

# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## **CORREÇÕES NO PROJETO EXECUTIVO DO ATERRO METROPOLITANO OESTE DE CAUCAIA – ASMOC, COM VISTAS A SOLUCIONAR PROBLEMAS DE CONCEPÇÃO DA DRENAGEM DOS LIQUIDOS PERCOLADOS**

\* Francisco Humberto de Carvalho Junior<sup>1</sup>  
Marisete Dantas de Aquino<sup>1</sup>  
Alisilet Dantas de Aquino<sup>1</sup>  
José Capelo Neto<sup>1</sup>

*CORRECTION IN THE LANDFILL PROJECT EXECUTIVE  
METROPOLITAN WEST CAUCAIA - ASMOC, WITH A VIEW  
TO RESOLVING DRAINAGE PROBLEMS OF DESIGN  
PERCOLATING LIQUIDS*

*Recibido el 9 de julio de 2012; Aceptado el 12 de noviembre de 2012*

### **Abstract**

In some landfills in place in Brazil in the 1980s, although having met the standards and laws in force in Brazil, with over the years, had problems as leakage of leachate by the edges of the cells, forming a belt to your surroundings. In the design of executive projects, landfills should be waterproof as possible and including the internal division between layers. In addition to these models in a sealed landfill, also did not imagine that the solid waste would alter so quickly to their type. The aim of this study is the implementation of mitigation measures to solve problems in ASMOC - Metropolitan Landfill West Caucaia, which receives the waste of Municipalities of Fortaleza and Caucaia. Implemented some mitigation measures, the problems were solved. It is recommended, then the importance of using semi-permeable material within the cells of landfills and use of new technologies for drainage of leachate in landfills.

**Keywords:** Sanitary landfills, Solid waste, Leachate.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal do Ceará

\* *Autor correspondal:* Rua Alfeu Aboim, 500-Ap.601 Papicú Fortaleza-CE CEP 60150-750, Brasil. Email: [lixerogari@yahoo.com.br](mailto:lixerogari@yahoo.com.br)

## Resumo

Em alguns aterros sanitários implantados no Brasil na década de 1980, embora tendo atendido às normas e legislações brasileiras vigentes, com passar dos anos, apresentaram problemas como vazamentos de lixiviados pelas bordas das células, formando um cinturão ao seu entorno. Na concepção dos projetos executivos, os aterros sanitários deveriam ser impermeáveis o máximo possível e inclusive na divisão interna entre camadas. Somado a esses modelos de um aterro sanitário estanque, também não se imaginava que os resíduos sólidos urbanos modificassem tão rapidamente a sua tipologia. O objetivo deste estudo é a implantação de medidas mitigadoras para solucionar os problemas no ASMOC – Aterro Metropolitano Oeste de Caucaia, que recebe os resíduos urbanos dos Municípios de Fortaleza e de Caucaia. Implantadas algumas medidas mitigadoras, os problemas foram solucionados. Recomenda-se, então, a importância do uso de materiais semipermeáveis no interior das células de aterros sanitários e emprego de novas tecnologias para drenagens de lixiviados em aterros sanitários.

**Palavras Chave:** Aterros sanitários. Resíduos sólidos urbanos. Lixiviados.

## Introdução e Objetivo

Os projetos executivos de aterros sanitários- AS no Brasil e elaborados na década de 1980 não previam o aproveitamento do biogás como energia alternativa, nem a obtenção de créditos de carbono. Os AS foram concebidos de maneira mais impermeáveis, o máximo possível, e inclusive na divisão interna entre camadas de uma célula. Existe, contudo, necessidade de haver uma permeabilidade mínima do fluxo, e, de forma gradual, dos líquidos entre camadas. Nessas camadas intermediárias, com grandes espessuras, influenciam os processos de degradação, como o teor de umidade.

O Brasil é um país de enormes dimensões, com regiões e características diversificadas, como clima, solo, tipologia dos resíduos, entre outras. As normas e legislações não conseguem ainda atender especificamente quando se trata de AS e por isso registram problemas ambientais, como vazamentos de lixiviados nas bordas das células, notadamente quando os lixiviados não conseguem percolar verticalmente, como se espera, para o interior da célula até chegar aos drenos na base da célula. Outro agravante existente ainda, na região Nordeste, a falta de fiscalização pelos órgãos ambientais resulta em diversos problemas, como ineficiência de monitoramento ambiental com controle do lixiviado e pressão do biogás; ausência de drenos intermediários nas células; e falta de controle na qualidade das águas subterrâneas e superficiais.

O controle dos lixiviados é uma das maiores preocupações no gerenciamento de um AS. Os lixiviados gerados são função do balanço hídrico, representada pela equação (Reichert, G.A. *et al.*, 2002):

$$L = W_P + W_{SR} + W_{IR} + W_D + W_{GW} - R - E - \Delta S_S - S_R \quad \text{Equação (1)}$$

Donde:

L: volume de lixiviado

WP: entrada de precipitação

WSR: entrada de água pluvial

WIR: entrada de irrigação ou recirculação

WD: decorrente da composição dos resíduos

WGW: infiltração pela base

R: escoamento superficial

E: evapotranspiração

$\Delta SS$ : variação da umidade no solo de cobertura

$\Delta SR$ : variação da umidade armazenada nos resíduos

A quantidade de líquido lixiviado depende de vários fatores, como condições meteorológicas do local (umidade, precipitação, evaporação, temperatura e ventos); geologia e geomorfologia (escoamento superficial e/ou infiltração subterrânea, grau de compactação e capacidade do solo em reter umidade); condições de operação do; idade e natureza dos resíduos sólidos (tipo, umidade, nível de matéria orgânica, características), e topografia. (Capelo, J., Neto, 2005).

O material de cobertura nos aterros sanitários influencia diretamente no grau de infiltração e percolação dos líquidos e, como o solo é um meio poroso, a precipitação se infiltra até chegar ao estado de saturação superficial, (Castilhos Junior) 2003. Já no interior de uma célula, apesar das características hidráulicas de materiais diferentes, tais como a condutividade hidráulica e porosidade serem semelhantes, existem diferenças significativas na estrutura das partículas e no tamanho dos poros deste meio. A percolação nos AS acontece quando a quantidade de água excede a capacidade de retenção da umidade do material alterado, que são os resíduos sólidos (Tchobanoglous *et al.*, 1994).

Para determinado volume de lixiviados, meios porosos com diâmetros menores proporcionam mais áreas superficiais e maiores possibilidades de formação de biofilme. Independentemente do tamanho da partícula do meio, entretanto, o escoamento dos lixiviados afeta a taxa de entupimento. Quando o escoamento é maior, há uma tendência de aumentar a atividade biológica e a precipitação de minerais insolúveis. Deve-se, no entanto minimizar a responsabilidade dos projetistas, visto que as tecnologias e os estudos no período da concepção estavam coerentes com que se imaginava.

Este estudo teve como objetivo a implantação de medidas mitigadoras para solucionar os problemas no ASMOC – Aterro Metropolitano Oeste de Caucaia, que recebe os resíduos urbanos dos Municípios de Fortaleza e de Caucaia.

### **Metodologia**

No ASMOC - Aterro Sanitário Oeste de Caucaia, há dez anos do início de sua operação, os problemas ambientais e sanitários começaram a surgir, tais como os vazamentos de lixiviados

nas células mais antigas, formando um cinturão em torno deles, com a consequência de contaminação das, águas subterrânea e do solo. Para isso foi analisado o projeto original, e procedida à sua execução. Para tanto, algumas medidas mitigadoras foram adotadas mediante de um estudo técnico para a recuperação das Células T1 e T2 e as suas aplicações, que suceda na execução das novas células. Foram utilizadas pesquisas bibliográficas no que tange à permeabilidade das camadas internas das células e da drenagem no fundo das células e também pesquisa de campo.

### Resultados

Foram executadas sondagens geotécnicas para a escolha desta área que mostraram a presença da primeira camada, composta de areia fina e média, siltosa, com matéria orgânica e pedregulhos, cinza-escuro e com espessura variando entre 30 e 80 centímetros. Logo abaixo, as camadas exibem predominância de areia argilosa de baixa permeabilidade com uma condutividade hidráulica média de  $K = 10^{-6}$  cm/s. Oito furos foram realizados até a cota 4,45 m. A partir daí encontra-se solo rochoso. A área disponível para recebimento de resíduos sólidos é de 78,47 ha, estando dividida em 17 setores e subdividida em 67 trincheiras. As sondagens foram somente executadas nas áreas onde deveriam ser as células, e não houve análise do solo para a cobertura, da jazida de material argiloso utilizado na área. Os dados citados acima foram obtidos do Estudo de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) do aterro sanitário. (ASTEF, 1989).

Duas células T1(130,22m x 45,84m = 5.969,28 m<sup>2</sup>) e T2 (122,30m x 45,84m = 5.606,23 m<sup>2</sup>) foram estudadas por causa do aparecimento de vazamento dos lixiviados; inicialmente, tal aconteceu em 2007 e estas foram restauradas em 2011. A célula T1 teve sua construção em 2004 e a célula T2 em 2005. As duas células receberam juntas um total de 130.050 toneladas de RS, sendo T1 com 67.064,42 toneladas de RS e T2 com 62.985,58 toneladas de RS. Foram dispostos os resíduos em cinco camadas com 5 m em média de altura. As quatro camadas de terra de recobrimento médio com 15 cm internamente, e uma camada de 60 cm externamente. O talude foi de 2:1 (H:V). Suas construções obedeceram ao projeto-padrão, constando de uma escavação no solo em média de cinco metros de profundidade e de 25 m sobre a cota do terreno natural. No fundo de cada trincheira, foram construídos drenos de lixiviados do tipo espinha de peixe, compostos por valas de 40 por 40 cm escavadas no solo, preenchidas com brita e protegidas com material vegetal. Durante a acumulação dos resíduos sólidos – RS, foram também instalados os drenos verticais para a remoção do gás gerado durante a decomposição da matéria orgânica presente.

Nas células pesquisadas, observou-se que o sistema de drenagem de fundo, que deveria atender ao volume de líquido produzido na trincheira após atravessar a massa de lixo e de terra,

não estava funcionando conforme o projeto executado. Essas camadas intermediárias das células não permitiram que os lixiviados chegassem até a base. Verificou-se, também, um aumento no nível deste líquido nos piezômetros, chegando a ultrapassar a cota do terreno natural e causando inúmeros vazamentos por meio dos taludes laterais das trincheiras, e conseqüentemente, infiltrações no solo. A situação de vazamento agravou-se com a adição das camadas superiores de RS e a conseqüente compactação dos resíduos depositados. Como conseqüência, algumas células passaram a percolar lateralmente, formando um cinturão negro em volta da célula. A Figura 1 mostra a vista do dreno de gás completamente tomado por lixiviados, indicando que a trincheira está saturada e os drenos de fundo não estão funcionando bem. Na Figura 2, tem-se o nível no piezômetro acima do nível de terreno na trincheira T2.



**Figura 1.** Drenagem de gás completamente tomado por chorume do ASMOC. Fonte: Carvalho Jr, F.H.(2011).



**Figura 2.** Nível do piezômetro na trincheira T2 e vazamento no pé do talude. Fonte: Carvalho Jr, F.H.(2011).

Uma inspeção geral do sistema de drenagem externa (poços de visita, tubos de PVC e estações elevatórias) foi realizada, de forma a se verificar a causa de entupimento, mas nenhum problema foi constatado. O próximo passo foi verificar a possibilidade de contaminação de águas subterrâneas e superficiais mediante análises físico-químicas e bacteriológicas de águas

coletadas no poço de monitoramento PM3 e nos talwegues de drenagem de águas pluviais nas circunvizinhanças da área em foco. Neste caso, foi detectada a presença de contaminantes originados dos lixiviados, tanto nas águas subterrâneas quanto nas superficiais, confirmando a existência de vazamentos pelos taludes das trincheiras, de infiltração no solo e no lençol freático (Figura 3).



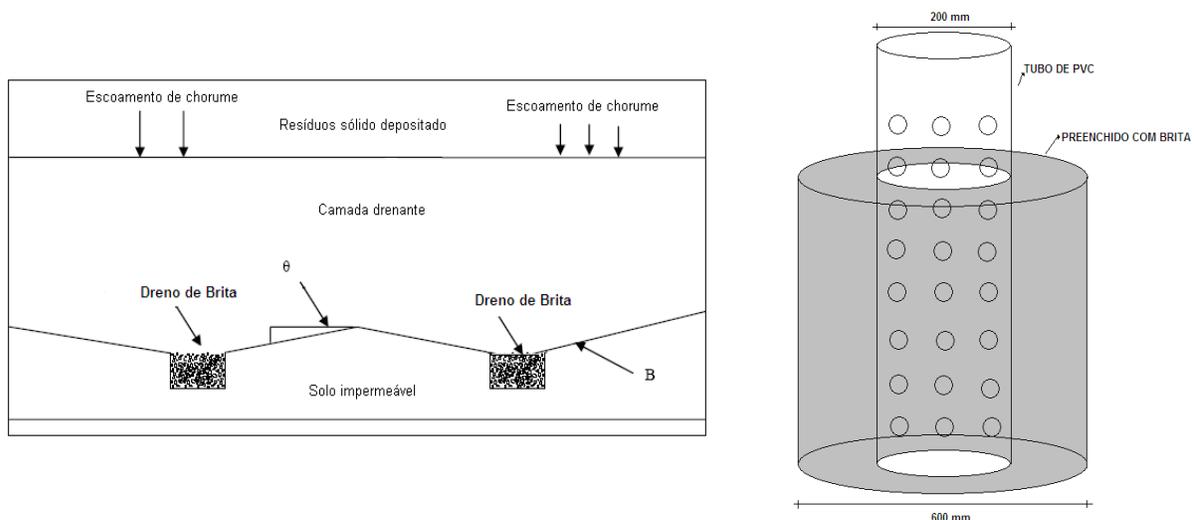
**Figura 3.** Vazamento de lixiviado pelos taludes das trincheiras T1 e T2. Fonte: Carvalho Jr, F.H.(2011).

Dessa forma, com os indícios técnicos disponíveis, chegou-se à hipótese de que os drenos horizontais e verticais não estavam funcionando de forma correta, causando o acúmulo deste líquido dentro das trincheiras e comprometendo ambientalmente o solo, as águas superficiais e subterrâneas. Após análise, verificou-se que as causas são duas, conforme delineado na sequência.

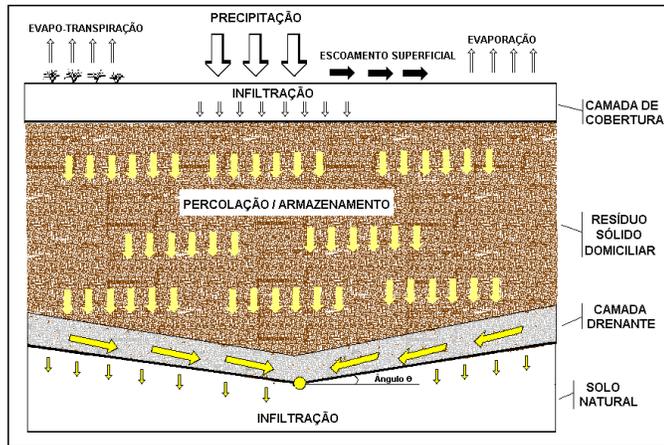
1. Impermeabilização das camadas de recobrimento: na concepção do projeto executivo do ASMOC e na caracterização do solo que foi utilizado como material de recobrimento tem como característica um solo impermeável do tipo argiloso. O fato de as camadas intermediárias de uma célula serem impermeáveis faz com que os líquidos percolados procurem uma saída mais rápida, no caso, pela lateral das células. Neste ínterim forma-se um cinturão escuro em volta da célula, ou seja, líquidos percolados que, em vez de descer em gravidade até os drenos horizontais no fundo da trincheira, e que deveriam ser tratados nas lagoas de estabilização. Portanto, isso caracteriza um problema de concepção do projeto executivo. Registra o fato de que, até então vinha se cumprindo o determinado neste projeto na execução de células no ASMOC.
2. Colmatação dos drenos dos líquidos percolados: o projeto executivo não previu uma espécie de filtro do tipo "bidim", que impede a colmatação dos drenos dos percolados ou drenos horizontais. Sem essa proteção dos drenos, haverá sempre possibilidades de colmatação ou, de forma mais simples, de entupimento destes drenos.

Para solucionar os problemas externados no ASMOC, algumas medidas foram tomadas, tais como:

- i. preparar a nova trincheira com o mesmo volume das trincheiras T1 e T2, constando de escavação, construção de drenos horizontais para chorume e drenos verticais para gases. As novas trincheiras mantiveram o mesmo tamanho e capacidade volumétrica. (Figura 4);
- ii. Implementar um novo sistema de drenagem de lixiviados e utilizar material de cobertura intermediaria mais permeável que a anterior.
- iii. remover a camada de cobertura das trincheiras T1 e T2 e acumular este material inerte não contaminado (argila) ao lado delas para futura utilização como material de cobertura;
- iv. construir valas nas trincheiras T1 e T2, mediante remoção de parte dos resíduos sólidos depositados, com o objetivo de possibilitar a drenagem do lixiviado neles acumulado;
- iv. drenar todo o lixiviado acumulado nas trincheiras T1 e T2, e encaminhar ao sistema de tratamento disponível;
- v. remover todos os resíduos sólidos depositados nas trincheiras T1 e T2; transportar, dispor na nova trincheira e executar cobertura adequada;
- vi. remover solo contaminado das trincheiras T1 e T2 e dispô-lo como resíduos sólidos dentro das novas trincheiras;
- vii. recuperar as trincheiras T1 e T2 com a implementação de novo sistema de drenagem de lixiviados. Este deve constar de drenos de brita escavados no solo e uma camada de areia de 80 cm de espessura, de forma a proteger os novos drenos (Figura 5). Depois de recuperadas, as trincheiras T1 e T2 devem ser reutilizadas com a adição de resíduos sólidos novos; e,
- viii. executar as camadas intermediárias com material menos impermeável e com uma condutividade hidráulica maior do que a existente.



**Figura 4.** Esquema simplificado dos drenos para os lixiviados e dos biogases propostos para a recuperação das trincheiras T1 e T2. Fonte: Capelo, J. e Carvalho, F.H.(2011).



**Figura 5.** Trincheiras com camada drenante. Fonte: Capelo, J. (1999).

Executadas as proposições, os resultados com as novas trincheiras foram:

- as trincheiras T1 e T2 foram recuperadas e com a orientação de modificar a camada intermediária e a variação da configuração de drenos de fundo (Figura 6);
- houve influência significativa na diminuição da coluna de lixiviado acumulado, do volume infiltrado através da camada impermeabilizante e no aumento volume de lixiviado coletado. Em termos práticos, isto significa que a verificação de grandes alturas de lixiviados dentro da trincheira, a observação de infiltração no solo e a consequente contaminação de águas subterrâneas são um forte indício da ausência de drenos ou a presença de drenos inoperantes;
- a adição da camada drenante no fundo da trincheira teve impacto significativo. A coluna de lixiviado formada foi reduzida de 200 cm para 8 cm no máximo. A infiltração de lixiviado na camada impermeável foi reduzida pela metade;
- assim, verifica-se seu provável que os drenos de fundo adotados nas trincheiras não estavam funcionando a contento, acarretando um acúmulo de lixiviados dentro da célula, dificultando a operação de espalhamento e compactação e contribuindo para uma maior infiltração de líquidos no solo. Outro ponto importante constatado é que a adição de uma camada drenante pode melhorar significativamente a eficiência do sistema de drenagem, ao ponto de tornar desprezíveis o aumento da inclinação e do número de drenos instalados. Por isso mesmo, deve-se analisar a probabilidade de acontecer novamente esses problemas nessas ou em outras células e possivelmente adotar procedimentos análogos.



**Figura 6.** Recuperação das trincheiras. Fonte: Carvalho, F.H.(2011).

### Conclusões

Depois de implantadas essas medidas mitigadoras no ASMOC, não aconteceram mais vazamentos de lixiviados nas trincheiras recuperadas, no entanto há possibilidades de aparecerem em outras. Por isso, sugere-se o mesmo procedimento em células que aparecerem novos vazamentos. Para novos projetos de AS, recomenda-se o uso de materiais semipermeáveis nas camadas intermediárias e o emprego de novas tecnologias para drenagens de lixiviados em aterros sanitários. Recomenda-se ainda uma análise mais criteriosa do balanço hídrico e da permeabilidade do solo no uso de cobertura em camadas intermediárias principalmente.

### Referências bibliográficas

- ASTEF. Associação Técnico-Científica Engenheiro Paulo de Frotin. Relatório de Impacto Ambiental do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia - Ceará. v.13, p.81- Fortaleza : ASTEF/UFC, 1989.
- Capelo J., Neto (1999) Estudo Quanti-Qualitativo do Percolado Gerado no Aterro Sanitário Oeste, em Caucaia-CE. Dissertação (Mestrado em Engenharia Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Capelo, J., Neto (2005) Modelagem do Escoamento Vertical de Percolado em Resíduos Sólidos não Saturados. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Ambiental) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará.
- Castilhos Junior, Armando Borges De. (2003) Resíduos Sólidos Urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte. Rio de Janeiro: ABES, RiMa.
- Reichert, G.A. *et al.*, XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cancúm: AIDIS, 2002.
- Tchobanoglous *et al.*, (1994) Gestion Integral de Residuos Solidos. Madrid, ES.