

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS  
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO

ANTHONY AARON VENEZIA

**BIOGÁS NO ESTADO DE SÃO PAULO  
NOVO POTENCIAL EM UM MERCADO RESTRINGIDO**

São Paulo  
2014

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS  
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO

ANTHONY AARON VENEZIA

**BIOGÁS NO ESTADO DE SÃO PAULO  
NOVO POTENCIAL EM UM MERCADO RESTRINGIDO**

São Paulo  
2014

Eu autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Venezia, Anthony Aaron.

Biogás no Estado de São Paulo, Novo Potencial em um Mercado Restringido / Anthony Aaron Venezia. - 2014.

34 f.

Orientador: Arthur Barrionuevo Filho

Dissertação (MPGPP) - Escola de Administração de Empresas de São Paulo.

1. Biogás - Brasil. 2. Biocombustíveis - São Paulo (Estado). 3. Energia - Fontes alternativas. 4. Aterros. I. Barrionuevo Filho, Arthur. II. Dissertação (MPGPP) - Escola de Administração de Empresas de São Paulo. III. Título.

CDU 620.91(816.1)

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Barrionuevo Filho, por orientação. Sem sua ajuda eu simplesmente teria sido outro gringo perdido em um mundo de teses na língua portuguesa.

Ao Dean Urbano Garza de Columbia University, por acreditar em mim. Eu estive preocupado com escrever esta tese mas você sempre dizia que tudo daria certo. Porém, sem seu apoio, tanto material quanto intelectual, eu não sei se isso teria acontecido.

À Senhorita Maria Ester Franklin Maia Silva, por sua ajuda linguística e por ter toda a paciência do mundo. Eu mal mereço uma mulher na minha vida tão fantástica quanto você. Você é uma das pioneiras. O mundo de arqueologia te aguarda.

Ao pessoal do Instituto de Energia e Ambiente (IEE) da Universidade de São Paulo, pela sua orientação e sabedoria com respeito aos aspectos regulatórios do mercado de gás e biogás.

“One man’s trash is another man’s treasure.”

- Provérbio Antigo

(ou talvez só fosse algo que meu avô disse uma vez)

## RESUMO

VENEZIA, ANTHONY AARON **Biogás no Estado de São Paulo, Novo Potencial em um Mercado Restringido**. 2014. 34f. Porção Individual, Trabalho de Conclusão (Mestrado) – Fundação Getúlio Vargas, Escola de Administração de Empresas, São Paulo, 2014.

O trabalho tem como objetivo apresentar o aproveitamento de biogás de aterros como uma alternativa potencial à utilização de gás natural no Estado de São Paulo. O trabalho descreve a produção de biogás e os principais desafios para levar o produto final ao mercado. São descritos os benefícios, tanto econômicos e energéticos quanto ambientais, do aproveitamento de um recurso que é geralmente esquecido. O trabalho analisará o perfil da produção de biogás de aterros no Brasil e como a regulação interage com uma indústria que em grande parte é nova. O trabalho propõe umas ideias a respeito de fontes de verbas para novos projetos, além de analisar algumas experiências internacionais. Utilizando teoria econômica, o trabalho tentará mostrar como esta fonte de energia poderia ser introduzida no mercado, mesmo sob condições econômicas desafiadoras.

Palavras-chave: Aterro. Biogás. Biometano. Brasil. Energia.

## **ABSTRACT**

VENEZIA, ANTHONY AARON **Biogas in São Paulo, New Potential in a Restricted Market**. 2014. 34 pgs. Capstone Project, Individual Submission (Master's Degree) – Fundação Getúlio Vargas, Escola de Administração de Empresas, São Paulo, 2014.

The objective of this work is to present landfill biogas as a potential alternative to the usage of conventional natural gas in the State of São Paulo. This work provides a basic overview of the production of biogas from solid waste as well as the implicit challenges in bringing it to market. The energy, economic and environmental benefits of this often-overlooked resource are also described. This work will take a look at the profile of landfill biogas production in Brazil today as well as briefly examine how regulation interacts with an industry that is in large part brand new. The work also takes a look at several international examples and proposes some sources of funding for new projects. Utilizing economic theory, this essay will try to show how this source of energy could be introduced to the market, even under challenging economic conditions.

Key-words: Biogas. Biomethane. Brazil. Energy. Landfill.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>1. A PRODUÇÃO DE BIOGÁS</b> .....	<b>9</b>
<b>2. GERAÇÃO DE BIOGÁS DE ATERROS SANITÁRIOS</b> .....	<b>11</b>
<b>3. TECNOLOGIA DE FILTRAGEM</b> .....	<b>13</b>
<b>4. ENERGIA E EMISSÕES</b> .....	<b>15</b>
<b>5. GERAÇÃO DE GÁS NATURAL LIQUEFEITO</b> .....	<b>20</b>
<b>6. ECONOMIA: OFERTA E CONCORRÊNCIA</b> .....	<b>22</b>
<b>7. REGULAÇÃO E ABERTURAS NO MERCADO</b> .....	<b>25</b>
<b>8. FINANCIAMENTO PARA PROJETOS DE BIOGÁS</b> .....	<b>27</b>
<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>31</b>

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos com o descobrimento das reservas do Pré-Sal, as discussões a respeito da produção energética no Brasil tem tido o seu foco no desenvolvimento de recursos de petróleo. Não obstante, existem outras fontes de energia que também fatoram na equação, embora talvez sejam menos marcantes. O Brasil já se estabeleceu como um líder na produção de biocombustíveis como o etanol. Porém, o país ainda não chegou ao auge do seu potencial produtivo com respeito a fontes renováveis de energia.

Embora tenha um papel relativamente ínfimo em responder à demanda de energia no país, o gás produzido através do processamento de lixo, ou seja, biogás, poderia ser sob circunstâncias ideais, outra fonte importante de energia.

Este fato é especialmente relevante considerando as mudanças climáticas. O Brasil nos últimos anos tem passado por momentos de escassez de água, o que causa a dependência de importações de gás natural para a geração de eletricidade através de usinas termelétricas em um país onde energia hidrelétrica constitui a maior fatia da matriz energética. Há investimentos em infraestrutura e tecnologia próprios para o desenvolvimento de biogás<sup>1</sup> no Brasil, porém são poucos em relação às necessidades energéticas de um país de tamanho continental.

Este trabalho analisará brevemente o potencial para a produção de biogás de resíduos sólidos, com base no fato de que a Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo (ARSESP) tem identificado a falta de oferta de gás natural dentro do Estado como um problema para o bem estar econômico dos consumidores.

Utilizando argumentos baseados em artigos econômicos e científicos, o trabalho tentará mostrar como o biogás poderia ser uma alternativa razoável ao uso de gás natural convencional. O trabalho também analisará brevemente a regulação relevante, tentando mostrar teoricamente como esta nova fonte de energia poderia ser viável, especialmente dado o fato que o Brasil ainda não tem uma cadeia produtiva liberalizada de gás natural atualmente.

Importante observar que existe a disposição, tanto politicamente quanto financeiramente, para o investimento em e desenvolvimento de tais projetos. Não obstante, e apesar desta vontade, o Brasil ainda não chegou ao ápice do seu potencial de geração de biogás.

---

<sup>1</sup> Na literatura acadêmica, o termo biogás é usado de forma generalizada. Ou seja, refere-se a etanol, energia gerada através da queimadura de lixo normal ou biocombustíveis em geral.

## 1. A PRODUÇÃO DE BIOGÁS: QUÍMICA E DECOMPOSIÇÃO

O biogás é gerado através do processamento de lixo orgânico. Sejam as origens animais ou vegetais, no processo natural de decomposição, qualquer resíduo orgânico gerará uma dada quantidade de gás dentro de um prazo de mais ou menos seis meses.<sup>2</sup> Sob circunstâncias normais, por exemplo em um lixão, este gás estará perdido, tornando-se um gás de efeito estufa que agregadamente resultará em forte impacto negativo ao meio ambiente.<sup>3</sup>

Existem quatro etapas na decomposição natural dos resíduos orgânicos.<sup>4</sup> O gás solto de um lixão é composto por centenas de elementos químicos diferentes. Ao longo do processo de decomposição, as proporções dos gases produzidos mudam, de acordo com cada etapa.<sup>5</sup> Quando o lixo está depositado em um lixão, a primeira etapa, decomposição aeróbica, se inicia, ou seja, o processo é catalisado pelo oxigênio (O<sub>2</sub>). Nesta etapa a maior componente do gás gerado é o nitrogênio (N ou N<sub>2</sub>).<sup>6</sup> A segunda etapa tem início com a atuação de bactérias encontradas no solo e nos resíduos através da digestão anaeróbica, ou seja, sem a presença de oxigênio. Nesta etapa a proporção de dióxido carbônico (CO<sub>2</sub>) aumenta enquanto o nível de nitrogênio cai de um nível de aproximadamente 50% do gás gerado até um nível de somente 25%. Na terceira etapa a digestão anaeróbica começa a geração de metano (CH<sub>4</sub>), o componente principal do gás natural.<sup>7</sup> Na quarta e última etapa, o processo estabiliza-se. As proporções finais do gás em metano e dióxido carbônico são de aproximadamente, 50% por cada gás, com uma pequena porcentagem de nitrogênio e outros elementos químicos.<sup>8</sup> Geralmente esse processo tem duração menor do que um ano.

---

<sup>2</sup> TRIGUEIRO, André. Transformação de Lixo em energia já é realidade no Brasil. **Jornal da Globo**, Rio de Janeiro, 1 Março 2013, (Doravante: Trigueiro)

<sup>3</sup> Ibid.

<sup>4</sup> EUA. DISTRITO DE COLUMBIA. Environmental Protection Agency. Chapter 1: Landfill Gas Energy Basics. **United States Environmental Protection Agency, Landfill Gas Energy Project Development Handbook**, Washington D.C., 8 Setembro 2010, pp. 2. (Doravante: EPA Handbook)

<sup>5</sup> EUA. DISTRITO DE COLUMBIA. Centers for Disease Control. Chapter 2: Landfill Gas Basics. **United States Centers for Disease Control, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Landfill Gas Primer: An Overview for Health Professionals**, Washington, D.C., Novembro 2001, pg. 3.

<sup>6</sup> Ibid.

<sup>7</sup> Ibid.

<sup>8</sup> Ibid.

O biogás também pode ser produzido em outros contextos. No que talvez seja especialmente relevante ao contexto brasileiro dado o enorme setor de agricultura, o biogás poderia ser gerado de resíduos agrícolas, como excremento de suínos ou de gado.

A produção de biogás utilizando os resíduos oriundos do processamento de cana de açúcar, (vinhaça), ilustra alguns desafios logísticos na conversão de lixo em uma fonte de energia útil. No caso de uma usina de açúcar, a vinhaça tem de ser processada para extrair o biogás da matéria-prima. Este trabalho pretendia tentar analisar o potencial de geração de biogás de vinhaça, dado o tamanho do setor brasileiro de etanol. Porém, foi descoberto que sem a agregação da vinhaça de várias usinas – no qual requereria um esforço considerável de coordenação entre produtores de açúcar com poucos incentivos econômicos, dados os custos - esta opção simplesmente não seria viável para gerar energia em grande escala.<sup>9</sup>

O biogás pode ser gerado também através do processamento de outros resíduos sólidos como esgoto humano, que talvez tenha certa relevância à ARSESP dado o fato de que este órgão também seja responsável pela regulação de saneamento. Embora sejam além do escopo deste trabalho, estas opções mostram que há fontes alternativas de energia que não estão sendo aproveitadas de maneira cabal.

---

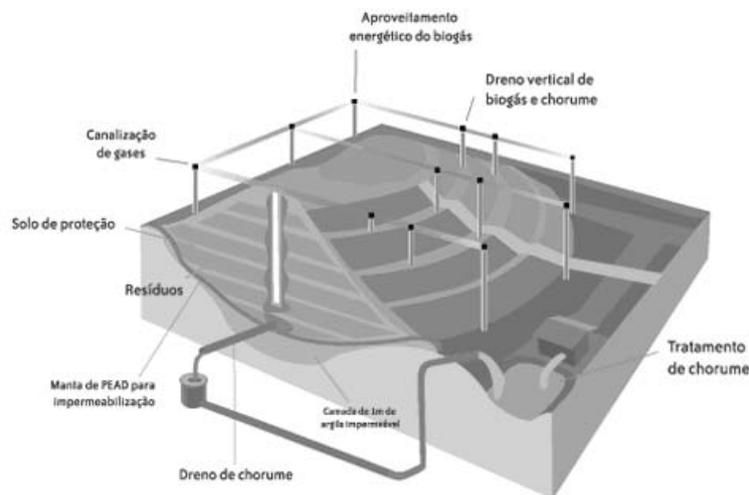
<sup>9</sup> HASSUANI, José Suleiman et. al. Trash Recovery Cost, **Biomass Power Generation, Sugarcane Bagasse and Trash: Série Caminhos para a Sustentabilidade**. Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento/Centro de Tecnologia Canavieira., Piracicaba, Brasil, 1<sup>a</sup> Edição, pg. 83, 2005.

## 2. GERAÇÃO DE BIOGÁS DE ATERROS SANITÁRIOS

A técnica mais comum adotada mundialmente para a geração de biogás é o aproveitamento de aterros. Como já foram mencionados os desafios de agregação no exemplo da utilização da cana-de-açúcar, aterros automaticamente superam a necessidade de agregar a matéria primária em um lugar só. Além disso, a geração de gás realizada desta maneira apresenta benefícios ambientais óbvios: diminuição da poluição e o aproveitamento do metano convertido, que representa a redução nos gases de efeito estufa. De outra maneira estes gases estariam soltos na atmosfera.

O biogás pode ser aproveitado somente à partir de um aterro sanitário fechado. Portanto, depósitos de lixo a céu aberto sem infraestrutura que diminua os impactos ao meio ambiente como drenagem do efluente do lixo, estão fora da consideração deste trabalho.

Para o processo de extração de biogás em aterro sanitário, o local deverá ser coberto com camadas de solo e argila, para que o gás fique preso, além de e também para minimizar a entrada de  $O_2$  e umidade do ar. O Diagrama 1 mostra o *layout* básico do aterro fechado.



*Diagrama 1: Sistema esquemático de um aterro*

*Fonte: Banco Nacional de Desenvolvimento (2008)*

A ilustração acima mostra as feições básicas do sistema instalado. O aterro é um aterro sanitário, no qual há mecanismos de tratamento para lidar com o efluente ou chorume.<sup>10</sup> O diagrama também mostra o aproveitamento do biogás à nascente e então, a canalização do biogás até uma planta onde pode ser processado. Uma feição importante que não é mostrada no diagrama para cima é um *flare*, em inglês. Por causa do fato de que a taxa de decomposição é variável dependendo da parte do aterro, o fluxo de gás pode ser imprevisível. O *flare* queima gás excessivo para tentar equilibrar essas flutuações, fornecendo um fluxo mais constante.

O Diagrama 2 - simplificado e infelizmente disponível somente em inglês - mostra o perfil da estrutura de um poço vertical. Após a perfuração, os poços serão instalados no aterro para extrair o gás cru. Essas estruturas podem ser horizontais também, dependendo do desenho, mas ambos os tipos funcionam essencialmente da mesma maneira.<sup>11</sup>

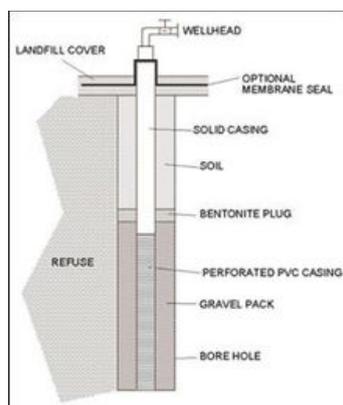


Diagrama 2: Instalação de um poço vertical no aterro

Fonte: EUA, *Environmental Protection Agency* (2010)

No Diagrama 2, são visíveis as camadas do solo (soil), e a cobertura (cover/seal) do aterro. O poço tem perfurações (perforated PVC casing) para que o gás possa ser captado. O gás cru sai do poço através do *wellhead*, ou nascente, que não deve ser confundida com uma nascente tradicional de gás natural. Depois da colheita, o gás cru será canalizado por um duto até uma instalação de purificação.

<sup>10</sup> PINTO FERREIRA LANDIM, Ana Luiza e Lizandra Prado de Azevedo. O Aproveitamento do Biogás em Aterros Sanitários: Unindo o Inútil ao Sustentável. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, Brasil, No. 27, pg. 89, 2008. (Doravante: BNDES)

<sup>11</sup> EPA Handbook, Chapter 3: Project Technology Options. pg. 3-2

#### 4. FILTRAGEM: A LIMPEZA E PADRONIZAÇÃO DO BIOGÁS

Para poder ser inserido em um gasoduto comercial, o biogás deve chegar a um nível de purificação de pelo menos 97% de metano depois de passar por processo de filtragem para que atinja o padrão do gás natural convencional.<sup>12</sup> Após ser purificado a este nível, o gás é considerado biometano.

Antes deste limiar o biogás pode ser usado somente para fins industriais. A um baixo teor de pureza a estocagem do biogás não é economicamente viável. Portanto, o gás geralmente é vendido a indústrias vizinhas através de um gasoduto conectado à planta.<sup>13</sup> Como mencionado acima, o gás cru possui uma variedade de impurezas, incluindo enxofre e resíduos químicos de produtos industriais encontrados no lixo, que têm de ser filtradas.<sup>14</sup> O lixo também contém água e umidade que serão secadas antes de serem processadas.

Depois desta primeira etapa de filtragem o metano do biogás deve ser separado dos outros gases misturados ao gás cru. Há várias tecnologias que podem ser utilizadas para separar o metano. Este trabalho descreverá somente uma denominada *Pressure Swing Absorption* (PSA) (Diagrama 3).

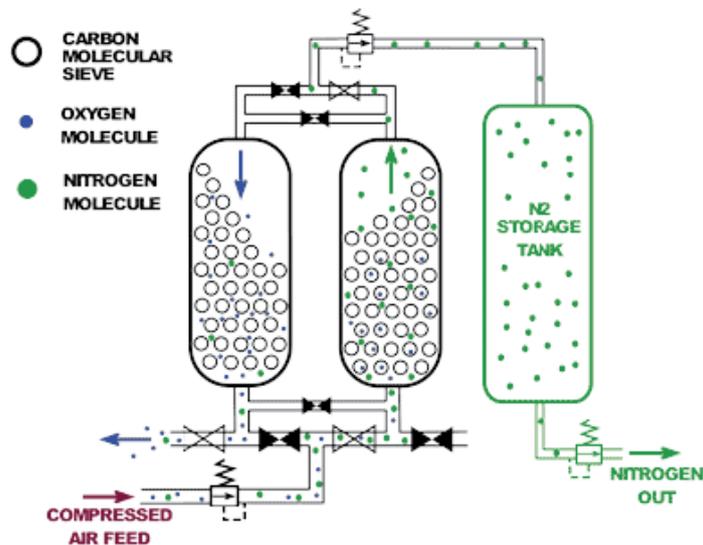


Diagrama 3: Pressure swing absorption com nitrogênio

Fonte: Air Center Incorporated (2014)

<sup>12</sup> KROFF, Pablo. **Maximização da Produção de Biogás, Otimização da Produção de Energia: Case Study, Bio4Gas.** Lisboa, Portugal: 2011.

<sup>13</sup> EPA Handbook, pg. 3-11.

<sup>14</sup> EPA Handbook, pg. 3-6.

PSA é um processo que utiliza carbono para limpar, ou seja, separar gases. Sob pressão alta, moléculas de certos tipos de gás são atraídas ao carbono, deixando os outros gases a serem retirados da mistura. No diagrama acima a separação é feita com  $N_2$  e  $O_2$ . No caso de um aterro, em vez de nitrogênio, o metano seria o gás produzido ou separado dos outros gases, porém, o processo seria essencialmente o mesmo. Depois da canalização do gás ao “air feed” no diagrama, os dois tanques trocam os gases, até o  $O_2$  ficar preso ao carbono. Então, o gás solto, ou seja, o gás que não foi capturado pelo carbono é forçado para fora do sistema. No diagrama, o  $N_2$  é forçado à estocagem ou é destinado para uso final.

Das várias maneiras de limpar o biogás, Ryckebosch et al, apontam para o fato de que o PSA é tão eficiente quanto qualquer outro processo - de 95 a 99% de pureza ou concentração de  $CH_4$  - e utiliza pouca energia.<sup>15</sup> Também pode ser utilizado em ambos contextos grandes e pequenos. Aparentemente o maior desafio na utilização desta tecnologia está vinculado ao fator econômico, já que o investimento inicial e os custos de operação e manutenção da planta são altos. Não obstante, vale ressaltar que das opções mostradas no mesmo artigo acadêmico por Ryckebosch et al, todas as tecnologias disponíveis possuem custo de certa forma elevado quanto ao investimento inicial ou as operações.<sup>16</sup> Dados os custos adicionais de purificar o biogás ao padrão exigido, muitos produtores de biogás escolhem queimar o biogás menos puro para gerar energia elétrica.

Se o biogás for purificado até o padrão de gás natural convencional, será possível injetar o gás na rede comercial de gasodutos para consumo. Além disso existem outras opções. Muitas cidades purificam o biogás dos seus aterros até a qualidade de gás natural veicular (GNV), que exige um nível de purificação semelhante ao nível exigido para injeção em um gasoduto, para fornecer combustível renovável às suas frotas de veículos municipais. Por exemplo, este foi o caso em certas subprefeituras da cidade de Los Angeles na Califórnia que começaram gerar biogás dessa forma em 1993, mostrando que tais alternativas podem tornar-se possíveis.<sup>17</sup> O fato de que a tecnologia tem ficado mais acessível e eficiente ao longo das duas décadas que se passaram desde então é prova da viabilidade de tais projetos.

---

<sup>15</sup> RYCKEBOSCH, Eline, et al. Techniques for transformation of biogas to biomethane. **Biomass and BioEnergy**, No. 35, pg. 1640, 2008.

<sup>16</sup> Ibid.

<sup>17</sup> LEPAGE, Andrew. Landfill Trucks Dump Diesel for Natural Gas Technology: Puente Hills harnesses methane from refuse and turns it into clean-burning fuel, operators hope to convert entire fleet. **The Los Angeles Times**, Los Angeles, Califórnia, EUA, 20 Junho 1993.

#### 4. ENERGIA E EMISSÕES

A produção de biogás é geralmente expressada em termos de quilowatts/hora. A eletricidade gerada desta maneira, ou seja, cogeração, queima o biogás que tem um nível de pureza mais baixo do que o padrão de gás natural convencional. A capacidade energética destes aterros pode ser impressionante. Por exemplo, o Aterro Bandeirantes - o maior exemplo no Estado de São Paulo da colheita de gás deste jeito e de fato o primeiro projeto de conversão de biogás de lixo no Brasil<sup>18</sup> - gera grandes quantidades de eletricidade anualmente através da cogeração com biogás a um custo de USD\$15 milhão de investimento para implementação.<sup>19,20</sup> Embora a energia represente uma fatia ínfima do consumo total do Estado, é energia útil derivada de uma fonte que de outra maneira seria perdida.

Existem algumas boas ferramentas que nós permitem fazer estimativas do poder energético de projetos de biogás baseados em vários fatores. Por exemplo, o tamanho do aterro, ou contrariamente, a quantidade desejada de luz através de cogeração para calcular o tamanho ou outras condições precisas. As ferramentas também permitem que o usuário meça os benefícios ambientais, como por exemplo a quantidade da redução de gases de efeito estufa obtida através do projeto.

---

<sup>18</sup> **Aterro Bandeirantes Landfill Gas to Energy Project Case Study.** Disponível em: <[http://www.cleanenergyactionproject.com/CleanEnergyActionProject/CS.Aterro\\_Bandeirantes\\_Landfill\\_Gas\\_to\\_Energy\\_Project\\_\\_Landfill\\_Gas\\_Waste-to-Energy\\_Case\\_Studies.html](http://www.cleanenergyactionproject.com/CleanEnergyActionProject/CS.Aterro_Bandeirantes_Landfill_Gas_to_Energy_Project__Landfill_Gas_Waste-to-Energy_Case_Studies.html)>. Acesso em: 24 Julho 2014. (Doravante: BLFGE Case Study)

<sup>19</sup> WORLD BANK. **Bandeirantes Landfill Gas to Energy Project, Abril 2007: Biogás, Energia Ambiental, S.A.** Disponível em: <<http://siteresources.worldbank.org/INTLACREGTOPURBDEV/Resources/840343-1178120035287/BrazilBandeirantesLFGtoEnergyPresentation.pdf>> Acesso em: 24 Julho 2014.

<sup>20</sup> BLFGE Case Study.

O *Environmental Protection Agency* (EPA) dos EUA tem ferramentas como o *Landfill Gas Emissions Benefit Calculator* para estimar poder energético e os benefícios ao meio-ambiente.<sup>21</sup> Também existem ferramentas nacionais excelentes que podem auxiliar a estimar potencial energético. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) tem um mapa interativo do Brasil com recursos do Google Maps que fornece dados sobre aterros, seus tamanhos e seus potenciais energéticos.<sup>22</sup> O mapa não somente mostra aterros mas também projetos que utilizam resíduos sólidos de operações agrícolas, como fazendas e matadouros. Além disso, embora haja poucos, o mapa mostra termoelétricas que funcionam utilizando biogás e outros projetos de pequena escala.

Utilizando as ferramentas em conjunção, o quadro seguinte mostra o potencial energético e benefícios ambientais de cinco aterros de tamanhos variáveis no Estado de São Paulo.

---

<sup>21</sup> Infelizmente, uma análise dos custos econômicos não foi viável. Desafios logísticos fizeram com que a obtenção de muitos dados fosse quase impossível. A agência (EPA) foi cordial em correspondência com o escritor, também fornecendo a ele, além da ferramenta mencionada acima, uma ferramenta geralmente não disponível ao público para estimar custos de implementação/manutenção. A ferramenta até mesmo mostra as estimativas da quantidade de trabalhos que serão criados pelo projeto. Porém, infelizmente a ferramenta exige informações obrigatórias para gerar um modelo econômico que simplesmente não foram disponíveis ao escritor, e portanto, não foi possível gerar cálculos; a ferramenta é desenhada para uso municipal. Por exemplo, a fórmula exige a taxa de fluxo de chorume, a distância entre o aterro e consumidores finais e a distância entre o aterro e a rede de distribuição de gás natural mais próxima. Do lado brasileiro, várias informações governamentais das agências do Estado de São Paulo que geralmente estão disponíveis ao público também foram bloqueadas através da Lei N° 9.504/1997; a lei nega acesso a certos dados públicos nos meses antes de uma eleição, neste caso até as eleições em outubro.

<sup>22</sup> O mapa está disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/mudancas-climaticas/biogas/Projetos%20de%20mdl/22-Projetos%20de%20MDL>>

Localização/Aterro	Potencial Cogeração (MW)	Redução de CO <sub>2</sub> (Milhões de toneladas métricas/ano)	Redução de CH <sub>4</sub> (Toneladas/ano)*	Biogás/CH <sub>4</sub> Geração (Nm <sup>3</sup> ) <sup>#,%</sup>
Aterro Alto-Tietê	2,00	0,0759	3.984	3.188.315,52
Aterro Lara/Mauá	20,45	0,7761	40.738	32.601.806,64
Aterro Anaconda	2,30	0,0873	4.582	3.666.882,96
Aterro Caieiras	14,56	0,5526	29.004	23.211.321,12
Aterro Quitaúna	2,25	0,0854	4.482	3.586.854,96

\*A EPA estima que 60-90% do metano gerado por um aterro pode ser aproveitado, dependendo da eficiência da planta. Esta tabela supõe um aproveitamento conservador de 60% da "Redução de CH<sub>4</sub>" e então converte as toneladas para calcular metros cúbicos normais.

# Taxa de Conversão, toneladas de CH<sub>4</sub> em Nm<sup>3</sup>: 1 tonelada = 1.333,80 Nm<sup>3</sup>

%Esta figura não conta com a taxa de declínio da produtividade do aterro.

*Quadro 1: Energia e emissões de vários aterros*

*Fontes: EPA, Landfill Gas Emissions Benefit Calculator e CETESB, Google Maps: Projetos de Biogás no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (2014)*

Este cálculo deve servir somente como uma referência básica. Vale ressaltar algumas observações adicionais derivadas da análise utilizando as ferramentas supracitadas. Agregadamente, a ferramenta mostra que esses cinco aterros geram bastante eletricidade para fornecer energia elétrica a quase 25.000 casas e também mostra uma estimativa do contrabalanço de CO<sub>2</sub> obtido através de evitar o uso de energia de origem fóssil, ou seja, a poupança de emissões obtida indiretamente utilizando o biogás em vez de energia daquelas fontes.

Essa estimativa da redução de gás de efeito estufa representa até um fator de três o CO<sub>2</sub> poupado da atmosfera para cada aterro. Isto é além do benefício da utilização do metano em si mesmo. Se o metano estivesse solto à atmosfera teria um efeito negativo 24 vezes maior do que CO<sub>2</sub>.<sup>23</sup> Mesmo que somente fosse para gerar eletricidade, ou seja, se o biogás não fosse purificado até o padrão de biometano, o aproveitamento ainda seria vantajoso. Com a tendência a se utilizar usinas termoelétricas para cogeração durante períodos difíceis como secas, essa fonte reduziria a dependência do Brasil em gás convencional, seja ele importado ou não. Os exemplos acima de maneira geral estão à produção de energia elétrica; ou seja, os aterros não estão sendo explorados em todo seu potencial como geradores de biometano para outros fins.

<sup>23</sup> BERNA, Vilmar. Prefeitura do Rio inaugura Usina de Gás Verde em Jardim Gramacho. **Revista do meio ambiente**, Niterói, Brasil, 13 Julho 2013.

Um exemplo excelente do potencial de geração de biometano, e inédito no país, tanto em escopo quanto em termos de ser um modelo novo, é o Aterro Jardim Gramacho, no Estado do Rio de Janeiro. O aterro era o maior lixão da América Latina antes do seu fechamento.<sup>24</sup> O projeto piloto utilizando biogás do aterro é notável por várias razões.

O aterro está produzindo biometano de alta qualidade. O projeto é previsto para gerar 90 milhões de Nm<sup>3</sup> de biogás; o valor econômico em créditos de carbono o qual é mais do que R\$527 milhões.<sup>25</sup>

O projeto funciona em conjunção com política pública estratégica. Em 2012 o Estado de Rio de Janeiro legislou a Política Estadual de Gás Natural Renovável. Do mesmo modo que o Governo Federal criou medidas para estimular a incorporação de etanol em conjunção com combustível tradicional, a nova Lei Estadual exige o uso de biogás de aterros na distribuição de gás natural:

Art. 3º As concessionárias de distribuição de gás canalizado do Estado do Rio de Janeiro ficam obrigadas a adquirir, de forma compulsório, todo o Gás Natural Renovável – GNR, produzido no Estado até o limite de 10% (dez por cento) do volume de gás natural convencional distribuído por cada uma delas, não incluído o volume destinado ao mercado termelétrico.<sup>26</sup>

Essa política também é notável porque aparentemente encoraja um modelo mais aberto na formação de preços, permitindo a concessionárias a liberdade de estabelecer preços com produtores que viabilizem de uma maneira mais eficiente, a produção e o transporte do produto final.<sup>27</sup> Essa feição talvez exiba uma vontade de criar um ambiente econômico mais aberto ao nível estadual.

---

<sup>24</sup> ORTIZ, Fabiola. Recuperação de area do lixão de Gramacho deve demorar ao menos 15 anos. **UOL Notícias**, Rio de Janeiro, Brasil, 3 Junho 2012.

<sup>25</sup> EUA. DISTRITO DE COLUMBIA. Environmental Protection Agency (EPA). **U.S.-Brazil Joint Initiative on Urban Sustainability: Gramacho Landfill Gas to Energy System**. Washington, D.C., 2012.

<sup>26</sup> RIO DE JANEIRO. Lei N° 6361, de 18 de Dezembro 2012. Dispõe sobre a política nacional de gás natural renovável - GNR, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 19 Dezembro 2012. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/diarios/72579195/doerj-poder-executivo-27-06-2014-pg-2?ref=home>> Acesso em 27 Junho 2014.

<sup>27</sup> Ibid, Artigo 5.

O projeto também é uma Parceria Público-Privada (PPP) entre a Prefeitura do Rio de Janeiro, o U.S. Export-Import Bank e várias empresas privadas incluindo a Gás Verde S.A.<sup>28</sup>, Novo Gramacho Ambiental S.A., Biogás Energia Ambiental S.A., a empresa americana de tecnologia Firm Green e até mesmo a própria Petrobrás.<sup>29</sup> A Petrobrás possui uma refinaria conectada à planta do aterro através de um gasoduto. A empresa é detentora de ações no projeto e é acreditado que tenha interesse em explorar o potencial de venda do biogás sob uma “marca verde” no futuro. Além disso, o projeto exhibe o potencial de benefícios, tanto econômicos quanto ambientais, além da cogeração da energia em si mesma.

Em 2010 houve a estreia de um filme cujo título em inglês é *Waste Land* com temática focada nas comunidades de entorno do acima citado Jardim Gramacho e nas pessoas que trabalhavam nele para sobreviver; o documentário ganhou vários prêmios internacionais.<sup>30</sup> A construção de um novo e pioneiro polo de reciclagem perto desse local está fornecendo treinamento e oportunidade de geração de renda para 500 catadores de lixo que sustentavam-se de materiais aproveitados do lixão.<sup>31</sup> Tal criação de novos empregos vai além dos trabalhos criados no desenvolvimento da planta de biogás em si mesma. Também há outra vantagem econômica sob o aspecto das Políticas Públicas: a formalização do contrato de trabalho destes trabalhadores, retirando-os do mercado clandestino para o mercado formal de emprego.

---

<sup>28</sup> O escritor através de uma conexão profissional pretendia entrevistar o diretor de uma destas empresas, porém, infelizmente a coordenação de logísticos para que a entrevista fosse viável simplesmente não foi possível.

<sup>29</sup> Trigueiro.

<sup>30</sup> WASTE LAND. Direção: Vik Muniz e Lucy Walker. Produção: Angus Aynsley e Hank Levine. São Paulo: O2 Filmes, 2010. (100 min.), Site Disponível em: <<http://www.wastelandmovie.com/#>> Acesso em: 14 Junho 2014.

<sup>31</sup> BRASIL. RIO DE JANEIRO. Secretária de Estado do Ambiente (SEA). **Polo de Reciclagem de Gramacho: Catadores de antigo lixão em Caxias começam nova fase profissional, trabalhando em projeto pioneiro com o auxílio de moderno maquinário.** Rio de Janeiro, 16 Dezembro 2013.

## 5. GERAÇÃO DE GÁS NATURAL LIQUEFEITO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: UMA NOVA FRONTEIRA?

Cogeração reflete a prática comum. As alternativas, embora sejam relativamente novas em termos de escala e utilização, seriam ainda mais aplicáveis à situação na qual a ARSESP encontra-se e o desafio de criar mais oferta de gás pelo mercado de distribuição.

Dois novos projetos nos Estados Unidos comprovam que distribuidoras brasileiras poderiam seguir um novo rumo para gerar oferta de gás. O aterro de Altamont na cidade de Livermore produz gás natural liquefeito (GNL) a partir de resíduos sólidos compatível à qualidade exigida para inserção em um gasoduto comercial. Em conjunção com uma empresa alemã o *Grupo Linde*, este projeto piloto do Estado da Califórnia utilizando tecnologia de última geração tem mostrado que é possível produzir GNL consistentemente a um custo competitivo.<sup>32,33</sup> O fato de que a planta produz GNL mostra outra vantagem clara.

Obviamente o custo de transporte vem à tona como uma pergunta válida nesta equação. No entanto, o investimento maciço na construção de nova infraestrutura como gasodutos para a distribuição do produto desde onde é produzido não seria preciso, diferente do que ocorre no caso de uma nascente de gás natural convencional. Esta feição também evita a necessidade de lidar com a burocracia, ou seja, a Lei 11.909/2009 que rege as condições para implantar novas redes de distribuição, caso os gasodutos existentes não atendam às necessidades das distribuidoras.<sup>34</sup>

Além disso, tal projeto evitaria a necessidade de negociar o direito de passagem dos trechos pelos quais o gasoduto passaria. Hipoteticamente o biometano liquefeito poderia ser enviado para qualquer lugar dentro ou fora do Estado de São Paulo, e a re-gasificação é um processo relativamente simples.

---

<sup>32</sup> EUA. CALIFÓRNIA. State of California Energy Commission. **Altamont Landfill Gas, Purification, Testing and Monitoring**. Sacramento, Outubro, 2013. pg. 15

<sup>33</sup> Precisa-se dizer, porém, que o relatório destaca que a revolução de gás de xisto nos EUA mudou o clima de preços de GNL tão rapidamente nos últimos anos que presentemente somente operações de grande escala poderiam gerar GNL economicamente desta maneira.

<sup>34</sup> BRASIL. Lei nº 11.909 de 4 de março de 2009. Capítulo VI, Artigo 46. Dispõe sobre as atividades relativas ao transporte de gás natural, de que trata o art. 177 da Constituição Federal, bem como sobre as atividades de tratamento, processamento, estocagem, liquefação, re-gasificação e comercialização de gás natural; altera a Lei no 9.478, de 6 de agosto de 1997; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/111909.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/111909.htm)>. Acesso em: 25 Julho 2014.

O segundo projeto talvez seja ainda mais aplicável à situação de distribuição no Estado de São Paulo. A Cidade de Escondido em conjunção com a *Southern California Gas Company* (SCGC) tem desenvolvido um projeto que também produz biogás de alta qualidade. De fato a qualidade do biometano gerado é ainda melhor do que gás natural convencional; o sistema de purificação deles consistentemente produz gás a um nível de pureza de 99,99% de metano.<sup>35</sup> A Cidade pretende injetar o biogás na rede local e além disso, diferente do projeto de Altamont que utiliza um aterro sanitário, esse projeto utiliza água de esgoto, algo que talvez tenha certa relevância para a ARSESP.

Uma desvantagem desses projetos é a dificuldade em fornecer custos para o desenvolvimento de tais operações, em grande parte porque são muito recentes. Em geral os custos ainda são elevados em comparação a gás natural convencional. Porém, mesmo os produtores da tecnologia de purificação dizem que se for possível gerar biogás dessa maneira em maior escala, economias de escala aplicariam.<sup>36</sup>

Além disso, estimativas também são variáveis. Por exemplo, o SCGC estima que a empresa poderia vender biogás dentro de uma faixa de USD\$10-13 por milhão de *british thermal units*, reconhecendo que esse preço é significativamente mais alto do que o preço do mercado disponível atualmente.<sup>37</sup>

Ainda restam desafios econômicos, porém, dado o domínio da Petrobrás com respeito à cadeia produtiva de gás natural, esta opção ao menos deve ser considerada em médio a longo prazo.

Também é razoável supor que haverá avanços tecnológicos nos anos vindouros, o que pode acarretar em custos de produção mais flexíveis. Apesar do fato de operações desta natureza ainda não estarem sendo utilizadas amplamente, governos como o Estado da Califórnia reconhecem o seu potencial, e portanto, estão investindo agora para que estejam prontos para aproveitar no futuro.

---

<sup>35</sup> AUSTIN, Anna. Southern California Gas Company, Escondido demonstrate biogas technology. **Biomass Magazine**, Grand Forks, North Dakota, EUA, 9 Fevereiro 2011. Disponível em: <<http://biomassmagazine.com/articles/5278/socalgas-escondido-demonstrate-biogas-technology>> Acesso em: 25 Julho 2014

<sup>36</sup> HANNAN WARREN, Katie Elizabeth. **A Techno-economic Comparison of Biogas Upgrading Technologies in Europe**. 2012. 62 f. Tese (Mestrado em Ciência, Energia Renovável e Tecnologia de Energia Sustentável) - Departamento de Ciência Ambiental, Universidade de Jyväskylä, Finlândia, 8 Março 2012. pg. 21.

<sup>37</sup> SOUTHERN CALIFORNA GAS COMPANY. **Biogas and Biomethane**. Disponível em: <<http://www.socalgas.com/innovation/power-generation/green-technologies/biogas/>> Acesso em: 25 Julho 2014.

## 6. ECONOMIA: OFERTA E CONCORRÊNCIA EM MERCADOS RESTRINGIDOS

Em um mercado perfeitamente competitivo, a teoria econômica básica diz que uma maneira de criar preços mais competitivos é aumentar a oferta bruta do produto. Quanto menor a quantidade de oferta em um mercado, ou seja, a quantidade de fornecedores de um produto, haverá menos oportunidades para diferenciar preços, por causa da falta de concorrência. Se a procura permanecer estática com respeito à oferta adicional, o preço de equilíbrio deve cair, nesta instância. Esta mudança poderia acontecer através do aumento de produção da mercadoria por parte do produtor, ou através da introdução de um substituto.<sup>38</sup> Teoricamente essa ideia poderia ter potencial mesmo em situações monopolísticas, se uma porção da oferta fosse na forma de um substituto perfeito, produzido fora das mãos do poder monopolístico.

O gás é uma mercadoria homogênea. Os distribuidores não podem mudar nenhuma feição do produto, além do pacote econômico no qual está oferecido e no ambiente no qual eles acham-se, existe espaço limitado para manobrar neste respeito.

Apesar da origem do gás, o biogás ao nível de pureza mencionado acima é essencialmente um substituto perfeito para gás natural convencional. Talvez, considerando o fato de que o gás passa por um processo de padronização, estes sejam até o mesmo produto afinal. Gás é gás. Sendo substitutos perfeitos, em teoria, se os preços dos dois fossem competitivos, nenhum consumidor, seja ele residencial ou industrial, apresentaria reclamações sendo o produto o biogás ou o gás convencional chegando em seu domicílio ou empresa pelo gasoduto.

Dado o fato que o preço pago por distribuidoras sob o regime de regulação da ARSESP reflete em grande parte os custos agregados ao longo da cadeia produtiva - especialmente o preço de atacado pago à nascente - expandir a oferta de gás, desta maneira ou de outra, seria a opção mais direta de baixar os preços para os consumidores.<sup>39</sup> Porém, a teoria também sugere que em um mercado monopolístico o aumento na oferta não necessariamente gerará preços mais baixos, devido ao poder de mercado do incumbente.

---

<sup>38</sup> Quanto à formação de preços, outro aspecto importante além da oferta bruta do produto em si mesma seria a disponibilidade de substitutos. Por exemplo, gás natural serve como um substituto na geração de eletricidade em termoeletricas caso houver secas que proibirem o uso de usinas hidroelétricas. Porém, para os fins do argumento deste ensaio, nós delimitamos à existência de um substituto perfeito só, ou seja, biometano.

<sup>39</sup> Este relatório supõe que obter subsídios de fontes federais ou estaduais, que seria a opção mais direta de baixar preços para consumidores, não é viável.

Ou seja, um monopólio não possui uma curva de oferta bem definida.<sup>40</sup> Dessa forma, se a Petrobrás aumentasse a oferta de gás natural, e se a teoria se aplicasse, o efeito no preço não seria claro.

Quanto ao gás natural, ou na verdade qualquer fonte de energia produzida através de indústrias extrativas no Brasil, a Petrobrás domina o mercado. O monopólio estatal essencialmente tem controle verticalizado de todas as etapas da cadeia produtiva, o mais importante talvez sendo a fase de explorações. Esta feição do mercado doméstico cria distorções de preço, algo que geralmente não seria o caso em um mercado mais liberalizado. De novo, é pouco provável que a Petrobrás abriria mão deste controle, a não ser que seja através de uma ação radical por parte do Estado. Não obstante, isso não quer dizer que não existem outras possibilidades econômicas que poderiam ser examinadas, mesmo que sejam improváveis.

Pelo bem de ser objetivo, deveria mencionar-se que o poder produtivo de um poço convencional, ou um *frack* de xisto, é bem maior em comparação à produtividade de um aterro. As três fontes têm prazos semelhantes de produtividade de 20 até 30 anos. Porém, o fluxo varia e todos exibirão taxas de declínio com o tempo. Um aterro atinge o auge da sua produtividade dentro dos cinco anos depois de fechamento.<sup>41</sup> A partir deste ponto o aterro produzirá biogás até mesmo por décadas a mais, mas em quantidades progressivamente menores. Ambos o poço convencional e o *frack* experimentarão quedas de produtividade também ao longo dos anos, simplesmente devidos à exaustão dos seus recursos.

Este trabalho não pretende argumentar que o biogás seja a solução para todos os problemas do Brasil com respeito à energia, ou até mesmo só o gás natural. Não obstante, o trabalho pretende-se mostrar que as opções são limitadas, e portanto, nova oferta através de fontes renováveis - independente do tamanho da oferta - deve ser considerada válida.

Em países com oferta limitada de gás, a energia derivada destas fontes tem um papel enorme. No Japão - um país que simplesmente não tem nenhuns recursos de gás natural e que depende de importações de GNL - existem 800 plantas de cogeração utilizando biogás de resíduos sólidos.<sup>42</sup> Apesar do fato de um poço de gás natural de xisto ser mais produtivo do que um aterro de biogás, há outras diferenças que talvez sejam vantajosas.

---

<sup>40</sup> RABIANSKI, Joseph S. e Jack H. Stone. A Pedagogical Note on Monopoly Supply. **The American Economist**, Fairhope, Alabama, EUA, Vol. 33, No. 1, pg. 81, Primavera, 1989.

<sup>41</sup> EPA Handbook, Chapter 2. pg. 2-3

<sup>42</sup> Trigueiro.

Empresas de energia como a Petrobrás e outras gastam quantidades enormes de dinheiro na exploração de novos poços de gás natural e petróleo. O agravante é que até certo ponto esta prática é essencialmente uma aposta. Mesmo que a empresa tenha a tecnologia mais avançada para achar recursos, a empresa não tem nenhuma garantia de que o local produzirá gás; a probabilidade pode variar dependendo da localização geográfica entre outros fatores. Estes custos de exploração constituem uma grande fatia do preço final da mercadoria. A utilização do biogás de aterros transcende esta etapa completamente. A localização desta fonte de energia é totalmente previsível. Também com a tendência em direção à urbanização mundialmente, este recurso poderá ser aproveitado literalmente de forma inesgotável. Seres humanos sempre gerarão quantidades enormes de lixo; esta é a própria definição de um recurso sustentável e renovável.

A Teoria de Mercados Contestáveis desenvolvida pelo economista americano William Baumol diz que mesmo sob certas condições monopolísticas, se houver entrada livre no mercado e se for introduzido nova concorrência, ou seja, oferta alheia produzida por novos produtores, mesmo uma companhia monopolística se comportaria até certo grau como se fosse um concorrente em um ambiente mais livre.<sup>43</sup> O monopólio pode tentar bloquear a entrada de novos concorrentes mas somente se ele comporta-se bem, ou seja, através da oferta de benefícios semelhantes aos que o concorrente oferece a um preço competitivo.<sup>44</sup> Assim, a nova oferta ou novo produto pode “forçar a mão” do incumbente, fazendo com que o poder do monopolista seja menos efetivo.

Às vezes é difícil delinear onde a teoria econômica é aplicável em uma dada situação no mundo real mas parece que a teoria concorda com o mundo real neste caso. A Petrobrás está envolvendo-se no projeto de gás renovável do Jardim Gramacho no Rio de Janeiro porque reconhece a fonte de energia como uma ameaça potencial no futuro? É difícil dizer com certeza. A empresa não está resistindo ou tentando bloquear tais projetos através de regulação pesada, pelo menos por enquanto. A existência da PPP também parece indicar que a Petrobrás está comportando-se bem. Se os boatos sobre a vontade de vender o biometano como um produto de marca verde forem verdadeiros, isso fornece outra indicação de que a Petrobrás reconhece o seu valor econômico potencial. Se ainda não na forma de uma ameaça direta como um substituto perfeito facilmente introduzido ao mercado, a Petrobrás pelo menos reconhece o biometano como uma opção viável.

---

<sup>43</sup> BAUMOL, William J. Contestable Markets: An Uprising in the Theory of Industry Structure. **The American Economic Review**, Nashville, Tennessee, EUA, Vol. 72, N° 1, pg. 14, Março 1982.

<sup>44</sup> Ibid.

## 7. REGULAÇÃO E A LEI: ABERTURAS E OPORTUNIDADES

Agora que já estabelecemos que a teoria econômica parece fornecer um novo potencial, mesmo sob condições desafiadoras, a próxima pergunta é se a regulação em si mesma deixa espaço para manobrar no sentido da teoria.

Segundo a Professora Hirdan Katarina de Medeiros Costa, pesquisadora do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo que é especialista no mercado de gás natural, a questão do biometano como um substituto é tão nova que ainda não existem regras claras sobre produção, regulação e uso.<sup>45</sup>

Tecnicamente, a Lei 9.478 de 1997 e suas iterações regem o biogás e o biometano, como sendo considerados biocombustíveis. Porém, o documento nunca menciona as definições diretamente, deixando espaço substancial para interpretações. A Resolução 50 de 2013 da Agência Nacional do Petróleo (ANP) também reflete o fato de que o biogás é um “território novo” no Brasil. A resolução delimita padrões de vários derivados energéticos. Porém, os termos biogás e biometano estão notavelmente ausentes.<sup>46</sup> A lacuna também existe ao nível estadual. A ARSESP ainda não tem regras para lidar com a injeção de biometano nas malhas de distribuição. A agência não tem emitido regulações oficiais com respeito à padronização do biometano como substituto direto. De fato, em abril deste ano no *Rio Power and Gas Forum 2014*, a agência mencionou que estava no processo de criar novos padrões para lidar com o assunto.<sup>47</sup> Essas aberturas criam oportunidades excelentes para o desenvolvimento de políticas públicas estratégicas.

Certa lacuna na lei é clara. A Professora Medeiros Costa ressalta que o biometano produzido a partir de aterros sanitários, por não ser derivado de uma fonte mineral, está “*fora das mãos*” da Petrobrás. Se os custos fossem competitivos, um produtor de biometano poderia introduzir o produto no mercado e o monopólio estatal teria de aceitar a existência da nova concorrência. Claro que existe o risco do surgimento de uma legislação radical sob a tentativa de fechar esta abertura na regulação, mas pelo menos por enquanto, a teoria econômica aplicar-se-ia.

---

<sup>45</sup> O escritor teve o prazer de falar com a Professora Medeiros Costa sobre regulação e as leis aplicáveis ao mercado depois da conferência sobre biogás na USP, citada nas notas de rodapé na próxima seção.

<sup>46</sup> ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP nº 50 de 23 de dezembro de 2013. Disponível em: <[http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll?f=id\\$id=RANP%2050%20-%202013](http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll?f=id$id=RANP%2050%20-%202013)> Acesso em: 22 Julho 2014.

<sup>47</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AGÊNCIAS DE REGULAÇÃO. ARSESP – Agência marca presença no 5th Rio Gas and Power Forum. Brasília, 23 Abril 2014.

Não obstante, existem outros desafios que fazem a situação ser mais complexa. Lixo não é um bem da união mas lixões geralmente se localizam em propriedade municipal. Portanto, no caso da geração de biometano a partir de um aterro sanitário, deverá existir concordância entre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e a regulação aplicável da Prefeitura em questão. As políticas nacionais e municipais sobrepõem-se em vários assuntos. Porém, o aspecto vantajoso da PNRS é que parece conceder um certo grau de autonomia às prefeituras. O documento dá prioridade à gestão de resíduos sólidos como um assunto local.<sup>48</sup> A prefeitura pode ser mais proativa, como aconteceu no caso do Rio de Janeiro, criando nesse sentido uma política que reflete as necessidades locais.

---

<sup>48</sup> BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.065, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Seção IV: Dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 05 Agosto 2014.

## 8. VERBAS E FINANCIAMENTO PARA PROJETOS DE BIOGÁS

Infelizmente, como já mencionado, fornecer uma análise profunda dos custos de desenvolver biogás de aterros está além do escopo e meios deste trabalho. Também é suposto que verbas do Estado de São Paulo são insuficientes, ou pelo menos que não são uma opção viável para investir em projetos de biogás. Não obstante, e pelo menos politicamente, aparentemente existe a vontade de tentar implementar tais programas. Em 2012 o Governador Geraldo Alckmin emitiu um decreto para instituir um Programa Paulista de Biogás.<sup>49</sup> O decreto é curto e não explicitamente menciona aterros. Porém, parece criar um esboço dos parâmetros.

Além disso, em uma conferência sobre biogás na Universidade de São Paulo ocorrida em agosto deste ano, a qual o escritor deste trabalho teve o prazer de comparecer, foi novamente destacado o fato de que a produção de biometano de alta qualidade é tão nova que a ARSESP ainda não criou regulação para lidar com o novo produto, o que já foi mencionado na seção anterior.<sup>50</sup> Dessa forma, ainda resta espaço para manobrar, significando que o Estado de São Paulo pode ser mais estratégico também na aplicação de verbas de uma maneira cirúrgica para que haja uma transição mais eficaz para a emergência de um novo mercado.

Ao nível federal existem mais precedentes para financiamento. Em 2010 o Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES) aprovou R\$33,9 milhões para implementação de projetos no Estado de São Paulo em Itapevi e Paulínia para o aproveitamento de aterros para a geração de biogás.<sup>51</sup> A ARSESP poderia explorar a possibilidade de um repasse de verbas do Governo Federal com o propósito de financiar um programa piloto. O artigo menciona também que o BNDES reserva R\$780 milhões exclusivamente para o financiamento de projetos que lidam com resíduos sólidos.<sup>52</sup>

---

<sup>49</sup> SÃO PAULO. Decreto nº 58.659 de 4 de dezembro de 2012. Institui o Programa Paulista de Biogás e dá providências correlatas. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2012/decreto-58659-04.12.2012.html>>. Acesso em: 26 Junho 2014.

<sup>50</sup> CONFERÊNCIA DO IEE SOBRE BIOGÁS NO BRASIL. Universidade de São Paulo, 8 Agosto 2014, São Paulo.

<sup>51</sup> BRASIL. Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES). **BNDES aprova R\$33,9 milhões para projeto que transformará lixo em combustível.** Rio de Janeiro, 2 Dezembro 2010.

<sup>52</sup> Ibid.

Ainda mais interessantes são novos projetos explicitamente dedicados ao desenvolvimento de biogás/biometano a partir de aterros. O ramal tecnológico do BNDES recentemente apoiou outro projeto piloto utilizando tecnologia de biodigestor no Rio de Janeiro, fornecendo R\$10,5 milhões e cobrindo 90% dos custos totais do projeto; o dinheiro não é reembolsável.<sup>53</sup> No caso de o projeto ter sucesso, poderá ser criada a oportunidade de verbas expandidas, ou seja, em maior escala, para continuar a desenvolver a capacidade de produzir biogás no Brasil.

Além disso, é importante lembrar que o lixão de Novo Gramacho mencionado acima foi convertido em um aterro sanitário com alta capacidade de geração de biogás através de empréstimo não reembolsável do BNDES.<sup>54</sup> Ambos os projetos são um bom agouro para o Estado de São Paulo.

---

<sup>53</sup> BRASIL. Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES). **BNDES apoia desenvolvimento de tecnologia nacional para tratamento de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 21 Novembro 2013.

<sup>54</sup> VIEIRA, Isabela. BNDES poderá financiar projetos de renda para catadores do lixão de Gramacho. **Agência Brasil**, Brasília, 14 Março 2011.

## CONCLUSÃO

No seu artigo sobre a introdução de carvão antracito como uma fonte de energia alternativa nos EUA por volta do ano de 1800, Christopher F. Jones mostra como a adoção de novas fontes de energia quase sempre se trata de um processo devagar e difícil. O carvão antracito tem alto potencial energético, ou seja, a sua combustão gera mais calor do que várias outras fontes de energia. Porém, apesar de ter maior poder calorífico, o carvão antracito não entra em combustão tão facilmente quanto a madeira, o que configurava um problema para os consumidores. Naquela época, os consumidores estavam acostumados a utilizar madeira, tanto para uso no aquecimento de casas quanto em aplicação industrial. Essa era a opção mais fácil e confiável; eles não queriam mudar de hábito. Em tradução livre, Jones aponta para perspectivas e opiniões comuns sobre novas fontes de energia:

*“Muitos consumidores acham a nova fonte de energia inútil e até mesmo esquisita. É difícil a usar por causa de uma falta de conhecimento, e portanto, não existe o desejo de utilizar a nova forma de energia...a demanda precisa ser criada para desencadear um potencial maior”.*<sup>55</sup>

Transições de energia requerem paciência e esta lição também aplica-se ao biogás. Porém, diferente do exemplo do carvão antracito, felizmente consumidores não precisam aprender novas técnicas para aproveitar os benefícios do produto final. Eles podem utilizar o biometano para cozinhar em suas residências hoje mesmo sem perceber diferença alguma. Além disso, o mundo inteiro está progressivamente abraçando fontes de energia renováveis a um maior grau; é legal “ser verde”.

Com a produção de etanol, o Brasil já se estabeleceu como um líder na produção de energia verde. A produção em grande escala do biogás meramente representa um passo no mesmo sentido. Este trabalho reconhece que desenvolvimento extensivo do biogás como uma fonte de energia alternativa não é uma opção viável dentro do curto prazo. Porém, existe a vontade política.

Sem uma mudança na estrutura básica de indústrias extrativistas, o Brasil continuará a depender de importações de gás natural para atender às suas necessidades de crescimento econômico, aproximando um lugar que fica progressivamente mais longe de independência energética.

---

<sup>55</sup> JONES, Christopher F. Fraud, Failure and Frustration: This is the Story of America’s First Energy Transition. **The Atlantic**, Nova Iorque, EUA, 15 Abril 2014.

O biogás não é a solução absoluta. Porém, o biogás pode ser parte da solução. Este recurso tem sido ignorado até certo ponto mas não precisa permanecer assim. O Estado de São Paulo pode escolher ser um líder. Em conjunção com as várias agências, incluindo a ARSESP, CETESB e outras com competências relevantes, o Estado pode aproveitar as aberturas na legislação, adotando políticas públicas estratégicas hoje, para que o potencial máximo deste recurso esteja desencadeado no futuro de uma maneira mais eficaz e eficiente.

## REFERÊNCIAS

ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP nº 50 de 23 de dezembro de 2013. Disponível em: <[http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll?f=id\\$id=RANP%2050%20-%202013](http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll?f=id$id=RANP%2050%20-%202013)> Acesso em: 22 Julho 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AGÊNCIAS DE REGULAÇÃO. **ARSESP - Agência marca presença no 5th Rio Gas and Power Forum**. Brasília, 23 Abril 2014. Disponível em: <<http://www.abar.org.br/acontece-nas-agencias/2584-arsesp-agencia-marca-presenca-no-5th-rio-gas-a-power-forum.html>> Acesso em: 21 Agosto 2014.

ATERRO BANDEIRANTES LANDFILL GAS TO ENERGY PROJECT CASE STUDY. Disponível em: <[http://www.cleanenergyactionproject.com/CleanEnergyActionProject/CS.Aterro\\_Bandeirantes\\_Landfill\\_Gas\\_to\\_Energy\\_Project\\_\\_Landfill\\_Gas\\_Waste-to-Energy\\_Case\\_Studies.html](http://www.cleanenergyactionproject.com/CleanEnergyActionProject/CS.Aterro_Bandeirantes_Landfill_Gas_to_Energy_Project__Landfill_Gas_Waste-to-Energy_Case_Studies.html)> Acesso em: 24 Julho 2014.

AUSTIN, Anna. Southern California Gas Company, Escondido demonstrate biogas technology. **Biomass Magazine**, Grand Forks, North Dakota, EUA, 9 Fevereiro 2011. Disponível em: <<http://biomassmagazine.com/articles/5278/socalgas-escondido-demonstrate-biogas-technology>> Acesso em: 25 Julho 2014

BAUMOL, William J. Contestable Markets: An Uprising in the Theory of Industry Structure. **The American Economic Review**, Nashville, Tennessee, EUA, Vol. 72, Nº 1, pg. 14, Março 1982.

BERNA, Vilmar. Prefeitura do Rio inaugural Usina de Gás Verde em Jardim Gramacho. **Revista do meio ambiente**, Niterói, Brasil, 13 Julho 2013. Disponível em: <<http://www.revistadomeioambiente.org.br/artigos/politica-ambiental/105-prefeitura-do-rio-inaugura-usina-de-gas-verde-em-jardim-gramacho>> Acesso em: 11 Agosto 2014.

BRASIL. Lei nº 11.909 de 4 de março de 2009. Capítulo VI, Artigo 46. Dispõe sobre as atividades relativas ao transporte de gás natural, de que trata o art. 177 da Constituição Federal, bem como sobre as atividades de tratamento, processamento, estocagem, liquefação, regaseificação e comercialização de gás natural; altera a Lei no 9.478, de 6 de agosto de 1997; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/111909.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/111909.htm)>. Acesso em: 25 Julho 2014.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.065, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Seção IV: Dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 05 Agosto 2014.

BRASIL. Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES). **BNDES aprova R\$33,9 milhões para projeto que transformará lixo em combustível**. Rio de Janeiro, 2 Dezembro 2010. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes\\_pt/Institucional/Sala\\_de\\_Imprensa/Noticias/2010/saneamento/20101202\\_lixo.html](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Sala_de_Imprensa/Noticias/2010/saneamento/20101202_lixo.html)> Acesso em: 13 Agosto 2014.

BRASIL. Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES). **BNDES apoia desenvolvimento de tecnologia nacional para tratamento de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro, 21 Novembro 2013. Disponível em:

<[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes\\_pt/Institucional/Sala\\_de\\_Imprensa/Noticias/2013/Todas/20131121\\_fundep.html](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Sala_de_Imprensa/Noticias/2013/Todas/20131121_fundep.html)> Acesso em: 11 Agosto 2014.

BRASIL. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). **Google Maps: Projetos de Biogás no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.** Disponível em:

<<http://www.cetesb.sp.gov.br/mudancas-climaticas/biogas/Projetos%20de%20mdl/22-Projetos%20de%20MDL>> Acesso em: 9 Agosto 2014.

BRASIL. RIO DE JANEIRO. Secretária de Estado do Ambiente (SEA). **Polo de Reciclagem de Gramacho: Catadores de antigo lixão em Caxias começam nova fase profissional, trabalhando em projeto pioneiro com o auxílio de moderno maquinário.** Rio de Janeiro, 16 Dezembro 2013. Disponível em:

<<http://www.rj.gov.br/web/sea/exibeconteudo?article-id=1055432>> Acesso em: 9 Agosto 2014.

CONFERÊNCIA DO IEE SOBRE BIOGÁS NO BRASIL. Universidade de São Paulo, 8 Agosto 2014, São Paulo.

ESTADOS UNIDOS DA AMERICA. CALIFÓRNIA. State of California Energy Commission. **Altamont Landfill Gas, Purification, Testing and Monitoring.** Sacramento, Outubro, 2013. pg. 15

ESTADOS UNIDOS DA AMERICA. DISTRITO DE COLUMBIA. Environmental Protection Agency (EPA). **U.S.-Brazil Joint Initiative on Urban Sustainability: Gramacho Landfill Gas to Energy System.** Washington, D.C., 2012. Disponível em: <[http://www.epa.gov/jius/projects/rio\\_de\\_janeiro/gramacho\\_landfill\\_gas\\_to\\_energy\\_system.html](http://www.epa.gov/jius/projects/rio_de_janeiro/gramacho_landfill_gas_to_energy_system.html)> Acesso em: 9 Agosto 2014.

ESTADOS UNIDOS DA AMERICA. DISTRITO DE COLUMBIA. Environmental Protection Agency. United States Environmental Protection Agency, Landfill Gas Energy Project Development Book, Washington D.C., 8 Setembro 2010. <<http://www.epa.gov/lmop/publications-tools/handbook.html>>

ESTADOS UNIDOS DA AMERICA. DISTRITO DE COLUMBIA. Environmental Protection Agency. Software Tools: Landfill Gas Energy Benefits Calculator, Washington D.C. <<http://www.epa.gov/lmop/publications-tools/index.html#lfgcost>>

ESTADOS UNIDOS DA AMERICA. DISTRITO DE COLUMBIA. Centers for Disease Control. Chapter 2: Landfill Gas Basics. United States Centers for Disease Control, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Landfill Gas Primer: An Overview for Health Professionals, Washington, D.C., Novembro 2001, pp. 3 <<http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/landfill/html/intro.html>>

HANNAN WARREN, Katie Elizabeth. **A Techno-economic Comparison of Biogas Upgrading Technologies in Europe.** 2012. 62 f. Tese (Mestrado em Ciência, Energia Renovável e Tecnologia de Energia Sustentável) - Departamento de Ciência Ambiental, Universidade de Jyväskylä, Finlândia, 8 Março 2012. pg. 21.

HASSUANI, José Suleiman et. al. Trash Recovery Cost, **Biomass Power Generation, Sugarcane Bagasse and Trash: Série Caminhos para a Sustentabilidade**. Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento/Centro de Tecnologia Canavieira., Piracicaba, Brasil, 1ª Edição, pg. 83, 2005.

JONES, Christopher F. Fraud, Failure and Frustration: This is the Story of America's First Energy Transition. **The Atlantic**, Nova Iorque, EUA, 15 Abril 2014. Disponível em: <<http://www.theatlantic.com/technology/archive/2014/04/fraud-failure-and-frustration-br-this-is-the-story-of-americas-first-energy-transition/360691/2/>> Acesso em: 10 Agosto 2014.

KROFF, Pablo. **Maximização da Produção de Biogás, Optimização da Produção de Energia: Case Study, Bio4Gas**. Lisboa, Portugal: 2011. Disponível em: <[http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier\\_artigo/benchmarkinglounge\\_maximiza\\_caoproducao\\_pablokroff5542476324db6d4e9919e9.pdf](http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier_artigo/benchmarkinglounge_maximiza_caoproducao_pablokroff5542476324db6d4e9919e9.pdf)> Acesso em: 24 Julho 2014.

LEPAGE, Andrew. Landfill Trucks Dump Diesel for Natural Gas Technology: Puente Hills harnesses methane from refuse and turns it into clean-burning fuel, operators hope to convert entire fleet. **The Los Angeles Times**, Los Angeles, Califórnia, EUA, 20 Junho 1993. Disponível em: <[http://articles.latimes.com/1993-06-20/news/ga-5292\\_1\\_natural-gas-processing](http://articles.latimes.com/1993-06-20/news/ga-5292_1_natural-gas-processing)> Acesso em: 15 Agosto 2014.

NITROGEN GENERATION. **System Operation**. Disponível em: <<http://www.teamaircenter.com/compressed-air/nitrogen-generation.html>> Acesso em: 7 Agosto 2014.

ORTIZ, Fabiola. Recuperação de area do lixão de Gramacho deve demorar ao menos 15 anos. UOL Notícias, Rio de Janeiro, Brasil, 3 Junho 2012. Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2012/06/03/fechado-lixao-de-gramacho-precisara-de-ao-menos-15-anos-para-ser-recuperado.htm#fotoNav=42>> Acesso em: 14 Agosto 2014.

PINTO FERREIRA LANDIM, Ana Luiza e Lizandra Prado de Azevedo. O Aproveitamento do Biogás em Aterros Sanitários: Unindo o Inútil ao Sustentável. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, Brasil, No. 27, pg. 89, 2008. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2704.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2704.pdf)> Acesso em: 5 Agosto 2014.

RBIANSKI, Joseph S. e Jack H. Stone. A Pedagogical Note on Monopoly Supply. **The American Economist**, Fairhope, Alabama, EUA, Vol. 33, No. 1, pg. 81, Primavera, 1989.

RIO DE JANEIRO. Lei nº 6361, de 18 de dezembro de 2012. Dispõe sobre a política nacional de gás natural renovável - GNR, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 19 dez. 2012. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/diarios/72579195/doerj-poder-executivo-27-06-2014-pg-2?ref=home>> Acesso em: 27 Junho 2014.

RYCKEBOSCH, Eline, et al. Techniques for transformation of biogas to biomethane. **Biomass and BioEnergy**, No. 35, pg. 1640, 2008.

SÃO PAULO. Decreto nº 58.659 de 4 de dezembro de 2012. Institui o Programa Paulista de Biogás e dá providências correlatas. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2012/decreto-58659-04.12.2012.html>>. Acesso em: 26 Junho 2014.

SOUTHERN CALIFORNA GAS COMPANY. **Biogas and Biomethane**. Disponível em: <<http://www.socalgas.com/innovation/power-generation/green-technologies/biogas/>> Acesso em: 25 Julho 2014.

TRIGUEIRO, André. Transformação de Lixo em energia já é realidade no Brasil. **Jornal da Globo**, Rio de Janeiro, 1 Março 2013, Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2013/03/projetos-de-producao-de-biogas-no-brasil-comecam-funcionar.html>> Acesso em: 30 Junho 2014.

VIEIRA, Isabela. BNDES poderá financiar projetos de renda para catadores do lixo de Gramacho. **Agência Brasil**, Brasília, 14 Março 2011. Disponível em: <<http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2011-03-14/bndes-podera-financiar-projetos-de-renda-para-catadores-do-lixao-de-gramacho> > Acesso em: 14 Agosto 2014.

WASTE LAND. Direção: Vik Muniz e Lucy Walker. Produção: Angus Aynsley e Hank Levine. São Paulo: O2 Filmes, 2010. (100 min.), Site Disponível em: <<http://www.wastelandmovie.com/#>> Acesso em: 14 Junho 2014.

WORLD BANK. **Bandeirantes Landfill Gas to Energy Project, Abril 2007: Biogás, Energia Ambiental, S.A.** Disponível em: <<http://siteresources.worldbank.org/INTLACREGTOPURBDEV/Resources/840343-1178120035287/BrazilBandeirantesLFGtoEnergyPresentation.pdf>> Acesso em: 24 Julho 2014.