

07/01

II SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
SALVADOR-BAHIA-BRASIL DE 26 a 29
DE AGOSTO DE 1986

TEMA : PROCESSAMENTO DE LODO E
DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

ASSUNTO : ATERRO INDUSTRIAL - PRIN
CÍPIOS, OPERAÇÕES E MONI
TORAGEM,

AUTOR : JOSELITO OLIVEIRA ALVES

AU T O R

JOSELITO OLIVEIRA ALVES, Engenheiro Cívil e Sanitarista, responsável pelo Setor de Resíduos Industriais Especiais da Cetrel - Central de Tratamento de Efluentes Líquidos S/A, localizada no Pólo Petroquímico de Camaçari (BA).

Í N D I C E

- 1 - Apresentação (Prefácio)
- 2 - Introdução
- 3 - Aterro Industrial - Princípios
 - 3.1. A Idéia
 - 3.2. A Discussão: Confinamento x Armazenamento
 - 3.3. Aplicação
- 4 - Aterro Industrial - A Definição do Projeto
 - 4.1. Caracterização dos Resíduos a Dispor
 - 4.2. Quantificação e Especificação
 - 4.3. Pesquisa da Área para Implantação
 - 4.4. Impermeabilização
- 5 - Aterro Industrial - Projeto: A Experiência da Cetrel
 - 5.1. Aterros (Valos de Disposição) com Pequenos Volumes
 - 5.2. A Dupla Impermeabilização Inferior e Superior
 - 5.3. A Disposição do Resíduo "Externamente" ao Valo
 - 5.4. Destino Final do Chorume Gerado no Aterro
 - 5.4.1. Sistema de Drenagem do Chorume
 - 5.5. Prê-Tratamento para Disposição no Aterro
 - 5.6. Sistema de Transporte de Resíduos
 - 5.7. Os Resíduos Semi-Sólidos
- 6 - Aterro Industrial - Operação: A Experiência da Cetrel
- 7 - Aterro Industrial - Monitoramento: A Experiência da Cetrel
 - 7.1. Dreno de Alarme

1 - PREFÁCIO

A industrialização do país, mormente gere divisas e traduza o seu crescimento, traz consigo a preocupação do meio técnico e da comunidade, diante dos riscos potenciais de poluição. Situações como as encontradas nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e outros, contrastam com as iniciativas adotadas na Bahia onde há oito anos atrás já na implantação do Pólo Petroquímico de Camaçari nascia a primeira Central de Tratamento de Efluentes Industriais, a CETREL, o mesmo acontecendo mais recentemente no Pólo Petroquímico do Sul. Vale acrescentar a existência de algumas soluções individuais em poucas indústrias, nas demais áreas do País.

A solução para a situação de intranquilidade da destinação inadequada dos resíduos industriais é dificultada mais por razões políticas do que técnicas, uma vez que, quando da fase inaugural do desenvolvimento industrial que se verificou no Brasil, a partir dos anos 50, os instrumentos legais que disciplinavam a ocupação industrial do Solo não contemplavam com ênfase os aspectos de proteção ao meio ambiente, relevando os aspectos puramente econômico. Muito recentemente é que se vem dando a atenção que o caso requer, ressaltando a criação da SEMA pelo Governo Federal, a instalação dos Conselhos Estaduais de Proteção ao Meio Ambiente e no momento atual a exigência de Relatórios de Impacto ao Meio Ambiente quando de implantação de novas indústrias ou ampliação das existentes.

Nos países mais desenvolvidos os cuidados foram tomados já a algum tempo e a tecnologia se tornou bastante avançada, minimizando bastante os efeitos indesejáveis resultantes de disposição final dos Resíduos Industriais não biodegradáveis. Essas tecnologias, do ponto de vista científico, tem sido trazida para o nosso País, estudada academicamente, e ensaiada sua utilização em larga escala, após adequação à nossa realidade. A conscientização do Empresariado, quanto ao risco e problemas resultantes de não solução da questão, e o investimento maciço de recursos financeiros nesta área, por certo, será decisivo para a preservação da natureza.

2 - INTRODUÇÃO

A busca de soluções técnicas de baixo custo para controle dos mecanismos de poluição, mesmo que provisórias, encontra ressonância no nosso país, pela sua condição e pela necessidade urgente em se preservar o meio ambiente. Em se tratando de resíduos industriais, para os sólidos e semi-sólidos perigosos não biodegradáveis, a pesquisa naquele sentido tem resultado em experiências gratificantes uma vez que a incineração, muito embora tenha grande aplicabilidade, apresenta o inconveniente do alto custo.

Apresenta-se, então, o Aterro Industrial como alternativa viável e é nossa intenção divulgar a experiência da CETREL nesta área, comentando em linhas gerais os princípios que definiram os projetos, a Operação e o Monitoramento, buscando o debate na certeza de que os acertos e falhas cometidos ao longo destes três anos, possam colaborar no conhecimento técnico da Comunidade.

3 - ATERRO INDUSTRIAL - PRINCÍPIOS

3.1 - A IDEIA

Para uma gama de resíduos industriais sólidos e semi-sólidos, potencialmente poluidores, classificados como especiais, tem sido prescrita como destinação final, a disposição nos aterros industriais, cujo princípio básico é o confinamento.

O termo confinamento, originado do verbo confinar que significa limitar, circunscrever, encerrar, enclausurar, embora bastante significativo, não traduz tecnicamente todo o espectro criado na Tecnologia de Controle da poluição por resíduos especiais, uma vez que a segurança máxima pretendida que é a certeza do confinamento só é comprovada com a vigilância eficiente e constante.

Assim, são dois os princípios que regem um aterro industrial:

O confinamento e a vigilância, ou de outra forma pode-se dizer que o seu objetivo é o armazenamento por longo tempo em segurança.

3.2 - A DISCUSSÃO: CONFINAMENTO x ARMAZENAMENTO

Acima falamos em confinamento e armazenamento, aparentemente como coisas iguais, mas não o são. O que existe no momento são duas concepções baseadas nos estágios em que se encontra a Tecnologia na sociedade. Até quando não se disponha de alternativas acessíveis nos países em desenvolvimento é válido pensar no aterro industrial como solução de confinamento o que transmite a idéia de destino final, de definitivo mas, o desconhecimento dos prazos por quanto vão durar as características poluidoras dos resíduos e a certeza de que as obras de engenharia não são eternas, leva-nos a crer que esta é uma alternativa provisória e por que não dizer: o que ora pratica-se é o armazenamento com segurança até que a solução definitiva seja acessível (A incineração, por

exemplo).

Vale observar que este grau de consciência certamente nos leva a exercer controles apurados para que em qualquer época saiba-se o que se aterrou e onde. Esta singularidade do aterro industrial (o conhecimento dos seus limites) o coloca como alternativa aceitável, ao tempo em que, por este aspecto, traz a tona os inconvenientes de outros como a disposição em poços profundos e no primeiro caso os limites são desconhecidos enquanto no segundo se põe em risco o universo vizinho ao ponto de descarte.

3.3 - APLICAÇÃO

Diferentemente da zona residencial, numa comunidade industrial são produzidos lixos "classificados" como verdes (rejeitos de escritórios, refeitórios, limpezas, enfim materiais não contaminados similares ao lixo doméstico) e o lixo caracteristicamente industrial advindo de alguma parte do processo fabril, geralmente dotados de alguma periculosidade e por isto denominado simplesmente como lixo vermelho. E como não poderia deixar de ser, vários tipos podem ser produzidos numa mesma indústria encontrando-se até alguns incompatíveis entre si, que seguramente serão específicos e típicos para cada geradora.

As condições básicas até agora por nós admitidas para que o destino de um resíduo seja o aterro industrial são:

- Ser inorgânico ou orgânico não biodegradável ou de degradação infinitamente lenta;
- A definição do seu grau de periculosidade segundo os critérios abaixo prescritos na resolução 313 do CEPRAM.

A primeira condição visa ao não favorecimento da geração de gases no interior do aterro oriundos das reações de degradação, o que seria inconveniente pela idéia inicial do confinamento pois entra em confronto com a necessidade de expurgo daqueles gases. Este expurgo geraria pontos frágeis no aterro possibilitando a entrada

de água o que aumentaria a geração de chorume, além de ser difícil o projeto destes drenos e ainda mais a queima dos gases, o que colocaria em xeque a segurança do aterro. Além do mais os impermeabilizantes sintéticos ou estruturais não resistam favoravelmente a compostos orgânicos e seus processos de degradação, salvo aos resíduos comprovadamente sólidos e com teor de umidade próximo de zero, que poderia assim serem classificados como não degradáveis ou de degradação infinitamente lenta. A segunda condição quer mostrar que, se o resíduo não é enquadrado nos critérios de periculosidade, certamente existe outras vias apropriadas ou que podem ser adequadas ao seu destino final.

4 - ATERRO INDUSTRIAL - A DEFINIÇÃO DO PROJETO

Os princípios que definem um projeto de Aterro Industrial, visam principalmente a segurança contra a poluição do ar, solo e coleções hídricas, imaginando-se um controle efetivo do resíduo a confinar, limitando o acesso dos setores à comunidade viva.

Nesta linha de raciocínio o primeiro passo na definição do projeto é o diagnóstico, onde deverão ser levantados as características físico-químico-biológicas dos resíduos, suas gerações e os estoques porventura existentes.

4.1 - CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS A DISPOR

O lixo industrial não tem nenhuma similaridade com o lixo doméstico, pois o aterro para aquele além da capacidade em volume, tem limitações físico-químicas, não se prestando para todo e qualquer resíduo produzido numa ou num grupo de indústrias. Aqui torna-se indispensável a caracterização o mais completa possível do resíduo, o que tem criado grandes dificuldades pelas deficiências laboratoriais e ainda porque a indústria na maioria dos casos desconhece detalhadamente o rejeito gerado, isto mais por questões econômicas que técnicas.

Basicamente os dados característicos de um resíduo são, o processo industrial que o gera, a constituição física, pH, teor de umidade, massa específica, estado físico, solubilidade e a definição do seu grau de periculosidade.

Esta definição é realizada padronizadamente e incluem a Corrosividade, Inflamabilidade, Toxicidade e Reatividade. Os procedimentos e métodos para a determinação destas características num resíduo, já se encontram normalizados e prescritos na legislação específica para resíduos perigosos.

4.2 - QUANTIFICAÇÃO E ESPECIFICAÇÃO

O volume, número e condicionamento das unidades, são influenciados diretamente pela caracterização dos resíduos, pelo estudo de compatibilidade e pelos estoques existentes, geração periódica e tempo previsto da geração.

Quanto ao volume o mais recomendado é projetar pequenas unidades para períodos não muito longo de operação, de forma que o confinamento dê-se logo porém, a quantidade de aterros, por nós denominados Valores de Tratamento e Disposição, será ditada pelos grupos definidos de resíduos compatíveis.

O estudo de compatibilidade é passagem obrigatória no projeto do aterro para mais de um resíduo, com base nas caracterizações. Deve-se ter em mente que dois resíduos por mais simples que pareçam, podem ser incompatíveis apenas pela associação dos teores de umidade e volumes a dispor, sem falar que à medida que a complexidade do resíduo aumenta em função dos poluentes nele presentes, mais aumenta a probabilidade do aparecimento de reações quando da mistura a um grupo de rejeitos, podendo se constituir num caso de incompatibilidade. Deste modo, quando do projeto, é de suma importância o conhecimento de todos os resíduos a aterrar e a avaliação das várias possibilidades de mistura, assegurando-se a quase

Impossibilidade da ocorrência de reações futuramente. Este estudo pode ser feito com base em manuais específicos como o da E.P.A., ou com ensaios em escala piloto.

Por fim, o estudo de compatibilidade ainda pode ser o indicador dos condicionamento ou especificações para os vários materiais, equipamentos e máquinas, quando examina o contato dos resíduos com estas estruturas.

4.3 - PESQUISA DA ÁREA PARA IMPLANTAÇÃO

Os aspectos principais a serem estudados dizem respeito à infraestrutura, observando-se a proximidade das fontes geradoras, a existência de sistema viário satisfatório, facilidade de comunicação, isolamento e também a geografia local, onde são importantes a direção dos ventos, pluviometria, profundidade e sentido do fluxo do aquífero subterrâneo e a situação quanto as águas de superfície, todo este estudo executado sempre à luz das legislações que definem o Uso do Solo e a preservação do Meio Ambiente.

4.4 - IMPERMEABILIZAÇÃO

A impermeabilização deve obedecer a duas condições: baixo custo e segurança. Assim, o ideal é aquele perfeitamente compatível com os resíduos e que apresenta alto grau de segurança (resistência por longo tempo) com o menor custo. Os tipos mais comuns são, concreto estrutural, o solo argiloso, asfalto e os sintéticos (hypalon, PVC, à base de Epicloridrina, polietileno e outros).

Os indicadores para a especificação do impermeabilizante dizem respeito principalmente ao tempo previsto para a contenção do resíduo, sem que o estrato logo abaixo do aterro não seja poluído, deste modo duas filosofias principais tem sido adotada no exterior: A primeira, que admite a retenção no estrato-subsolo, sem atingir o aquífero subterrâneo, ou atingindo-o quando as

características poluidoras do percolado após um tempo teórico de 95 a 100 anos, sejam inócuas pelas ações físico-químicas daquele subsolo; e a segunda, que admite o encontro do percolado com o aquífero num tempo tão infinitamente longo que poder-se-ia imaginar que o mesmo nunca seria atingido.

Existe ainda uma linha que concebe a percolação do chorume (líquido drenado no aterro) até o aquífero, para coleta do efluente filtrado no subsolo à juzante, e aí tratá-lo. Achamos esta alternativa insegura por demais.

5 - ATERRO INDUSTRIAL - PROJETO: A EXPERIÊNCIA DA CETREL

A operação do sistema nestes três anos gerou observações que influenciaram decisivamente na evolução da concepção de novos projetos para ampliação. Essas diretrizes são ilustradas abaixo.

5.1 - ATERROS (VALOS DE DISPOSIÇÃO) COM PEQUENOS VOLUMES

A idéia inicial de que o aumento da produção e da variedade de resíduos indicava a necessidade de projetar valos cada vez maiores foi revista e hoje admite-se o aumento de capacidade disponível projetando-se várias unidades com pequenos volumes que somados atendam valores ligeiramente superiores ao da demanda. Isto porque:

- Os semi-sólidos devem ser separados dos sólidos a não ser quando esteja clara e definida a possibilidade de codisposição destes resíduos de forma a que o resultado seja um produto bem próximo do sólido, com pequeno teor de umidade;
- Sempre pode aparecer um resíduo incompatível com os previstos para destinação e aí, com vários valos, sempre existirá a possibilidade de disposição;
- Existem vantagens, no curto período de vida de um Valo, pois quanto mais rápida a sua vedação, menor será a geração de chorume;

- = Com o menor volume, torna-se mais fácil a concepção de valos estreitos e compridos, possibilitando facilidades operacionais, sobretudo na disposição, uma vez tendo-se acesso por todo o perímetro do valo;
- Com menor volume, é menor a variedade de resíduos dispostos num mesmo valo, o que facilita o controle e o monitoramento da unidade;

5.2 - A DUPLA IMPERMEABILIZAÇÃO INFERIOR E SUPERIOR

Inferiormente, na base do valo, a dupla impermeabilização com argila compactada, em primeiro plano, seguida de uma manta sintética (PVC, por exemplo) aumenta a segurança, além de possibilitar a detecção em tempo hábil, quando de ocorrência de danos no material sintético, uma vez que intermedeiam os impermeabilizantes, uma camada drenante.

Superiormente, a impermeabilização com argila e material sintético com especificação mais branda, tem a função de evitar a geração de chorume pela infiltração das águas de chuva, minimizando a percolação no aterro, facilitando assim sua tendência a zero.

5.3 - A DISPOSIÇÃO DO RESÍDUO " EXTERNAMENTE" AO VALO

Observamos que face às periculosidades dos resíduos industriais e às características da impermeabilização da base dos valos a técnica de disposição mais acertada à nosso ver, em nada se assemelha a utilizada no aterro sanitário. No aterro industrial é desnecessário e inconveniente o ingresso de transportes e máquinas no seu interior e por demais inseguro o rolamento sobre a impermeabilização, mesmo protegida, principalmente nos períodos chuvosos em se tratando de argila ou material sintético. Esta observação é invalidada quando o piso for em concreto ou outro material dimensionado para o rolamento de máquinas.

Nesta concepção, com a disposição do resíduo executa da sempre pela borda do valo ou pela borda do talude de resíduo formado com o avanço na disposição é mis- ter considerar no projeto, o acesso por todas as la- terais do aterro, de forma a que não se prejudique a disposição de resíduos.

5.4 - DESTINO FINAL DO CHORUME GERADO NO ATERRO

É interessante que o volume de chorume gerado de fo- ra para dentro (infiltração das chuvas) no aterro e aquele oriundo da desidratação do resíduo confinado, sejam mínimos, o que dependerá da técnica operacio - nal adotada e do teor de umidade do resíduo. Mas, uma vez gerado, quase sempre este percolado necessitará de tratamento para destinação final. Um artifício uti- lizado, para minimização do volume, quando possível, é a injeção deste líquido no aterro de origem, recir- culando-o, o que poderá ser trabalhoso ou trará inco- venientes operacionais pois para isso é necessário um sistema de dispersão com drenos na massa do aterro ou a aspersão feita diretamente na superfície que es- taria descoberta, o que por si só já seria incoveni- ente.

Assim, é aconselhável avaliar uma possível técnica de tratamento de chorume e projetá-la de modo a atenuar o seu potencial poluidor para dar o destino final mais conveniente.

5.4.1 - Sistema de Drenagem do Chorume

Os sistemas utilizados nas unidades da CETREL podem ser classificados como de drenagem fi- nita e infinita.

Estes sistemas são compostos de coletores lon- gitudinais em tubos de PVC perfurados e re - vestidos com pré-filtro que podem desaguar num ponto de coleta onde está instalada uma bomba tipo dreno, internamente ao valo, Este sistema é dito de drenagem finita pois uma

vez completado o valo a coleta por bomba seria interrompida; e é aplicado apenas nos aterros onde são dispostos resíduos totalmente sólidos com teores de umidade mínimos.

Já para os resíduos com umidade considerável aqueles coletores perfurados de PVC são interceptados por uma tubulação que liga o valão ao sistema de transporte e tratamento do chorume, pois imagina-se que a massa aterrada drenará por um período infinitamente longo.

Hoje a concepção da drenagem de chorume evoluiu de forma a que eliminou-se os coletores longitudinais perfurados, projetando-se uma camada de areia drenante em toda a base do aterro que além desse fim protege mecanicamente o impermeabilizante sintético, ligando-a ao interceptor que por sua vez comunica-se ao sistema de transporte e tratamento.

5.5 - PRÉ-TRATAMENTO PARA DISPOSIÇÃO NO ATERRO

Nem sempre o grau de periculosidade de um resíduo na saída do processo industrial é estático. Antes da disposição no aterro convém verificar se não é possível a utilização de pré-tratamento visando a atenuação da aquela periculosidade. Métodos físicos como a incorporação, redução do teor de umidade, cimentação, encapsulamento, ou químicos que possibilitem a transformação em compostos mais estáveis, menos solúveis e voláteis e a neutralização são possíveis de execução para poluentes como o mercúrio, cianeto, cromo e alguns orgânicos.

5.6 - SISTEMA DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS

A forma como o resíduo será acondicionado e transportado da geradora ao aterro é parte integrante do projeto e sua definição depende do estado físico, geração e periculosidade. Um sistema de transporte conce

bido quando do projeto do aterro em muito poderá minimizar as tarefas operacionais e os riscos de poluição e acidentes no trajeto geradora-aterro, onde o Plano viário é de alta relevância.

A solução hoje empregada no Pólo Petroquímico de Camaçari, deixa a desejar no momento em que não existem normas que definam o transporte adequado a este fim e que não existe controle efetivo de qualquer espécie sobre os vários transportadores, operando com equipamentos inadequados, e seus trajetos.

A nosso ver existem duas alternativas para solução do problema, abaixo sugeridas:

- A normatização com especificações para o condicionamento e transporte a serem utilizados, padronização de trajetos, implantação de mecanismos de controle e atuação efetiva do órgão competente.
- E a segunda seria a criação pela comunidade industrial do Pólo, de uma única empresa projetada única e exclusivamente para os fins de coleta e transporte dos resíduos às unidades de disposição final. Com isso ficariam resolvidos as questões de acondicionamento, manuseio dentro da indústria, e de transporte.

Vale salientar que os problemas observados são consequentes unicamente da inadequação dos equipamentos utilizados no transporte e da falta de conscientização dos transportadores sobre a carga que transportou.

5.7 - OS RESÍDUOS SEMI-SÓLIDOS

É por demais preocupante a disposição de resíduo semi-sólidos nos aterros industriais quando é relevante a solubilidade do resíduo e é inviável por qualquer razão a codisposição com um resíduo "seco" que poderia servir com base de incorporação e além disso for inaceitável o descarte da fração líquida. Desta forma torna-se indispensável a limitação do teor de umidade de um resíduo na situação descrita, para disposição num aterro, que ao gerador caibam as providências técnicas para o enquadramento do resíduo nesse

sentido ou que se amplie os horizontes da área de residuos perigosos implantando nos aterros industriais instalações para tal fim, o que a nosso ver pode criar complicadores para as Centrais de Disposição e elevação de custos nos serviços para o gerador.

Acreditamos que um teor de sólidos de 50% num resíduo seja um limite mínimo aceitável para o aterro industrial.

6 - ATERRO INDUSTRIAL - OPERAÇÃO: A EXPERIÊNCIA DA CETREL

Toda a metodologia e procedimentos a serem utilizados na operação do aterro emanam do projeto. Se o mesmo é bem executado e completo, a operação certamente será bem sucedida e terá problemas mínimo. Concretamente, o projeto prescreve a (s) técnica (s) operacional (is).

Facilmente, observa-se nos itens anteriores que sempre a operação foi citada como definidora do projeto visando prevenir possíveis dificuldades, resta-nos então enumerar alguns itens principais a serem observados na operação:

- É imprescindível a análise rápida, ao menos comparativa (cor, estado físico, textura e odor, quando possível) sempre quando do ingresso do resíduo no sistema de disposição, para confirmação das suas características iniciais;
- Durante a disposição, acompanhar-se a locação do resíduo no aterro, através do mapeamento utilizando um sistema de coordenadas;
- A importância da especificação do equipamento de manuseio do resíduo o trator: que na nossa experiência tem utilizado rodas de borracha com tração 4x4 por apresentar mais resistência à agressividade do meio.

7 - ATERRO INDUSTRIAL - MONITORAMENTO: A EXPERIÊNCIA DA CETREL

Como controle da unidade, o monitoramento visa duas áreas específicas:

O chorume e o solo.

A qualidade do chorume é avaliada através de análises frequentes onde é feita uma varredura com base nas características dos resíduos dispostos na intenção de verificar os desdobramentos correntes na massa do aterro.

Quanto ao solo o monitoramento visa diretamente o aquífero subterrâneo e é realizado através da análise das amostras de água coletada nos poços de monitoramento convenientemente localizados observando-se a direção do fluxo do lençol de modo a que se tenha um retrato da qualidade da água à montante e juzante da unidade.

7.1 - DRENO DE ALARME

Ao se utilizar dupla impermeabilização entre o primeiro e segundo impermeabilizante foi disposta uma camada drenante em areia, acompanhando a declividade da base com a finalidade de detectar o mais rápido possível qualquer dano ocorrido no relante superior. Hoje temos plena convicção que este dreno de alarme é o instrumento mais importante no monitoramento uma vez que pelas suas características e localização, qualquer infiltração motivada pelo fluxo através da impermeabilização será detectada com antecedência bem maior que nos poços de monitoramento, além de possibilitar a execução de medidas para recuperação e paralisação da alimentação da infiltração no solo. Reforçando esta posição, ressalta-se que para ser detectada no poço a infiltração terá que fluir pelo impermeabilizante inferior ($h = 40$ cm com $k = 10^{-7}$ cm/seg), pela camada insaturada de solo com espessura mínima de 3,0 metros e coeficiente de permeabilidade do solo natural da região de implantação da unidade, e aí encontraria o lençol quando então fluiria para o poço a juzante situado a uma distância ignorada da área de infiltração.

O Dreno de alarme por se constituir num sistema fechado possibilita o registro de qualquer ocorrência no poço de visita instalado na extremidade do valo que está interligado à camada drenante de areia por um interceptador em PVC.