com a Prefeitura de São Paulo.

Além da adequada disposição final dos resíduos e do reaproveitamento energético do biogás, objetos deste estudo, os aterros sanitários devem receber tratamento adequado mesmo depois de finalizadas suas atividades até reabilitar a área, pois o chorume e o gás ainda continuam prejudicando o meio ambiente depois de anos.

Como compensações socioambientais, a EcoUrbis promove diversas ações e eventos, estendendo sua atuação à comunidade do entorno. Dentre tais iniciativas, podem ser citados o Programa *Ver de Perto*, espaço de conscientização ambiental, com cursos e palestras de assuntos da pauta global, como a disposição e o tratamento de resíduos; e também o *Viveiro EcoÍris* (Figura 4), que tem por objetivo cultivar plantas nativas da Mata Atlântica. Em números: "o viveiro fica em uma área de 9,5 mil m<sup>2</sup>, já produziu mais de 56 mil mudas, de 80 espécies diferentes de árvores", segundo dados da concessionária.

**Figura 4.** Compensação ambiental - Viveiro EcoÍris



Fonte: Aterro CTL, 2016.

#### **4. Considerações finais**

Em São Paulo foi possível notar grande avanço no sentido da adequação na disposição final de resíduos sólidos, sendo que os dois aterros sanitários ativos no município (considerando o de Caieiras, que também recebe rejeitos da cidade de São Paulo) utilizam a técnica de reaproveitamento energético do biogás, ainda que de forma incipiente.

Confrontando dados de estabelecimentos que fazem uso da tecnologia, como os aterros paulistas, e segundo a ABRELPE e especialistas da área, como o professor Carlos Nobre, membro do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), o Brasil tem grande potencial para energias renováveis, incluso aqui o reaproveitamento do biogás; mas o que se nota é que ainda há desperdício dessa matriz que poderia ser mais bem aproveitada.

Toda decisão, por menor que seja, passa pelos crivos político e econômico. Assim, o reaproveitamento do biogás é viável tecnicamente, ainda que do ponto de vista econômico, não seja viável em escala.

O beneficiamento do biogás de fato traz diversos benefícios: contribuição para a preservação ambiental, diversificação da matriz energética conforme preconiza a demanda global, além de contribuir à sustentabilidade do aterro, dentre outros. Entretanto, tal prática ainda é vista como pouco atraente para o mercado para que haja maiores investimentos. Neste caso, políticas públicas mais integradas, associadas aos estudos que comprovam a viabilidade do sistema, pode ser uma solução para estimular o mercado, aliando benefícios ambientais e retorno econômico.

Há, ainda, uma pseudo-comodidade da sociedade de um modo geral quanto à matriz energética brasileira, uma que a mesma é vista como renovável no cenário internacional, em função de por boa parte de sua energia vir de hidrelétricas ou queima de biomassa.

Com a gestão integrada de resíduos (sólidos e efluentes) e as tecnologias existentes, tratar o lixo como um problema parece uma ótica quase ultrapassada, mas ainda a se superar, pois se sabe haver muito valor econômico no material tido como rejeito. A paulatina educação ambiental da sociedade – ainda bastante consumista – no sentido de internalizar a ideia da responsabilidade compartilhada da gestão de resíduos, desde sua geração, bem como o aprimoramento e o incentivo a tecnologias limpas, se fazem instrumentos necessários em questões desta magnitude e natureza.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Atlas brasileiro de emissões de GEE e potencial energético na destinação de resíduos sólidos**. São Paulo, 2013, 172 p.

BARROS, R. T. V., **Elementos de gestão de resíduos sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura Editora, 2012.

BOEHM, C., **Maior termelétrica com combustível renovável é inaugurada em São Paulo**. *EBC*. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2016-09/maior-termeletrica-com-combustivel-renovavel-e-inaugurada-em-sao-paulo>>. Acesso em: 24 Out. 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). **BIG – Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <[www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/CombustivelPorClasse.cfm?Classe=Biomassa](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/CombustivelPorClasse.cfm?Classe=Biomassa)>. Acesso em: 26 Nov. 2016.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). **Programa de incentivo às fontes alternativas**. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/proinfra](http://www.aneel.gov.br/proinfra)>. Acesso em: 26 Nov. 2016.

\_\_\_\_\_. Lei n. 12.305, de 2 de Agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 16 Set. 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional**. 2016. 296 p.

\_\_\_\_\_. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **O aproveitamento energético do biogás em aterros sanitários: unindo o inútil ao sustentável**. Biblioteca Digital do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2433>>. Acesso em: 27 Ago. 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Acordo de Paris**. Disponível em: <[www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris](http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris)>. Acesso em: 13 Out. 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Estudo sobre o potencial de geração de energia a partir de resíduos de saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável**. São Paulo, 2010.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Protocolo de Quioto**. Disponível em: <[www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto](http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto)>. Acesso em: 13 Out. 2016.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Resíduos sólidos*. Índice de qualidade dos aterros. Disponível em: <<http://residuossolidos.cetesb.sp.gov.br/residuos-InterfacEHS>>. Saude, Meio Ambiente e Sustentabilidade - Vol. 12 no 1 – Junho de 2017

solidos/residuos-urbanos-saude-construcao-civil/introducao/>. Acesso em: 20 Nov. 2016.

\_\_\_\_\_; Secretaria do Meio Ambiente; Governo do Estado de São Paulo. *Biogás: pesquisas e projetos no Brasil*. São Paulo, 2006. 184 p.

COELHO, S. T.; VELÁZQUEZ, S. M. S. G.; SILVA, O.; PECORA, V.; ABREU, F.C., **Geração de Energia Elétrica a Partir do Biogás Proveniente de Esgoto**. In Proceedings of the 6. Encontro de Energia no Meio Rural, 2006, Campinas (SP/Brasil).

COSTA, D. F. **Biomassa como fonte de energia, conversão e utilização**. (Monografia). Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (PIPGE). Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

ECOURBIS. **Quem somos?** Disponível em: <[www.ecourbis.com.br/site/](http://www.ecourbis.com.br/site/)>. Acesso em: 15 Nov. 2016.

FREITAS, C.; MAKIYA, I. K. **Potencial energético a partir do biogás proveniente de aterros sanitários do Estado de São Paulo**. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social: as contribuições da Engenharia de Produção. Anais. Bento Gonçalves/RS, 2012.

FREITAS, R. **Camará Shopping gera energia a partir do lixo**. Disponível em: <<http://proclima.cetesb.sp.gov.br/2016/06/10/camara-shopping-gera-energia-a-partir-do-lixo/>>. Acesso em: 29 Out. 2016.

GARDEMANN, A. **Biogás pode substituir 25% da energia elétrica produzida no Brasil: depoimento**. 12 Jun. 2016. Brasília: Revista Brasil. Entrevista concedida a Eliana Sousa.

GONÇALVES, M. A.; TANAKA, A. K.; AMEDOMAR, A. A., **A Destinação final dos resíduos sólidos urbanos: alternativas para a cidade de São Paulo através de casos de sucesso**. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategy*, v. 5, n. 1, p. 96-131, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades. São Paulo: Caieiras*. Disponível em: <[www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=350900](http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=350900)>. Acesso em: 25 Out. 2016.

MENDES, L. **Proposta de um sistema para aproveitamento energético de um aterro sanitário regional na cidade de Guaratinguetá**. 2005. 161 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2005.

NORUEGA importa lixo para produzir energia. *Folha de S.Paulo*. 18 Jun. 2013.

PRATI, L., **Geração de Energia Elétrica a Partir do Biogás Gerado em Biodigestores**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Paraná, curso de Graduação em Engenharia Elétrica, 2010.

PRIMEIRO laboratório de biogás do Brasil torna-se referência na América Latina e no país. *Cetesb*. Disponível em: <<http://biogas.cetesb.sp.gov.br/2016/07/18/primeiro-laboratorio-de-biogas-do-brasil-torna-se-referencia-na-america-latina-e-no-pais/>>. Acesso em: 29 Out. 2016

PROGRAMA Roda Viva entrevista professor Carlos Nobre, do IPCC. São Paulo: Fundação Padre Anchieta/TV Cultura. 2013. 81 min. Disponível em:

<[http://tvcultura.com.br/videos/13508\\_carlos-nobre-19-08-2013.html](http://tvcultura.com.br/videos/13508_carlos-nobre-19-08-2013.html)>. Acesso em: 17 Nov. 2016.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Energia e Mineração. **Resíduos sólidos**.

\_\_\_\_\_. Secretaria do Meio Ambiente. **Resíduos sólidos**. Col. Cadernos de Educação Ambiental. 2. ed. v. 6. São Paulo, 2014. 164 p.

SCHAEFFER, R. (Org.) et al. **Mudanças climáticas e segurança energética no Brasil**. Rio de Janeiro: Coppe - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia/UFRJ. Jun. 2008. 68 p.

SECCHI, R. **Geração de energia elétrica a partir do biogás**. Horizontina. 10 dez. 2014. 58 p.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. **Matriz energética brasileira: uma prospectiva**. *Novos estudos Cebrap*. n. 79, São Paulo, 2007. p. 47-69.

USINA de geração de energia com biogás entra em operação em Itajaí. *G1*. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2014/07/usina-de-geracao-de-energia-com-biogas-entra-em-operacao-em-itajai.html>>. Acesso em: 29 Out. 2016.