

# Disposição de resíduos perigosos em aterros

Cyro Bernardes Júnior<sup>1</sup>

**RESUMO** Este trabalho discute as exigências para aterros de resíduos perigosos previstas no projeto de Norma ABNT 2:09.60 – “Aterros de Resíduos Perigosos – Critérios para Projeto, Construção e Operação”. Como ilustração, é apresentado o caso de um lixão para resíduos industriais existente na região de Campinas, no qual não foi seguido o estabelecido na Norma, o que levou à poluição das águas subterrâneas próximas.

**Palavras-chave:** resíduos sólidos, aterro, resíduo perigoso, normas, contaminação de águas subterrâneas, mantas.

**ABSTRACT** This paper discusses the requirements for hazardous wastes landfills in accordance with ABNT Standard 2:09.60 project – “Hazardous Wastes Landfills – Design Construction and Operation Criteria”. To illustrate it, the paper presents a dumping site for industrial waste in Campinas area in which the standard's requirements have not been met. This fact led to the pollution of the neighbouring groundwaters.

**Key words:** solid wastes, landfill, hazardous wastes, standards, groundwater contamination.

## INTRODUÇÃO

A disposição de resíduos perigosos em aterros foi recentemente regulamentada pela aprovação, na ABNT, do projeto de Norma 2:09.60 – “Aterros de Resíduos Perigosos – Critérios para Projeto, Construção e Operação”. Para melhor ilustrar o que esta Norma propõe, será comparado um caso real com aquele por ela preconizado.

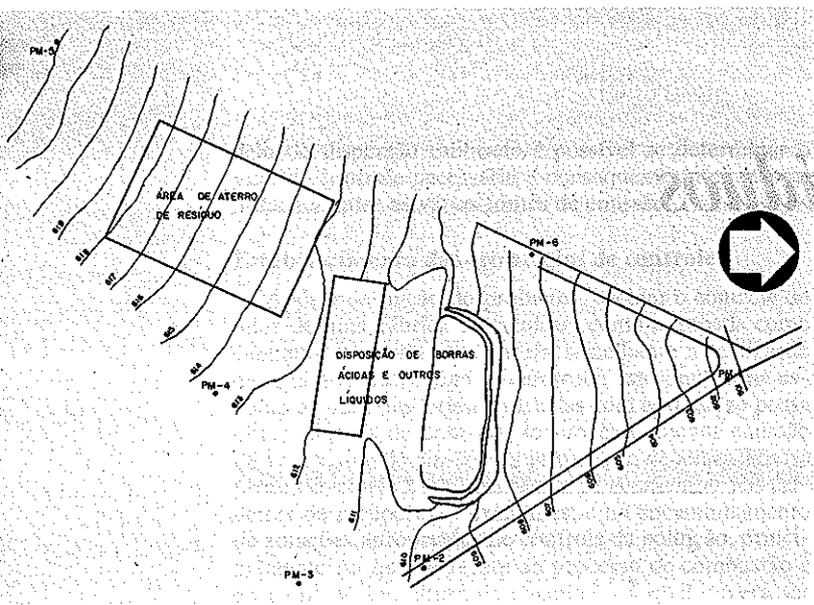
O aterro em questão localiza-se na região de Campinas. A área com cerca de 35 mil m<sup>2</sup> vem sendo utilizada desde 1974, para disposição final de borras originárias do refino de óleo, recebendo atualmente cerca de 70 m<sup>3</sup>/d de resíduo (1). Em área contígua, que pertence ao mesmo proprietário, vêm sendo depositados, desde 1984, resíduos contendo metais pesados, cujo projeto foi aprovado pela CETESB. Entretanto, só será analisado aqui o caso da disposição de borras.

Além das borras, tem-se notícia de que, de forma clandestina, foram também depositados resíduos de fundos de coluna de recuperação de solventes e outros resíduos líquidos industriais (ver Figura 1).

### Localização

A área em questão se localiza em uma zona rural, distante mais de 500 m de aglomerados populacionais,

<sup>1</sup> Engenheiro da CETESB, Mestre em Engenharia Ambiental.



Fonte: Levantamento planialtimétrico feito pelo proprietário.

Figura 1 - Situação e aterro de resíduos incluindo poços de monitoramento.

não contendo nenhum tipo de vegetação significativa. O terreno tem uma declividade suave, da ordem de 3%. Os acessos são adequados e se situam a poucos metros de estrada asfaltada. Não existindo cursos d'água próximos, a área não está sujeita a inundação. Além disso, ela foi suficiente para uso por dez anos ou mais. Dentro dos objetivos que a Norma estabelece, "o local deve ser tal que:

- a) o perigo de contaminação ambiental seja minimizado;
- b) a aceitação da instalação, pela população, seja maximizada;
- c) evitada ao máximo a alteração da ecologia da região;
- d) esteja de acordo com o uso do solo local, e
- e) possa ser utilizado por um longo espaço de tempo".

Esta instalação atende aos itens b, c, d e e. Quanto ao atendimento ao item a, a contaminação das águas superficiais não está ocorrendo, dada a inexistência de cursos d'água próximos. Em relação às águas subterrâneas, a área se situa no chamado sistema aquífero Tubarão (2). Por outro lado, a nível local, de acordo com os dados de sondagem fornecidos pelo proprietário, o lençol se situa de 8 m a 12 m (1) abaixo do nível do solo, devendo, contudo, observar-se que foi feita uma escavação de 4 m a 6 m (1) e assim o lençol estaria localizado a 2 m a 6 m do fundo das valas.

A região insaturada é constituída por solo não muito homogêneo de argila arenosa com condutividade hidráulica da ordem de  $0,5 \times 10^{-5}$  cm/s (1), muito embora tenha sido encontrada uma lâmina de 1 m (1)  $k_s = -0,3 \times 10^{-7}$  cm/s (1) entre os 8 m e 5 m da superfície. Estes dados indicam que o nível natural de proteção pode ser considerado médio, pois atende aos requisitos mínimos estabelecidos pela Norma (1,5 m de solo insaturado com condutividade inferior a  $10^{-5}$  cm/s), embora seja absolutamente insuficiente de per si para o recebimento de resíduos perigosos, principalmente pelo fato de este resíduo ser extremamente ácido, o que, ao ocasionar uma destruição da estrutura das argilas, aumenta sua permeabilidade (3). Este local, portanto, é inadequado para a disposição pura e simples de resíduos, exigindo, como aliás estabelece a Norma, medidas adicionais de proteção, como sua impermeabilização inferior.

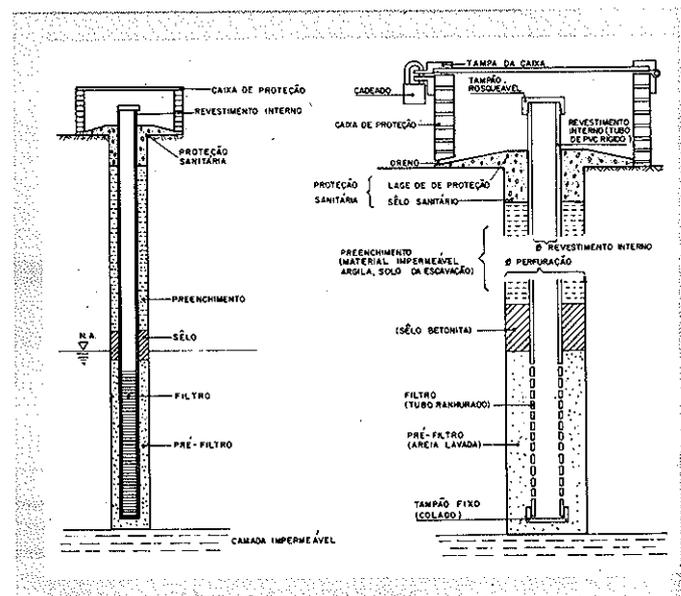
## Proteção das Águas

A Norma estabelece que os padrões para águas subterrâneas são aqueles estabelecidos para a água potável e que uma instalação não poderá causar poluição que ultrapasse esses valores. Para a verificação da obediência a essa prescrição, todo aterro deverá possuir uma rede de monitoramento (no mínimo quatro poços como os da Figura 2), bem como um programa de coleta e análise, independentemente daquele realizado pelo órgão de controle. Caso haja contaminação, o responsável deverá apresentar proposta para solução do problema. Nenhuma destas exigências havia sido atendida pelo proprietário da área até o início deste ano, quando a CETESB exigiu a construção de seis piezômetros (ver Figura 2), o que possibilitou o monitoramento do local. Os dados principais obtidos pela CETESB estão demonstrados na Tabela 1.

Através desta tabela pode-se verificar que ocorre forte contaminação nos poços 2, 3 e 6, principalmente por compostos orgânicos, destacando-se: 1,2 dicloroetano, benzeno, tolueno, xileno, clorofórmio, percloroetileno e tricloroetileno. A maioria deles são carcinógenos e, como estão presentes nos resíduos dispostos, evidencia-se a insuficiência do nível de proteção natural existente.

## IMPERMEABILIZAÇÃO

Em virtude das incertezas associadas às consequências do movimento de poluentes tóxicos no solo, foi adotado o conceito de contenção total, ou seja, o aterro deve ser realizado de modo a não possibilitar que os poluentes escapem para o ambiente. A forma para alcançar esse resultado é através da impermeabilização, que não foi feita nesse local, e, como consequência, ocorreu a poluição do lençol. Por outro lado, as condições definidas nos próximos itens possibilitam que a impermeabilização cumpra seu papel.



Fonte: Misawa, W.J. - Comunicação pessoal.

Figura 2 - Poço de monitoramento - Principais elementos.

Tabela 1 - Dados de monitoramento de local de disposição de resíduos oleosos.

| Parâmetros<br>mg/l          | Padrão<br>de Potab. | Ponto 1 |         |        | Ponto 2 |         |        | Ponto 3 |         |        | Ponto 4 |         |        | Ponto 5 |         |        | Ponto 6 |         |        | Ponto 7 |
|-----------------------------|---------------------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|
|                             |                     | 23/1/86 | 16/4/86 | 6/8/86 | 23/1/86 | 16/4/86 | 6/8/86 | 23/1/86 | 16/4/86 | 6/8/86 | 23/1/86 | 16/4/86 | 6/8/86 | 23/1/86 | 16/4/86 | 6/8/86 | 23/1/86 | 16/4/86 | 6/8/86 | 23/1/86 |
| 1,1,2-tricloroetano (µ g/l) | -                   | nd      | nd      | nd     | nd      |
| 1,2-dicloroetano (µ g/l)    | 10                  | nd      | nd      | nd     | nd      | nd      | nd     | 6,400   | 9,2     | nd     | nd      | nd      | nd     | nd      | nd      | nd     | 6,560   | 5,7     | nd     | nd      |
| Arsênio                     | -                   | nd      | nd      | nd     | nd      |
| Bário                       | -                   | 0,1     | nd      | nd     | 0,15    | nd      | nd     | 0,1     | nd      | 0,1    | nd      | nd      | 0,1    | nd      | nd      | nd     | 0,3     | nd      | nd     | nd      |
| Benzeno (µ g/l)             | 10                  | nd      | traços  | nd     | 13,7    | 9,2     | nd     | 41,3    | 39,6    | nd     | traços  | nd      | nd     | traços  | traços  | nd     | 87,3    | 58,6    | traços | nd      |
| Cádmio                      | -                   | nd      | nd      | nd     | nd      |
| Carbono Org. Total          | -                   | nd      | 6,4     | nd     | 3,4     | nd      | nd     | 7,5     | nd      | nd     | 4,6     | nd      | 4      | nd      | nd      | nd     | 278     | nd      | nd     | nd      |
| Chumbo                      | -                   | nd      | nd      | nd     | nd      |
| Cloroformio (µ g/l)         | 0,05                | nd      | nd      | nd     | 13,6    | 12      | nd     | 19,2    | 24,6    | nd     | 1,6     | 4       | nd     | nd      | nd      | nd     | 267     | 168     | nd     | nd      |
| Cobre                       | 30                  | nd      | nd      | nd     | 0,01    | nd      | nd     | nd      |
| Condut. Esp. (µ S/cm)       | -                   | 16      | 21      | 32     | 33      | nd      | 31     | 32      | 46      | 21     | 50      | 25      | 471    | 1.500   | nd      | nd     | nd      | nd      | nd     | nd      |
| Cromo Hexavalente           | -                   | nd      | nd      | nd     | nd      |
| Cromo Total                 | 0,05                | 0,08    | nd      | nd     | nd      | nd      | nd     | nd      | 0,06    | nd     | nd      | nd      | nd     | nd      | nd      | nd     | nd      | nd      | nd     | nd      |
| DGO                         | -                   | 70      | 33      | nd     | 27      | 8       | nd     | 38      | 39      | nd     | 38      | 6       | nd     | 6       | 22      | nd     | 740     | 460     | nd     | nd      |
| Estanho                     | -                   | nd      | nd      | nd     | nd      |
| Fenóis                      | -                   | nd      | 0,014   | nd     | 0,044   | nd      | nd     | nd      | nd      | nd     | nd      | nd      | nd     | nd      | nd      | nd     | 0,07    | nd      | nd     | nd      |
| Manganês                    | -                   | 0,04    | nd      | nd     | 0,1     | nd      | nd     | 0,15    | nd      | 0,07   | nd      | nd      | 0,09   | nd      | nd      | nd     | 8,5     | nd      | nd     | nd      |
| Mercurio                    | -                   | nd      | nd      | nd     | 0,0001  | nd      | nd     | 0,0005  | nd      | 0,0003 | nd      | nd      | 0,0003 | nd      | nd      | nd     | 0,0001  | nd      | nd     | nd      |
| Níquel                      | -                   | nd      | nd      | nd     | nd      |
| Óleos e Graxas              | -                   | nd      | nd      | 3      | 5       | 4       | 3      | nd      | 5       | nd     | nd      | 4       | 3      | nd      | nd      | nd     | nd      | nd      | 4      | 4       |
| Percloroetileno (µ g/l)     | 10                  | nd      | nd      | nd     | 80      | 80      | nd     | 5,4     | 4,9     | nd     | nd      | nd      | nd     | nd      | nd      | nd     | 12      | 25,6    | nd     | nd      |
| pH (campo)                  | -                   | nd      | 4,8     | 5,1    | nd      | 4,3     | 4,5    | nd      | 4,5     | 5,3    | nd      | 4,8     | 5,5    | nd      | 4,6     | 5,2    | 3,7     | 4,2     | 5,5    | nd      |
| Prata                       | -                   | nd      | nd      | nd     | nd      |
| Selênio                     | -                   | nd      | nd      | nd     | 0,04    |
| Tetracloro de C (µ g/l)     | 3                   | nd      | nd      | nd     | 0,04    |
| Tolueno (µ g/l)             | -                   | nd      | nd      | nd     | 12,2    | nd      | nd     | 33,9    | 48,1    | nd     | traços  | nd      | nd     | nd      | traços  | nd     | 73,4    | 29,3    | traços | nd      |
| Tricloroetileno (µ g/l)     | 30                  | nd      | nd      | nd     | 29      | 23      | nd     | 57,6    | 42,8    | nd     | 2,5     | nd      | nd     | nd      | nd      | nd     | 72      | 60      | nd     | nd      |
| Xileno (µ g/l)              | -                   | nd      | nd      | nd     | nd      | traços  | nd     | 54,3    | 94      | nd     | nd      | nd      | nd     | nd      | traços  | nd     | 39      | 11,3    | traços | nd      |
| Zinco                       | 5,0                 | nd      | nd      | 0,01   | 0,01    | nd      | nd     | nd      | 0,01    | nd     | nd      | 0,01    | nd     | 0,03    | nd      | 0,04   | 0,35    | nd      | 0,3    | nd      |
| Descrição                   |                     | poço    |         |        | poço    |         |        | poço    |         |        | poço    |         |        | poço    |         |        | poço    |         |        | córrego |
| Cota N.A. (m) sondagem      |                     | 589,7   |         |        | 597,6   |         |        | 600,5   |         |        | 605,2   |         |        | 613,17  |         |        | 596,3   |         |        |         |
| Prof. Total Piezômetro (m)  |                     | 16      |         |        | 15,25   |         |        | 14,35   |         |        | 12      |         |        | 12      |         |        | 15      |         |        |         |
| Comp. do Filtro (m)         |                     | 4,8     |         |        | 4,1     |         |        | 4,4     |         |        | 4,6     |         |        | 4,6     |         |        | 4,3     |         |        |         |
| Cota de Sup. Piezômetro (m) |                     | 601,36  |         |        | 609,76  |         |        | 611,36  |         |        | 613,6   |         |        | 622,12  |         |        | 608,06  |         |        |         |
| Diâmetro (pol)              |                     | 4       |         |        | 4       |         |        | 4       |         |        | 4       |         |        | 4       |         |        | 4       |         |        |         |

Fonte: E.L.S. Grinbaum - Parecer CETESB 007/86-DPRS/GPRS

### Compatibilidade do Resíduo

Na Figura 3 encontram-se demonstradas as alterações de uma propriedade física da impermeabilização (alongamento na ruptura) em função do tempo de imersão em um resíduo, no caso do líquido percolado de aterro sanitário. Como se pode ver, a manta de CSM (borracha cloro-sulfonada) não resistiria ao líquido, indicando que após um certo tempo poderia ocorrer vazamentos e, por este motivo, torna-se desaconselhável o uso desta manta para este tipo de resíduo. Foi com esta preocupação que a CETESB elaborou a Norma LI-030 "Mantas Poliméricas e Resíduos - Determinação da Compatibilidade", com o objetivo de estabelecer um teste padronizado para se avaliar a compatibilidade de mantas e resíduos.

### Instalação da Manta

Este aspecto é fundamental, pois, caso seja mal feita, provavelmente apresentará falhas, o que implicará na perda de sua função. Por exemplo: estudos realizados pela USEPA (4) indicaram que tanto a base quanto a cobertura da membrana não podem ser feitas com material cuja granulometria seja superior à da areia grossa e que possua partículas com diâmetro superior a 3/8", para prevenir perfurações.

### Líquido Percolado

Na medida em que o aterro permanecer aberto, haverá necessidade de se prever a remoção e o tratamento do líquido originário do volume de água de chuva precipitado sobre a vala. Em aterros situados fora de áreas industriais a construção de um sistema de tratamento pode ser extremamente complexa, sendo portanto necessário buscar soluções que evitem essa necessidade.

### Uso do Solo

A USEPA recomenda (5) que impermeabilizações que utilizem somente solo compactado ou com algum tipo de aditivo devem ser consideradas como proteções secundárias à membrana principal, dada a dificuldade de se obter um material homogêneo e efetivamente impermeável.

### Drenagem Superficial

Para diminuir o volume de água que será percolada através do aterro e evitar o arraste de poluentes por escoamento superficial, a Norma exige que a instalação seja provida de rede de drenagem para que tais águas sejam desviadas da área com resíduos. O aterro em questão não possuía tal sistema.

## EXIGÊNCIAS OPERACIONAIS

Em aterros, especialmente para resíduos perigosos, a operação é delicada e exige dos responsáveis um nível de treinamento nem sempre encontrado. E a Norma tenta definir mais claramente quais as exigências operacionais mínimas:

- Plano de análise de resíduos – visa controlar a qualidade do resíduo que chega;
- Controle e registro da operação – controlar a quantidade, origem e manuseio do resíduo. Este registro servirá de base para a quantificação do material depositado no local. Ver um exemplo desse registro na Figura 4;
- Programa de inspeção e manutenção – estabelecer, de forma explícita, quais as estruturas que devem sofrer mais atenção;
- Plano para controle de emergências – estabelecer os procedimentos a serem adotados caso ocorra algum acidente;
- Treinamento – é uma exigência da Norma que os operadores recebam treinamento do encarregado.

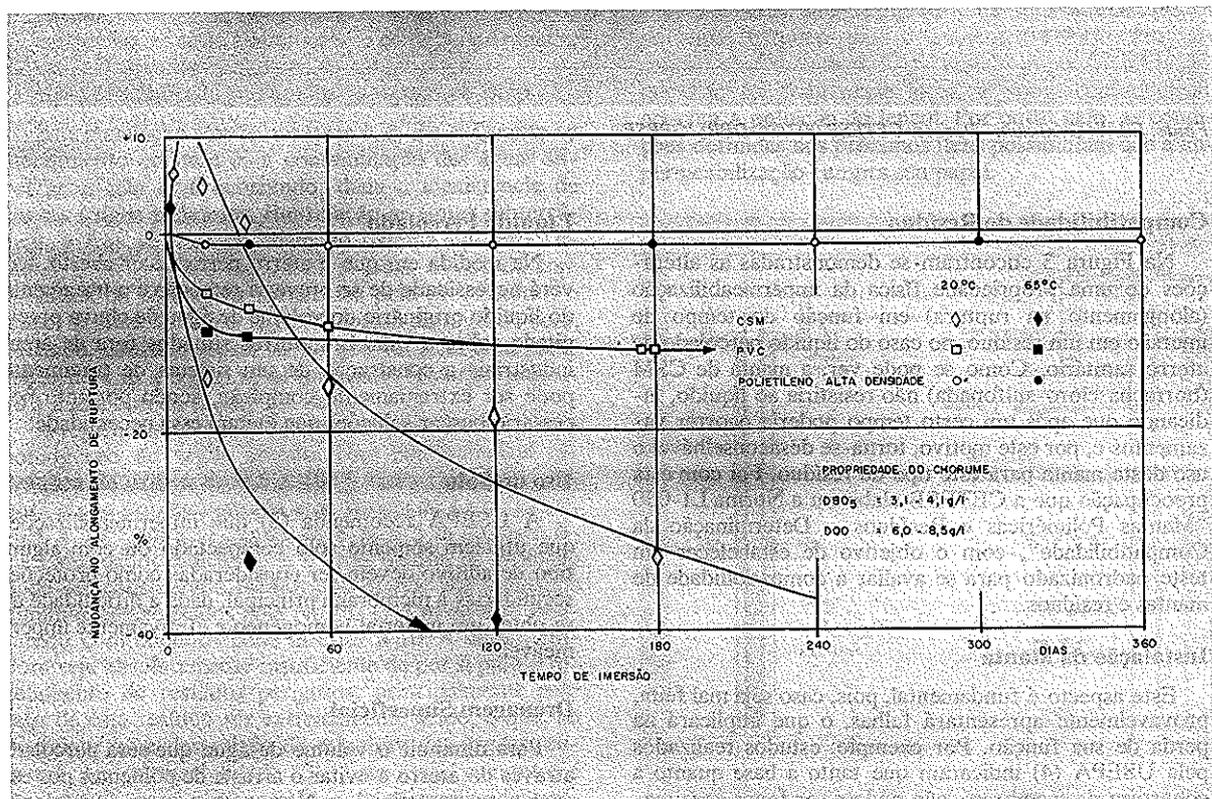
Destas exigências, o responsável pela área mantém somente registro do material que chega, para onde é levado e qual o gerador que o originou. Além disso, pelas normas CETESB recentemente aprovadas, o encarregado deve enviar anualmente a este órgão um relatório contendo: descrição e quantidade de resíduos recebidos; registros das análises efetuadas; dados do monitoramento (ver Figuras 5 e 6).

## ENCERRAMENTO DO ATERRO

Estabeleceu-se que o projeto já deve prever a forma como ocorrerá o fechamento parcial ou final do aterro. Neste fechamento, a cobertura deve ser feita de forma a minimizar ao máximo a infiltração de água na célula, a não favorecer o surgimento da erosão, a acomodar assentamento sem fratura e a possuir permeabilidade inferior do solo natural da área. Além disso, o responsável deve manter um serviço de manutenção por 20 anos após o fechamento final. Essas exigências são pertinentes, uma vez que os problemas com resíduos podem levar muitos anos para aparecer. No caso do aterro de borras, o único cuidado dispensado foi a sua cobertura com solo. Caso esse sistema não seja melhorado, o problema de poluição já detectado só tenderá a piorar, mesmo que as atividades de disposição dos resíduos sejam interrompidas imediatamente. Isto explica os cuidados que se deve ter no encerramento das atividades no local.

### Cerca, Acesso e Comunicação

É importante cercar um aterro que recebe resíduos perigosos, impedindo assim que pessoas e animais possam, ao ter acesso ao local, ferir-se de alguma forma. Deve contar também com algum meio de comunicação no caso de ocorrer alguma emergência. Por esta mesma razão, e também levando em conta a questão operacional, a área deve ter acessos internos adequados. No caso do aterro em discussão, estas exigências se encontram atendidas.



Fonte: Knipschild, F.W.; Taprogge R. - Requirements for plastic liners employed in groundwater protection - Müll und Abfall 11/83 - Original em alemão.

Figura 3 – Alteração no alongamento de ruptura de mantas como função do tempo de imersão e da temperatura.



## REFERÊNCIAS

---

- 1 - GRIMBAUM, E. L. S. *Disposição de resíduos líquidos na V. Mantovani Transportes*. São Paulo, CETESB, 1986.
- 2 - GERÔNICO, A. ROCHA. *Riscos de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo*. São Paulo, DAEE, 1986, 30 p. (Trabalho apresentado na Reunião do Programa de Prevenção e Controle das Águas Subterrâneas, México, 1986.)
- 3 - BROWN, K. S.; THOMAS, J. C.; GREEN, J. W. Permeability of compacted soils to solvents mixtures and petroleum products - land disposal of hazardous waste. In: ANNUAL RESEARCH SYMPOSIUM, 10. Kentucky, 1984. *Proceedings ...* Washington, USEPA, 1985.
- 4 - CARR, G. L. & GUNREL, R. *Laboratory studies of soil bedding requirements for flexible membrane liners*. USEPA, 1984, 21 p. (EPA 600/52-84-021).
- 5 - COPE, F.; KARDINSKI, G.; PACEY, J.; STAINER, L. Use of liner for containment at hazardous waste landfills. *Pollution Engineering*: 22-32, Mar. 1984.
- 6 - USEPA, Washington. Hazardous waste management system; land disposal restrictions, final rule, *Code of Federal Regulations*, Washington, 40 part. 260: 40641-43.