

# Considerações sobre aproveitamento do Biogás em Aterro Sanitário

Luis Sergio Akira Kaimoto, Eduardo Ferreira Leite e Marcílio Gama Coelho

Engenheiro Civil, Cepollina Engenheiros Consultores - Rua Roque Petrella, 314 CEP 04581-050, São Paulo, SP, Brasil

**RESUMO:** O presente trabalho apresenta os aspectos da implantação da rede coletora de biogás com aproveitamento para geração de energia e queima centralizada e suas interfaces geotécnicas. Aborda uma síntese das etapas de avaliação de pré-viabilidade, os ensaios, a implantação, a operação e os aspectos geotécnicos, com enfoque para o aterro sanitário Bandeirantes, em São Paulo, Brasil.

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo novas tecnologias vêm sendo implementadas em aterros sanitários, a fim de lhes conferir, sobretudo, funcionalidade e segurança técnica e ambiental.

Até aproximadamente duas décadas passadas, os princípios que norteavam a concepção de aterros de resíduos consideravam como fundamentos básicos os critérios sanitários. Neste contexto alguns conceitos como de relevância relativa da drenagem interna de seus efluentes, dentre outros, advinha de critérios de outros países, principalmente europeus e norte americanos, embora as características muito diferenciadas dos resíduos, no nosso caso muito mais orgânicos, com elevado teor de umidade, além da flagrante influência do clima. Alia-se a isso, principalmente nos grandes municípios, a carência de áreas predisponentes em função da tendência de concentração urbana, que implicou maciços com alturas cada vez maiores, superando limites de 50 a 100 metros. E a ultrapassagem desta fronteira foi acompanhada, principalmente no início da década de 90, por eventos de instabilidade. Nesse instante, de imprescindível reposicionamento técnico, concluiu-se pela necessária atenção especial a ser destinada aos sistemas de drenagem dos efluentes, tanto os líquidos quanto os gasosos (COELHO, 2005).

Eventos que porventura atentem contra a segurança à estabilidade do maciço apresentam-se, invariavelmente, com um ineficiente sistema de drenagem dos fluidos. Projeto e execução do mesmo devem ser cuidadosamente analisados.

Com o intuito de monitorar o comportamento físico e mecânico no maciço, são instalados instrumentos de aferição de recalque e de leituras piezométricas não só de chorume como de gás.

É nesse instante, quando se tem o efetivo monitoramento dos fluidos no interior do maciço, assim como uma resposta positiva do real funcionamento do sistema de drenagem, que se tem a real dimensão da possibilidade e necessária captação do gás produzido pelo aterro, o biogás, e seu conseqüente aproveitamento para geração de energia.

Evidentemente, deve-se destacar que, idealmente, o aterro sanitário seja dotado de tecnologias e sistemas necessários com destaque para a drenagem de sub-base, a impermeabilização, a drenagem de chorume, a drenagem de gases e a eficiente operação e dos sistemas de cobertura.

### I) Impermeabilização

A impermeabilização das fundações deve contar com um sistema de múltiplas barreiras, de modo a assegurar a proteção ambiental e com função complementar de barreira à fuga de gases.



Figura 1- Detalhe de impermeabilização do aterro

### II) Drenagem de nascentes

A drenagem de nascentes ou sub-superficial das fundações visa resguardar o lençol profundo, impedir o desenvolvimento de sub-pressões de água sob o maciço de lixo, especificamente sob o sistema de impermeabilização e, complementarmente, não permitir a ocorrência de erosões retrogressivas.

### III) Drenagem de chorume

Tendo em vista que os efluentes líquidos são gerados continuamente e que sua vazão e composição variam sensivelmente em função do clima e do tipo de resíduos dispostos, é recomendável a implantação de um sistema de controle e acompanhamento dos efluentes gerados, com o contínuo monitoramento de geração e composição, permitindo retroanálises necessárias (KAIMOTO & CEPOLLINA, 1996).



Figura 2- Detalhe drenagem de chorume do aterro

### IV) Drenagem de gases

Do ponto de vista das ações operacionais rotineiras que envolvem a implantação desse sistema, deve-se considerar que, uma vez implantadas as bases dos drenos verticais de captação e condução de biogás, a implantação do sistema de drenagem evolui de forma conjunta com a do sistema de drenagem interna de chorume, constituindo sistemas interdependentes.



Figura 3- Detalhe dreno vertical do aterro

#### V) Condições operacionais e de cobertura

Assim como os demais componentes já assinalados, dentre outros, a imposição e a garantia de continuidade de condições operacionais adequadas, com o devido espalhamento e compactação dos resíduos e a cobertura ininterrupta e total dos mesmos, não só junto às células em operação, como as já encerradas, são componentes imprescindíveis à qualidade ambiental e técnica.



Figura 4- Detalhes de frentes de disposição: a) Frente restrita para resíduos domiciliares b) Diferentes frentes para resíduos diferenciados

## 2. ESTUDOS ANTERIORES A IMPLANTAÇÃO

O primeiro passo para a captação do biogás e aproveitamento para geração de energia contempla estudos iniciais teóricos, mas considerando parâmetros adequados para cada caso, ensaios e experimentos, como os executados no aterro sanitário Bandeirantes. Nesse caso foram realizadas duas etapas de ensaios. A primeira etapa, de avaliação de viabilidade, consistindo na adaptação de 30 poços, dos quais 25 já existentes e 05 novos. Deste total, para 05 poços foi imposta apenas a condição de sucção forçada, para 15 apenas a condição de captação espontânea e para 10 poços a condição de sucção forçada e de captação espontânea. Uma segunda etapa, onde foram adaptados, sob condição de captação com sucção forçada, 03 poços do sub-aterro AS-5, em operação, constituindo uma pequena rede interligada.

### 2.1. Ensaios da 1ª Etapa

Os ensaios da primeira etapa tinham por objetivo avaliar o potencial vigente dos diferentes poços existentes, com várias idades do lixo, que, dessa forma, permitiram retroanalisar os vários parâmetros envolvidos nas avaliações de capacidade de cada setor, verificar as diferenças inerentes em relação às referências internacionais e de outros aterros diferenciados, estabelecer um prognóstico da real capacidade do empreendimento e definir a real estratégia de viabilidade do empreendimento.



Figura 5- Adaptações para 1ª etapa de ensaio

### 2.2. Ensaios da 2ª Etapa

Os ensaios de segunda etapa, dado o pioneirismo da iniciativa no País, visou incorporar a experiência no âmbito internacional, no caso, com a empresa Van Der Wiel, selecionando-se, para isso, poços do sub-aterro com maior potencial, o sub-aterro AS5.



Figura 6- Adaptações para ensaios 2ª Etapa

### 2.3. Resultados da 2ª Etapa

O quadro que se segue resume os principais resultados dessa etapa, com valores elevados de gás metano e vazões que corroboraram ou ultrapassaram as expectativas da primeira etapa, consolidando os objetivos dos estudos.

Tabela 1 – Quadro resumo de resultados de ensaio

Poço Drenante	Vazão média de biogás por sucção forçada (Nm <sup>3</sup> /h)	CH4 (%)	Vazão média de CH4 (Nm <sup>3</sup> /h)	Energia Gerada (kwh)
PD 24	154	60	92	294,0
PD 22	133	61	81	259,0
PD 26	41	58	24	76,8

### 3. IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DO BIOGÁS

A usina termelétrica de biogás do aterro sanitário Bandeirantes foi instalada no período de setembro a dezembro de 2003, nesse instante já com testes de sucção e acionamento do sistema, sendo formalmente inaugurada em 25 de janeiro de 2004.

Além dos estudos iniciais já descritos, que subsidiaram as etapas de projeto, é importante ressaltar que a real viabilidade do empreendimento dependeu muito da eficiência e pleno conhecimento dos sistemas de drenagem implantados, bem como da gama de informações advindas de todo o monitoramento geotécnico do maciço sanitário, já à época com mais de 10 anos.

#### 3.1. Serviços executados para a captação

A captação do biogás deu-se pela adaptação dos drenos verticais existentes e pertencentes ao sistema de drenagem de gás e chorume, o encaminhamento do biogás por tubulação em PEAD (polietileno de alta densidade) até o agrupamento de ramais, o manifold, e finalmente para a usina de biogás, onde é efetivada a retirada de umidade, a pré-filtragem, e o posterior encaminhamento para a geração, mais especificamente aos moto-geradores, além da queima do gás excedente.

É mostrado a seguir o arrasamento do dreno vertical para posterior adaptação do cabeçote de coleta do biogás, já devidamente interceptado a cada camada pelo sistema de drenagem interna do aterro, com o posterior encaminhamento à rede coletora.

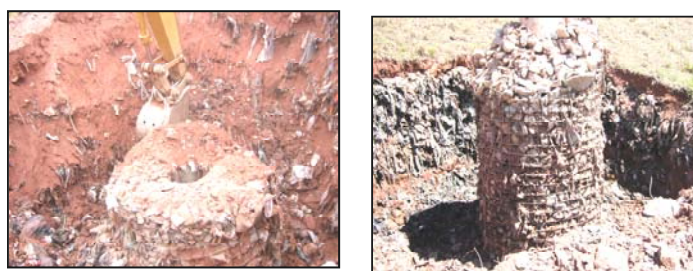


Figura 7 – Detalhe da preparação do dreno vertical para posterior adaptação



Figura 8- Dreno vertical adaptado com cabeçote em PEAD

O biogás captado pelo dreno vertical adaptado segue por tubulação para unidade de agrupamento desses drenos, denominado manifold e apresentado na figura 9 a seguir.



Figura 9- Detalhe do Manifold

### 3.2. Aspectos a considerar

A implantação do sistema de captação de biogás e geração de energia a partir do gás produzido em aterro sanitário e coletado pelo sistema de drenagem já existente merece algumas considerações acerca de suas vantagens e desvantagens, não apenas para o ganho ambiental envolvido, como também para as condições geotécnicas do maciço.

Desta forma, pode-se destacar, na esfera de ganho ambiental, a quantidade de metano ( $\text{CH}_4$ ), 21 vezes mais nocivo à camada de ozônio do que o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), que deixa de ser lançada na atmosfera, embora se deva considerar cada aterro e seus respectivos sistemas de drenagem existentes.

Outro ponto positivo, ainda na esfera de ganho ambiental, é o aproveitamento para geração de uma energia limpa e renovável a partir de fonte poluidora.

No caso do aproveitamento do aterro sanitário Bandeirantes, especificamente, pode-se ainda destacar o ganho científico da iniciativa, na medida em que se permitiu a medição de ratificação de valores e estudos prévios, na etapa de viabilidade e estudos teóricos. Dentre esses valores de verificação, pode-se destacar não só o potencial de vazões captadas como também a composição, a temperatura, a variabilidade com as diferentes pressões impostas, a perda de carga do sistema concebido, a resposta do maciço sanitário aos critérios implementados, dentre outros.

Por outro lado, é importante registrar algumas dificuldades e interferências decorrentes, não só entre o comportamento do maciço sanitário do ponto de vista geotécnico, como do ponto de vista de interfaces operacionais do aproveitamento com a operação do aterro sanitário propriamente dito.

Como é sabido, o maciço sanitário, constituído de material extremamente heterogêneo e com alto teor orgânico, se por um lado resulta com alto poder energético, por outro implica em elevadas deformações mecânicas. Além da produção de grandes vazões de gases e líquidos, apresenta elevadas deformações de

seus resíduos, com grandes recalques e deslocamentos horizontais, principalmente quando comparados a maciços terrosos.

Nesse sentido, é importante ressaltar que a velocidade e a magnitude desses deslocamentos e recalques são nitidamente majoradas quando da captação de gases existentes, em determinadas situações podendo vir a exigir cuidados geotécnicos tanto em função de deformações excessivas, como pelas reconformações geométricas e alteração das condições internas de poro-pressão .



Figura 10- Talude íngreme em função de elevada deformação.



Figura 11- Deformação verificada quando da adaptação do dreno vertical

Por fim, todas as interferências em consequência da captação do biogás do maciço sanitário devem ser quantificadas e conhecidas e, para tanto há a necessidade da inserção de novos elementos de monitoramento geotécnico. A implantação de novos marcos superficiais, sobretudo, nas proximidades dos drenos adaptados, assim como novos piezômetros que possam fornecer leituras das pressões de líquidos e gases no interior do maciço, são elementos essenciais para que se possa aprimorar as análises de estabilidade do maciço pós-adaptação dos drenos.

#### **4. CONCLUSÃO**

A principal conclusão a ser destacada da experiência do aproveitamento do biogás produzido no aterro sanitário Bandeirantes é quanto à real e efetiva viabilidade técnica de captação do biogás, trazendo não só benefícios ambientais como se constituindo nova fonte de recursos para empreendimentos dessa natureza.

Evidentemente cada caso deve ser analisado de forma cuidadosa e independente em função da solução técnica do aterro sanitário, de seu histórico e das condições climáticas locais.

Outro aspecto de relevância é quanto à necessária, clara e criteriosa análise das interfaces geotécnicas com a captação, as operações e as medidas de controle, preventivas e contínuas, de projeto e de intervenção e quanto aos aspectos geotécnicos decorrentes da retirada diferenciada do biogás.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Coelho, M. G. Comportamento de piezômetros em aterro sanitário. São Paulo. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (2005).

Kaimoto, L.S.A. e Cepollina, M. Considerações sobre alguns condicionamentos e critérios geotécnicos de projetos executivos de aterros sanitários. Anais, Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, Porto Alegre, (1996).