

# **Análise de Produção e Extração de Biogás no Aterro Sanitário Lara, Visando Aspectos Ambientais e Possíveis Benefícios Energéticos.**

**Rodrigo Malanconi**

Engenheiro Ambiental pelas Faculdades Oswaldo Cruz, São Paulo.  
Email: rodrigo.malanconi@hotmail.com

**Rodrigo Chimenti Cabral**

Engenheiro Civil e Gerente da Lara Energia

## Resumo

Com o crescimento do número de projetos de captação de biogás em aterros sanitários visando redução de gases de efeito estufa emitidos para a atmosfera, esse trabalho foi elaborado para a melhoria qualitativa e quantitativa do sistema de captação a partir de um estudo sobre a pluma de gás e pressão de extração exercida nos poços de gás. Um aterro sanitário com sistema de captação de biogás, Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, pode gerar créditos de carbono. Os créditos de carbono constituem uma espécie de moeda para a comercialização da mitigação de Gás de Efeito estufa em países que ratificam o protocolo de Kyoto. Com o estudo de plumas de gases e controle de pressões durante a captura de biogás é possível estabelecer pressões ideais direcionadas nas áreas de maiores concentrações de gás metano. Consegue-se assim uma maior eficiência de extração do biogás sem ocasionar a injeção de ar atmosférico no maciço do aterro, o que ocasionaria o aumento da presença de bactérias aeróbias no maciço de resíduos sólidos acabando com as colônias de bactérias metanogênicas responsáveis pela degradação que gera gás metano.

Palavras-chave: Metano. Pluma de gás. Aterro Sanitário.

## Abstract

With the increase in number of gas capture projects on landfills aiming to reduce greenhouse gases emissions, this work was elaborated to qualitative and quantitative improvement of the collection system based on the study of the gas plume and pressure exerted on gas wells extraction. A landfill with a gas capture system, the Clean Development Mechanism, can generate carbon credits, a currency for greenhouse gas emission mitigation marketing in countries that ratify the Kyoto Protocol. By studying the gas plume and the pressure control during the biogas capture it is possible to establish an ideal pressure directed to the areas of highest methane gas concentration, thus making a better biogas extraction without entailing the atmospheric air injection into the landfill, which would cause the increased presence of aerobic bacteria in the massive solid waste, wiping out bacteria colonies responsible for degradation in methanogenic anaerobic conditions which generates methane gas.

Key words: Methane. Landfills. Plume of gas.

**Introdução: Descrição do Aterro Sanitário Lara**

O aterro Sanitário Lara localizado no bairro de Sertãozinho (Mauá – SP) possui um total de 300 poços de extração de biogás distribuídos em uma área aproximada de 30 hectares. O aterro recebe em média 2.800 toneladas de lixo residencial por dia, somando um total aproximado de 10.500.000 toneladas de resíduos sólidos aterrados, o aterro está em operação pela empresa Lara desde 1991, e o sistema de extração e queima de biogás esta em operação desde 2006 (Figura 1).

Os efluentes líquidos, o chorume, e gasosos, o biogás gerados durante a decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos depositados são drenados por gravidade através de sistemas de drenagens horizontais e verticais interligados desde a base até a última camada de descarregamento de resíduo sólido no aterro Lara (Figura 2).



Figura 1: Ilustração do Aterro Sanitário Lara.



Figura 2. Drenagens de base.

Fonte: Lara Energia

Em todas as drenagens verticais do aterro sanitário foram instalados cabeçotes conectados a tubulações que capturam o biogás no maciço de resíduo e encaminham até a usina de aspiração (Figura 3). Para facilitar a localização dos poços, no aterro estes são divididos em dez estações de regulagem (manifolds) e a cada mês é realizado um levantamento planialtimétrico com a localização, numeração e a tubulação de extração de cada poço.



Figura 3: Linhas de captação Figura 4: Planta do aterro com a localização dos poços e da disposição de resíduos. Fonte: Lara Energia

Cada estação de regulação ramifica-se em doze linhas de tubulação secundárias de 110 mm que são distribuídas pelo aterro para a captação do biogás, em cada linha são conectados em média três poços de acordo com sua vazão de biogás, em regiões que há pouca vazão podem-se conectar mais poços na mesma linha para que a pressão seja dividida de forma que não oxigene os poços. Já as regiões que apresentam maiores vazões são conectadas, menos poços por linha para que haja maior eficiência de extração de biogás através de um balanceamento de perdas de carga Mbar/metro de linha secundária (Figura 5). A usina de captação conta em seu projeto com quatro conjuntos de motores e sopradores com capacidade nominal de 4000 Nm<sup>3</sup>/h por conjunto, dois flares com capacidade de 8000 Nm<sup>3</sup>/h por unidade (Figura 6).



Figura 5: Coletor I com as doze ramificações (linhas) Figura 6: Conjuntos motores e sopradores

Fonte: Usina de captação de biogás Lara

Os motores acoplados aos sopradores exercem a pressão de sucção que é distribuída em todo aterro para a extração de biogás e pressão positiva para envio do gás extraído do aterro para queimador enclausurado (Flare). Essa pressão de sucção é controlada por sistema CLP (Controle Lógico Programável) presente na Usina. A usina de aspiração e queima de biogás conta com sistema supervisorio que monitora todos os dados da usina, e apresentam dados atuais de pressões, vazão de biogás em Nm<sup>3</sup>/h, temperatura de queima entre outros dados da planta e um sistema registrador que registra minuto a minuto os mesmos dados apresentados pelo sistema supervisorio (Figura 7).

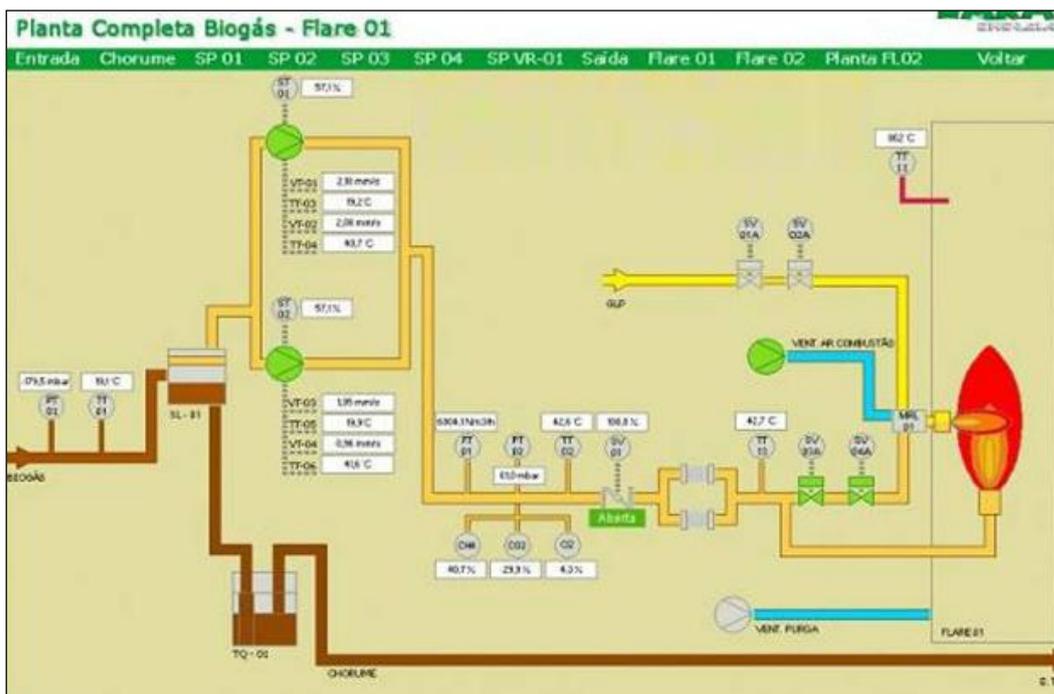


Figura 7: Supervisorio da Lara Energia. Fonte: Lara Energia.

A partir dos dados registrados são executados relatórios de monitoramento das reduções de emissões de gases de efeito estufa para avaliações realizadas por Entidades Operacionais Designadas (DOE) com a finalidade de obtenções de certificados de emissões reduzidas (CER's). As emissões reduzidas (ERy) no aterro sanitário Lara são conquistadas através da

conversão de gás metano em gás carbônico reduzindo 21 vezes o potencial de aquecimento global através da queima de biogás em temperaturas acima de 500°C em flare conforme a metodologia adotada pela UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change (Iclei, Manual para Aproveitamento de Biogás - Volume 1 - Aterros Sanitários) (Figura 8).

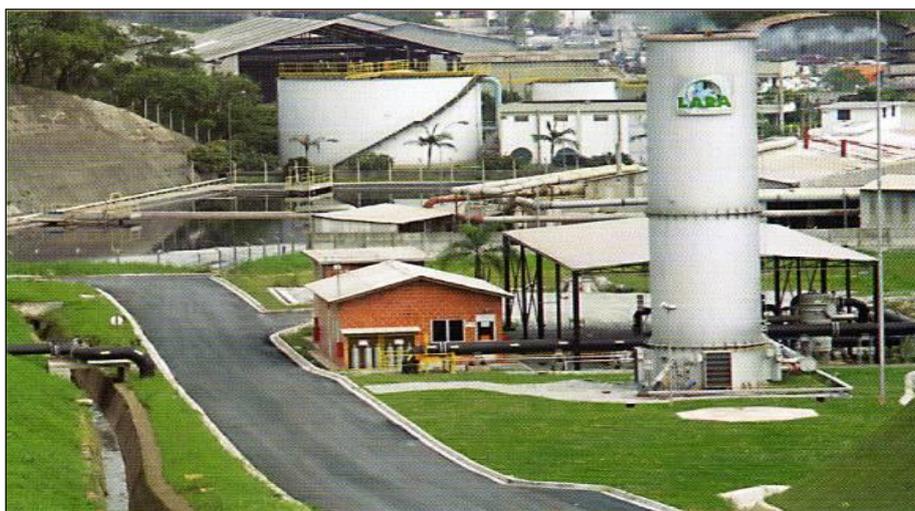


Figura 7: Queimador de Biogás Enclausurado (Flare). Fonte: Lara Energia

Atualmente são destruídos aproximadamente cerca de 4000 Nm<sup>3</sup>/h (Normal metro cúbico por hora) de metano, equivalente a 8,000 Nm<sup>3</sup>/h de Biogás à 50% de metano, resultando cerca de 1200 a 1500 de Toneladas de Carbono Equivalente (CO<sub>2</sub>eq) (O Estado de São Paulo, Vida, 27 de outubro de 2010).

### Metodologia de Análise de Extração de Biogás por Plumas

É efetuado um levantamento de qualidade e pressão do Biogás em cada ponto de extração (poço) no aterro sanitário Lara, este levantamento atualmente é efetuado duas vezes ao mês, cada levantamento dura em média 13 dias, após a coleta dos dados é tirada a média dos valores de cada ponto de extração. Além da média é analisada a pressão de sucção que esta sendo aplicada no ponto de extração, no aterro Lara a pressão de extração



em cada ponto não deve ser maior que 1 milibar de pressão, para que não cause a oxigenação do maciço do aterro.

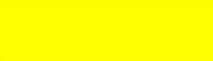
Após as médias calculadas, os valores são atribuídos respectivamente em seus pontos georeferenciado na planta do aterro e assim é possível realizar a pluma de biogás do aterro sanitário Lara.

### **Levantamento de dados em campo**

O levantamento de dados de campo é realizado duas vezes por mês, em cada poço de extração de biogás através de dois instrumentos de leituras; um analisador de gás portátil e um mano vacuômetro digital. O analisador portátil colhe uma amostra do biogás que esta sendo gerado no poço em que se está fazendo a leitura e fornece os dados de CH<sub>4</sub>%v/v, CO<sub>2</sub>%v/v e O<sub>2</sub>%v/v, cada leitura dura em média 60 segundos (1 minuto). O mano vacuômetro analisa pressões negativas e positivas com que o biogás está sendo extraído do poço durando aproximadamente 15 segundos. Os dados são anotados em uma planilha de monitoramento e ao final de cada mês é tirada a média das leituras de todos os poços.

Com a tabela de médias finalizada, os valores são atribuídos em seus pontos referenciado geometricamente correspondentes aos poços de extração na planta do aterro em forma de cores estipuladas para cada faixa de qualidade do biogás avaliado (Tabela 1).

Tabela 1: Faixa volumétrica de concentração de gás metano (CH<sub>4</sub>). Fonte: Lara Energia

Faixa volumétrica de concentração de gás metano (CH <sub>4</sub> )	Legenda
> que 60%	
Entre 55 e 59,9%	
Entre 50 e 54,9%	
Entre 45 e 49,9%	
Entre 40 e 44,9%	
< que 39,9%	

A pintura de cada poço não deve ultrapassar 3 centímetros de diâmetro em levantamento planialtimétrico, pois de acordo com o Gerente Técnico da Lara Energia, Rodrigo Chimenti Cabral, o diâmetro de influencia calculado estimado apresenta 30 metros e o levantamento é impresso em uma escala de 1:1000.

Com todos os poços marcados com suas respectivas cores é efetuada a pintura ligando ponto a ponto e fazendo a interpolação de acordo com as cores (qualidades) de cada poço e de cada área do aterro.

O que pode ser observado durante a interpolação dos pontos é que as concentrações de um ponto vizinho ao outro são na grande maioria homogênea revelando que o percentual de gás metano produzido pelo aterro sanitário se “interliga” através das drenagens horizontais. Esta observação também é revelada em poços que são conectados por diferentes estações de regulagens (manifolds) quando a regulagem de extração de biogás é bem controlada.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO****Plumas de concentrações mensais do gás metano contida no biogás extraído**

Dados do mês de junho 2009 até setembro de 2010 foram considerados. Um total de 16 plumas mensais, com as imagens em sequencia, revela a movimentação da pluma de gás junto ao sentido de disposição dos resíduos no aterro (Figuras 8 a 24). As regiões brancas em forma de mancha da planta representam as regiões onde não esta sendo realizada a extração de biogás no respectivo mês de avaliação, seja ela por conta de descarga de resíduos sólidos, por cobertura dos resíduos compactados ou mesmo por construção de linhas secundárias para captura de gases.

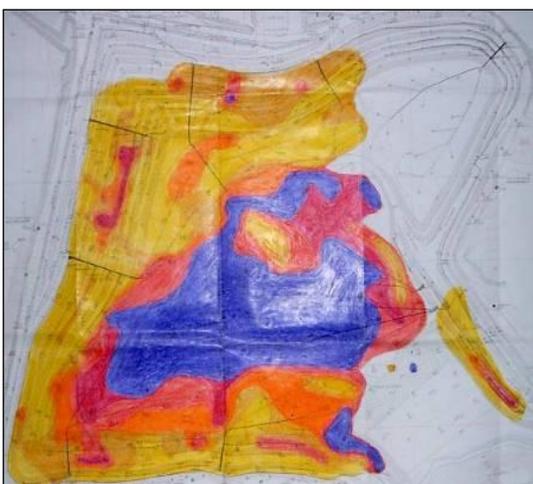


Figura 9. Junho 2009

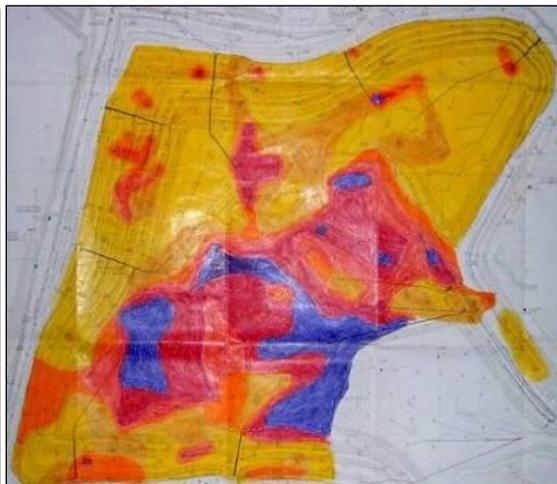


Figura 10. Julho de 2009

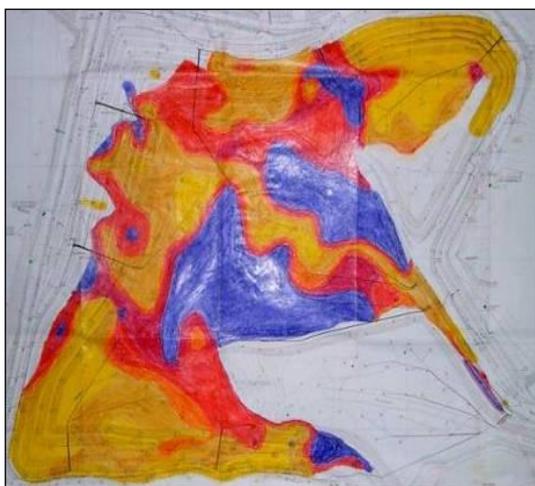


Figura 11. Agosto de 2009

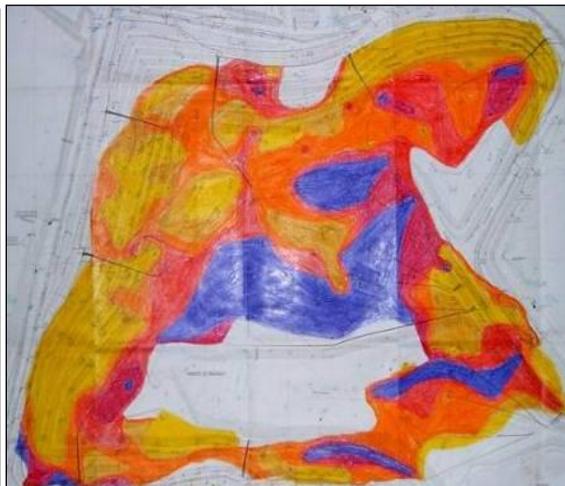


Figura 12. Setembro de 2009.

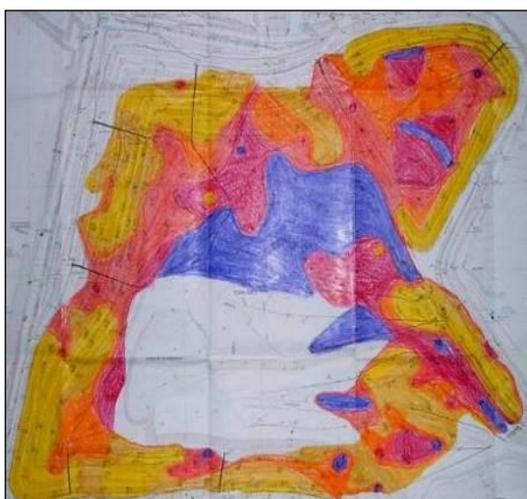


Figura 13. Outubro 2009

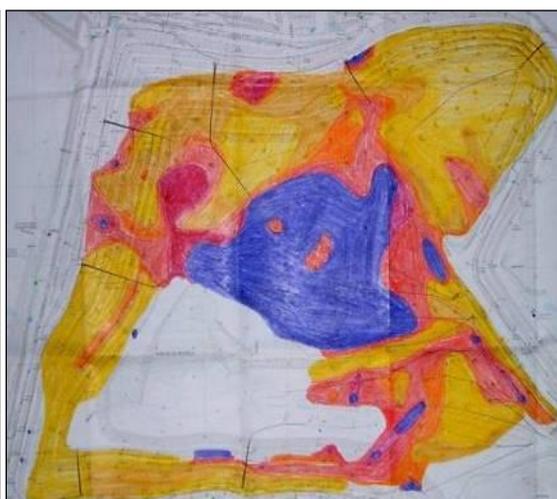


Figura 14. Novembro de 2009



Figura 15. Dezembro de 2009



Figura 16. Janeiro de 2010



Figura 17. Fevereiro de 2010



Figura 18. Março de 2010



Figura 19. Abril de 2010

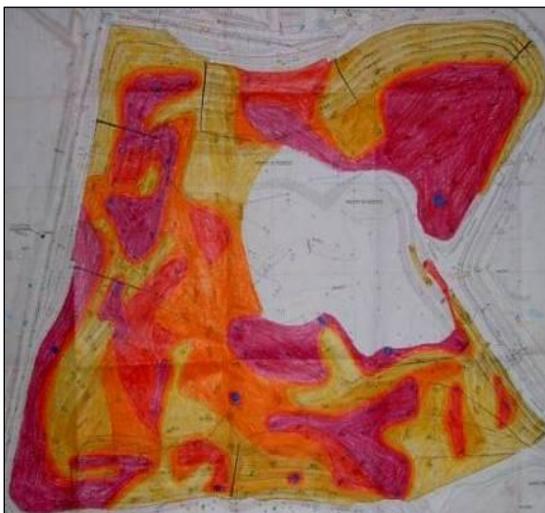


Figura 20. Maio de 2010



Figura 21. Junho 2010.



Figura 22. Julho de 2010



Figura 23. Agosto 2010

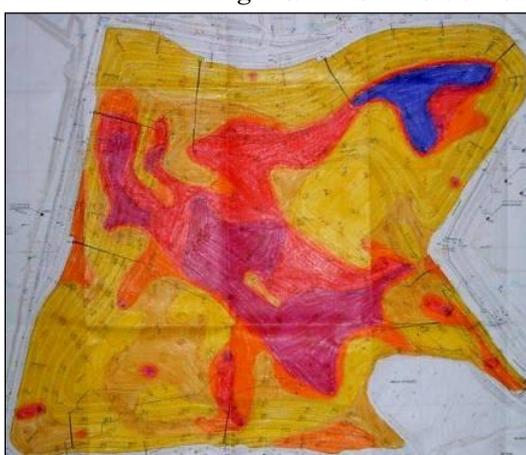


Figura 24. Setembro 2010

Pela sequencia de plumas, alem de se verificar problemas no sistema de captação pode-se relacionar a pluviosidade com a qualidade do biogás gerado e monitorar o período desde a descarga de resíduo até a produção de gás metano ao longo dos meses.

#### Verificação de falhas no sistema de extração

Abaixo se pode ver uma planta com a pluma finalizada e uma inconformidade circulada para que possamos compreender um dos possíveis problemas que a pluma nos indica no sistema (Figura 25).



Figura 25. Pluma de Gás Metano do aterro Lara. Fonte: Lara Energia

Com a pluma de gás é mais fácil encontrar falhas. Como exemplo a imagem acima há um ponto evidenciando qualidade aproximada de 30%v/v de gás metano contido no biogás em uma região totalmente circunscrita de qualidade de 60%v/v de gás metano contido no biogás. Uma provável hipótese para ocorrência da falha seria uma grande atuação de pressão negativa de extração de gases do poço maior que o poço poderia atuar para manter qualidade próxima a região circunscrita de 60%v/v.

Para resolver este possível problema foi diminuída a pressão negativa de extração, caso a pressão de extração negativa fosse mantida, poderia ocasionar a oxigenação da área em volta do poço comprometendo a qualidade de gás metano presente no biogás da região circunscrita.

A mesma falha pode aparecer de forma inversa, quando uma região de baixa qualidade de gás metano apresenta um ponto com qualidade alta. Quando isso acontece ou o poço está sendo submetido a uma baixa pressão negativa de extração ou pode estar com algum problema na tubulação, sifão de líquido ou mesmo entupimento por particulado sólido, fazendo com que a pressão negativa não chegue corretamente ao poço.

A maioria desses problemas quando isolados e localizados em plantas são fáceis e rápidos para resolver, geralmente uma manutenção na linha de extração e ou uma regulagem na pressão é suficiente.

### **Relação entre a pluviosidade e a geração de gás metano**

Uma das características fundamentais para geração de biogás a partir de resíduo orgânico é a umidade. Para relacionar a umidade com a geração de gás metano no aterro sanitário Lara foi necessário realizar levantamentos de dados de pluviometria mensal para comparar com as plumas de concentrações mensais do gás metano extraído. Os dados de precipitação acumulada mensal foram coletados a partir de gráficos anuais da estação metrológica do Mirante de Santana em São Paulo (Figuras 26 e 27).

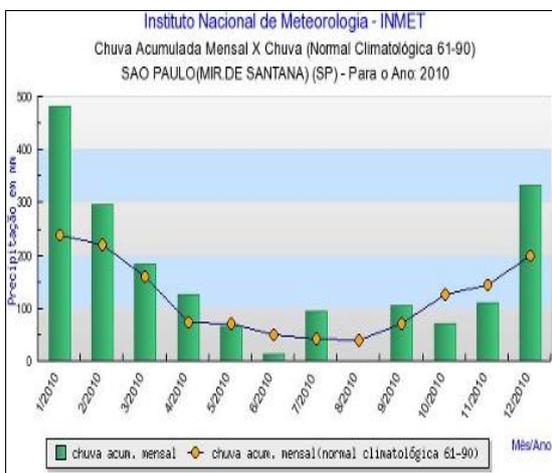


Figura 26. Chuva acumulada Mensal (2010).

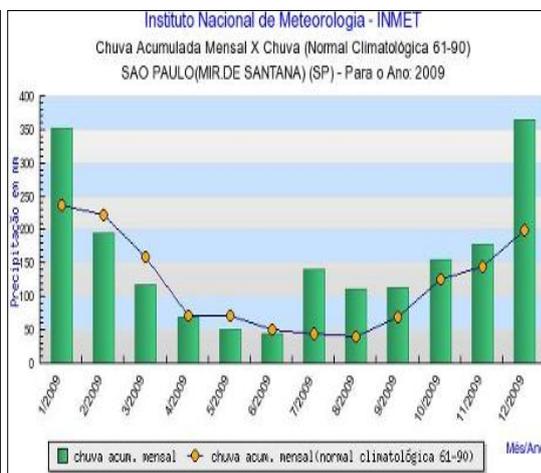


Figura 27. Chuva acumulada mensal (2009).

Fonte: [http://www.inmet.gov.br/sim/abre\\_graficos](http://www.inmet.gov.br/sim/abre_graficos).

Para uma melhor comparação com as plumas mensais foram avaliados 2 meses: dezembro de 2009 o qual apresentou precipitação acumulada de aproximadamente 370 mm e o mês de Agosto de 2010 que não apresentou precipitação acumulada conforme ilustrado abaixo (Figura 28).

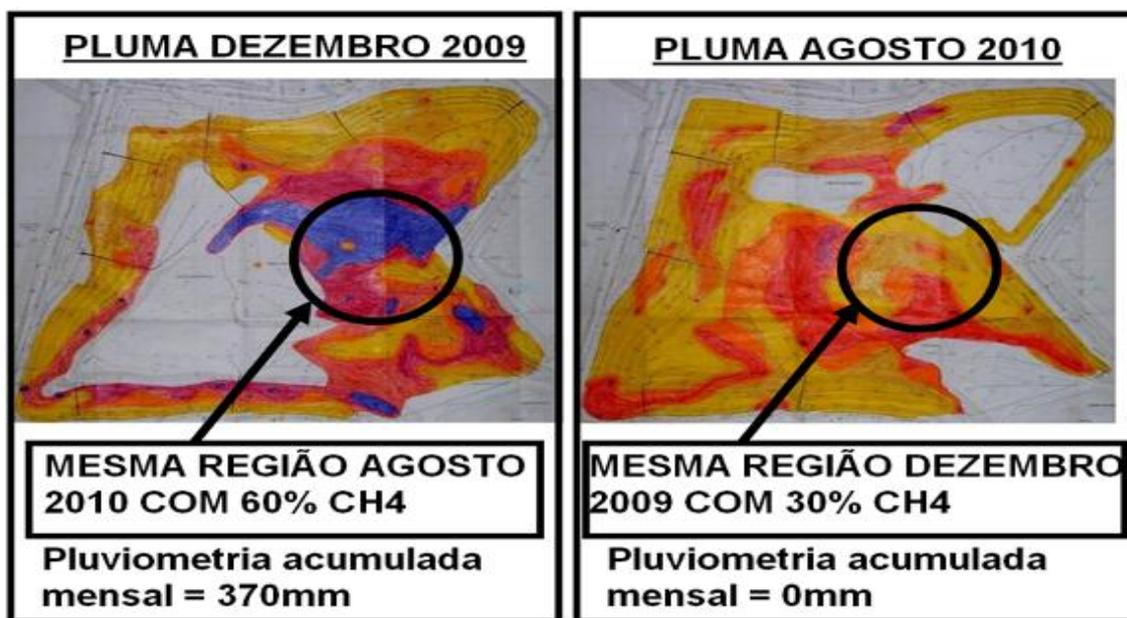


Figura 28. Comparação entre Pluma dezembro de 2009 com agosto de 2010. Fonte: Lara Energia.

O que pode ser observado é que provavelmente existe uma relação direta com a produção de biogás a qual é mais expressiva diante a maior pluviosidade no aterro sanitário Lara.

#### **Avaliação do tempo de geração de gás metano após deposição de resíduos sólidos**

Em uma das regiões do aterro sanitário Lara depositou-se resíduos sólidos urbanos no ano de 2003 e em 2008 apresentava baixo percentual de gás metano e baixíssima produção de biogás inviabilizando a extração de biogás. Conforme os avanços de deposição de resíduos depositaram-se resíduos nos meses de Maio e Junho de 2009 acima dos resíduos depositados em 2003. Depois de depositados os resíduos, realizadas as drenagens verticais e horizontais dos efluentes líquidos e gasosos junto à cobertura da região, foram inseridos os sistemas de extração de biogás com devidos cabeçotes aos drenos (poços) conectados às tubulações para condução de biogás a estação de regulação (manifold) nomeada como MF-F.

A região mencionada acima mereceu um estudo da evolução percentual volumétrica de gás metano gerado ao longo dos meses por conta de não haver grande mistura do gás metano gerado pelos resíduos sólidos depositados em 2003 com o gás metano que seria gerado pelos resíduos depositados após Maio e Junho de 2009.

Abaixo segue uma tabela com os percentuais médios mensais de gás metano medidos nos poços implantados da região após a descarga de resíduos para realização das plumas (Tabela 2)

Tabela 2. Média dos percentuais de gás metano nos poços. Fonte: Lara Energia

Mês	jul/09	ago/09	set/09	out/09
Poços	%Ch4 v/v	%Ch4 v/v	%Ch4 v/v	%Ch4 v/v
4.1	46,00	57,90	56,00	63,45
4.2	39,40	39,45	44,95	47,45
4.3	28,20	41,35	62,75	59,25
4.4	38,90	52,40	61,15	58,55
5.1	30,80	35,50	41,00	45,00
5.2	33,75	35,35	49,40	56,55
5.3	45,55	53,70	51,40	54,90
5.4	14,75	38,15	57,45	42,00
6.1	36,15	48,25	54,55	62,65
6.2	33,95	38,15	43,40	46,20
6.3	50,45	47,40	53,00	55,05
6.4	46,25	47,05	50,45	55,35
7.1	59,00	58,55	61,35	61,20
7.2	30,25	38,15	65,30	44,45
7.3	32,80	36,60	49,30	45,30
8.1	25,70	43,40	58,90	54,65
8.2	28,45	43,20	55,35	56,60
8.3	31,85	39,10	47,95	63,85
8.4	38,45	46,40	53,35	58,90
Média	36,35	44,21	53,53	54,28

Com os dados da planilha acima foram geradas as plumas mensais (figura 29 e 30).

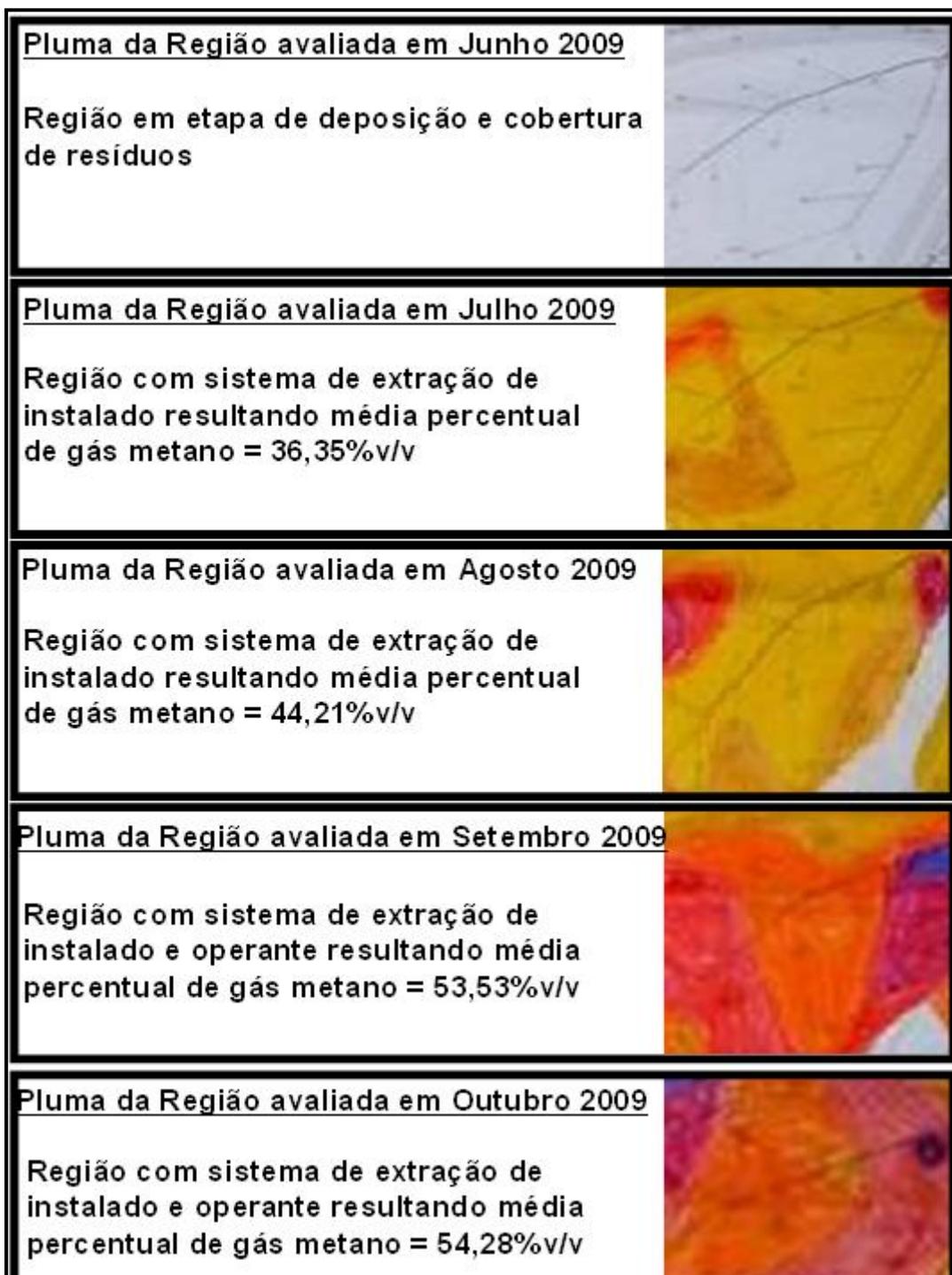


Figura 29. Pluma de região nos meses de junho a outubro de 2009. Fonte: Lara Energia

A figura acima revela que os resíduos foram aterrados e cobertos em junho de 2009 e extração de biogás na região estudada se iniciou em setembro de 2009 e o percentual de gás metano se manteve até o mês de outubro de 2009.

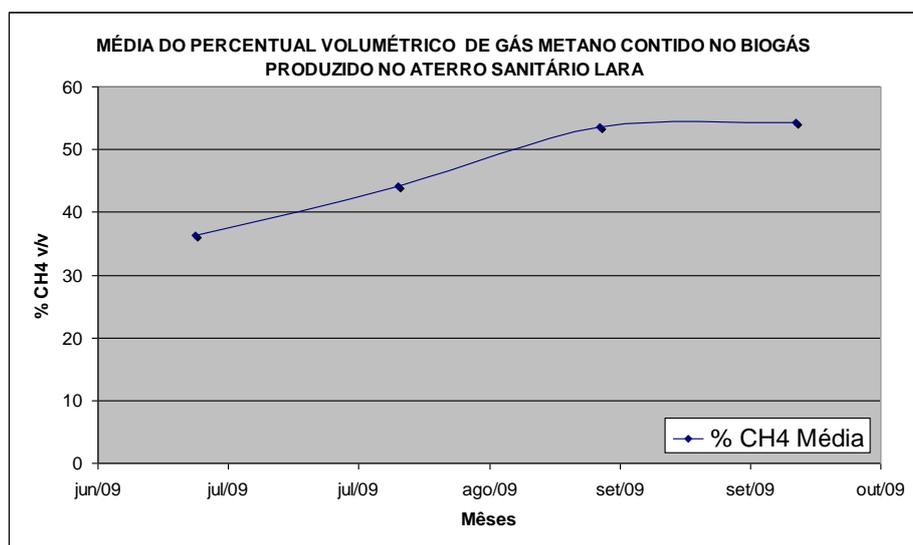


Figura 30. Média do percentual volumétrico de gás metano contido no biogás produzido no aterro sanitário Lara. Fonte: Lara Energia.

Observa-se que aproximadamente 3 meses após o aterramento e cobertura dos resíduos sólidos da região estudada, o percentual de gás metano contido no biogás produzido pela decomposição dos resíduos orgânicos foi suficiente para iniciar as atividades de extração.

## Conclusões

O biogás produzido em aterros sanitários apresenta em sua composição dióxido de carbono e gás metano, um gás inflamável que apresenta poder calorífico de aproximadamente 11 Kw/m<sup>3</sup> e é o 2º gás de Efeito Estufa em ordem de importância, sendo que o produzido por resíduos sólidos representa 3º maior fonte mundial de emissões de metano.

Com tamanho poder energético o biogás, que apresenta aproximadamente 6,0 Kw/m<sup>3</sup> é utilizado para geração de energia elétrica como verificado no aterro sanitário Bandeirantes, o primeiro aterro sanitário brasileiro que utiliza biogás para acionar 24 conjuntos moto-geradores de 925 KW/conjunto, correspondendo a uma potência líquida de 20.000 KW beneficiando aproximadamente 400 mil habitantes.

Apenas a queima do metano, gás que apresenta potencial de aquecimento global 21 vezes maior que o dióxido de carbono, acarreta ganhos ambientais na transformação do gás metano em água e gás carbônico, reduzindo o potencial de aquecimento global, gerando certificados de emissões reduzidas ou créditos de carbono em países em desenvolvimento como o Brasil.

O aterro sanitário Lara localizado em Mauá é um exemplo de sucesso em redução de emissão de gás metano pela queima e vem conquistando em torno de 1200 a 1500 certificados de emissões reduzidas por dia com o auxílio de plumas de geração de gás metano contido no biogás que é capturado.

Através da análise de plumas de gás metano é possível identificar possíveis manutenções no sistema, checar a interferência da estiagem na produção de biogás e prever qual melhor momento para extrair biogás após a deposição de resíduos sólidos.

O presente trabalho descreve detalhadamente o monitoramento através de plumas de metano produzido mensalmente no aterro sanitário Lara a fim de compartilhar a técnica de monitoramento com outros projetos visando melhorias no âmbito qualitativo e quantitativo durante as extrações de biogás de aterros sanitários.

## **Referências**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8.419 - Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos urbanos - Procedimento. 1984.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004/2004 - Resíduos Sólidos - Classificação. 2004.

AMBIENTEBRASIL. Portal. Disponível em:

<http://www.ambientebrasil.com.br>. Acesso em 10 jun de 2011.

ARCADIS LOGOS ENERGIA. Disponível em:

<http://www.logoseng.com.br/logosenergia/>. Acesso em 07 dez., 2010.

BIOGÁS CONGRESS 2011, trabalho apresentado pela ABRELPE.

BIOGÁS CONGRESS 2011, trabalho apresentado pela PLANCK-E.

BORBA, S. M. Análises de modelos de geração de gases em aterros sanitários: estudos de caso Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado . Rio de Janeiro: COOPE/UFRJ, 2006.

BRASIL ESCOLA, Protocolo de Kyoto, disponível em:

<<http://www.brasile scola.com/geografia/protocolo-kyoto.htm>>. Acesso em 02/07/2011.

CABRAL, R. C. Aproveitamento do biogás em aterros sanitários: especificações construtivas beneficiando aspectos ambientais e energéticos. 2009. 129 p.

COMUNICAÇÃO INICIAL DO BRASIL 2004.

D' ALMEIDA, M. O., & VILHENA, A. Manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT / CEMPRE, 2000.

EDUCAR.SC.USP. Aquecimento Global, disponível em:

<<http://educar.sc.usp.br/licenciatura/2003/ee/Aquecimentol1.html>>. Acesso em 02/07/2011.

GLOTEC. Disponível em:

<<http://www.glotec.com.br>> Acesso em 12 de jul de 2008.

IBAM. Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Disponível em:

< <http://www.iban.org.br/publique/media/boletim2a.pdf>.> Acesso em 01 de jan de 2009.

ICLEI, Manual para Aproveitamento de Biogás - Volume 1 - Aterros Sanitários.

INMET. Disponível em:

<[http://www.inmet.gov.br/sim/abre\\_Graficos.php?data=06/2009](http://www.inmet.gov.br/sim/abre_Graficos.php?data=06/2009)>. Acessado em 05/08/2011.

LARA. Central de Tratamento de Resíduos LTDA. Disponível em <http://www.lara.com.br>. Acesso em 02 de jan de 2008.

MANUAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESIDUOS SOLIDOS, 2001.

NUNESMAIA, M. Lixo: soluções alternativas. Feira de Santana: UEFS, 1997. Jornal O Estado de São Paulo, Vida, 27 de outubro de 2010.

Pecora, V et al. Biogás : estudo de caso em São Paulo. Encontro brasileiro-britânico: energias renováveis para uma vida sustentável. São Paulo: IEE USP. 2008

PROSAB, Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, 2003, pg 23.

REVISTA DA FOLHA, 28 de fevereiro, 2010.

REVISTA ÈPOCA

SCHIEL, 2008

TSCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H. & VINIL, S. Integrated solid waste management.

Engineering principles and management issues. Irwin MacGraw - Hill. 1993. 978p.

UNFCCC United Nations Framework Convention on Climate Change