

Estimativa teórica de geração de biogás do futuro aterro sanitário da Microrregião das Chapadas do Alto Itapecuru – MA

Maria Clara Oliveira da Silva^a, Tiago Sandes Costa^{b*}, Francisco Pereira da Silva Júnior^c.

^aGraduada em Física pelo Instituto Federal do Maranhão.

^bDoutorando em Geografia – Tratamento da Informação Espacial, Bolsista CAPES, PUC Minas. Docente do IFMA, Campus São João dos Patos.

^cMestrando em Análise e Planejamento Espacial pelo Instituto Federal do Piauí. Docente do IFMA, Campus São João dos Patos.

*Autor correspondente: Tiago Sandes Costa, mestre, Rua Tenente Júlio Amorim, 22 Vila Maria, Palmeira dos Índios (AL); tiago.costa@ifma.edu.br.

Data de submissão: 11-05-2022

Data de aceite: 24-06-2022

Data de publicação: 06-08-2022

RESUMO

Introdução: As fontes alternativas de energia apresentam-se como principal indutor da matriz energética mundial tendo como base principal os biocombustíveis provenientes da Biomassa. O biogás tem em sua composição o dióxido de carbono (CO_2) e o gás metano (CH_4). Resultante da decomposição da matéria orgânica, o estudo a ser desenvolvido visa avaliar a viabilidade da utilização de biodigestores para o aproveitamento energético do biogás produzido pela decomposição da matéria orgânica dos resíduos sólidos urbanos, os quais contêm significativa parcela de matéria orgânica biodegradável que passam por um processo de digestão anaeróbica transformando lixo em energia limpa. **Objetivo:** O presente trabalho tem como objetivo estimar a geração de biogás do aterro sanitário em municípios que compõem a microrregião do Alto Itapecuru. **Material e métodos:** O estudo será desenvolvido tendo como parâmetros a geração de resíduos nos municípios que compõe o Médio Sertão Maranhense tendo como procedimento metodológico, a aplicação do método do IPCC. Método esse, geralmente aplicado para projetar cenários de aterros que ainda não estão operando. **Resultados:** Em sua totalidade o metano gerado no aterro no período de 20 anos foi estimado em 3.514.372,58 $\text{m}^3 \text{CH}_4$, gerando em média 175.718,62 $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{ano}$. **Conclusão:** O estudo busca contribuir com cenários frente às discussões sobre a necessidade de se investir em energias alternativas que minimizem o estágio atual de emissões de gases estufa, bem como, mostrar o potencial energético que esse gás possui e a possibilidade de transformação do metano em energia útil, tornando o biogás um gás lucrativo e mitigando o problema da poluição.

Palavras-Chave: Aterro, Biogás, Energia Alternativa.

1 INTRODUÇÃO

A geração e a destinação final dos resíduos sólidos são temas bastante discutidos em todo o mundo. Devido ao grande aumento populacional, torna-se necessário a implementação de medidas que visam tratar os resíduos como meio de reduzir danos ambientais. No Brasil, grande parte dos resíduos sólidos urbanos é descartada sem nenhuma forma de tratamento. Despejos clandestinos estão presentes na maioria dos municípios e os aterros verdadeiramente sanitários são poucos. Além dos diversos impactos ambientais locais e sobre a saúde e a qualidade de vida dos cidadãos, os resíduos sólidos urbanos sem disposição adequada consistem em uma fonte significativa das emissões de metano (CH_4) (ICLEI, 2009).

Segundo a ABRELPE (2018) foram gerados no Brasil 79 milhões de toneladas de RSU. Desse valor, 92% foram coletados. Da disposição final de resíduos sólidos por tipo de destinação, 59,5% foram encaminhados para aterros sanitários. Porém, grande parte está sendo destinada para locais inadequados como lixões e aterros controlados, onde o percentual é de 23% e 17,5% respectivamente. Ainda de acordo com a ABRELPE (2018), aos municípios nordestinos geraram 53.975 toneladas de resíduos, das quais 81,1% foram coletadas. Desse valor mais de 28 mil toneladas são destinadas a locais que podem causar poluição e danos à saúde da população. A figura abaixo mostra a destinação final dos resíduos sólidos no Brasil nos anos de 2017 e 2018.

Os aterros sanitários são responsáveis por cerca de 20% do metano que é liberado por locais originados da atividade humana. O metano é produzido nos aterros para resíduos sólidos a partir da decomposição bacteriana dos resíduos orgânicos sob condições anaeróbicas (ZANETTE, 2009). Por ser um gás altamente combustível, o biogás necessita ser continuamente drenado para evitar explosões no interior do aterro sanitário. No Brasil, a maioria dos aterros utiliza o sistema de drenos abertos, onde é mantida acesa uma chama para promover a queima imediata do biogás que continuamente é drenado. Esse sistema apresenta uma baixa eficiência e estima-se que apenas 20% do biogás drenado seja efetivamente eliminado pela queima. O restante é simplesmente emitido para a atmosfera (ICLEI, 2009).

Em 2010, a Lei 12.305 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que reúne princípios, metas e ações tendo em vista o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos urbanos. Esses resíduos são gerados a partir de atividades domésticas, industriais, comerciais e agrícolas. A Lei tem como objetivo proteger a saúde pública e a qualidade ambiental, reduzir a geração, reutilizar, reciclar, bem como dispor de forma ambientalmente adequada para os resíduos sólidos gerados. Estimula a criação de normas sustentáveis de utilização de bens e serviços e a admissão de tecnologias como forma de reduzir os impactos ambientais. Apesar de estarmos em pleno século XXI, apenas de 54% dos municípios

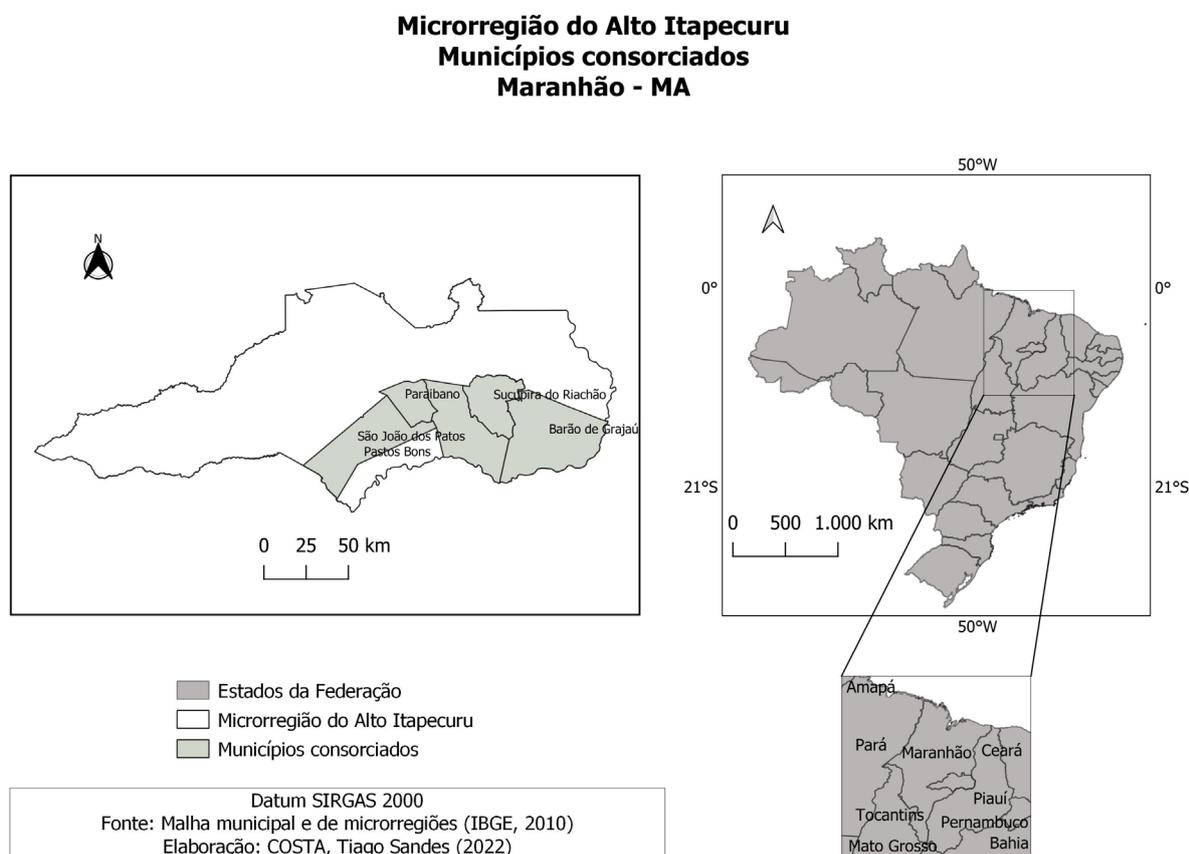
brasileiros descartam os resíduos sólidos em aterros sanitários.

O estudo tem como objetivo estimar a geração de biogás do aterro sanitário a ser implantado por meio do consórcio da mesorregião do leste maranhense, mais especificamente em municípios que compõem a microrregião do Alto Itapecuru; caracterizar a área de destinação dos resíduos sólidos urbanos; analisar a mitigação dos impactos causados pelo descarte inadequado dos resíduos; levantar e classificar dados sobre o quantitativo de resíduos gerados e apontar a projeção de gás metano emitido em 20 anos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O aterro sanitário das Chapadas do Alto Itapecuru abrange as cidades de São João dos Patos, Pastos Bons, Paraibano, Sucupira do Riachão e Barão de Grajaú (Figura 2).

Figura 1 – Área de estudo



Fonte: Autoria própria, 2022.

De acordo com o IBGE (2019), os municípios juntos somam 91.267 habitantes. Ainda segundo o mesmo órgão, a Região das Chapadas do Auto Itapecuru apresenta uma precipitação média de 1.200 mm/a e uma temperatura média anual de 26,5 °C.

Existem vários modelos para determinar a produção de biogás em aterros sanitários e a energia gerada pela combustão do metano, que geralmente utilizam equações matemáticas, devendo-se tomar o cuidado de considerar certos critérios antes de empregar

os programas, para se chegar a resultados confiáveis. Tais resultados servem para avaliar tanto o potencial de emissões de GEE (gases de efeito estufa) como a viabilidade de projetos de aproveitamento do biogás (SILVA, 2012).

O método usado na pesquisa foi desenvolvido pelo IPCC 1996, um método simples que utiliza dados estatísticos da população e características dos resíduos sólidos urbanos. A equação utilizada por este método é a seguinte:

$$E_{CH_4} = K \times R_x \times L_0 \times e^{-k(x-T)} \quad (1)$$

Onde

E_{CH_4} = Emissão de Metano (Kg CH_4 /ano);

K = Constante de decaimento;

R_x = Fluxo de resíduos do ano (tonRSD);

L_0 = Potencial de geração de metano (m^3 biogás/tonRSU);

x = ano atual;

T = Ano de deposição do resíduo no aterro (início da operação).

Um fator de extrema importância utilizado pelo IPCC, para estimar a emissão de metano é a potência (L_0), calculada com a seguinte fórmula:

$$L_0 = FCM \times COD \times CODf \times F \times \frac{16}{12} \quad (2)$$

Sendo:

L_0 = o potencial de geração de metano dos resíduos em toneladas de CH_4 /tonelada de resíduo;

FCM = fator de correção de metano;

COD = carbono orgânico degradável, dado em tonelada;

$CODf$ = fração de COD dissociada;

F = fração do metano presente no biogás em volume;

$\frac{16}{12}$ = fator de conversão do carbono em metano, dado em tonelada de CH_4 / tonelada de C.

O fator de correção do metano (FCM) pode variar de acordo com a qualidade de compactação dos resíduos, o que influenciará na geração do metano. A tabela 1 mostra os valores de FCM para cada tipo de destinação.

Tabela 1 – Valores para FCM

Tipo de Local de Destinação	FCM
Lixão	0,4
Aterro Controlado	0,8
Aterro Sanitário	1,0
Locais sem categoria	0,6

Fonte: (Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas, 1996)

Outra variável importante é a quantidade de carbono presente nos resíduos (COD), que leva em conta a composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos e a quantidade de carbono presente em cada componente do lixo, o que pode ter grandes variações de um local para outro.

O COD é calculado da seguinte forma:

$$COD = (0,40 \times A) + (0,17 \times B) + (0,15 \times C) + (0,40 \times D) + (0,30 \times E) \quad (3)$$

Sendo:

A= fração de papel e papelão dos resíduos;

B = fração de detritos de parques e jardins dos resíduos;

C = fração de restos de alimentos dos resíduos;

D = fração de tecidos dos resíduos;

E = fração de madeira dos resíduos.

Há ainda fração de COD dissociada (CODf) que segundo Birgemer e Crutzen (1987) indica a fração de carbono disponível para a decomposição bioquímica, e pode ser alcançada pela equação a seguir:

$$CODf = 0,014 \times T + 0,28 \quad (4)$$

Sendo:

CODf :fração de COD dissociada [%]

T: temperatura da zona anaeróbica [°C]

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para calcular a emissão de carbono dos resíduos, foi utilizado o estudo de Santos (2011), que realizou quantitativamente a análise gravimétrica dos resíduos sólidos, conforme a tabela 2.

Tabela 2. Composição gravimétrica de COD

Componentes	Total (%)	%COD
Papel/ Papelão	6,4	40
Matéria Orgânica	48,0	15
Resíduo de poda/ jardim	5,0	17
Pano/ Trapo	1,0	40
Madeira	1,0	30

Fonte: Intergovernmental Panel on Climate Change (1996)

Utilizando a equação (3), o valor de COD obtido foi de 0,1131 t de C/tonelada de resíduo. Segundo Birgemer e Crutzen (1987), a fração de carbono degradável dissociada é a fração de carbono que é disponível para a decomposição bioquímica e varia em função da temperatura na zona anaeróbica do aterro sanitário. Foi considerado a temperatura de 35 °C. Portanto, como o aterro sanitário ainda está em fase de projeto, não sendo possível medir a temperatura na zona anaeróbica, foi considerado no cálculo a temperatura como sendo 35°C. Substituindo esse valor na equação (4) obteve-se a fração dissociada do carbono, COD_f, no valor de 0,77.

Para calcular o potencial L_0L_0 , é importante considerar o fator de correção do metano (FCM), que varia de acordo com a maneira em que os resíduos são depositados, o que influencia na geração do gás. O FCM varia de 0,4 a 1, e considerando que o aterro que será construído será bem manejado, o valor de FCM utilizado foi 1. O valor de F foi definido por Persson *et al.*, (2006) em 40%. Calculado pela equação (2) e tendo como unidade kg CH_4 , CH_4 /kg RSU, o valor de L_0L_0 obtido foi de 0,0464464. Dividindo esse valor por 0,0007168 t/m³, que é a densidade do metano, obtém-se 64,79 m³ CH_4 /t RSU.

O aterro atenderá uma população de 91.267 habitantes por um período de 20 anos, ou seja, até 2040 onde serão depositados no aterro 100% dos dejetos, tendo uma geração de 0,28 kg/hab/dia. Foi considerado em média um crescimento populacional de 0,62 % em cada ano, com base em dados de 2010 a 2020.

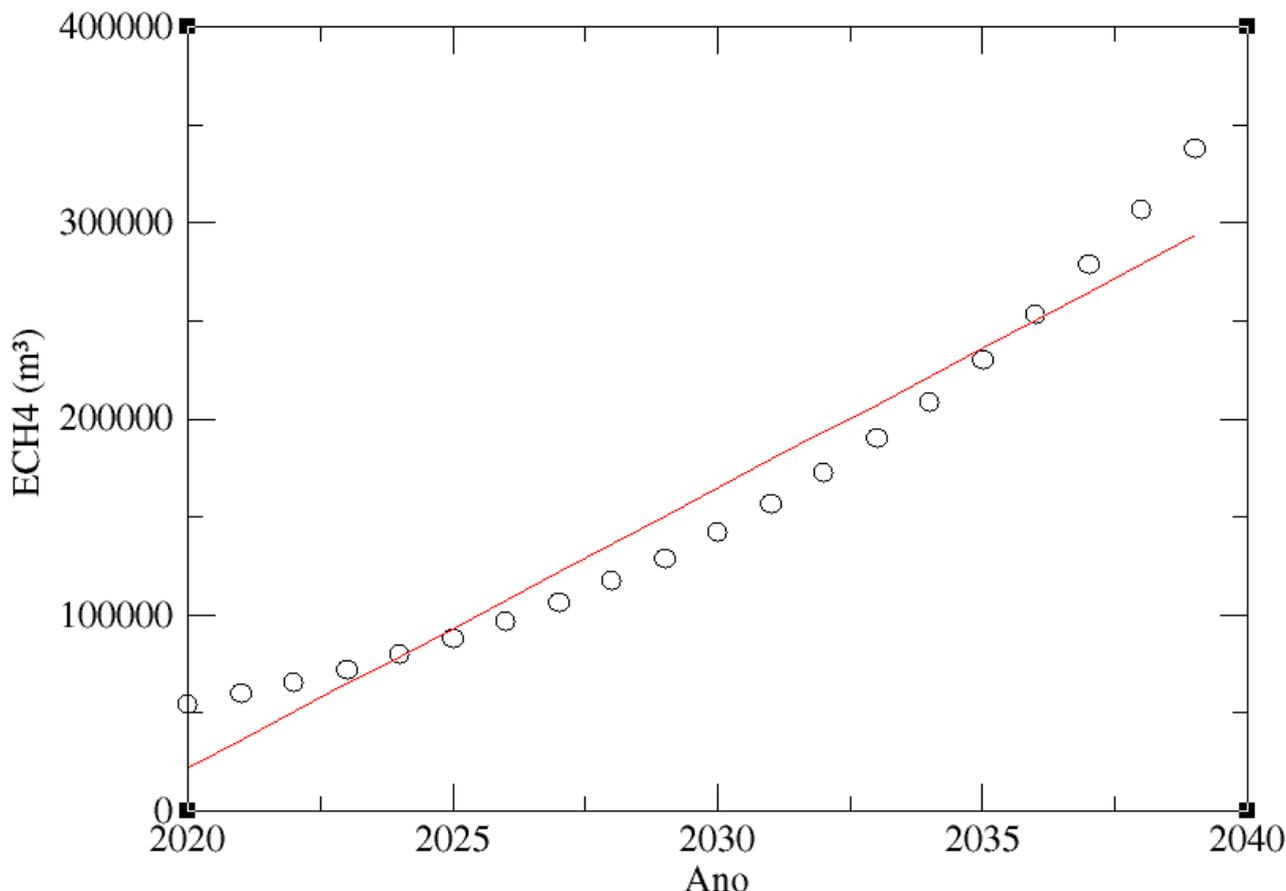
Com base na tabela 3.3 do Módulo 5, tem-se o valor de k para clima tropical – resíduo úmido (de acordo com a composição do lixo).

Tabela 3. Resíduos, do Guia do IPCC

Papel	Orgânicos	Têxteis	Madeira	Média
k = 0,07	k = 0,17	k = 0,07	k = 0,035	k = 0,09

Fonte: Tabela 3.3 do Modulo 5 Volume 3: Disposição de Resíduos Sólidos, de 1996

A partir dos dados coletados e usados na equação (1), foi possível projetar cenários de geração de biogás no aterro a partir dos componentes depositados, como mostra o gráfico a seguir



Fonte: Autoria própria.

O cenário apresentado é uma estimativa equacionada a partir da isenção de todos os resíduos de entrada apresentados na tabela 2. Observa-se uma ascendência linear tendo como resultado mínimo a geração de $54.389,56 \text{ m}^3\text{CH}_4\text{CH}_4/\text{ano}$ no ano de 2020, cerca de $6,20 \text{ m}^3\text{CH}_4\text{CH}_4/\text{h}$, chegando em 2030 com uma geração de $141.742,88 \text{ m}^3\text{CH}_4\text{CH}_4/\text{ano}$, culminando em 2040 com uma geração de $371.698,94 \text{ m}^3\text{CH}_4\text{CH}_4/\text{ano}$. No total, o aterro irá gerar $3.514.372,58 \text{ m}^3\text{CH}_4\text{CH}_4$ no período apresentado, produzindo em média $175.718,62 \text{ m}^3\text{CH}_4\text{CH}_4/\text{ano}$.

Observa-se que a geração do biogás e a consequente mitigação de emissão de carbono da atmosfera, resultando em um balanço neutro do carbono durante o processo de produção de energia elétrica, contribuem significativamente para a redução do efeito estufa. Isso ocorre porque todo gás carbônico produzido durante este processo é absorvido pelas plantas, que serão utilizadas novamente no processo, mantendo a concentração do gás carbônico atmosférico inalterável (BRANCO, 2010).

Além de reduzir circunstancialmente os danos na atmosfera, o biogás de aterro é uma fonte de energia que através da biomassa pode contribuir com a mudança da matriz

energética mundial. É a partir dos dados estimados que traçassem uma discussão sobre a necessidade da substituição urgente dos lixões pelo aterro, inclusive, da importância de tratarmos os gases emitidos por esses aterros. O debate sobre as questões ambientais são urgentes e requer estudos que venham a contribuir com as políticas públicas para redução gradativa dos impactos ambientais que contribuem com o aquecimento global.

4 CONCLUSÃO

Através do método apresentado, foi estimada a capacidade de geração de biogás no aterro sanitário da região das Chapadas do Alto Itapecuru. Foi determinado a destinação correta dos resíduos sólidos urbanos e avaliar que sem captação, o biogás é lançado na atmosfera causando impactos ambientais. Em sua totalidade o metano gerado no aterro no período de 20 anos foi de 3.514.372,58 m³CH₄CH₄. O presente estudo visa contribuir nas políticas públicas para mitigar a emissão de gases estufa na atmosfera, caracterizada pela produção de gás carbônico (CO₂) de aterro, evidenciando uma gestão dos resíduos sólidos com baixo impacto ambiental.

Essa pesquisa se trata de um trabalho inicial que pode transcender as estimativas e projeções sobre a emissão de gás de aterro, podendo aprofundar os estudos na perspectiva de geração de energia elétrica a partir do metano gerado. Torna-se imprescindível aprofundar os estudos sobre biomassa para atenuar os graves problemas gerados a partir de uma matriz energética fundamentada em energia não renovável para uma matriz cada vez menos dependente do petróleo.

AGRADECIMENTO

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA) pela concessão da bolsa de iniciação científica (PIBIC-Ensino Superior) para a autora.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018-2019**. Disponível em: <https://www.abrelpe.com.br/panorama>. Acesso em: 29 nov. 2019.

BIRGEMER, H. G.; CRUTZEN, P. J. The production of metano from solid waste. **Journal of geophysical research**, v. 92, n. D2, p. 2181 – 2187. 1987.

BRANCO, M. S. R. C. **Avaliação do impacto da presença de siloxanos em sistemas de aproveitamento de biogás**. 142 fl. Dissertação (Mestrado) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2010.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional**

Resíduos Sólidos. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 29 nov. 2019.

ICLEI, Conselho Internacional para Iniciativas Ambientais Locais. **Manual para Aproveitamento do Biogás: Volume Um, Aterros Sanitários.** 1. ed. São Paulo: Sustentabilidade de Governos Locais, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010.** Disponível em: Acesso em: 30 nov. 2019.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. Módulo seis: **Lixo:** Guia para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa. [S. l.], 1996.

PERSSON, M.; JÖNSSON, O.; WELLINGER, A., 2006. **Biogas upgrading to vehicle fuel standards and grid injection.** IEA Bioenergy, Task 37 – Energy from Biogas and Landfill Gas.

SILVA, T. R. **Metodologia para a determinação teórica da potência ótima conseguida a partir da combustão do biogás gerado em aterro sanitário:** estudo de caso do aterro sanitário de Itajubá-MG. 161 fl. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2012.

ZANETTE, A. L. **Potencial de Aproveitamento Energético do Biogás no Brasil.** Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.