

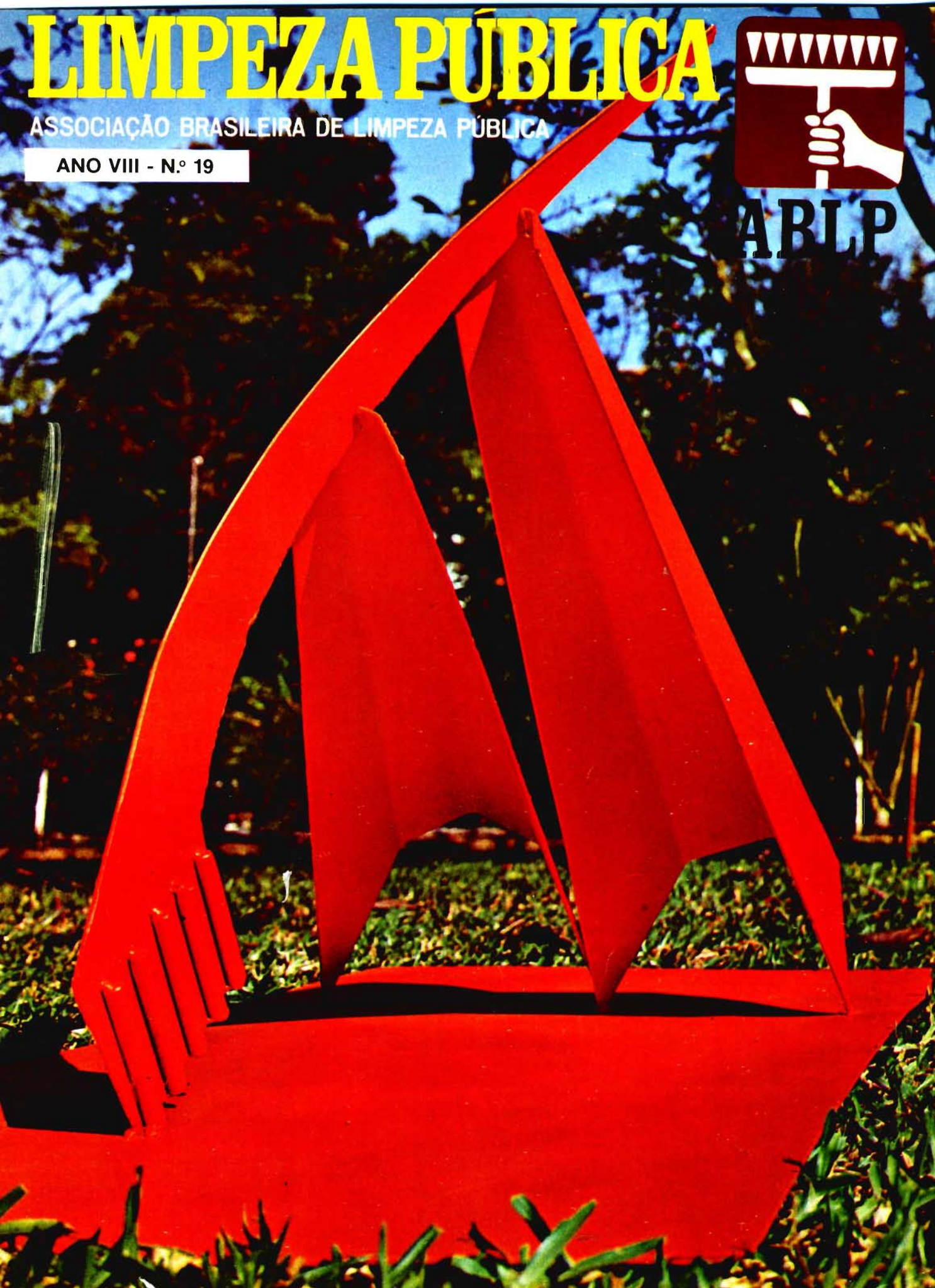
LIMPEZA PÚBLICA

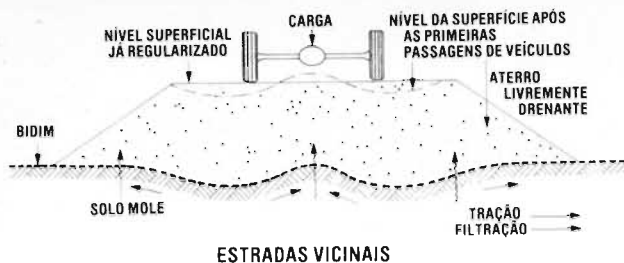
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA

ANO VIII - N.º 19

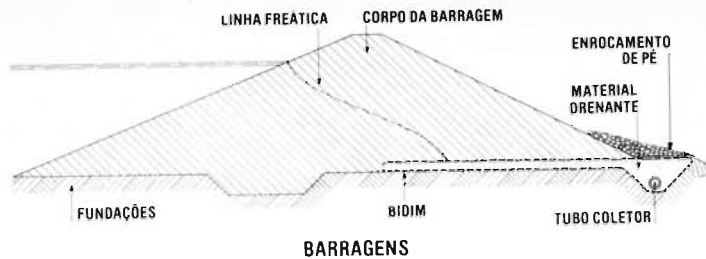


ABLP

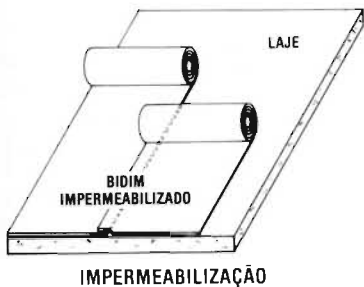




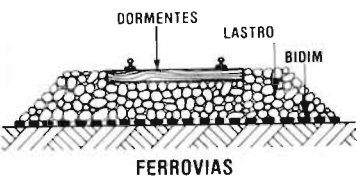
ESTRADAS VICINAIS



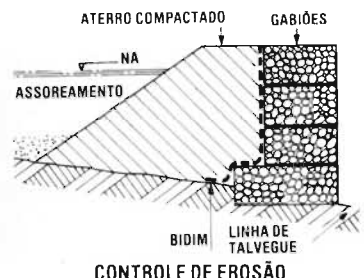
BARRAGENS



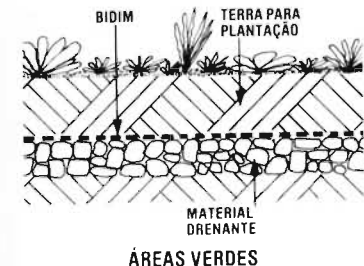
IMPERMEABILIZAÇÃO



FERROVIAS

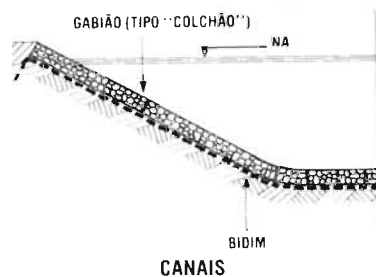


CONTROLE DE EROSÃO

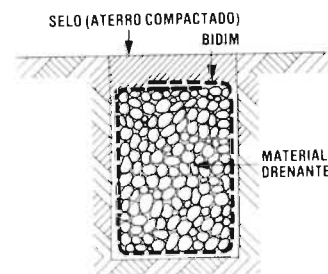


ÁREAS VERDES

Quando você aplica Bidim em um projeto, você acaba aplicando em todos.



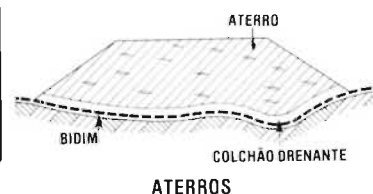
CANAIS



DRENOS



RECAPEAMENTO ASFÁLTICO



ATERROS

Muitos e muitos talentos da engenharia civil têm Bidim como um grande aliado para a realização de seus projetos. Isto porque, desde 1971, quando Bidim iniciou a era dos geotêxteis no Brasil, suas aplicações vêm se multiplicando a cada dia que passa, e em todas essas aplicações os resultados são os mais convincentes possíveis.

Dessa forma, nos dias de hoje, Bidim é parte fundamental em:

ferrovias, recapeamento asfáltico, estradas vicinais, áreas verdes, aterros, canais, barragens, controle de erosão, impermeabilização e drenagem.

Para os que ainda não conhecem a versatilidade de Bidim, a Rhodia editou, através de seus engenheiros, um Catálogo Geral de Aplicações Bidim. Catálogo que você pode solicitar através da Caixa Postal 60.561 - São Paulo (CEP01000).

E, a exemplo de tantos, passar a incluir Bidim não apenas em um projeto, mas praticamente em todos.

bidim
RHODIA

Vendas e informações:
Rhodia S/A - Centro Empresarial de São Paulo - Av. Maria Coelho Aguiar - 215 - Bloco B - 7º andar - CEP 05804 - Tels.: 545-3826/3827/3828/3819/3818 - Caixa Postal 60.561 e 60.562 End. Telegráfico: Rhodiatex - São Paulo - SP.

DISTRIBUIDORES BIDIM - Paraná/Santa Catarina: SOTRAMAC LTDA. - Rua Marechal Floriano Peixoto, 3.182, Tels.: (041) 222-8350 e 224-3531 - Curitiba • Minas Gerais/Espírito Santo: TRAC-BEL S.A. - Engenharia Indústria e Comércio - Br 262, km 1,5, Tels.: (031) 442-8931 e 442-8488 - Belo Horizonte; Av. Vitória, 2.400, Tels.: (027) 222-4622 - Vitória • São Paulo: SANTOS E RAMALHO LTDA. - Rua Domingos de Moraes, 2.706, Tels.: (011) 70-2967 e 71-3627 - São Paulo • Bahia: Sergipe: MULTIRÃO COMERCIAL S.A. - Br 324, km 6,5, Tels.: (071) 246-2544 - Salvador; Rua das Laranjeiras, 1.788, Tels.: (079) 222-3324 - Aracaju • Pernambuco/Paraliba/Alagoas: CONFENGE CONSTRUÇÕES E FISCALIZAÇÕES LTDA. - Rua Dr. José Marcelino, 37, Tels.: (081) 227-3823 - Recife • Goiás/Mato Grosso do Sul/Mato Grosso/ Distrito Federal: CRUZEIRO IND. QUIM. E FARM. S.A. - Av. Nicolau Copernico, lotes 13/16, Tels.: (062) 249-0511, 249-0031 e 249-0131 - Goiânia • Rio Grande do Sul: MOTORMAC - DISTR. DE MAQUINAS E MOTORES S.A. - Rua Dona Alzira, 98, Tels.: (0512) 41-8222 - Porto Alegre • Rio de Janeiro: TRIMAK ENG. E COM. LTDA. - Rua Visconde de Inhaúma, 58, grupo 1106, Tels.: (021) 233-2377 - Rio de Janeiro.

EDITORIAL

É comum atribuírem-se as falhas dos serviços de limpeza pública à falta de recursos e à inexistência de linha de financiamento específica para o setor. O editorial do número da revista de maio/junho de 1980, já havia, contudo, ressaltado que os métodos de trabalho inadequados e as soluções impróprias encontrados na área de limpeza pública são fundamentalmente fruto das desinformações e do desconhecimento da tecnologia correta, por parte dos administradores municipais e dos responsáveis pelo setor. A descarga de lixo junto ou dentro d'água, seu uso cru para a engorda de suínos, a coleta com frequência desnecessária, a utilização de equipamento economicamente contra indicado, a inexistência ou a cobrança de taxa remuneratória insuficiente, apesar da modestia de seu valor, e outras mais, são conseqüência não da falta de recursos, mas sim da carência de orientação.

O editorial em tela conclui que seria razoável propor-se que os órgãos e entidades oficiais de planejamento, ou os de controle da poluição, estabelecessem, como linha de ação, a programação regular de reuniões, seminários ou simples exposições de caráter técnico-motivador, em todos principais municípios ou pelo menos nos polos mais significativos, dirigidos a representantes da administração, do legislativo, dos meios de comunicação locais, dos clubes e outras entidades sociais, além dos responsáveis pelo serviço em si, nunca, todavia, os restringindo apenas a esses últimos, pois não teriam eles condições de sensibilizar, por si, os diferentes segmentos da administração e da população.

Entre os pontos a abordar nessas exposições de orientação, encontra-se, forçosamente, o tópico dos recursos, de como obtê-los, e então será preciso esclarecer que financiamentos existem e são viáveis, desde que a situação econômica da Prefeitura, isto é, o orçamento municipal os comporte. O problema comum e freqüente é todavia a capacidade de endividamento do município encontrar-se no limite, impedindo a obtenção do empréstimo, e é aí que a função da taxa, que devolve aos cofres do município os gastos com os serviços, se torna evidente. A solução correta, é preciso insistir, adotada universalmente, é o estabelecimento ou a atualização da competente taxa remuneratória do benefício colocado à disposição, taxa essa inexistente em cerca de metade dos municípios brasileiros, e insuficiente para cobrir sequer a operação dos serviços na maioria das outras comunidades.

As proposições apresentadas pela A.B.L.P. ao Ministério do Planejamento, constituídas de sete medidas que estabeleceriam uma política para o setor de limpeza pública,

e que foram reproduzidas integralmente no número de janeiro/fevereiro de 1980, indicam como forma de obtenção de recursos o uso da taxa, por ser a forma legal e socialmente justa da distribuição das despesas havidas com a prestação dos serviços.

O valor dessa taxa, conforme dito, é relativamente modesto, da ordem de metade da taxa mínima de água e equivalente àquela de esgotos vigorantes em São Paulo, e é fácil estimá-la: se a coleta regular de lixo está sendo empreitada a Cr\$ 1.500,00 por tonelada recolhida, absorvendo ela metade das verbas destinadas a todos os serviços de limpeza pública e atingindo a produção de lixo entre nós 0,2 da tonelada por habitante e ano, conclui-se que a uma residência de área central, com todos os serviços a disposição, corresponderia um valor de Cr\$ 300,00 por mês, ao passo que uma residência de bairro servido apenas de coleta alternada, contribuiria mensalmente com apenas Cr\$ 90,00, importância, sem dúvida, modesta.

A taxa pode ser complementada com um sistema de tarifas, a serem cobradas dos estabelecimentos comerciais, industriais, hotéis e outros cuja produção de lixo exceda a um limite de, por exemplo, um metro cúbico diário, ou pela prestação de serviços especiais, de remoção, transporte, capina e outros. Essa fonte extra de recursos, onerando aqueles que têm condições de com ela arcar, permitirá suplementar substancialmente a receita, mormente nas cidades maiores.

Em resumo, enfatizam as proposições apresentadas pela A.B.L.P., o estabelecimento de um sistema de taxa-tarifa, a primeira delas contribuição obrigatória d'aquelles que têm o serviço à disposição, lançada com alíquotas diferenciadas de acordo com o padrão e a freqüência do benefício, cabendo à periferia um mínimo, complementada com a segunda, isto é a tarifa, esta onerando os grandes produtores de lixo, permitirá obter recursos para garantia de financiamentos específicos para o reaparelhamento do setor, sua operação e para o constante desenvolvimento e aprimoramento do serviço.

Parece portanto conveniente e indicada uma iniciativa no sentido de levar as administrações municipais a estabelecer um sistema de taxa dos serviços de limpeza pública, complementada eventualmente com tarifas no que diz respeito a serviços especiais, sempre com valores reais, de forma a cobrir o custo dos serviços. A medida, além de ser a forma legal e correta de obtenção de recursos, viria possibilitar a concessão de financiamentos aos municípios, permitindo a melhoria constante do padrão dos serviços.



ABLP

NOSSA CAPA

A pedido do Prefeito Renato Vianna, a escultora Elke Hering Bell, elaborou projeto para uma obra em homenagem lixeiro lixeira de Blumenau.

São elementos imensos em ferro pintado, uma síntese de linhas do homem e da mulher ligados ao instrumento de trabalho, a vassoura, que se projetam, vazados no espaço, num movimento de perplexidade e exemplar equilíbrio.

Esta escultura, pelos vazamentos interiores e pela altura (sete metros e meio), torna-se um exemplo de escultura de participação, permitindo às pessoas passearem em seus espaços (dentro e fora) em nítida proposta de solidariedade e beleza.

LIMPEZA PÚBLICA

ÓRGÃO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA

Av. Prestes Maia, 241 - 32º andar - sala 3218 - Tel.: 229.5182 - CEP 01031 - São Paulo S. P.

SUMÁRIO

MÉTODOS DE AMOSTRAGEM DE LIXO E COMPOSTO DE INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS ANALÍTICOS	4
LIXO: DE FONTE DE POLUIÇÃO A ALTERNATIVA ENERGÉTICA	9
DRENAGEM SUB-SUPERFICIAL EM ATERROS SANITÁRIOS	17
RECUPERAÇÃO, PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DO GÁS E ATERRO SANITÁRIO NA CALIFÓRNIA	29

Seções

NOTÍCIAS RECEBIDAS	15
INFORMAÇÕES DA ABLP	28
PRÓXIMOS EVENTOS	42

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA

DIRETORIA

Presidente — Francisco Xavier Ribeiro da Luz
1.º vice-Presidente José Victor Oliva
2.º vice-Presidente Luiz Ângelo Vieira
3.º vice-Presidente José Felício Haddad
4.º vice-Presidente Sergio A. Garcia Alves
1.º Secretário Menache Haskel
2.º Secretário Nivaldo Zanon
1.º Tesoureiro Ajan Marques de Oliveira
2.º Tesoureiro Elmir Duclerc Ramalho

CONSELHO CONSULTIVO

Alberto Bianchini
Bruno Cervone
Laércio Panato
Mario Narduzo
Oscar Souza Trindade
Otávio Sá Lessa
Roberto Daud
Walter Engracia de Oliveira

SUPLENTES

Adalberto Leão Bretas
Claudionór Gabas
Gustavo Luiz Arenas
Reinaldo Mano Vieira

CONSELHO FISCAL

Fiore W. Gotran Vita
Horst Otteletter
Roberto de Campos Lindenberg

SUPLENTES

Alonso Romero Jurado
Jayro Navarro
Ruy Fogaça de Almeida Neto

LIMPEZA PÚBLICA

Redação, Administração e Publicidade:

Av. Prestes Maia, 241 - 32.º andar
s/ 3218 - Tel.: 229-5182
CEP 01031 - São Paulo - SP

DIRETOR RESPONSÁVEL

Eng. Francisco Xavier Ribeiro da Luz

COMISSÃO EDITORIAL

Fernando Augusto Paraguassú de Sá
Francisco Xavier Ribeiro da Luz
Luiz Augusto Lima Pontes
Luiz Edmundo H. Costa Leite
Roberto de Campos Lindenberg

Impressão

Lúcida Artes Gráficas Ltda.
Rua Dr. Pennaforte Mendes, 93
fone: 258-8178 — 256-5643
São Paulo — Capital

AS OPINIÕES E CONCEITOS EMITIDOS EM ARTIGOS ASSINADOS NÃO REPRESENTAM NECESSARIAMENTE OS PONTOS DE VISTA DESTA PUBLICAÇÃO.

PERMITE-SE A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DE ARTIGOS, DESDE QUE MENCIONADA A FONTE

Métodos de amostragem de lixo e composto e interpretação dos resultados analíticos

AMOSTRAGEM — A amostragem é de fundamental importância para que o resultado analítico dê uma idéia real da composição do lixo ou do composto. Uma amostragem imperfeita invalida a determinação feita no laboratório. Para se ter uma melhor idéia do valor de uma amostragem correta basta saber que, de um caminhão cheio de lixo, por exemplo, se obterá uma amostra que, levada ao laboratório, ao ser analisada, não se utilizarão mais que 20 a 30 gramas ao todo, para as diferentes determinações; ainda mais, para a determinação do nitrogênio total, toma-se apenas 1,0 (um) único grama da amostra, cujo resultado analítico indicará o teor desse elemento que presumivelmente deve ser o existente na carga do veículo. Consequentemente, a amostra necessita ser a mais representativa possível do material que a forneceu.

AMOSTRAGEM DO LIXO — Uma amostra integral do lixo propriamente dito é impossível de ser obtida. O que se consegue é uma amostra de materiais segregados; assim, por exemplo, de um caminhão de lixo, após uma triagem com a finalidade de se descartar objetos grosseiros, como garrafas, latas, pedaços de madeira, peças de plástico, etc. resta uma porção da qual se retirarão algumas amostras para serem enviadas ao laboratório de análises.

Quando se trata de um veículo coletor, recomenda-se que toda a carga seja descarregada, esparrramada, rasgando-se os sacos plásticos, ao mesmo tempo em que se procede a triagem do material grosseiro e a formação de dez montes de lixo. Há uma recomendação para se trabalhar com apenas quatro montes (1) porém, é preferível que se tomem várias amostras de cada um dos dez montes, de maneira a perfazer de 100 a 200 quilogramas de material. Esta amostra complexa depois de bem misturada e sofrer mais algumas segregações e picagens, se necessárias, será repartida em quatro partes (quarteada);

Edmar José Kiehl Doutor em Agronomia, Livre Docente e Professor Adjunto
Armando Porta Técnico em Laboratório

Ambos da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz — USP

em seguida, descarta-se duas quartas partes e juntam-se as duas restantes, misturando-as bem e quarteando a massa novamente. Descartando sempre duas partes e juntando as duas restantes, de preferência as que ficarem vis-à-vis; a operação será repetida até que restem entre 3 a 5 quilogramas de lixo, que serão embalados em saco plástico e enviado ao laboratório para análise.

Dispondo-se de um moinho móvel, recomenda-se triturar a amostra complexa, embalando o moído em 10 a 20 sacos para serem guardadas como amostras do lixo (2).

Uma vez embalada, a amostra deverá ser identificada com um número correspondente ao de uma ficha onde serão discriminados nomes, data, local, origem do lixo e demais informações de interesse. A amostra assim condicionada em saco plástico lacrado, para evitar perda de umidade, deve ser enviada o mais breve possível para o laboratório.

AMOSTRAGEM DO COMPOSTO — Tratando-se de composto colocado à venda como adubo orgânico, retiram-se amostras quando à granel, de pontos e profundidades diferentes, até se obter de 50 a 100 quilogramas. Quarteia-se da maneira descrita até restarem de 3 a 5 quilogramas de adubo. Esta amostra será etiquetada e enviada ao laboratório para análise.

Se o material estiver ensacado pode-se adotar como norma para coleta de amostra, a recomendação oficial indicada para os fertilizantes minerais, que é a seguinte: a- partida inferior a dez unidades: retirar amostras de todos os sacos; b- par-

tida entre dez e cinquenta unidades: retirar de dez embalagens; c- partida superior a cinquenta até cem sacos: retirar amostras de vinte sacos; d- partida superior a cem sacos: retirar amostras de vinte unidades e mais dois por cento da totalidade de unidades.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS ANALÍTICOS

De posse dos resultados analíticos, pode-se passar à interpretação desses dados, com o intuito de se estimar o valor da matéria prima ou do adubo, ou ainda, de classificar o composto em uma das seguintes categorias: composto cru, semicurado ou curado.

Com base na bibliografia, que aliás, é escassa e em dados analíticos realizados no Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", procurou-se, tentativamente, fazer uma interpretação de resultados e apresentar, para receber sugestões, uma escala de classificação para os resultados analíticos.

A — Interpretação de resultados expressos em material com umidade natural.

Umidade no lixo cru — Não deve estar acima de 65%, pois, difiter um máximo de cerca de 80% de água. À medida que é compostado, vão se formando substâncias coloidais, cujas diminutas dimensões aumentam consideravelmente a superfície de exposição da massa. Com isso, a capacidade de retenção de água vai-se elevando, podendo um composto bem humificado conter até 200% de água. Esse mesmo composto, quando com 20 a 25% de umidade, tem o aspecto de um material seco, chegando mesmo a formar poeira se jogado uma porção dele ao ar.

Umidade no lixo cru — Não se deve estar acima de 65%, pois, dificultará as operações de tratamento, como a segregação, o peneiramento, a moagem e a própria diges-

tão biológica. Umidades acima de 65% já se mostram excessivas, dando à massa tendência de compactação e originando condições anaeróbias pelo fato da água ocupar parte dos vazios, desalojando o ar. Um lixo molhado exige, no processo de compostagem em pátio, que se façam mais revolvimentos para baixar o teor de água.

Por outro lado, um lixo com baixo teor de umidade, perdendo água pelo processo de compostagem pode, pelo seu estado de secura, retardar a decomposição, necessitando irrigação para ativá-la. Sabe-se que com teores de umidade inferiores a 40% a atividade microorgânica no composto será proporcionalmente reduzida.

Umidade na compostagem — A bibliografia consultada aponta como limites mínimos e máximos da umidade no processo de compostagem, os valores 40 e 60% pelas razões acima expostas. Dentro dessa faixa está o equilíbrio entre os teores de água e do ar, este disputando com aquela, a porosidade existente na massa em fermentação.

Umidade no composto curado. O composto curado ou humificado apesar de ter maior capacidade de retenção de água, deve conter baixos teores de umidade pelas razões seguintes: é um material que, provavelmente, vai ser armazenado aguardando oportunidade para ser vendido; nesse caso, é recomendável que tenha pouca umidade, podendo ser armazenado em pilhas altas, sem que se crie meio anaeróbio em seu interior, dando formação a desprendimento de mau cheiro e correndo o risco de ocorrerem-se perdas por volatilização; outro argumento é o fato da água ser uma carga inútil no adubo, com a qual o comprador muito se preocupa, pois, não deseja adquirir água por adubo; teores de 10 a 20% de umidade seriam os desejáveis, porém, a prática tem demonstrado que abaixo de 25% já pode, nas condições atuais, ser considerado ótimo; acima de 35%, o que representa cerca de um terço do peso do composto, pode-se considerar um teor excessivo de água.

Índice pH — O pH é um parâmetro que fornece uma boa informação sobre o estado de decomposição de um composto. No lixo, não há muito interesse em se determinar o pH, uma vez que não se costuma, em nosso meio, fazer correção com calcário, pois, no processamento sua reação irá passando de ácida, que é geralmente a inicial, para neutra e finalmente alcalina ou básica como também se diz.

Para efeito de interpretação, considera-se o material ácido, como estando cru; quando quase neutro, neutro (pH 7,0) ou levemente alcalino, indica que o composto está bioestabilizado; o composto humificado apresentará, obrigatoriamente, uma reação alcalina, acima de 7,0. Convém anotar que a informação fornecida pelo pH, deve ser complementada com outras, dentre elas, preferivelmente, a relação carbono-nitrogênio, como se verá mais adiante.

Inertes — Os inertes ou contaminantes, são removidos após a amostra ter sido secada a 60 — 65°C. Eles interferem tanto nos resultados do material com a umidade natural como no seco a 100 — 110°C. É desejável que a quantidade de inertes no lixo ou no adubo seja a menor possível, pois, os contaminantes geralmente tem densidade várias vezes maior do que a matéria orgânica, prejudicando o valor do composto.

No composto curado o teor de inertes (plásticos, couros, borrachas, madeiras, metais, louças, cerâmicas, pedras, vidros, trapos, terra, etc) é muito variável, podendo ocorrer, de maneira geral, entre 30 e 60%. A média encontrada em pesquisa realizada na COM-LURB foi de 50% (3). Em Roma, o composto acabado após ser tratado por um classificador industrial, removeu 35% de inertes (4).

B — Interpretação de resultados expressos em material seco a 100 — 110°C.

Matéria orgânica total — O método utilizado, destruição da matéria orgânica por ignição em forno elétrico, dá, pela diferença de peso, antes e depois da queima, quanto da amostra foi volatilizado e quanto restou, isto é, o teor de matéria orgânica total e o teor de matéria mineral ou cinza. O método oferece o inconveniente de englobar tanto os materiais de origem orgânica decomponíveis pela compostagem, como os não decomponíveis, tais como pedaços de borracha, couro, madeira, plástico, trapos, etc.

Sendo o composto um adubo orgânico, deve-se esperar que seu teor em matéria orgânica deva ser o mínimo igual à metade de seu peso. O teor de matéria orgânica se reduz durante a compostagem, logo, para se ter ao final do processo cerca de 50% desse constituinte, o lixo que vai servir de matéria prima deve ter, no mínimo, 60% de matéria orgânica. Quando o teor de matéria orgânica for inferior a 50%, no lixo ou no composto, deve-se pensar seriamente em adotar um processo para

Colecom

FNV-FRUEHAUF

Representantes Estaduais:

SÃO PAULO - MINAS GERAIS
RIO DE JANEIRO - ESPÍRITO SANTO
Irmãos Almeida e Silva S/C. Ltda.
Av. Angélica n.º 501 - 4.º andar - conj. 406
Fones: 826-2449 e 67-1236
SÃO PAULO - SP.
CEP 01.227

PARANÁ - SANTA CATARINA
RIO GRANDE DO SUL
Codimaq - Equipamentos Rodoviários e Industriais Ltda.
Rua Comendador Franco n.º 2.509
Fone: (041) 266-3382
CURITIBA - PR.
CEP 80.000

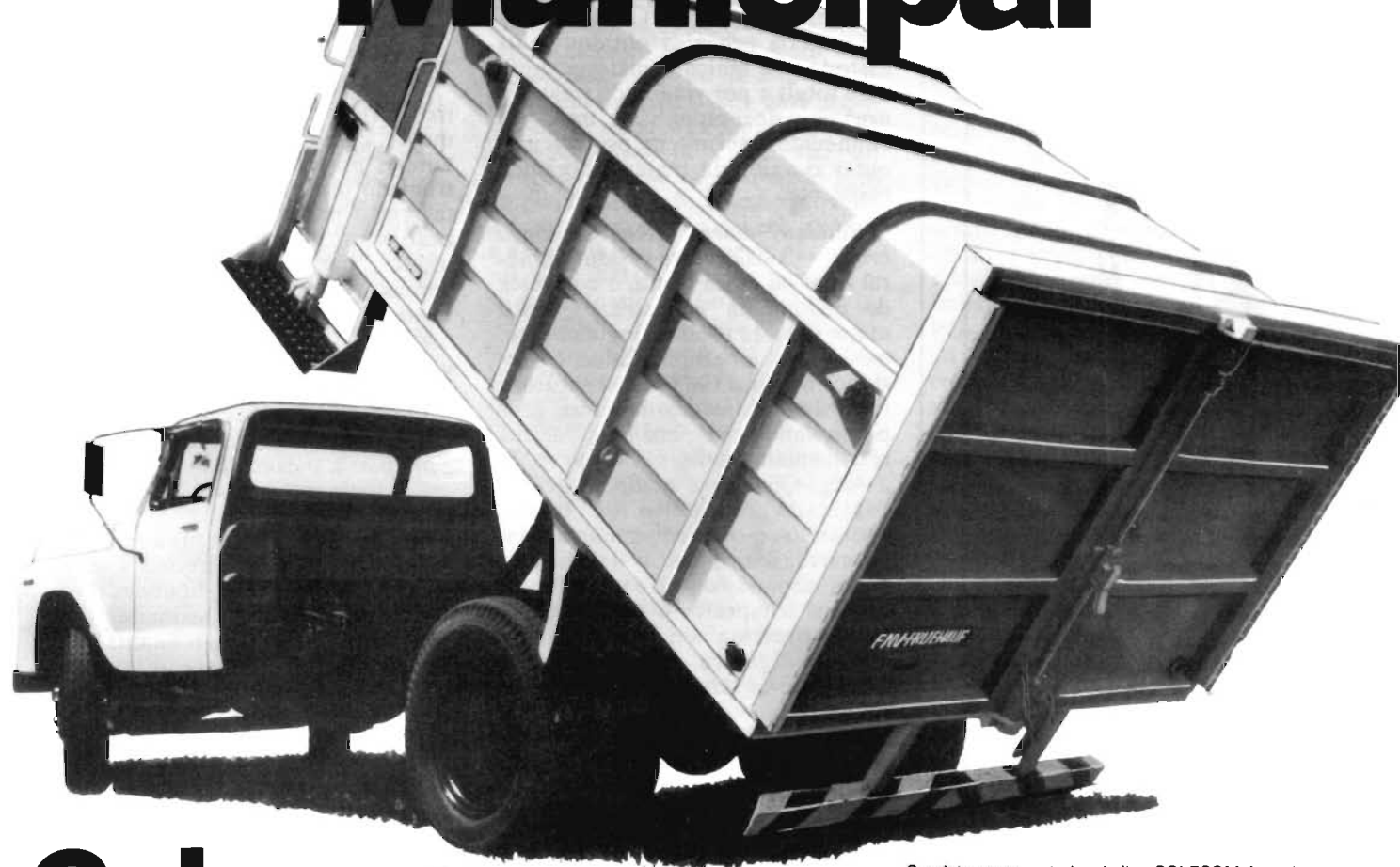
GOIÁS/DISTRITO FEDERAL
Emaq. - Equipamentos e Máquinas Ltda.
Av. Anhaíguera n.º 5.599
Fone: 233-9111 - Telex - 0622319
GOIÂNIA - GO
CEP 74.000

PERNAMBUCO - PARAÍBA
RIO GRANDE DO NORTE - CEARÁ
(Todos os Estados com escritório e oficina)
Matriz - Marcosa S/A
Máquinas e Equipamentos
Rua Dr. João Moreira n.º 361
Fone: (085) 231-1088 - Telex - (085) - 1166
FORTALEZA - CEARÁ
CEP 60.000

MATO GROSSO - AMAZONAS - RORAIMA
AMAPÁ - ACRE - RONDÔNIA
J.J.B. - Representações e Transportes de Veículos Ltda.
Av. Conde Francisco Matarazzo n.º 72
2.º andar - sala 218
Fones: 453-0200 e 442-6260
SÃO CAETANO DO SUL - SP.
CEP 09.550

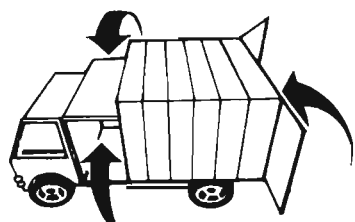
PARÁ
C. Brandão & Cia. Ltda.
Rua Nazareth n.º 766
Fone: (091) 223-3318
BELÉM - PA.
CEP 66.000

Caixa Econômica Municipal

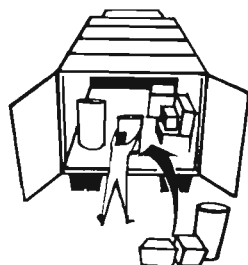


Colecom CFA-1012

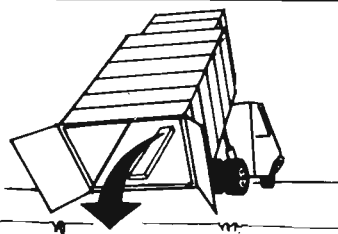
Coletor compactador de lixo



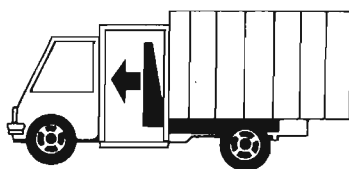
Capacidade: 28 m³ de lixo solto. O perfeito sistema de compactação do COLECOM (16 t.) permite reduzir o lixo de 28 m³ para 10 m³. Versátil para qualquer tipo de resíduos. Caixa-forte nas laterais, traseiras, portas, teto, com reforços de perfis especiais.



Portas com abertura total, para facilitar a descarga e o carregamento de volumes indivisíveis.



Retirada rápida: em 36 segundos a operação de descarga é feita para o depósito, aterro ou usina.



O COLECOM é fácil de operar, silencioso, (não acorda ninguém) e se adapta a qualquer veículo médio com chassis de capacidade adequada.

O coletor compactador de lixo COLECOM é a caixa econômica dos municípios.

Isso por ele ser bem dimensionado e evitar o desgaste de pneus e o consumo excessivo de combustível. E, também, porque ele paga o seu preço em apenas um ano com a taxa do lixo que pode recolher.

Grças às suas características, o COLECOM não tem similar nacional. Além disso, representa um investimento inicial pelo menos 50% inferior ao de qualquer outro concorrente.

Dotado de caixa-forte em aço de baixa liga e alta resistência, o COLECOM é um patrimônio que pode ser utilizado em sucessivas gestões, produzindo excelentes rendas para a prefeitura, com o mesmo brilho e desempenho da administração que o adquiriu.

Com a garantia da empresa que reúne a maior experiência na fabricação de coletores de lixo no Brasil, operando desde 1961 com mais de 1.500 unidades vendidas: FNV-FRUEHAUF.

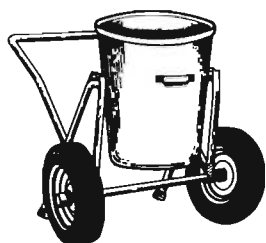
REPRESENTANTES E ASSISTÊNCIA TÉCNICA EM TODO O BRASIL.

FNV-FRUEHAUF

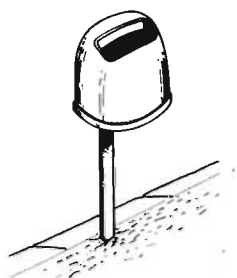
Escritório: Rua Arary Leite, 751 - Vila Maria - São Paulo - SP - Tel.: 291-3155 (PABX)
Telex (011) - 25854 - CEP 02123
Fábrica: Rodovia Pres. Dutra, Km 261 - Pindamonhangaba - SP - Telex (0122) - 2176
CEP 12400
Filial SP.: Rua Arary Leite, 654 - Vila Maria - São Paulo - SP - Tel.: 291-3155 (PABX)
Telex (011) - 25854 - CEP 02123
Filial RJ: Avenida Brasil, 13385 - Rio de Janeiro - RJ - Tel.: (021) - 391-6185 (PABX)
CEP 21010
Filial MG: Rua Dois, Lotes 9 e 10 - Cidade Industrial de Contagem - Belo Horizonte
MG - Tels.: (031) - 333-3700 e 333-8214 - CEP 32000

COLETORES E LIXEIRAS EM FIBERGLASS*

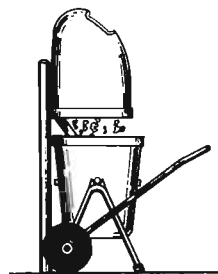
***RESISTENTES
NÃO ENFERRUJAM
PINTURA PERMANENTE
LEVES E DURÁVEIS**



Carrinho "LUTO CAR"
Chassi tubular — Pneus com câmaras ou maciços
capacidade: 110 litros



"POLIXO"
Tampo inferior com trinco destravado por chave mestra
capacidade: 25 litros



"O CONJUNTO PERFEITO"

ALFA TECPREL

Técnica em Plásticos Reforçados Ltda.
Rua Servidão, 92 - Bairro Batistini
09700 - Caixa Postal 751
São Bernardo do Campo - SP
Tels.: 458-6909 - 448-2767

remoção dos inertes o que fará elevar o teor de orgânicos.

Matéria orgânica compostável e resistente — O método empregado para esta determinação é conhecido como o de combustão da matéria orgânica por via úmida, dando o teor de carbono da matéria orgânica decomponível pelo processo de compostagem (2). Os conteúdos de matéria orgânica obtidos pelos métodos de ignição (matéria orgânica total) e por via úmida (matéria orgânica decomponível), uma vez conhecidos, permitem, por cálculo, obter o valor da matéria orgânica resistente.

Resíduo mineral total ou cinza bruta — Considera-se resíduo mineral total ou cinza bruta, o que resta da queima da amostra. Quanto maior for este resíduo, logicamente, menor será a parte orgânica. Os resíduos urbanos são por sua natureza ricos de substâncias minerais, proporcionando nas análises valores relativamente altos, em torno de 20 a 40%. Quando a compostagem é realizada em pátio de terra, operando-se os revoltamentos com pá carregadeira sem o devido cuidado, raspando o solo e incorporando ao composto, o produto acabado apresenta um baixo teor de matéria orgânica. É que, sendo a densidade da terra cerca de três vezes mais elevada que a do composto, cada porção de terra incorporada corresponderá a três de composto.

A análise de um composto (material seco a 110°C) com menos de 20% de cinza bruta significa que possui 80% de matéria orgânica, no mínimo, o que pode ser considerado um ótimo teor de cinza. Com mais de 40% de cinza, o teor de matéria orgânica seria inferior a 60% o que já deixa de ser desejável.

No processo de compostagem observa-se que à medida que a cura se efetua, o teor de cinza bruta eleva-se.

Na cinza resultante da queima da amostra encontram-se dois grupos de resíduos: o solúvel e o insolúvel. O insolúvel é formado por grãos de areia, partículas de metais, de vidro, de louça, etc. No solúvel estão contidos os sais mineirais que fornecerão fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes às raízes das plantas.

Resíduos mineral solúvel — É desejável que pela compostagem aumente quanto mais a porcentagem deste resíduo mineral pois, isto significa um acrescente mineralização

das substâncias orgânicas do composto. Sabendo-se que as plantas só se alimentam de sais mineirais e que os nutrientes contidos na matéria orgânica necessitam passar para a forma mineral para se tornarem assimiláveis, os altos teores de resíduos minerais solúveis encontrados em uma amostra indicam a adiantada fase de mineralização de sua matéria orgânica.

Nitrogênio total — O nitrogênio no lixo cru encontra-se, principalmente, como componente das substâncias protéicas, na forma de nitrogênio orgânico. Com a compostagem, o nitrogênio assim imobilizado passa, pela ação de microorganismos, para a forma amoniacal, depois à forma de nitrito e finalmente à de nitrato. Os nitratos são tóxicos às plantas, porém, como é uma forma transitória, de curta duração, não causa dano às plantas.

Quando a relação carbono-nitrogênio é, no início da compostagem, baixa, o excesso de nitrogênio será eliminado por volatilização na forma amoniacal.

A matéria orgânica crua tem em média 50 a 52% de carbono. Como os microorganismos eliminam dois terços do carbono e assimilam um terço ou 17% e, como o húmus tem relação carbono-nitrogênio igual a 10:1, o nitrogênio deve estar entre os teores de 1,25 a 1,7% no lixo e acima de 1,7 no composto curado. O teor máximo de nitrogênio que se pode encontrar em um adubo curado, pela compostagem, está em torno de 4 a 5%, teores acima desses valores só se pode conseguir com adições de matéria orgânica não humificada (farinha de sangue, por exemplo) ou adubos minerais nitrogenados.

Relação carbono-nitrogênio — Este é um dado que se obtém por cálculo dos resultados analíticos de carbono e de nitrogênio. A bibliografia consultada recomenda que se calcule dividindo o teor de carbono total pelo teor de nitrogênio total (2), (5) e (12), representando-se o numerador sempre com um número inteiro. Em nossa opinião, o cálculo deve ser feito tomando-se o teor de carbono orgânico, isto é, só do carbono de materiais que são possíveis de se decompor pela compostagem, excluindo-se, assim, o carbono de materiais encontrados, por exemplo, em pedacinhos de couro, madeira, plástico, etc. Vejam-se os exemplos abaixo calculados com dados da Tabela 6.1, material seco a 110°C, coluna letra E:

a – calculando com o carbono da matéria orgânica total (M.O. total):

$$C\% \text{ total} = \frac{M.O. \text{ total}}{1,8} = \frac{61,03}{1,8} = 33,9$$

$$\frac{C\% \text{ total}}{N\% \text{ total}} = \frac{33,9}{2,51} = 14$$

b – calculando com o carbono % da matéria orgânica compostável ou carbono orgânico (C%

orgânico):

$$\frac{C\% \text{ orgânico}}{N\% \text{ total}} = \frac{27,09}{2,51} = 11$$

Diante do exposto, sugere-se que quando for determinado o teor de carbono orgânico (matéria orgânica compostável) e de matéria orgânica total e, enquanto não se modifica a convenção citada, que se indique na apresentação dos resultados analíticos as duas maneiras acima

de se calcular a relação C/N, como aliás, está na Tabela 6.1.

4 — ESCALA PARA CLASSIFICAÇÃO (TENTATIVA)

Tentativamente sugere-se a seguinte escala para classificação do lixo e do composto, segundo os resultados analíticos:

A — Valores em material com umidade natural

— Umidade

– no lixo: abaixo de 50%
entre 50 e 65%
acima de 65%

na compostagem: abaixo de 40%
entre 40 e 60%
acima de 60%

no composto: abaixo de 25%
entre 25 e 35%
acima de 35%

— Índice pH

no composto: abaixo de 6,0
entre 6,0 e 7,5
acima de 7,5

nível

baixo
bom
excessivo
baixo
bom
excessivo
ótimo
bom
excessivo

indesejável
bom
ótimo

— Nitrogênio total

no lixo: abaixo de 1,3%
entre 1,3 e 1,8%
acima de 1,8%

no composto: abaixo de 1,8%
entre 1,8 e 3,5%
acima de 3,5%

— Relação C/N

no lixo: abaixo de 30/1
entre 30/1 e 40/1
acima de 40/1

no composto: de 8/1 a 12/1
de 12/1 a 18/1
acima de 18/1

nível

indesejável
bom
ótimo
indesejável
bom
ótimo

ótimo
bom
indesejável
ótimo
bom
indesejável

B Valores em material seco a 110°C

— Matéria orgânica total

no lixo: abaixo de 60%
entre 60 e 70%
acima de 70%

no composto: abaixo de 50%
entre 50 e 60%
acima de 60%

— Matéria orgânica resistente

no composto: abaixo de 10%
entre 10% e 15%
acima de 15%

— Resíduo mineral total (cinza bruta)

no composto: abaixo de 20%
entre 20 e 40%
acima de 40%

— Resíduo solúvel

no composto: abaixo de 10%
entre 10 e 20%
acima de 20%

nível

baixo
bom
ótimo
baixo
bom
ótimo

ótimo
bom
indesejável

ótimo
bom
indesejável

indesejável
bom
ótimo

— Fósforo (P₂O₅)

no composto: abaixo de 0,5%
entre 0,5 e 1,5%
acima de 1,5%

— Potássio (K₂O%)

no composto: abaixo de 0,5%
entre 0,5 e 1,5%
acima de 1,5%

— Cálcio (CaO %)

no composto: abaixo de 2,0%
entre 2,0 e 4,0%
acima de 4,0%

— Magnésio (MgO %)

no composto: abaixo de 1,0
entre 1,0 e 2,0
acima de 2,0

— Enxofre (S %)

no composto: abaixo de 0,2%
entre 0,2 e 0,5%
acima de 0,5%

baixo
médio
alto

baixo
médio
alto

baixo
médio
alto

baixo
médio
alto

baixo
médio
alto

BIBLIOGRAFIA CITADA

- 11 – RUOCCO, J. JR., P. J. STECH, A. M. M. ROCHA e Z. GRADNAUER. 1978 – Metodologia da amostragem do lixo. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Trabalho apresentado ao III Congresso Pan-Americano de Limpeza Pública, realizado em São Paulo, SP.
- 2 – SWISS FEDERAL INSTITUTE FOR WATER SUPPLY, SEWAGE PURIFICATION AND WATER POLLUTION CONTROL. 1970. Methods of sampling and analysis of solid wastes. Dubendorf. Switzerland.
- 3 – CATANHEDE, A.L.G. 1977 – Estudo do com-

posto produzido nas Usinas de Bangu e Irajá. 9.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária. Belo Horizonte, Minas Gerais.

- 4 – KIEHL, E.J. 1979 – Biorrápido – Um novo processo de preparar o composto orgânico. Relatório de uma visita feita à firma Sorain Cecchini, em Roma, Itália. Limpeza Pública. Ano VI, n.º 15, página 20-31.
- 5 – UNIVERSITY OF CALIFORNIA. 1953 – Reclamation of municipal refuse by composting. Sanitary Engineering Research Projects. Berkeley. Technical Bulletin 9, series 37. U.S.A.
- 6 – GOTAAS, H. B. – 1956 – Composting sanitary disposal and reclamation of organic wastes. World Health Organization. Geneva. Suíça.

Lixo: de fonte de poluição à alternativa energética

Eng^o Werner Eugênio Zulauf Sanitarista, foi secretário de Serviços da P.M.S.P. e Diretor da CETESB
Eng^o Kurt Jurgen Stuermer Consultor da CETESB, Diretor da HICSAN Ltda.

Estudo Econômico Financeiro:
EMC-Ehrlich & Meirelles Consultoria Ltda.

Tecnologia desenvolvida em São Paulo que associa o tratamento dos líquidos percolados de aterros sanitários à produção de gás bioquímico — GBQ do próprio lixo e aperfeiçoa o sistema de captação de gases para ampliar seu aproveitamento

INTRODUÇÃO

O Município de São Paulo iniciou em 1974 a completa revisão dos conceitos sobre Destino Final de Resíduos Sólidos, atenuando seu esforço por soluções tecnologicamente avançadas, como Incineração, Pirólise, etc., para concentrar-se no aperfeiçoamento das técnicas de Aterros Sanitários. Mediante licitação contratou uma empresa privada, ENTERPA S.A., para operar tais aterros, com o que passou ao domínio total sobre esta atividade ao longo dos últimos anos.

Em 1979, pressionada pelo Governo do Estado através do seu órgão de controle da poluição (CETESB), foi contratada uma empresa de consultoria, HICSAN LTDA., para o desenvolvimento de projetos de Aterros Sanitários que eliminassem os problemas de poluição que ainda comprometiam os Aterros executados em São Paulo.

Através deste contrato deu-se verdadeiro salto tecnológico no setor de Limpeza Pública, pois, a par de soluções adequadas do ponto de vista ambiental, foi desenvolvida, igualmente e de forma integrada, uma interessante fonte alternativa de energia.

Este trabalho pretende divulgar, para debate nos meios técnico e político, as soluções encontradas e as perspectivas que tais soluções oferecem para aplicação, particularmente nas grandes cidades de países em desenvolvimento.

Destaque-se, por oportuno e de justiça, que a Prefeitura do Município de São Paulo, através do Departamento de Limpeza Urbana — LIMPURB e da Secretaria de Ser-

viços e Obras — SSO, tem dado aos projetos descritos neste trabalho o indispensável apoio para sua implantação.

EXPERIÊNCIAS ANTERIORES

São inúmeras as experiências realizadas anteriormente de aproveitamento de gás de aterros de lixo, merecendo destaque, pelo alto nível tecnológico daquela pesquisa, o projeto de "Palos Verdes" financiado pela "EPA — Environmental Protection Agency" e executado nas proximidades de Los Angeles.

O experimento constituiu-se em realizar uma série de perfurações, construindo poços, em um grande depósito de lixo, com vistas ao aproveitamento do gás drenado. Foram captados 9 m³/min de gás com 52,6% de Metano, 43,5% de gás carbônico e 3,9% de outros gases H₂, N₂, O₂, A, C₇, H₁₆, Benzol, Toluol) e poder calorífico de 5.200 kcal/Nm³.

Há registros de experimentos realizados na Europa, particularmente na Suíça e Alemanha, e no Brasil estão em operação dois sistemas, um no Rio de Janeiro, no Aterro do Caju, e outro em São Paulo, no quilômetro 14,5 da Rodovia Raposo Tavares.

No Rio de Janeiro o gás é adicionado ao gás de nafta e distribuído pela rede da CEG — Companhia estadual de Gás e em São Paulo o gás é distribuído a um conjunto residencial, localizado nas proximidades do aterro, pela COMGÁS — Companhia de Gás de São Paulo.

Todas estas experiências têm um

ponto em comum: foram realizadas depois de vários anos de operação dos aterros de lixo e o sistema de captação de gases é constituído de poços especialmente perfurados e adaptados para a coleta dos gases.

Nas experiências brasileiras obtém-se gases com poder calorífico entre 5.800 e 6.400 kcal/Nm³ e teor de metano acima de 60%.

A NOVA TECNOLOGIA

A tecnologia de que trata este trabalho foi desenvolvida a partir da necessidade de serem construídos aterros sanitários de grandes proporções (2 a 4 mil toneladas/dia) em locais próximos de áreas urbanizadas. O receio de reações da população, bem como recentes exigências do Governo do Estado relativas à poluição ambiental motivaram a decisão da Prefeitura do Município de São Paulo de exigir projetos detalhados dos Aterros Sanitários antes de seu início.

Os projetos deveriam partir das seguintes premissas:

- Eliminar a poluição causada pelos Líquidos Percolados.
- Eliminar a poluição atmosférica causada pelos gases de fermentação do lixo.
- Aproveitar, na medida do possível, a energia contida nos gases.

Os estudos conduziram a uma solução onde se destacam os seguintes pontos:

- Os Líquidos Percolados são captados através de drenos localizados na parte inferior dos aterros e conduzidos ao sistema de tratamento.
- O sistema de tratamento consta de lagoas de estabilização em série (Anaeróbia + Facultativa + Maturação) durante a fase de construção dos aterros. Apesar da elevada DBO dos Líquidos Percolados (cerca de 20.000 mg/l), como sua vazão é relativamente baixa, foi possível viabilizar o tratamento em áreas internas às áreas desapropriadas para os aterros.
- Concluídos os aterros, os Líquidos Percolados passam a ser recirculados para a superfície superior de lixo dos aterros, percolando novamente. Neste novo trajeto os líquidos atuam como ativadores dos fenômenos bioquímicos produtores de gás. Parte dos líquidos evaporam-se, devendo ser substituídos por água ou por esgo-

tos ou, ainda, por resíduos líquidos industriais orgânicos, que poderão ser armazenados nas lagoas que, nesta fase, ficam dispensadas da função de tratar Líquidos Percolados, a não ser como segurança em casos de emergência.

- Os aterros são construídos em células com 5 m de espessura e cobertura mínima com argila (15 a 30 cm). Esta cobertura será removida por ocasião da execução da célula superior, misturando-se a argila com o lixo ao ser este acondicionado na nova célula em exceção. Evitam-se, assim, compartimentos estanques que dificultam a descida dos líquidos e a subida dos gases.
- Os gases são drenados através de sistemas combinados de drenos verticais e horizontais. Os verticais são executados em conjunto com os aterros, distam 50 m entre si e são feitos com formas deslizantes, no interior das quais são montados tubos de drenagem de concreto (ϕ 30 cm), seguidos de um anel de pedra britada. Na superfície superior final dos aterros são construídos drenos contínuos de pedra britada com 15 cm de espessura cobrindo todo o aterro.
- Sobre estes drenos são colocadas membranas geotexteis (BIDIM OP-30 ou similar) para proteção dos filmes plásticos (200 micras) dispostos a seguir. Em seguida é feita a proteção final com 1 m de espessura de argila. Na superfície da camada final será aplicada hidro-semeadura para evitar erosão, assim como implantado um eficiente sistema de coleta de águas pluviais.
- No interior do grande dreno horizontal são instaladas duas redes distintas de tubulações ranhuradas de PVC-rígido: uma para recirculação dos Líquidos Percolados e outra para captação do GBQ – Gás Bioquímico.

O PROJETO “PERUS”

Este foi o primeiro projeto desenvolvido segundo a nova tecnologia e o primeiro aterro já atingiu a 3ª célula de um total de 11. Serão construídos dois aterros sanitários próximos entre si, o primeiro com capacidade para 1.098.125 toneladas e o segundo para 1.219.483 to-

neladas, dando um total de 2.317.608 toneladas. Ali são descarregadas atualmente cerca de 2.000 toneladas diárias de lixo.

A área localiza-se na parte Noroeste do município próxima da Rodovia dos Bandeirantes e do Bairro de Perus, distando 19 quilômetros em linha reta do centro de São Paulo.

Os aterros terão, respectivamente, 55 e 45 m de altura máxima, ocupando depressões naturais (vales). Na parte livre (a jusante), o acabamento será feito através de taludes (3H: 1V) e patamares de 4m com acabamento final semelhante ao da superfície superior, isto é, brita, geomembrana sintética, camada de argila, hidro-semeadura e calhas para coleta de águas pluviais.

As águas nascentes nas áreas que serão cobertas pelos Aterros Sanitários serão captadas em conjunto com os Líquidos Percolados para tratamento ou recirculação.

O aterro localiza-se nas proximidades de várias indústrias que asseguram mercado para todo o gás que vier a ser captado.

A uma taxa de 75 Nm³/t¹ em 10 anos estes aterros fornecerão cerca de 173.820.600 Nm³ de GBQ, ou seja, 47.622 Nm³/dia. O que se espera, na realidade, é o dobro desta produção, em face do alto grau de impermeabilização que será atingido ao final de cada aterro e também por causa da possibilidade que o sistema oferece de se regular a entrada de umidade (Líquidos Percolados, portanto ativados) e os sistemas já em operação mostram que a manutenção de umidade interfere diretamente na produção de gás. Portanto, à taxa de 150 m³/t. 10 a, a produção esperada será de 95.244 m³/dia.

O PROJETO “SAPOPEMBA I”

Este projeto tem esta denominação porque representa uma primeira etapa de um aproveitamento mais amplo da área, de acordo com o plano diretor para destino final de resíduos sólidos, adotado pela Prefeitura de São Paulo.

Sapopemba I, assim como Perus, terá dois grandes Aterros Sanitários, o primeiro com 1.810.456 toneladas de capacidade e o segundo com 2.312.717, dando um total de 4.123.173 toneladas, permitindo uma descarga de 2 a 4 mil toneladas durante 5 anos. O primeiro aterro já está em operação há 4 meses.

da cidade, em área próxima da divisa com Mauá, estando completamente urbanizada a partir do limite da área. Em linha reta dista 20 quilômetros do centro de São Paulo.

Os aterros terão alturas máximas de 50 a 45 m, respectivamente, ocupando também depressões naturais (vales). Os acabamentos das partes livres, a jusante, são semelhantes aos descritos para Perus, valendo o mesmo para as águas de nascentes.

Sapopemba I localiza-se a 2 quilômetros do complexo petroquímico de Capuava, mercado certo para todo o gás que vier a ser captado.

Capuava é também a região mais crítica de poluição por SO_2 da Grande São Paulo, por causa do imenso consumo de óleo combustível. Este óleo contém 5% de Enxofre, daí a alta concentração de SO_2 na atmosfera.

Como o GBQ é isento de Enxofre, o seu consumo, pelas indústrias de Capuava, promoverá uma redução de 4 a 8 toneladas diárias as emissões de SO_2 naquela região.

A taxa de 75 Nm^3/t em 10 anos estes aterros fornecerão cerca de 309.237.970 Nm^3 de GBQ, ou seja, 84.722 Nm^3/dia . À taxa de 150 Nm^3/t , 10a, a produção será de 169.444 Nm^3/dia .

PRODUÇÃO DE GBQ (1)

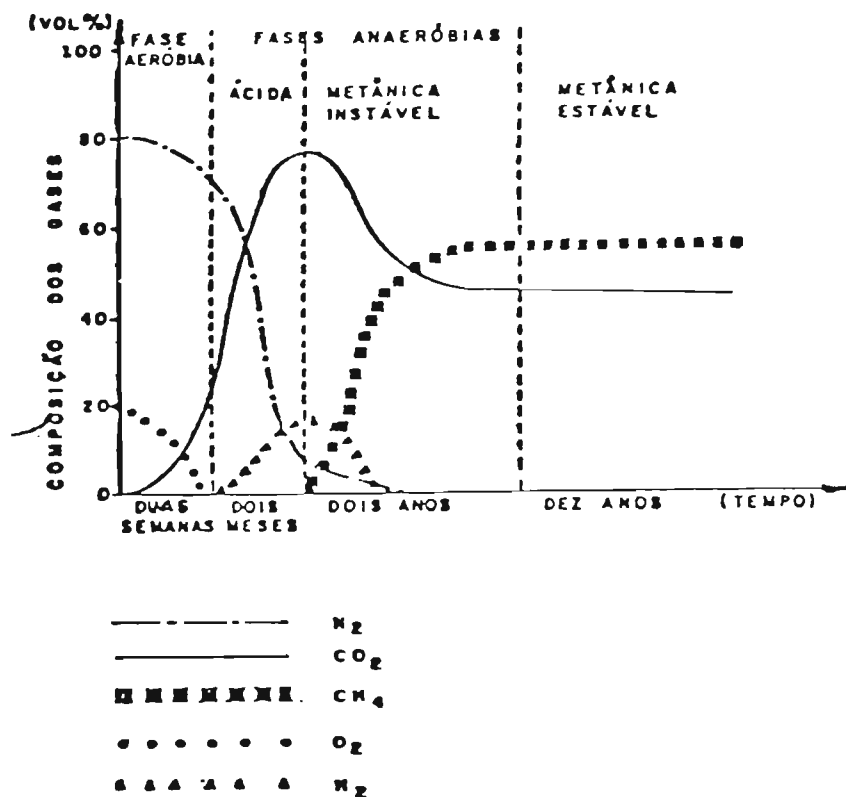
A revista técnica da "ISWA - International Solid Wastes and Public Cleansing Association" de dezembro de 1978/janeiro de 1979 (Journal 26/27) publica, na página 8, a seguinte tabela extraída da literatura técnica acerca da produção de gás em aterros de lixo:

Considerando que o lixo de todas estas experiências contém cerca de 50% do teor de matéria orgânica do lixo de São Paulo e que não foram construídas com a estanqueidade dos projetos paulistas, admitimos a

seguinte faixa de produção para os cálculos econômicos do empreendimento: entre 75 a 150 m^3/t , 10a.

O quadro seguinte mostra, segundo Rovers, a composição dos gases de aterros sanitários.

QUADRO I



FONTE: ISWA- JOURNAL Nr. 26/27
FORQUAR ROVERS, 1973

QUADRO II

Fonte	Produção total de gás (m^3/t)	Produção de gás * ($\text{m}^3/\text{t.a.}$)	Metano ($\text{m}^3/\text{t.a.}$)	Quantidade de gás em 10 anos ($\text{M}^3/\text{t.a.}$)
Tabasaran, 1976	60-80	—	—	—
Rovers et. al. (**), 1977	—	12-22	7-12	120-220
EPA-Draft, 1976	—	3,5-14	—	35-140
Bowermann (***), 1977	40-50	—	—	—

(*) Tempo de produção: cerca de 10 anos

(**) Máxima produção de Metano: 13 a 26 ($\text{m}^3/\text{t.a.}$)

(***) Máxima quantidade aproveitável de gás (tirado do aterro de Palos Verdes)

OPERAÇÃO DO SISTEMA

O Município de São Paulo possui uma empresa de economia mista - COMGAS Companhia de Gás de São Paulo - que opera um sistema de gás canalizado com muita eficiência, embora atenda a apenas cerca de 10% da população e um limitado mercado industrial e comercial.

Trata-se de antiga empresa de distribuição de gás de coqueria cuja usina foi substituída por unidades de gaseificação de nafta de petróleo. Depois da crise do petróleo seus planos de expansão, todos baseados em nafta e gás natural importados, foram suspensos pela indefinição e perplexidade gerados pelas altas crescentes do petróleo e do gás natural.

O restante da população é abastecida com GLP – Gás Liquefeito de Petróleo, distribuídos em bueiros. Também o GLP é produto derivado de petróleo importado.

As indústrias utilizam fundamentalmente óleo combustível de baixo ponto de fluidez – BPF contendo cerca de 5% de Enxofre. Durante o inverno, época em que ocorrem calmarias e inversões térmicas na região metropolitana de São Paulo, as indústrias localizadas em regiões críticas de poluição, como Capuava, utilizam óleo de baixo teor de Enxofre BTE, mais caro e mais gravoso à balança de pagamentos.

Parte das indústrias, já servidas pela rede da COMGÁS, adotaram o gás canalizado como fonte energética em substituição ao óleo combustível.

Existe, portanto, na região metropolitana de São Paulo, uma entidade que domina a tecnologia do gás e que dispõe de estrutura para comercialização de qualquer gás. E mais, esta entidade (COMGÁS), é controlada acionariamente pela própria Prefeitura de São Paulo.

Assim, torna-se fácil coordenar a sequência de atividades que tem início no projeto da instalação, continua na implantação do aterro sanitário, inclusive dispositivos para recirculação de líquidos percolados e captação de gases, e termina com a operação do sistema produtor e distribuidor de GBQ.

O projeto e a implantação do sistema são atribuições da Prefeitura, através do Departamento de Limpeza Urbana – LIMPURB, vinculado à Secretaria de Serviços e Obras – SSO, e a operação de todo o sistema, após a conclusão do aterro, deve passar a responsabilidade da COMGÁS.

USOS DO GBQ

O GBQ é um gás com poder calorífico de 5.800 kcal/Nm³, superior em 22% ao do gás distribuído pela COMGÁS (4.750) e inferior ao gás natural (9.600).

Devido à localização dos aterros, na periferia da cidade, longe portanto da rede da COMGÁS, além de razões de ordem técnica, não há condições de utilizar a rede existente para proceder a sua distribuição. O sistema distribuidor de GBQ, deverá, portanto, ser independente.

Surgem assim duas hipóteses: distribuição para a população periférica (classe média baixa e pobre) ou para indústrias, abundantes em toda a periferia da cidade.

A primeira hipótese não conta com a simpatia da população que prefere o GLP, de instalação mais simples e menos custosa. Para a COMGÁS também não é interessante esta alternativa, quando em cotejo com a segunda, por causa do maior investimento que deverá ser realizado em redes distribuidoras. Além disso, seria substituir um combustível não poluente (GLP) por outro também não poluente (GBQ).

Como vantagem efetiva desta alternativa resta apenas a possibilidade da municipalidade abrir mão do resultado financeiro que o GBQ proporciona e realizar um objetivo social, reduzindo a tarifa deste gás e rateando assim os benefícios entre a população que sofre o ônus de ter nas suas proximidades um aterro sanitário, porque, embora reduzidos a valores mínimos, não são totalmente eliminados, os inconvenientes gerados durante a fase de implantação do aterro.

A segunda alternativa (indústrias) é a que parece mais interessante, do ponto de vista econômico-financeiro, como será visto adiante.

Trata-se de distribuir o GBQ, através de redes reduzidas e poucos medidores, para indústrias consumidoras de grandes quantidades de óleo combustível, como fábricas de cimento e petroquímicas. Os investimentos são menores, a operação mais simples, os pagamentos serão pelas tarifas normais da COMGÁS e supostamente pontuais, além de estar-se substituindo um combustível poluente e importado por outro limpo e não gravoso para a balança de pagamentos.

A decisão com relação ao destino do GBQ ainda não foi tomada. Caso seja adotada a alternativa de distribuição doméstica, os dois projetos em conjunto permitirão abastecer um mínimo de 66.172 casas (330.860 habitantes). Na segunda hipótese, será possível substituir 2.302 toneladas de óleo BPF por mês.

Estes números correspondem à hipótese de 75 Nm³/t. 10 a. No outro extremo da faixa de viabilidade presumida, que é 150 Nm³/t. 10 a, os números acima passam a valer 132.344 casas (661.720 habitantes) ou 4.604 toneladas de óleo BPF/mês.

REDUÇÃO DA POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

O sistema, como foi concebido, elimina totalmente a poluição das águas de superfície, e parcialmente

a as águas de subsolo, através da captação destas águas por meio de um eficiente sistema de drenagem de fundo.

Estas águas (Líquidos Percolados) serão tratadas em lagoas especialmente dimensionadas para tal finalidade, durante a fase de implantação do aterro. Depois, serão recirculadas.

As lagoas funcionarão em série, devendo a “anaeróbia” reduzir a DBO de 20.000 mg/l para 8.000 mg/l (eficiência de 60%); a “facultativa” deverá reduzir a DBO para 400 mg/l e a de “maturação” para valores inferiores a 60 mg/l, ficando assim perfeitamente atendida a legislação estadual de controle da poluição.

Na fase de recirculação, devido ao afastamento das águas de chuva, à impermeabilização da superfície dos aterros e à evaporação no interior das células, haverá necessidade de reposição de água. As lagoas de tratamento desativadas funcionarão como reservatórios para esta água, que poderá ser esgoto doméstico ou industrial, desde que biodegradável.

REDUÇÃO DA POLUIÇÃO DO AR

As ações para redução da poluição atmosférica são distintas segundo as fases dos aterros.

Na fase de implantação os aterros recebem cobertura diária de argila (de 15 a 30 cm), o que reduz a valores mínimos as emissões de gases incômodos. Procura-se também evitar a execução de aterros a menos de 100 ou 200 m de distância de residências.

Na fase de operação dos sistemas de produção de GBQ após a conclusão dos aterros, o domínio dos gases passa a ser praticamente absoluto. Existirão ainda focos potenciais de incômodos, que são as lagoas anaeróbias transformadas em reservatórios de recirculação. Estas, devido a suas pequenas dimensões, poderão ser cobertas, caso surjam problemas de maus odores.

O sistema atua ainda indiretamente no controle da poluição do ar, ao oferecer uma alternativa não poluente para o óleo BPF que contém 5% de Enxofre:

REDUÇÃO DA POLUIÇÃO DO SOLO

Com a adoção de aterros sanitários pela Prefeitura de São Paulo, a partir de 1964, contratando esta

operação com uma empresa privada (ENTERPA S.A.), passou a municipalidade a contar com um sistema eficiente de disposição dos seus resíduos sólidos constituído de 3 incineradores (750 t/d de capacidade instalada), 2 usinas de compostagem (600 t/d de capacidade de recepção e 250 t/d de rejeito) e de vários (máximo de 5) aterros sanitários para disposição do lixo restante (hoje são 7.500 t/d).

Este sistema disciplinou o destino final de lixo, eliminando dezenas de pequenas descargas a céu aberto que estavam a criar seríssimos problemas de poluição do solo com reflexos no ar (fumaça) e na água (líquidos percolados e sólidos suspensos).

JAZIDA DE ADUBO ORGÂNICO (COMPOSTO)

A adoção de um sistema de disposição final de lixo de uma cidade do porte de São Paulo, onde predomina a opção Aterro Sanitário (cerca de 7.500 t/d), acaba gerando, após um longo período, volumes imensos de lixo bio-estabilizado.

A adoção técnica de recirculação evita que os nutrientes lixiviados pelos Líquidos Percolados se percam, fazendo com que, ao retornarem à massa de lixo, atuem como uma espécie de "catalizadores" do processo biológico de produção de GBQ.

Exaurida a energia aproveitável, após 10 anos de operação, restarão imensas jazidas de matéria orgânica bio-estabilizada com todos os nutrientes presentes na massa.

Admitindo, por outro lado, que o governo brasileiro pretenda realmente incentivar o setor agrícola, e que, para isso, passe a falar também em produtividade e não apenas em produção, terá que, necessariamente, fomentar a adubação orgânica em conjunto com a adubação mineral.

Não deverá, portanto, ser considerado nenhuma "heresia", imaginar que esta massa imensa de composto orgânico possa vir a ser explorada economicamente, após sua exaustão energética, bastando para tanto realizar uma simples operação de peneiramento para separar vidros e plásticos não-degradados.

Se a escala deste eventual aproveitamento secundário for conveniente poderão ser liberados novos espaços físicos para novos aterros sanitários, fechando-se o processo de reciclagem integral dos resíduos sólidos da grande cidade.

A corroborar com esta hipótese há que se registrar que em breve não haverá mais disponibilidades de áreas livres nas dimensões requeridas para Aterros Sanitários destas proporções. Somente durante a década que se inicia, São Paulo necessitará de 7 km² para esta finalidade.

INVESTIMENTO

O custo de implantação de aterros sanitários em São Paulo, a pre-

ços de Dezembro/79, é de Cr\$ 123,00 por tonelada de lixo. Neste preço não está computado o valor do terreno — que seria da ordem de mais Cr\$ 23,00/t — por causa do valor residual do terreno que será certamente muito superior ao atual.

Este custo está, assim distribuído entre os grandes itens do orçamento de um Aterro Sanitário elaborado com todos os requisitos técnicos descritos neste trabalho:

Item	Discriminação	Cr\$ /t	%
01	Proteção, Controle e Infra-Estrutura	7,38	6
02	Drenagem de Líquidos Percolados	2,46	2
03	Execução das Células	67,65	55
04	Tratamento dos Líquidos Percolados	1,23	1
05	Recirculação dos Líquidos Percolados	3,69	3
06	Drenagem e Captação de GBQ	36,90	30
07	Drenagem de Águas Superficiais	3,32	2,7
08	Planejamento, Topografia e Projetos	0,37	0,3
09	Total	123,00	100

Analisando o quadro acima chega-se a conclusão que os itens 4, 5 e 6, portanto 34% ou Cr\$ 41,82/t representam o custo do saneamento ambiental e da produção de GBQ. O restante, Cr\$ 81,18/t constitui o preço do Aterro Sanitário.

Por outro lado, a receita mensal, pela venda de GBQ de 1 tonelada de lixo, será:

$$[75 \text{ Nm}^3/\text{t. } 10 \text{ a } + 22\% (*)] \times \frac{\text{Cr\$ } 4,96/\text{Nm}^3}{\text{Cr\$ } 3,78/\text{mês}} = \text{Cr\$ } 453,84/10. \text{ a ou } \text{Cr\$ } 45,38/\text{mês}$$

Comparando o investimento para produção de GBQ com a receita mensal:

$$\frac{\text{Cr\$ } 41,22/\text{t}}{\text{Cr\$ } 3,78/\text{t}} = 11,06 - 12 \text{ meses,}$$

chega-se a conclusão de que a venda de GBQ durante um ano, aos preços de mercado, proporcionará receita correspondente a todo o investimento para produção de GBQ.

PERSPECTIVAS PARA SÃO PAULO

Assumindo que a Prefeitura leve adiante o propósito definido no seu Plano Diretor de Destino Final de Resíduos Sólidos (Serete/1977), de dispor em Aterros Sanitários todo o lixo excedente à capacidade dos Incineradores e Usinas de Compostagem em operação, teremos para esta Capital o quadro seguinte, onde se supõe que o aproveitamento de GBQ seja acumulativo ao

longo dos 10 primeiros anos. A partir daí o sistema entrará em regime e os aumentos serão apenas aqueles devidos ao aumento da produção de lixo, proporcional ao crescimento da população: 5% aa.

O quadro registra apenas o primeiro e o último anos do período necessário para a entrada do sistema em regime de produção plena. Para o início do processo foi adotado o valor atual (início de 1980) de descarga de lixo em Aterros Sanitários (7.500 t/d).

Foram também anotadas duas hipóteses extremas de produção de GBQ em Nm³/t. 10 a: 75 e 150.

Portanto, a extensão da prática de aproveitamento do GBQ em São Paulo poderá dobrar a capacidade de produção de gás da COMGÁS — que hoje produz cerca de 800.000 Nm³/dia — através de um produto de custo extremamente reduzido. O faturamento deste gás adicional (GBQ) poderá ser de Cr\$ 128.438.000,00 por mês, dos quais apenas Cr\$ 14.800.000,00 corresponderão ao investimento.

Com relação à balança de pagamentos, esta produção de energia alternativa representará 138.564 toneladas equivalentes de petróleo por ano, ou seja, cerca de US\$ 30 milhões por ano de economia.

Todos estes números poderão crescer significativamente ao se registrarem taxas de aproveitamento

Ano	Lixo (Nm ³ /d)		GBQ 5800 kcal/m ³ Nm ³ (Nm ³ /d)		Gás de 4.750 kcal/Nm ³ (Nm ³ /d)		Investimento Cr\$ 1.000/mês
	t/d	1000 t/a (acum.)	75 (*)	150 (**)	75	150	
1981	7.500	2.737	56.250	112.500	68.625	137.250	9.538
1990	11.635	34.432	707.507	1.415.014	863.158	1.726.317	14.800

(*) 75 Nm³/t. 10 a (limite inferior da faixa de viabilidade presumida)

(**) 150 Nm³/t. 10 a (limite superior da faixa de viabilidade presumida)

Ano	Receita Cr\$ 1.000/mês)		Receita-Investimento (Cr\$ 1.000/mês)		Toneladas Equiv. de Petróleo (TEP/ano)		Economia de (US\$ 1.000/ano)	
	75	150	75	150	75	150	75	150
1981	10.211	20.423	673	10.885	11.016	22.033	2.389	4.779
1990	128.438	256.876	113.638	242.076	138.564	277.128	30.054	60.109

1 TP = 7,23 Barril

PC Petróleo = 10.800 Kcal/kg 1 Nm³ Gás de 4.750 kcal/Nm³:

1 Barril = US\$ 30,00 Cr\$ 4,96 (Dezembro/1979)

de GBQ acima de 75 Nm³/t. 10 a, podendo dobrar caso seja atingido o outro extremo da faixa de viabilidade presumida, que é 150 Nm³/t. 10 a.

Do ponto de vista ambiental, a atmosfera de São Paulo poderá ser aliviada da carga de Dióxido de Enxofre (SO₂) pela substituição de óleo combustível BPF com 5% de Enxofre por GBQ na seguinte proporção:

a) Limite inferior da faixa de viabilidade presumida (75 Nm³/t. 10a): redução de 35t/dia de SO₂ pela substituição de 410 t/dia de óleo BPF (85 kg SO₂/t BPF);

b) Limite superior da faixa de viabilidade presumida (150 Nm³/t. 10 a): redução de 70 t/dia de SO₂ pela substituição de 820 t/dia de óleo BPF.

Estes valores correspondem, respectivamente, a 8,2 e 16,4 vezes mais do que o programa denominado "Operação Inverno de 1980), através do qual a CETESB espera

substituir 50 t/d de óleo BPF por BTE para reduzir a poluição por SO₂ na Grande São Paulo durante o período crítico que ocorre durante o inverno, admitindo 0% de Enxofre no BTE, o que não acontece.

Vale destacar que o óleo BTE é mais caro que o BPF, enquanto o GBQ apresenta seguras vantagens econômicas, como se demonstra neste trabalho.

TAXA DE RETORNO

Para o cálculo da Taxa de Retorno foram considerados investimentos, receitas, custos operacionais e demais dados, conforme especificação abaixo, a preços de dezembro/1979:

- Custo incremental do Aterro Sanitário (Cr\$ 42,00/t)
- Crescimento de 5% a.a na quantidade de lixo aterrado;
- Custo do terreno zero pois o aproveitamento do GBQ não exige desapropriações além das que são realizadas para o Aterro Sanitário;

- Construção de 4 km de tubos de distribuição de GBQ inclusive ligações e medidores (Cr\$ 10.000,00) a ser desembolsado no segundo ano;
- Custo operacional desdobrado em custo de energia elétrica para acionamento de bombas (Cr\$ 120.000,00 a/a) e 32 homens (32 h x Cr\$ 312.500/h.a), somando Cr\$ 10.120.000,00/a;
- Gás produzido (7,486 e 14,972 Nm³/t.a) calculado sobre o lixo acumulado no período anterior;
- Receita calculada a partir do preço do gás da COMGÁS de Cr\$ 4,96/Nm de gás de 4.750 Kcal/Nm³;
- Receita e custos lançados a partir do período seguinte ao investimento em tubulações para distribuição do GBQ.

Foram obtidos os seguintes e extraordinários valores para a Taxa de Retorno calculada para 20 anos de funcionamento do sistema:

a) Hipótese de 75 Nm³/t. 10a: 82% a.a.

b) Hipótese de 150 Nm³/t. 10 a: 140% a.a.

SUMÁRIO

O aproveitamento de gás de lixo não é novidade, embora existam pouquíssimas instalações operando regularmente em todo o mundo, mesmo assim com baixo rendimento.

Os projetos de São Paulo (Perus e Sapopemba I) são iniciativas que buscam reduzir as perdas através do planejamento adequado dos aterros, onde se adota a impermeabilização da superfície, acima de extensos drenos, como o principal recurso para o aumento da produção de GBQ.

O GBQ não deve ser superestimado como potencial energético, já que está limitado à produção de lixo dos grandes centros urbanos mas, até esse limite, constitui solução de baixo investimento, baixo custo operacional e de tecnologia simples, muito apropriada para países em desenvolvimento.

Apesar de ter um potencial limitado, no caso de São Paulo, este potencial pode representar a duplicação ou até a triplicação da produção atual de gás da COMGÁS, a custos de produção extremamente atraentes.

A nova tecnologia adotada nestes projetos atua positivamente sobre o ambiente de forma direta e indireta; diretamente através do completo controle da poluição das

águas e, pelo próprio confinamento dos gases, liberta a atmosfera local de odores incômodos após a conclusão dos aterros, apesar da intensa atividade biológica no interior dos mesmos. O controle indireto da poluição se dá através da substituição, nas indústrias, de óleo combustível-BPF com alto teor de Enxofre, por GBQ isento de Enxofre.

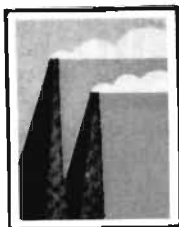
As soluções objeto deste trabalho

aplicam-se facilmente às grandes cidades (acima de 1.000 t/d de lixo) de países em desenvolvimento, particularmente àquelas que possuem e operam sistemas de gás canalizado; cidades com produção de lixo de 300 a 1.000 t/dia, sem gás canalizado, mas com distritos industriais consumidores de combustíveis líquidos ou gasosos poderão também viabilizar empreendimentos como o

descrito; para cidades menores, abaixo de 300 t/d de lixo, os projetos deverão ser precedidos de metuculoso estudo de viabilidade que leve em conta a demanda de GBQ, a produção possível e a capacidade gerencial disponível para a administração de um sistema que envolve aspectos operacionais, se não complexos, mas pelos menos delicados.

BIBLIOGRAFIA

1. CDM IMC Environmental Engineers/EPA — 1976: *Relatório sobre Palos Verdes*
2. ISWA: *Journal* 26/27 — Dec. 78/Jan. 79
3. Tabarasan, O.: *Überlegungen Zum Problem Deponiegas, Wull und Abfall, Heft 7, 1976, van Norolstrand Reinhold, General Electric Series, Solid Waite's Management Technology Assessment, van Nords-trand Reinhold Company, 1975*
4. Roveis, F.A. Tromblay, J.J. Wooij, H.: *Procedures for Landfill Gas Monitoriny and Control, Proceedings of an International Seminar Fisheries and Environmental Canada, Wast Management Branch, Reports EPS 4-Ec-77-4, 1977*
5. ABLP — *Revista Limpeza Pública* nº 14: *Gás de Aterros Sanitários*
6. HICSAN/ENTERPA: *Projeto do Aterro Sanitário de Perus (Rodovia dos Bandeirantes), 1979*
7. HICSAN/ENTERPA: *Projeto do Aterro Sanitário Sapopemba I, 1980*



A. B. GARCEZ

Comércio, Indústria e Construções S.A.

- FORNOS E INCINERADORES DE LIXO MUNICIPAIS, INDUSTRIAIS, HOSPITALARES
- CHAMINÉS DE ALVENARIA E METÁLICAS
- CALDEIRARIA
- MATERIAIS REFRATÁRIOS
- MÃO DE OBRA ESPECIALISADA
- PISOS E REVESTIMENTOS ANTI ACIDOS

Rua Leoncio de Carvalho, 242 — Tels: 289-0588 (PBX) e 289-0143

Telex 011-4611 ATCA-BR. — 04003 — SÃO PAULO-SP.

NOTÍCIAS RECEBIDAS

BELO HORIZONTE — Dia 10 de abril foi inaugurada pela SLU — Superintendência de Limpeza Urbana a segunda distrital de limpeza pública em Venda Nova, objetivando a descentralização operacional, racionalização e maior rapidez no atendimento dos serviços de limpeza pública.

• • •

RECIFE — O projeto para realização de dois Aterros Sanitários, objeto de licitação realizada pelo FIDEM — Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana, e da qual participaram três concorrentes, foi adjudicado a HICSAN Ltda. e sua consorciada local CONTECNICA.

• • •

SÃO PAULO — Dois aterros sanitários projetados para produção e o aproveitamento intensivo de gás, já receberam cobertura final de pedra britada, encontrando-se em ensaios no aterro lençol de plástico, cuja função será selar a massa e coletar os gases.

• • •

BRASÍLIA — Novo recorde do preço de venda de composto no Brasil foi estabelecido em Brasília atingindo Cr\$ 1.000,00 por tonelada do material cru posto na Usina. Não há venda de composto curado pois

todo ele é retirado previamente.

• • •

SÃO PAULO — A FUMEST Fomento de Urbanização e Melhoria das Estâncias do Governo do Estado de São Paulo, contratou a CETESB — Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, para efetuar estudos no sentido de melhorar os serviços de limpeza pública e de disposição final nas estâncias do Estado de São Paulo. Será efetuado também um trabalho com o objetivo de serem mantidas mais limpas as praias em todo o litoral paulista, após conclusão do diagnóstico da situação vigente.

• • •

ILHA SOLTEIRA — A CETESB — Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental elaborou um plano diretor para os serviços de limpeza pública implantado com sucesso no Centro Habitacional de Ilha Solteira, de propriedade da CESP — Companhia Energética de São Paulo. A coleta regular em dias alternados, três vezes por semana, representou em economia de combustível e de pessoal, permitindo a ampliação dos demais serviços. O aterro sanitário posto em operação garante um atendimento contínuo, sem problemas à saúde pública ou

agressão ao meio ambiente, durante todas as estações do ano.

A CESP — Companhia Energética de São Paulo contratou também a CETESB para a execução de estudo da organização dos serviços de limpeza pública a serem efetuados no Centro Habitacional de Primavera, localizado no extremo sudoeste do Estado de São Paulo, o qual deverá contar com aproximadamente 30.000 habitantes, durante a construção das hidroelétricas de Porto Primavera no rio Paraná e Rosana no rio Paranapanema.

• • •

NOVO HORIZONTE — Foi contratada a extensão da rede elétrica que irá alimentar a Usina Piloto de Compostagem de Lixo pelo Método Natural em instalação na cidade de Novo Horizonte, Estado de São Paulo. A rede de água já foi executada pela SABESP — Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. A CETESB já adquiriu o equipamento necessário à usina, aguardando a ligação elétrica para sua montagem. A FINEP — Financiadora de Estudos e Projetos está financiando os estudos relativos à usina piloto, desde seu projeto inicial até a determinação das condições ideais de operação nas pequenas e médias cidades brasileiras.

Drenagem sub-superficial em aterros sanitários

Alfredo Carlos Cardoso Rocca (1)
Helio Narchi (2)
Maria Lais Guzzo Leão (3)
Nelson Mansour Nabhan (4)
Pedro Penteado de Castro Neto (5)

O presente trabalho resume as atividades desenvolvidas pela CETESB até o presente momento, no sentido de equacionar o problema do dimensionamento de sistemas de drenagem sub-superficial em aterros sanitários.

Inicialmente, foram pesquisados processos para a determinação das vazões a serem drenadas, apresentando-se, neste trabalho, dois deles: o primeiro, baseado na precipitação de chuva sobre o aterro e no grau de

compactação da massa de lixo; o segundo, mais elaborado, levando em conta uma gama extensa de variáveis intervenientes no problema, sendo, porém, de aplicação mais complexa já que envolve parâmetros de difícil obtenção.

Posteriormente, foram estudadas as equações para escoamento em meios porosos que melhor representassem o fenômeno e que permitissem o dimensionamento das redes de drenagem. Tendo em vista as particulares dos aterros

sanitários, optou-se pela equação simplificada de Wilkins, aplicável para escoamentos em regime de transição entre o laminar e o turbulento.

Em face das características físico-químicas do líquido percolado, principalmente devido às altas taxas de sólidos suspensos, tornou-se evidente a necessidade de experiências práticas para a verificação do problema de colmatção dos drenos e consequente redução da seção drenante.

INTRODUÇÃO.

Todos os resíduos sólidos gerados pelas atividades humanas de produção e consumo devem ter uma destinação final adequada, pois uma disposição indiscriminada dos mesmos resultará, via de regra, em danos ambientais significativos.

Dentre as formas de destinação final sanitariamente adequadas, as mais usuais são a incineração, a compostagem e a disposição em aterros sanitários. Esta última se apresenta, em geral, como a alternativa mais viável sob o ponto de vista econômico, em face dos altos custos envolvidos na implantação e operação de um incinerador, bem como na de uma usina de compostagem.

O sistema de drenagem superficial tem como finalidade básica desviar as águas da bacia de contribuição para fora da área do aterro, tendo em vista diminuir de modo

O aterro sanitário é uma forma de disposição de resíduos no solo que, fundamentada em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, possibilita um confinamento seguro dos mesmos, em termos de controle de poluição e proteção à saúde pública. É implantada em área previamente escolhida, onde os resíduos após sofrerem uma conveniente compactação são diariamente cobertos com material inerte.

As águas provenientes da precipitação direta sobre o aterro, bem como do escoamento superficial das áreas adjacentes, tendem a percolar através da massa de lixo, carreando poluentes que, juntamente com as águas de decomposição do lixo, constituem material de alta carga poluidora, comumente denominado chorume, que não deve atingir o aquífero. São então considerados, em um projeto de aterro sanitário, dois sistemas de drenagem: superficial e sub-superficial.

significativo o volume de líquido percolado, durante e após a fase de execução, e possibilitar a operação do mesmo inclusive em dias de chuva intensa. Este sistema constitui-se de canais abertos com escoamento à superfície livre, cujo dimensionamento não apresenta dificuldades pois se encontra suficientemente estudado.

O sistema de drenagem sub-superficial visa coletar e conduzir os líquidos percolados para uma unidade de tratamento, evitando o comprometimento do aquífero. É constituído basicamente de estruturas drenantes com escoamento em meio poroso.

Existem, na literatura sobre resíduos sólidos, alguns estudos para estimativa da quantidade de líquidos percolados a ser esperada em um aterro sanitário. O mesmo não ocorre, porém, quanto à caracterização do escoamento destes líquidos nas estruturas drenantes.

O presente estudo tem por finalidade apresentar um procedimento de cálculo tantopara a determinação da vazão a ser drenada, como para o dimensionamento das estruturas drenantes.

(1) Eng.º Civil – Gerência de Resíduos Sólidos Industriais – CETESB

(2) Eng.º Civil – Gerência de Resíduos Sólidos Domésticos – CETESB

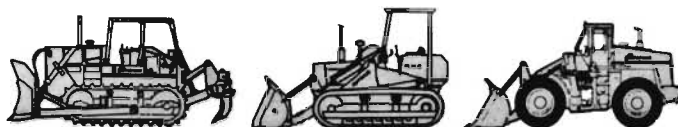
(3) Eng.º Civil – Gerência de Resíduos Sólidos Domésticos – CETESB

(4) Eng.º Civil – Mestre em Engenharia – Superintendente de Engenharia da CETESB

(5) Eng.º e Sanitarista – Gerência de Resíduos Sólidos Industriais – CETESB



TRACTO-MOTOR
EQUIPAMENTOS, PEÇAS E SERVIÇOS S.A.



REPRESENTANTE EXCLUSIVO

- * Trator de esteiras; marca FIAT-ALLIS; modelo AD-7B; motor de 88 CV
- * Trator de esteiras; marca FIAT-ALLIS; modelo AD-14C embreagem à óleo de 150 CV
- * Trator de esteiras; marca FIAT-ALLIS, modelo AD-14C Convert, de 150 CV
- * Escavadeira Hidráulica de esteiras; marca FIAT-ALLIS, modelo S-90, de 92 CV
- * Pá Carregadeira de pneus; marca FIAT-ALLIS; modelo 134-BR; de 102 CV
- * Pá Carregadeira de pneus; marca FIAT-ALLIS; modelo 1500-B; de 102 CV
- * Pá Carregadeira de pneus; marca FIAT-ALLIS; modelo 1900-B; de 118 CV

AVENIDA NOSSA SENHORA DAS OLIVEIRAS, 50 — TELEFONES: 93-3065 - 264-2112 - 264-0805
TELEX: (011) 30126 — CAIXA POSTAL, 14.438 — CEP 03035 — SÃO PAULO — BRASIL



Peça catálogos grátis de nossa
linha de Implementos Agrícolas

CÓD. 400-05

Guarany tem o melhor limpador de grandes áreas.

O Sopro-Varredor Guarany é a mais eficiente "vassoura" para juntar, em questão de minutos, o lixo de grandes áreas como clubes, estádios, quadras de esportes, praças públicas, ruas, jardins, feiras livres, fábricas etc.

— Superleve, o operador o transporta facilmente, sem dispêndio de energia.

— Eficientíssimo, faz o serviço de várias pessoas rapidamente, proporcionando grande economia de mão-de-obra.

Não perca tempo, toda vez que precisar juntar o lixo, empregue o Sopro-Varredor Guarany.



Você vai ver que, num instante, onde havia lixo ficou um luxo.



Av. Imperatriz Leopoldina, 112 -
PBX 261-1922 - Telex (011) 32752 ICGU BR -
Cx. Postal, 4951 - End. Telegr. "Bellandi" -
São Paulo - SP

Comando

DETERMINAÇÃO DA VAZÃO A SER DRENADA.

O dimensionamento da rede de drenagem sub-superficial é feito a partir do conhecimento do volume de líquido percolado, que depende dos seguintes fatores:

- + precipitação pluviométrica
- + escoamento superficial
- + líquidos oriundos da decomposição da matéria orgânica
- + capacidade do solo de reter umidade
- + grau de compactação dos resíduos
- + evapotranspiração.

Existem atualmente alguns trabalhos visando a quantificação do "chorume" produzido em aterros, sendo comum a consideração de que a fração da precipitação passível de se infiltrar é a principal fonte de contribuição na geração do percolado. As outras fontes são comumente consideradas desprezíveis, desde que o aterro seja adequadamente projetado e localizado. Nos casos em que existirem afloramento de água ou outros tipos de infiltração consideráveis, devem ser previstas obras visando a captação e afastamento dessa água, de forma a isolar o aterro de sua influência.

Método Suíço.

Através deste método, pode-se estimar a vazão do líquido percolado por meio da seguinte expressão: 1

$Q = \frac{1}{t} P A K$ onde,

Q = vazão média (l/s);

P = precipitação média anual (mm);

A = área do aterro (m²);

t = n.º de segundos em um ano (31.536.000 s);

K = coeficiente que depende do grau de compactação do lixo cujos valores são apresentados na tabela n.º 1.

Método do Balanço Hídrico.

O método do balanço hídrico baseia-se nas relações entre precipitação, evapotranspiração, escoamento superficial e armazenamento de água no solo.

O emprego deste método é feito mediante a adoção das seguintes hipóteses básicas:

- 1) O aterro deve ter uma cobertura de solo compactado de 60 cm com 2% a 4% de inclinação;
- 2) Toda a percolação é iniciada quando o aterro estiver completado;
- 3) A área aterrada destina-se a

pastos ou área verde;

- 4) Toda a infiltração é proveniente da precipitação que cai diretamente sobre o aterro. O escoamento superficial das áreas adjacentes ao aterro é drenado para impedir que ele o invada;
- 5) As características hidráulicas do solo de cobertura e do lixo compactado são uniformes em todas as direções;
- 6) A profundidade do aterro é muito menor que sua extensão horizontal, de maneira que todo o movimento da água é considerado vertical.

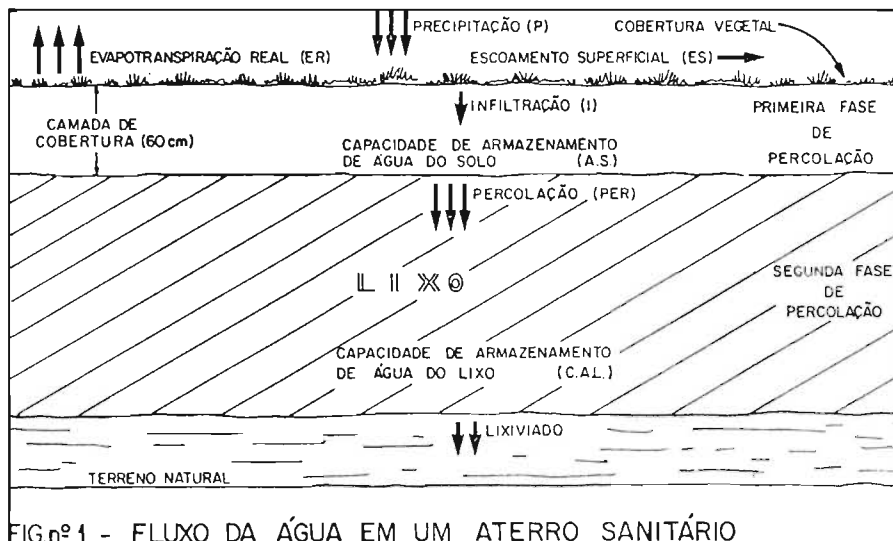


FIG. n.º 1 - FLUXO DA ÁGUA EM UM ATERRO SANITÁRIO

A figura n.º 1 mostra a concepção básica adotada para o fluxo de água em um aterro sanitário.

Parâmetros do Balanço Hídrico.

Os parâmetros intervenientes no balanço hídrico são: precipitação, evapotranspiração, escoamento superficial, infiltração, capacidade de armazenamento de água do solo e percolação.

Procedimento de Cálculo

O cálculo do balanço hídrico é feito computando-se mês a mês, durante o período de um ano, os valores dos parâmetros abaixo indicados:

= **Precipitação (P)** – Devem ser utilizados valores médios mensais, para o maior número de anos possíveis de observações, obtidos de boletins pluviométricos.

No caso de aterros onde se pretenda dispor resíduos industriais, que apresentem substancial periculosidade real ou potencial à saúde humana ou aos organismos vivos, devem ser utilizados valores de precipitação que devem ser estudados em cada caso.

= **Evapotranspiração Potencial (EP)**

– Os valores mensais de evapotranspiração potencial utilizados podem ser obtidos, ou através de boletins hidrometeorológicos, que fornecem valores mensais de evapotranspiração medida por tanques Classe A, ou pela expressão de Thornthwaite, apresentada a seguir:

$$Epj = \frac{16 (10 t_j)^2}{I} \times F, \text{ onde}$$

I

TIPO DE ATERRO	K
- para aterros fracamente compactados com peso específico de 0,4 a 0,7 t/m ³	0,25 a 0,50
- para aterros fortemente compactados com peso específico 0,7 t/m ³	0,15 a 0,25

TABELA Nº 01 - VALORES DE K PARA APLICAÇÃO NO MÉTODO SUÍÇO.

Epj = evapotranspiração potencial no mês j em mm

tj = temperatura média mensal no mês j em °C

I = índice de calor, determinado pela fórmula:

$$I = \sum_{j=1}^{12} \left(\frac{t_j}{5} \right) 1,514, \text{ onde}$$

a = coeficiente que depende do índice de calor, determinado por:

$$a = (675 \times 10^{-9}) r^3 - (771 \times 10^{-7}) r^2 + (1792 \times 10^{-5}) I + (49 \times 10^{-2})$$

F = fator de correção que varia com a latitude do local e o mês do ano, cujos valores são apresentados na tabela 2.

Lat	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
15°N	0,97	0,91	1,03	1,04	1,11	1,08	1,12	1,08	1,02	1,01	0,95	0,97
10°N	1,00	0,91	1,03	1,03	1,08	1,05	1,08	1,07	1,02	1,02	0,98	0,99
5°N	1,02	0,93	1,03	1,02	1,06	1,03	1,06	1,05	1,01	1,03	0,99	1,02
Eq.	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
5°S	1,06	0,95	1,04	1,00	1,02	0,99	1,02	1,03	1,00	1,05	1,03	1,06
10°S	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10
15°S	1,12	0,98	1,05	0,98	0,98	0,94	0,97	1,00	1,00	1,07	1,07	1,12
20°S	1,14	1,00	1,05	0,97	0,96	0,91	0,95	0,99	1,00	1,08	1,09	1,15
22°S	1,14	1,00	1,05	0,97	0,95	0,90	0,94	0,99	1,00	1,09	1,10	1,16
23°S	1,15	1,00	1,05	0,97	0,95	0,89	0,94	0,98	1,00	1,09	1,10	1,17
24°S	1,16	1,01	1,05	0,96	0,94	0,89	0,93	0,98	1,00	1,10	1,11	1,17
25°S	1,17	1,01	1,05	0,96	0,94	0,88	0,93	0,98	1,00	1,10	1,11	1,18
26°S	1,17	1,01	1,05	0,96	0,94	0,87	0,92	0,98	1,00	1,10	1,11	1,18
27°S	1,18	1,02	1,05	0,96	0,93	0,87	0,92	0,97	1,00	1,11	1,12	1,19
28°S	1,19	1,02	1,06	0,95	0,93	0,86	0,91	0,97	1,00	1,11	1,13	1,20
29°S	1,19	1,03	1,06	0,95	0,92	0,86	0,90	0,96	1,00	1,12	1,13	1,20
30°S	1,20	1,03	1,06	0,95	0,92	0,85	0,90	0,96	1,00	1,12	1,14	1,21
31°S	1,20	1,03	1,06	0,95	0,91	0,84	0,89	0,96	1,00	1,12	1,14	1,22
32°S	1,21	1,03	1,06	0,95	0,91	0,84	0,89	0,95	1,00	1,12	1,15	1,23
33°S	1,22	1,04	1,06	0,94	0,90	0,83	0,88	0,95	1,00	1,13	1,16	1,23
34°S	1,22	1,04	1,06	0,94	0,89	0,82	0,87	0,94	1,00	1,13	1,16	1,24
35°S	1,23	1,04	1,06	0,94	0,89	0,82	0,87	0,94	1,00	1,13	1,17	1,25
36°S	1,24	1,04	1,06	0,94	0,88	0,81	0,86	0,94	1,00	1,13	1,17	1,26
37°S	1,25	1,05	1,06	0,94	0,88	0,80	0,86	0,93	1,00	1,14	1,18	1,27

TABELA Nº 02 - FATORES DE CORREÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL MENSAL, UTILIZADOS NA EXPRESSÃO DE THORNTHWAITE.

- **Escoamento Superficial (ES)** – Os valores médios mensais do escoamento superficial são obtidos aplicando-se o coeficiente de escoamento (C') às medias men-

sais de precipitação.

$$ES = C' \cdot P$$

Os valores de C' são apresentados na tabela n.º 3

TIPO DE SOLO	DECLIVIDADE	COEFICIENTE C'	
		ESTAÇÃO SECA	ESTAÇÃO ÚMIDA
ARENOSO	0% a 2%	0,05	0,10
	2% - 7%	0,10	0,15
ARGILOSO	0% - 2%	0,13	0,17
	2% - 7%	0,18	0,22

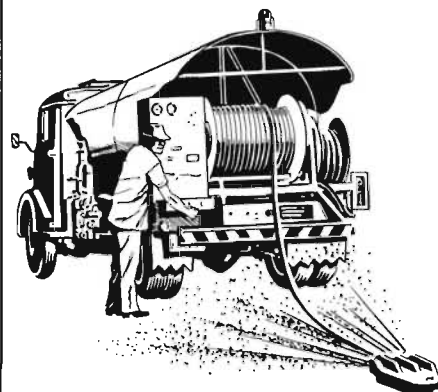
TABELA Nº 03 - VALORES DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL C', NO MÉTODO DO BALANÇO HÍDRICO.

CONSMAQ



MÁQUINA A VÁCUO

para Limpeza de caixas e ralos, poços de visita, fossas sépticas, tanques de sedimentação, etc.



MÁQUINA DE JATO DE ÁGUA A ALTA PRESSÃO

para Desobstrução de tubulações, de águas pluviais, esgotos, drenagens e despejos industriais.



LIMPADORA DE SUCÇÃO JOHNSTON - CONSMAQ

para ruas, auto-estradas, fábricas. Capacidade de caçamba 5,5m³.

Aspira todos os materiais encontrados nas ruas.

PROMÁQUINAS IND. COM. LTDA.

Avenida Brasil, 20.471 - Tel. 359-6363

Telegr. "CONSMAQ" - Rio de Janeiro - RJ

- **Infiltração (I)** – Os valores médios mensais de infiltração são calculados através da expressão: $I = P - ES$.
- **(I - EP)** – É a diferença entre as quantidades de água infiltrada e evapotranspiração, podendo assumir valores positivos e negativos; um valor negativo significa perda potencial de água armazenada no solo; um valor positivo indica a recarga dessa água e percolação (quando atingida a capacidade de campo do solo, definida como a máxima quantidade de água que pode ser retida no solo sem provocar um fluxo de percolação).
- **Perda potencial de água acumulada** $\Sigma (NEG(I - EP))$ – Este parâmetro é calculado somando-se, mês a mês, os valores negativos do parâmetro (I - EP).

Os valores começam a ser adicionados a partir de um valor nulo do parâmetro (I - EP), atribuído ao último mês que apresente valor positivo de (I - EP), pois no fim da estação úmida, o solo encontra-se na sua capacidade de campo. Nas áreas secas, a capacidade de campo do solo pode não ser atingida ao final da

estação úmida, mas admite-se, a favor da segurança, que isto se verifique.

- **Armazenamento de água no solo (AS)** – A capacidade de armazenamento de água no solo é definida como a quantidade que pode ser retida no solo e que influencia o fluxo da percolação. Depende basicamente do tipo de solo, de sua estrutura, da capacidade de campo e profundidade. A quantidade de água armazenada em um solo na capacidade

de campo consiste de 2 fases: a primeira, que é a água higroscópica, varia da umidade zero até o ponto de murchamento (definido como a umidade abaixo da qual é inviável e retirada de água pelas plantas); a segunda, que é a água disponível, varia desde o ponto de murchamento até a capacidade de campo, e é a quantidade passível de perdas por ecapotranspiração. A quantidade de água disponível depende da profundidade da zona de raízes e do tipo de estrutura do solo.

TIPO DE SOLO	CAPACIDADE DE CAMPO	PONTO DE MURCHAMENTO	ÁGUA DISPONÍVEL
SOLO ARENOSO	200	50	150
SOLO SILTOSO	300	100	200
SOLO ARGILOSO	375	125	250

TABELA Nº 04 – UMIDADE NO SOLO (mm DE ÁGUA/m DE PROFUNDIDADE DO SOLO).

Capina química em vias públicas

Desinsetização — Combate a mosquitos em áreas municipais

Desratização

Fumigação de ambientes

Ajardina-mentos — execução conservação

Coleta de lixo pública e industrial

Limpeza pública Industrial e hospitalar

GRUPO NACIONAL DE SERVIÇOS

mosca

CONTROLE DE PRAGAS E SANEAMENTO LTDA

SÃO PAULO: Av. Pompéia, 973 - Tel.: (011) 262-8433
FOZ DO IGUAÇU: Av. República Argentina, 2.711
 Tel.: (0455) 73-3681

P. ALEGRE: R. Benjamin Constant, 1.518
 Tels.: (0512) 42-6144 - 42-6118
RECIFE: Av. Eng. Abdias de Carvalho, 46 - Tel.: (081) 227-4215

A tabela n.º 4 fornece valores da capacidade de campo, do ponto de murchamento e da quantidade de água disponível para alguns tipos de solo.

O valor inicial deste parâmetro (AS) é a água disponível na capacidade de campo, para a camada de cobertura (ASc), obtido multiplicando-se a água disponível por metro de solo (dada na tabela n.º 4) pela profundidade da zona de raízes (admitida, para efeito de cálculo, como sendo igual a espessura da camada de cobertura).

Exemplo: — para um solo argiloso e gramado, utilizando-se a tabela n.º 4, obtem-se o valor da água disponível: 250 mm/m.
— zona de raízes: 0,60 m (limitada pela profundidade da camada de cobertura)
Asc = 250 x 0,60 = 150 mm

Este valor é atribuído ao último mês que apresente um valor positivo de (I - EP), ou seja, ao último mês da estação úmida. Para os meses subsequentes que apresentem valores negativos de (I - EP), o valor do armazenamento de água no solo (AS) é obtido através das tabelas n.ºs 5, 6 e 7 que fornecem as quantidades de água armazenada em função da perda potencial de água acumulada ($\Sigma \text{NEG (I - EP)}$), para solos com água disponível na capacidade de campo (ASc) igual a 90, 120 e 150 mm.

Os valores positivos de (I - EP), que representam adições na quantidade de água armazenada, devem ser somados aos valores de (AS) do mês anterior, a partir do último mês que apresenta valor negativo de (I - EP), até que se atinja a capacidade de campo. Assim, qualquer excesso no valor de (AS), em relação à capacidade de campo, transforma-se em fluxo de percolação.

● *Troca de Armazenamento de Água no Solo (AS)* — Representa a variação da quantidade de água armazenada no solo, mês a mês. É a diferença entre a quantidade de água armazenada em um mês e a armazenada no mês anterior.

$$\Delta AS_n = AS_n - AS_{n-1}$$

● *Evapotranspiração Real (ER)* — Representa a quantidade de perda de água durante um dado

mês.

Para os meses em que a infiltração é maior que a evapotranspiração potencial (I - EP = 0), a evapotranspiração ocorre no seu máximo nível, sendo que ER = EP.

Nos meses em que a infiltração é menor que a evapotranspiração potencial (I - EP < 0), a evapotranspiração real é condicionada ao grau de umidade do solo, podendo ser determinada pela expressão:

$$ER = EP + [(I - EP) - \Delta AS]$$

● *Percolação (PER)* — A percolação é calculada pela seguinte expressão:

$$PER = P - ES - AS - ER$$

● *Vazão Mensal (QM)* — Os valores mensais da vazão de líquido percolado são calculados a partir da expressão abaixo:

$$QM = PER \cdot A_{\text{terro onde,}} \\ 2.592.000$$

$[\Sigma \text{NEG (I-EP)}]$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91
10	90	89	88	88	87	86	85	84	83	82
20	81	81	80	89	78	77	77	76	75	74
30	74	73	72	71	70	70	69	68	68	67
40	66	66	65	64	64	63	62	62	61	60
50	60	59	59	58	58	57	56	56	55	54
60	54	53	53	52	52	51	51	50	50	49
70	49	48	48	47	47	46	46	45	45	44
80	44	44	43	43	42	42	41	41	40	40
90	40	39	39	38	38	38	37	37	36	36
100	36	35	35	35	34	34	34	33	33	33
110	32	32	32	31	31	31	30	30	30	30
120	29	29	29	28	28	28	27	27	27	27
130	26	26	26	26	25	25	25	24	24	24
140	24	24	23	23	23	23	22	22	22	22
150	22	21	21	21	21	20	20	20	20	20
160	19	19	19	19	19	18	18	18	18	18
170	18	17	17	17	17	17	16	16	16	16
180	16	16	15	15	15	15	15	15	14	14
190	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13
200	13	13	12	12	12	12	12	12	12	12
210	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11
220	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
230	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
240	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
250	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7
260	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6
270	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
280	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5
290	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
300	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4
310	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
320	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
330	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
340	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
350	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
360	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
370	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
380	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
390	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
400	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
410	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
420	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
430	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
440	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
450	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
460	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
470	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
480	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
490	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

TABELA Nº 05 - ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO (AS) EM FUNÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL ACUMULADA ($\Sigma \text{NEG (I-EP)}$) SOLO ARENOSO ($AS_c = 90 \text{ mm}$).

(ΣNEG (I-EP))	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	125	124	123	122	121	120	119	119	117	116
10	115	114	113	112	111	110	109	108	107	106
20	106	105	104	103	102	102	101	100	99	99
30	98	97	95	95	94	94	93	92	91	90
40	90	89	88	87	86	86	85	84	84	83
50	83	82	82	81	80	80	79	79	78	77
60	76	76	75	74	74	73	73	72	72	71
70	70	70	69	69	68	68	67	67	66	65
80	65	64	64	63	63	62	62	61	61	60
90	60	59	59	58	58	57	57	56	56	55
100	55	55	54	54	53	53	53	52	52	51
110	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47
120	47	47	46	46	45	45	45	44	44	43
130	43	43	42	42	41	41	41	41	40	40
140	40	40	39	39	39	38	38	38	38	37
150	37	37	36	36	36	35	35	35	35	34
160	34	34	33	33	33	32	32	32	32	31
170	31	31	31	30	30	30	30	30	30	29
180	29	29	29	29	28	28	28	27	27	27
190	26	26	26	26	26	25	25	25	25	25
200	24	24	24	24	24	23	23	23	23	23
210	22	22	22	22	22	22	22	21	21	21
220	21	21	21	21	20	20	20	20	20	20
230	19	19	19	19	19	18	18	18	18	18
240	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17
250	16	16	16	16	16	16	16	16	15	15
260	15	15	15	15	15	14	14	14	14	14
270	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13
280	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12
290	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11
300	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10
310	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9
320	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
330	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
340	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7
350	7					7				
360	7					6				
370	6					6				
380	6					5				
390	5					5				
400	5					5				
410	4					4				
420	4					4				
430	4					4				
440	3					3				
450	3					3				
460	3					3				
470	3					3				
480	2					2				
490	2					2				
500	2					2				
510	2					2				
520	2					2				
530	2					2				
540	2					1				
550	1									
560	1									
570	1									
580	1									
590	1									
600	1									
610	1									
620	1									
630	1									
640	1									

TABELA Nº 06 - ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO (AS) EM FUNÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL ACUMULADA (ΣNEG (I-EP)) SOLO SILTOSO (AS_c = 120 mm).

QM = vazão média mensal de líquido percolado (l/s)
 PER = altura mensal percolada (mm)
 Aaterro = área do aterro (m²)

A tabela nº 8 apresenta o cálculo para um aterro no Município de Cubatão.

Vazão de Projeto.

Como vazão de projeto, adota-se a máxima vazão mensal calculada através do balanço hídrico (Qp).

O método do balanço de água é mais bem elaborado que o método suíço, devendo ser empregado sempre que se disponha dos dados necessários e quando o tamanho do aterro assim o justificar, como é o caso dos grandes centros urbanos.

DIMENSIONAMENTO EM MEIOS POROSOS.

Escoamento em Meios Porosos.

O escoamento de um fluido através de um meio poroso constituído de partículas de diâmetro menor ou igual a 0,5 cm (solos naturais e areias puras) se processa em regime laminar, podendo ser descrito pela Lei de Darcy.

O mesmo não ocorre, porém, em meios constituídos de partículas com diâmetro maior do que 0,5 cm (brita e cascalho). A baixos gradientes hidráulicos, o escoamento se processa em regime de transição; a altos gradientes hidráulicos, sendo o diâmetro dos grãos maior do que 10 cm, o regime de escoamento passa a ser turbulento. Nesses casos, o equacionamento do movimento do fluido deve levar em consideração parâmetros tais como: estrutura, forma e dimensão dos grãos constituintes.

Para definição da faixa de domínio em que um escoamento se processa, pode ser utilizado o número de Reynolds, que para escoamentos em meios porosos, é expresso por:

$$Re = \frac{U \cdot Rh}{\nu} = \frac{V \cdot Rh}{P \nu} (I), \text{ sendo}$$

U - velocidade real de escoamento dos poros;

ν - velocidade média de percolação;

P - porosidade do meio;

ν - viscosidade cinemática do fluido;

Rh - raio hidráulico do meio poroso, tal como definido por Taylor, ou seja:

$$Rh = \frac{\text{volume total de vaxios (Vv)}}{\text{superfície total dos grãos (Ss)}}$$

$[\sum \text{NEG (I-EP)}]$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	150	149	148	147	146	145	144	143	142	141
10	140	139	138	137	136	135	134	133	132	131
20	131	130	129	128	127	127	126	125	124	123
30	122	122	121	120	119	118	117	115	115	114
40	114	113	113	112	111	111	110	109	108	107
50	107	106	106	105	104	103	103	102	101	100
60	100	99	98	97	97	97	96	96	94	93
70	93	92	92	91	90	90	89	89	88	87
80	87	86	86	85	84	84	84	83	83	82
90	82	81	81	80	79	79	78	77	77	76
100	76	76	75	75	74	74	73	72	72	71
110	71	71	70	70	69	69	68	68	67	67
120	66	65	65	65	65	64	64	63	63	62
130	62	62	61	61	60	60	60	59	59	58
140	58	58	57	57	56	56	55	55	54	54
150	54	53	53	53	52	52	52	52	51	51
160	51	51	50	50	50	49	49	48	48	47
170	47	47	47	46	46	46	45	45	45	44
180	44	44	44	43	43	43	42	42	42	41
190	41	41	41	40	40	40	40	39	39	39
200	39	38	38	38	37	37	37	37	36	36
210	36	36	35	35	35	35	35	34	34	34
220	34	34	33	33	33	33	33	32	32	32
230	32	31	31	31	31	31	30	30	30	30
240	30	29	29	29	29	29	28	28	28	28
250	28	27	27	27	27	27	26	26	26	26
260	26	26	25	25	25	25	24	24	24	24
270	24	24	24	23	23	23	23	23	23	23
280	22	22	22	22	22	22	22	22	21	21
290	21	21	21	20	20	20	20	20	20	20
300	20	19	19	19	19	19	19	19	18	18
310	18	18	18	18	18	18	18	17	17	17
320	17	17	17	17	17	17	17	16	16	16
330	16	16	16	16	16	16	16	15	15	15
340	15	15	15	15	15	15	14	14	14	14

Expressando-se também o raio hidráulico em função da porosidade do meio considerado, tem-se:

$$Rh = \frac{p}{(1-p)} \frac{Vs}{Ss} = \frac{p}{(1-p)} \frac{1}{Sv}, \text{ onde}$$

$$Sv = \frac{Ss}{Vs} = \text{superfície específica do meio poroso.}$$

Sendo Ds (diâmetro equivalente) o diâmetro de um grão esférico que possui a mesma relação entre área superficial e volume (superfície específica) que os grãos do meio considerado, tem-se:

$$-Sv = \frac{Ss}{Vs} = \frac{\pi (Ds)^2}{\pi (Ds)^3} = \frac{6}{Ds} \Rightarrow Sv = \frac{6}{Ds}$$

$$\therefore Rh = \frac{p Ds}{6 (1-p)} \quad (II)$$

Substituindo-se (II) em (I) obtém-se a expressão que fornece o Número de Reynolds para o escoamento de um fluido com viscosidade cinemática ν , através de um meio de porosidade p e diâmetro equivalente das partículas constituintes Ds .

HOJE V. VAI VER TODOS OS EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA QUE PRECISA. A REAL TEM TODOS ELES EM QUALQUER LUGAR DO BRASIL.



AGÊNCIAS E REPRESENTANTES EM TODO BRASIL.



Belém - PA
Rua dos Obidos, 572 casa 7
Fones: (091) 223-7812 e 223-0447

Belo Horizonte - MG (Filial)
Rua Goitacazes, 1406
Fone: (031) 335-1600
Telex: (031) 1542

Brasília - DF
SCS - Edifício Bacarat - sala 607
Fones: (061) 225-1153 e 225-0353
Telex: (061) 1214

Campo Grande - MS
Rua Dom Aquino, 1042
3º andar - salas 7 e 8
Fones: (067) 624-2612 e 624-9618

Cascavel - PR
Rua Ereclim, 1634
Fone: (0452) 23-2721
Curitiba - PR
Rua Mariano Torres, 332
1º andar - Conj. 16
Fone: (041) 253-5332
Telex: (041) 5691

Fortaleza - CE
Rua 24 de Maio, 897
Fone: (085) 226-7092

Goiania - GO
Rua 71, nº 1 - Centro
Fone: (062) 224-5918
Joinville - SC
Rua Etienne Douat, 45
Fone: (0474) 22-6206
Lages - SC
Rua São Joaquim, 235
Fone: (0492) 22-1514

Londrina - PR
Rua Duque de Caxias, 78
Fone: (043) 223-0656

Manaus - AM
Rua São Luiz, 129/2 - casa 10
Fone: (092) 232-8251
Porto Alegre - RS
Rua Miguel Tostes, 986 - Conj. 11
Fones: (051) 231-2605 e 231-2663
Telex: (051) 1602

Porto Velho - RO
Rua Dom Pedro II nº 1062
Fones: (069) 2740 e 3005

Recife - PE
Av. Conde da Boa Vista, 735
Edifício Embaixador
Bloco B - 11º andar - sala 112/3
Fones: (081) 231-1676 e 222-2868
Telex: (081) 1519

Rio de Janeiro - RJ
Campo de São Cristóvão, 300
2º andar - Fone: (021) 228-3278
Telex: (021) 23917

São Luiz - MA
Av. Magalhães de Almeida, 120
Fone: (098) 22-2883

Salvador - BA
Av. Estados Unidos, 18 - 3º andar
Edifício Wildberger
Fones: (071) 242-4806 e 242-6445
Telex: (071) 1415

Terezina - PI
Rua Felix Pacheco, 775
Fone: (086) 222-5635

Vitória - ES
Av. Alberto de Oliveira
Santos, 40 - Ed. Pres.
Kennedy - 3º andar - sala 303

A mais ampla linha de equipamentos de segurança, que vem satisfazendo as empresas mais exigentes Real.

Desenvolvidos dentro das rígidas normas internacionais de segurança, produzidos com a mais moderna tecnologia e acompanhados do Certificado de Aprovação do Ministério do Trabalho, os equipamentos de segurança Real provaram a todos os seus clientes que a qualidade faz milagres na segurança e na redução de custos.

Faça V. também como as grandes empresas. Consulte a Real.



REAL
EQUIPAMENTOS
DE SEGURANÇA

Rodovia Regis Bittencourt, km 276 (antigo 22)
TEL.: (011) 494-2711 (PABX) - Caixa Postal: 144
TELEX: (011) 23788 - CEP: 06800
EMBU - SÃO PAULO - BRASIL

$[\sum \text{NEG} \quad (\text{I-EP})]$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
350	14	14	14	14	14	14	14	13	13	13
360	13	13	13	13	13	13	13	12	12	12
370	12	12	12	12	12	12	12	12	11	11
380	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
390	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10
400	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9
410	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
420	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8
430	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
440	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7
450	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
460	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6
470	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
480	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5
490	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
500	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
510	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4
520	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
530	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
540	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
550	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3
560	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
570	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
580	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
590	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
600	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
610	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
620	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
630	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
640	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
650	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
660	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
670	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
680	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
690	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
700	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
710	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
720	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
730	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
740	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
750	1					1				
760	1					1				
770	1					1				
780	1					1				
790	1					1				
800	1					1				
810	1					1				
820	1					1				
830	1					1				
840	1					1				

TABELA Nº 07 - ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO (AS) EM FUNÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL ACUMULADA $[\sum \text{NEG} (\text{I-EP})]$. SOLO ARGILOSO ($AS_c = 150 \text{ mm}$).

MES	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
EP	65	57	54	43	44	46	52	59	45	45	52	56	618
P	339	316	276	226	155	103	94	121	171	219	257	283	2559
C'	0,17	0,17	0,17	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,17	0,17	0,17	
ES	58	54	47	29	20	13	12	16	22	37	44	48	400
I	281	262	229	197	135	90	82	105	149	182	213	235	2160
I - EP	216	205	175	154	91	44	30	46	104	137	161	179	
$\sum \text{NEG} (\text{I-EP})$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AS	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	
$\Delta \text{ AS}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ER	65	57	54	43	44	46	52	59	45	45	52	56	618
PER	216	205	175	154	91	44	30	46	104	137	161	179	1542
QM	18	17	15	13	8	4	3	4	9	11	13	15	

TABELA Nº 08 - APLICAÇÃO DO MÉTODO DO BALANÇO HÍDRICO PARA UM ATERRO COM ÁREA DE $2,16 \times 10^5 \text{ m}^2$ LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE CUBATÃO.

$$Re = \frac{V D_s}{6 \nu (1-p)}$$

Vários autores pesquisaram o escoamento em meios porosos para determinar experimentalmente, ou através da análise dimensional, o domínio de validade da Lei Darcy, bem como para obter equações que descrevam o escoamento fora desta faixa de domínio.

Segundo Izbash, as leis fundamentais que governam o escoamento de um fluido através de um meio poroso são:

● **Domínio 1** – Para valores do Número de Reynolds menores que 1,0 ($Re < 1,0$), o gradiente hidráulico (i) varia linearmente com a velocidade (V).

$$i = \frac{1}{K} \cdot V,$$

Sendo K um coeficiente constante para um determinado meio poroso e determinado fluido. Nesta faixa de domínio, o escoamento é laminar e a equação acima representa a Lei de Darcy.

● **Domínio 2** – Para valores do Número de Reynolds compreendidos entre 1,0 e 3.000 ($1,0 < Re < 3.000$), o gradiente hidráulico passa a crescer mais rapidamente que a velocidade devendo a lei do escoamento ser expressa em uma das formas:

$$i = AV + BV^2$$

ou

$$i = AV^n, \text{ sendo } 1 < n < 2;$$

A, B - coeficientes que dependem do fluido e do meio considerado. Esta é uma faixa de transição entre o regime laminar e o regime turbulento, onde a Lei de Darcy deixa de representar um escoamento.

● **Domínio 3** – Para valores do Número de Reynolds maiores do que 3.000 ($Re > 3.000$), o gradiente hidráulico varia proporcionalmente ao quadrado da velocidade V .

$$i = \frac{1}{K_f} \cdot V^2,$$

sendo K_f um coeficiente que é constante para um determinado meio poroso. Nesta faixa o regime de escoamento é turbulento.

Equações para o Escoamento na Faixa de Domínio 2.

As estruturas drenantes em aterros sanitários são valas escavadas na massa do lixo, e preenchidas com brita ou cascalho, nas quais o escoamento se processa, em geral, a baixos gradientes hidráulicos, por-

tanto, na faixa de domínio 2.

Serão apresentadas, a seguir, algumas equações para o escoamento nesta faixa de domínio.

Equação de Wilkins.

Em 1956, pesquisando o escoamento de água através de meios porosos, Wilkins propôs a seguinte equação:

$$U = C \cdot v^a \cdot R_h^b \cdot i^n, \text{ onde}$$

U - velocidade real de escoamento através dos vazios;

v - viscosidade cinemática da água;

Rh - raio hidráulico do meio considerado;

i - gradiente hidráulico;

n, a, b - constantes empíricas;

C - coeficiente que depende da forma e da rugosidade das partículas.

Para obter o coeficiente C, e as constantes a, b e n, Wilkins realizou, em laboratório, vários ensaios de percolação em rocha britada limpa e em esferas de mármore talhado, chegando às seguintes equações:

- para rocha britada

$$U = 32,9 \cdot Rh^{0,5} \cdot i^{0,54};$$

- para esferas de mármore
 $U = 46,5 \cdot Rh^{0,5} \cdot i^{0,54};$
 para U em polegadas/segundo e Rh em polegada.

Essas equações mostram que, mantidos os demais parâmetros constantes, a variação provocada na velocidade pela forma e/ou rugosidade das partículas constituintes do meio está entre 1,0 e 1,41.

A equação de Wilkins é aceita por vários pesquisadores, fornecendo bons resultados para materiais limpos e constituídos por fragmentos mais ou menos uniformes.

Para rochas britadas, a equação pode ser reescrita na forma:

$$U = 52,45 \cdot Rh^{0,5} \cdot i^{0,54},$$

para U em cm/s e Rh em cm;
 ou em função da velocidade média de percolação ($V=p.U$),

$$V = C_v \cdot i^{0,54},$$

sendo $C_v = 52,45 \cdot Rh^{0,5} \cdot p$.

O raio hidráulico pode ser calculado com valores do diâmetro equivalente (Ds) obtidos através do gráfico apresentado a seguir:

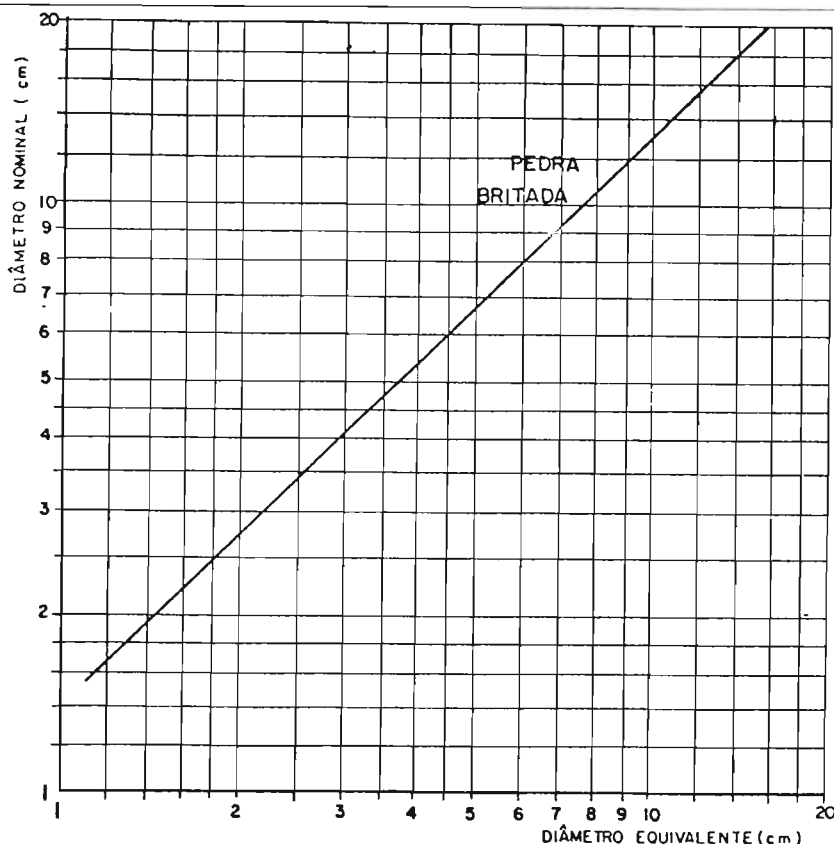


FIGURA Nº 02 - DIÂMETRO EQUIVALENTE (Ds) DE UM MATERIAL POROSO EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO NOMINAL DAS PARTÍCULAS.

OBS: Os valores de Ds foram calculados pela expressão ($Ds = 6/Sv$); para este cálculo foram utilizados valores de Sv apresentados por Parkin e colaboradores.

Equação Proposta por S.Ergun

Estudando outro problema de engenharia, freqüente nos processos químicos, que é o escoamento de um fluido através de "leitos porosos", para sofrer algum tratamento, Ergun propôs o seguinte equacionamento:

$$\text{sejam } Re_p = \frac{V D_s}{\nu (1-p)} \text{ e}$$

$$f_p = gc \cdot i \cdot \frac{D_s}{V^2} \cdot \frac{p^3}{(1-p)},$$

respectivamente um Número de Reynolds sem constante numérica e um fator de fricção, que representa a resistência hidráulica ao escoamento, onde

$gc = cte = 32,17 \text{ (lb) } \cdot (\text{pés})/(\text{lb força}) (s^2);$

v em, pés/s; Ds em pés; v em pés²/s.

Para um fluido homogêneo e incompressível, escoando através de um meio poroso incompressível e constituído por partículas aproximadamente esféricas, chegou-se, pela análise de várias observações experimentais, à seguinte relação:

$$f_p = \frac{150}{Re_p} + 1,75.$$

Deve-se ressaltar que esta relação, apresentada por Bennett e Myers em seu livro "Momentum, Heat and Mass Transfer" mantém as unidades originais do autor.

A tabela nº 9 e a figura nº 3 representam, para efeito de ilustração, uma aplicação das equações acima relacionadas.

Dimensionamento da Rede de Drenagem Sub-Superficial.

Para o dimensionamento da rede de drenagem sub-superficial, optou-se pela aplicação da equação de Wilkins para rochas britadas que, na forma simplificada, assume a seguinte expressão:

$$V = C_v \cdot i^{0,54}, \text{ onde}$$

$$C_v = 52,45 \cdot Rh^{0,5} \cdot p$$

v - velocidade média de percolação (cm/s)

i - declividade do dreno (m/m)

Rh - raio hidráulico do meio poroso considerado (cm)

MATERIAL	i (m/m)	Equação de Wilkins p/rochas Britadas		Equação de Wilkins p/ esferas de mármore		Equação de Ergun	
		V (cm/s)	Re	V (cm/s)	Re	V (cm/s)	Re
BRITA 3	0,003	0,52	30	0,73	42	0,63	36
	0,010	1,00	57	1,41	80	1,19	68
BRITA 4	0,003	0,73	83	1,03	117	0,93	104
	0,010	1,41	161	1,99	227	1,79	204
BRITA 5	0,003	0,88	144	1,24	203	1,17	192
	0,010	1,69	277	2,38	390	2,18	357

TABELA Nº 09 - APLICAÇÃO DAS EQUAÇÕES DO DOMÍNIO 2.

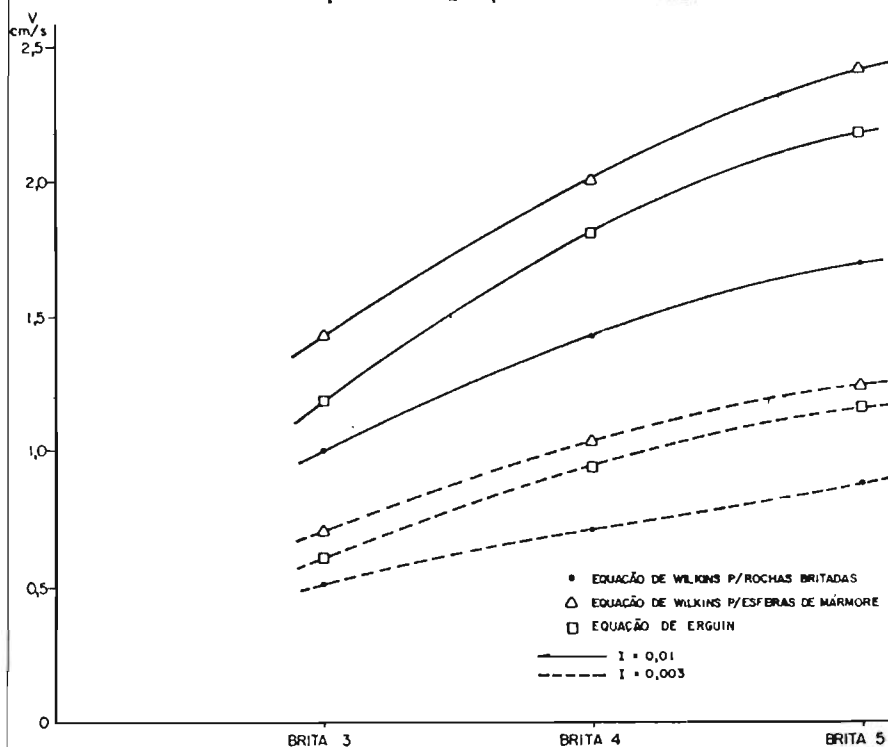


FIGURA Nº 03 - COMPARAÇÃO DAS EQUAÇÕES DO ESCOAMENTO PARA O DOMÍNIO 2.

A tabela nº 10, apresentada a seguir, fornece valores de C_v para os materiais mais empregados em drenos. Os valores da porosidade p são os mais usuais em aterros sanitários.

Para o dimensionamento são necessários os seguintes dados:

- Vazão a ser drenada (Q_p)
a vazão pode ser determinada por um dos métodos indicados no item 2;
- Declividade do dreno (i)
sempre que possível, deve-se adotar valores maiores ou iguais a 2% ($i=0,02$ m/m), para garantir melhores condições de escoamento;
- Material de preenchimento do dreno
de preferência utilizar britas 3,4 ou 5.

Uma vez conhecido o material de preenchimento do dreno, determina-se o valor de C_v pela tabela nº 10; com a declividade do dreno e com o valor de C_v , é calculada a velocidade média de percolação (V). Determina-se, então, a seção transversal do dreno (S') pela equação da continuidade:

$$S' = \frac{Q_p}{V}$$

Esta seção deve ser majorada por um coeficiente de segurança (Y), que visa compensar possíveis reduções na seção transversal do dreno devido a problemas de colmatagem.

É conveniente a determinação do valor do número de Reynolds do escoamento, para confirmar se o regime está dentro da faixa de validade da equação de Wilkins ($1,0 < Re < 3000$)

$$Re = \frac{V D_s}{6\nu(1-p)} \quad \text{onde}$$

ν = coeficiente de viscosidade cinemática que pode ser considerado igual a $1,01 \times 10^{-2}$ cm²/s.

CONSIDERAÇÕES FINAIS.

A drenagem superficial em aterros sanitários não apresenta nenhuma dificuldade, pois trata-se de um problema bastante discutido, comum a várias obras de engenharia.

Entretanto, o mesmo não ocorre com a drenagem sub-superficial, pois os elementos envolvidos não são comuns às obras convencionais de engenharia, não

BRITA OU CASCALHO	GRANULO- METRIA (cm)	$D_{nomi-nal}^*$ (cm)	D_s (cm)	R_h (cm)			C_v (cm/s)		
				p			p		
				0,40	0,45	0,50	0,40	0,45	0,50
2	2,0 a 2,5	2,0	1,52	0,17	0,21	0,25	8,63	10,75	13,21
3	2,5 a 5,0	2,5	1,91	0,21	0,26	0,32	9,65	12,02	14,77
4	5,0 a 7,5	5,0	3,80	0,42	0,52	0,63	13,62	16,98	20,86
5	7,5 a 10,0	7,5	5,46	0,61	0,74	0,91	16,33	20,35	25,00

TABELA Nº 10 - VALORES DO COEFICIENTE C_v , DA EQUAÇÃO DE WILKINS PARA ROCHAS BRITADAS

tendo sido, portanto, tão exaustivamente discutidos. Em primeiro lugar, o percolado a ser drenado apresenta características muito variáveis, tanto no tempo quanto no espaço; o escoamento do percolado, através da massa de lixo, ou através dos drenos, apresenta uma certa aleatoriedade, conforme o aterro considerado ou a época do ano. Finalmente, os materiais empregados na construção dos drenos

obedecem a uma prática tradicional, sendo que o seu comportamento ainda não foi avaliado.

Fazem-se, portanto, necessários vários estudos práticos, no sentido de avaliar o comportamento das estruturas drenantes, bem como a aplicação de novos materiais de construção à execução desses drenos. Neste sentido, destaca-se o Bidim, uma manta sintética produzida pela Rhodia S.A., e aplicada com

sucesso em obras convencionais de drenagem, para evitar a colmatção. Seu emprego em aterros sanitários deve, no entanto, ser avaliado experimentalmente.

Outras materiais porosos, tais como cascalho, seixo rolado, etc., podem vir a ser empregados, em substituição às convencionais rochas britadas, desde que seu comportamento seja avaliado.

BIBLIOGRAFIA.

- 1) BENNETT, C.O. & MYERS, J.E. Momentum, Heat and Mass Transfer. New York, Mac Graw-Hill, 1962. 697p. il.
- 2) BIRD, R.B.; STEWART, W.E.; LIGHFOOT, E.N. Fenômenos de Transporte. Barcelona, Editorial Reverté, 1975. lv. il.
- 3) CEDERGREN, HARRY R. Seepage Drainage and Flow Nets. New York, John Wiley and Sons, 1974. il.
- 4) COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (São Paulo). Gerência de Resíduos Sólidos Industriais. Escoamento em Meios Porosos. São Paulo, 1979. 30p. Datilograf.
- 5) COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (São Paulo). Superintendência de Estudos de Resíduos Sólidos. Drenagem em Aterros Sanitários. São Paulo, 1979. 66p. Datilograf.
- 6) CHOW, V.T. Handbook of Applied Hydrology. New York, Mac Graw Hill, 1964. lv. várias paginações. il.
- 7) FENN, D.G. et alii. Use of Water Balance Method for Predicting Leachate Generation From Solid Waste Disposal Sites. Cincinnati, U.S.Environmental Protection Agency, 1975. 40p. (Report SW-168).
- 8) IZBASH, S.V. & KHALDRE Kh. Yu. Hydraulics of River Channel Closure. London, Butterworth, 1970. 174p. il.
- 9) LARSEN, IAN et alii. Turbulent Flow in Porous Média. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, March, 1965, p.386. il.
- 10) LINSLEY, R.K. & FRANZINI, J.B. Engenharia de Recursos Hídricos. Trad. e adap. Luiz Américo Pastorino. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, Mc Graw-Hill, 1978. 798p. il.
- 11) NABHAN, N.M. Barragens de Enrocamento. São Paulo, 1974. 51p. Datilograf.
- 12) PARKIN, ALAN K. Field Solutions for Turbulent Seepage Flow. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, January, 1971, p.209. il.
- 13) PARKIN, ALAN K. et alii. Rockfill Structures Subject to Water Flow. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division ASCE, November, 1966, p.135. il.
- 14) TAYLOR, DONALD W. Fundamentals of Soil Mechanics. New York, John Wiley & Sons - London, Chapman & Hall, 1947. il.
- 15) TEK, M.R. Development of a Generalized Darcy Equation. Transaction of the American Institute of Mining Metallurgical and Petroleum Engineers, 210: 376, 1957.
- 16) VILLELA, S.M. & MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. São Paulo, Mac Graw-Hill, 1975. 245 p. il.
- 17) WILKINS, J.K. The Flow Water Through Rockfill, and its Application to the Design of Dams. In: AUSTRALIA - NEW ZEALAND CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATIONS ENGINEERING, 2. 1956. Proceeding ... s.n.t. p. 141.

INFORMAÇÕES DA ABLP

SEMINÁRIO SOBRE ATERRO SANITÁRIO – Foi realizado pela ABLP dias 20 e 21 de maio um Seminário sobre Aterro Sanitário em conjunto com a CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, na sede dessa Empresa em São Paulo. A curta duração visou a evitar prejuízos às atividades dos interessados. Foi examinada a técnica correta de realização de aterro sanitário, os cuidados e forma de tratamento do percolato para evitar poluição do sistema hídrico, medidas para disposição de resíduos nocivos e possibilidade de aproveitamento do terreno e do gás produzido. Uma tarde inteira foi reservada a visitas. O número de participantes atingiu 263 elementos, que foram unânimes em elogiar o nível técnico do evento.

CURSO SOBRE LIMPEZA PÚBLICA – Foi realizado pela ABLP nos dias cinco, seis e sete de maio um curso de limpeza pública em conjunto com a Fundação Prefeito Faria Lima, CEPAM – Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal na sede dessa Fundação. Foram abordadas as atividades principais de limpeza pública, sistemática de trabalho, a questão da obtenção de recursos, estabelecimento da taxa remuneratória e outros assuntos de interesse dos profissionais da área. Uma tarde foi reservada a visitas a estação de transferência, incineradores, usina de compostagem e aterro sanitário. A frequência atingiu a 38 técnicos, tendo sido atingidos ple-

namente os objetivos pretendidos.

CURSO SOBRE LIMPEZA PÚBLICA É APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO LIXO – O curso, encomendado pelo Instituto de Engenharia de São Paulo à ABLP, previsto inicialmente para maio, foi transferido para agosto, será formado de vinte aulas, com hora e meia de duração cada uma, duas por noite, às segundas e quarta-feiras, na sede do IE, além de três visitas facultativas aos sábados, completando cinco semanas. Os sócios da ABLP receberão programa em breve e notícias serão publicadas na imprensa.

SEMINÁRIO SOBRE LEGISLAÇÃO NA ÁREA DE LIMPEZA PÚBLICA – Será realizada pela ABLP em agosto, em conjunto com a CETESB e na sede dessa Empresa, com dois dias de duração, isento de taxa de inscrição, serão abordados aspectos institucionais, dispositivos relativos e licitações para contratações e aquisições, atuações e desempenho dos tribunais de contas, experiências sobre posturas municipais e regulamentações para resíduos nocivos, os sócios da ABLP receberão programa e notícias serão publicadas.

AUDIO-VISUAL – A Associação dispõe de um áudio-visual fornecido pela DMLU – Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Porto Alegre, destinado a campanhas de conscientização das comunidades. As prefeituras, escolas ou organizações que se interessarem poderão solicitá-lo à secretaria.



SENIO

Combustão Controlada Ltda.

Fábrica: 0457 - Rua Gomes de Carvalho, 928 - Tel. 542-4344
Escritório de vendas: 01532 - Rua Rodrigo Cláudio, 410
Tel. 287-3214 - Caixa Postal 1271 - 01000 São Paulo - SP
- Telex: (011) 30426 SCOC - BR

**Sabemos queimar carvão mineral há 25 anos.
Agora a Senio desenvolveu tecnologia Nacional
e aplica a sua técnica no Brasil e exterior. Com isso
o Brasil economiza petróleo e ganha divisas, produzindo
energia barata. Fabricamos caldeiras, geradores de ar quente,
estufas, incineradores a lenha, lenha picada, lixo,
carvão mineral e vegetal ou outros combustíveis sólidos
e residuais. Fazemos também estudos e projetos para conversão
do equipamento clássico a óleo para combustíveis
sólidos e residuais.**

Recuperação, Processamento e Utilização do Gás de Aterro Sanitário na Califórnia

Relatório elaborado para o Conselho
Administrativo Estadual de Resíduos
Sólidos da Califórnia pela Empresa
Bronw & Caldwell

Tradução da Eng^a YEDA CORREA
GOMES da GONGAS — Cia. de
Gás de S. Paulo

INTRODUÇÃO

Recentemente tem-se dado atenção à recuperação do gás de aterro sanitário (GAS) como um dos meios de recuperação da energia contida nos resíduos sólidos. Este interesse resulta no planejamento e desenvolvimento de projetos de recuperação do gás em escalas piloto e comercial.

A Legislação do Estado da Califórnia aprovou a Lei do Congresso n.º 3012 de 1978 para promover a recuperação do GAS, requerendo ao Conselho Administrativo Estadual de Resíduos Sólidos (CAERS) o assessoramento das obrigações institucionais, econômicas e técnicas visando a implementação da recuperação do gás nos aterros da Califórnia. Outra atribuição do CAERS consiste em recomendar aos legisladores um programa que implemente a máxima recuperação viável do metano nestes aterros.

Objetivos: Os objetivos deste estudo são: 1) identificar as condições viáveis de recuperação e utilização do GAS. 2) identificar e avaliar as restrições à implementação da recuperação do gás na Califórnia.

Estado-da-arte dos sistemas existentes: A Tabela I-1 apresenta as informações gerais sobre cada um dos 8 sistemas existentes nos EUA, dos quais 7 estão localizados na Califórnia. Estes eram os únicos sistemas operando em dezembro de 1979. Pelo menos sete outros, cinco situados na Califórnia, deverão estar concluídos durante 1980.

Os sistemas existentes indicam que a tecnologia de recuperação do gás já ultrapassou o estágio de pesquisas desenvolvendo-se o suficiente para cumprir sua implementação e demonstrando também sua viabilidade financeira, embora não conclusivamente. A estação de Ascon, em operação desde novembro de 1978, tem confirmado as previsões financeiras do seu patrocinador, Watson Energy Systems. Esta companhia, baseando-se no bom desempenho da 1.ª unidade, já considera a adição de uma segunda unidade.

A Estação de Azusa, em operação desde janeiro de 1978 não está captando todo o gás possível de ser produzido pelo sistema, devido à desistência do comprador original. A estação pode tornar-se financeiramente viável se forem bem sucedidos os planos propostos para geração de energia elétrica com o gás excedente.

O sistema de Palos Verdes tem operado confiavelmente desde 1977 (considerou-se a partida iniciada em 1975 como um projeto demonstrativo, assim como os problemas técnicos imprevistos, os quais demandaram um longo período de retificação). A Getty Synthetic Fuels (anteriormente Reserve SynFuels) ampliou a estação para uma escala comercial, porém não acredita reaver as perdas decorridas com a correção dos problemas técnicos surgidos durante a fase demonstrativa. Entretanto a estação que foi a primeira neste campo, serviu como um aprendizado básico!

Os seus proprietários acreditam haver superado os problemas anteriores e antecipam um sucesso financeiro para sua estação de Monterey Park, cuja operação teve início em agosto de 1979; possuem ainda vários outros projetos em planejamento ou em execução. A operação da estação de Mountain View teve início em meados de 1978, completando seu primeiro ano de demonstrações em fins de 1979. A Pacific Gas and Electric Company vem operando comercialmente a estação desde janeiro de 1980, e acredita na sua viabilidade financeira. O Departamento de Água e Energia da Cidade de Los Angeles, assim como o Watson Energy Systems também consideram que suas estações são um sucesso financeiro. A estação de City of the Industry não possui um período de operação suficientemente longo que permita a avaliação de seu desempenho financeiro.

No âmbito deste estudo classificamos as restrições à recuperação do gás de aterro em técnicas, econômicas e institucionais. Em sua essência todas são de ordem econômica, pois repercutem negativamente na viabilidade econômica dos projetos de recuperação.

Entretanto, como o tipo de ação necessária à superação das restrições, pode ser de natureza técnica, econômica e institucional, orientaremos a discussão no sentido das soluções potenciais de cada problema. As principais restrições identificadas neste estudo são apresentadas na Tabela I-2.

TABELA 1-1 - RECUPERAÇÃO DO GÁS DE ATERRO - ESTADO-DA-ARTE DOS SISTEMAS EXISTENTES

PROJETO	PROPRIETÁRIO / OPERADOR	DESCRIÇÃO DO PROCESSO	ESTADO-DA-ARTE DO PROJETO	OBSERVAÇÕES
Ascon-Wilmington - Califórnia	Watson Energy Systems	Remoção de condensados e partículas; produção de 42.000 m ³ /dia. Venda à SHELL OIL para geração de vapor.	Sistema em operação desde 1978. Considera-se a ampliação para uma 2ª Unidade.	Os proprietários consideram o projeto um sucesso financeiro.
Azuza Western - Califórnia	Azuza Land Reclamation Company.	Desidratação e remoção de ácidos. Venda de 14.000 m ³ /dia a uma companhia química para geração de vapor.	Em operação desde início de 1978. Planos de construção de Usina de 10 MW para distribuição de eletricidade na cidade de Azuza.	O potencial total da estação não está sendo explorado devido a problemas de mercado.
Cinniminson - New Jersey	Public Services Electric and Gas Company	Remoção de enxofre e condensado. Produção de 7.000 m ³ /dia de gás de médio PCS. Venda a uma aciaria para aquecimento de processo.	Em operação desde o outono de 1979.	Em expansão para 28.000 m ³ /dia.
City of Industry - Califórnia	City of the Industry	Desidratação e remoção de partículas. Produção de 14.000 m ³ /dia de gás de médio PCS para aquecimento e refrigeração de um centro de convenções.	Em fase de partida.	A partida tem sido adiada por mudanças no uso do gás.
Monterey Park - Califórnia	Getty Synthetic Fuels, Inc.	Desidratação e remoção de CO ₂ . Produção de 56.000 m ³ /dia vendido à Southern California Gas, para injeção na rede.	Partida em agosto de 1979. Ainda em pesquisa devido à problemas de capacidade.	Segunda estação de captação com o Know-how adquirido em Palos Verdes.
Mountain View - Califórnia	Pacific Gas and Electric Company	Desidratação e remoção de CO ₂ . Produção de 14.000 m ³ /dia de gás de elevado PCS para injeção na rede.	Operado em fase piloto de meados de 1978 a janeiro de 1980. Atualmente em fase comercial.	A principal ênfase do projeto repousa na viabilidade de exploração de aterros pouco profundos.
Palos Verdes - Califórnia	Getty Synthetic Fuels	Desidratação e remoção de CO ₂ . Produção de 21.000 m ³ /dia de gás de alto PCS para injeção na rede da Southern California Gas Co.	Operando confiavelmente desde 1977 (em 1976 foram obrigados a parar por problemas de corrosão).	Primeira estação em caráter comercial realizada nos EUA.
Sheldon-Arleta - Califórnia	City of Los Angeles	Desidratação e remoção de partículas. Produção 72300 m ³ /dia de gás de médio PCS para geração de vapor.	Fase comercial iniciada em novembro de 1979.	Testes em larga escala de combustão do gás em motores de combustão interna. Durante a fase do projeto.

TABELA 1-2 PRINCIPAIS RESTRIÇÕES À RECUPERAÇÃO DO GÁS DE ATERRO

RESTRIÇÃO	SOLUÇÃO	OBRIGAÇÕES DO ESTADO
Gás	<u>Tecnológica</u>	
Taxa de Geração do Gás	Experiência de operação adicional e Pesquisa	Nenhuma; já convenientemente feito por outros
Gás recuperável	Experiência adicional do projeto	Nenhuma; já convenientemente feito por outros
Aterros pouco profundos	Testes adicionais	Nenhuma; já convenientemente feito por outros
Dificuldades de mercado	<u>Econômica</u>	
	Operação bem-sucedida dos sistemas existentes	Disseminação das informações e desenvolvimento de padrões de qualidade do gás de aterro.
Risco Excessivo	Consciência dos fatos e aceitação do pequeno retorno do investimento	Disseminação da informação e incentivos financeiros indiretos
	<u>Institucional</u>	
Regulagem da Estação	Eliminação das incertezas a nível federal e da Comissão de Serviços Públicos (PUC)	Recomendação à PUC e à Comissão Federal de Regulamentação da Energia
Parcialidade da Autorização	Modificação dos regulamentos	Recomendações aos órgãos envolvidos
Prática aceita do aterro	Reavaliação das normas para aterros	Revisão das normas, baseada na revisão dos impactos ambientais de quaisquer mudanças

RESTRIÇÕES TÉCNICAS

Foram identificados apenas alguns poucos problemas técnicos. A principal incerteza técnica refere-se à taxa de geração do gás de aterro ao longo do tempo, o que contribui para outras restrições, listadas em seguida. Existe ainda uma incerteza quanto à quantidade de gás produzido que possa ser efetivamente recuperado em um aterro sanitário. Ainda existe incerteza quanto ao sucesso de sistemas projetados em aterros de pequena profundidade uma vez que todos os sistemas comerciais existentes situam-se em aterros de grandes profundidades. Serão necessários desenvolvimentos técnicos adicionais referentes aos procedimentos dos testes de campo, controle da intrusão do ar, manuseio de condensados e controle de corrosão, de modo a reduzir os riscos envolvidos. Estas incertezas têm sido superadas ou mitigadas nas usinas existentes, através de projetos conservadores com uma considerável margem de

erro. A amplitude das restrições impostas por estas incertezas decrescerá ao longo do tempo por meio do acúmulo de dados operacionais nos sistemas existentes e do teste dos melhoramentos introduzidos em novas estações.

RESTRIÇÕES ECONÔMICAS

As principais restrições econômicas referem-se às dificuldades do mercado e à uma concepção excessivamente elevada do risco, associado à recuperação do gás de aterro.

Mercado: Existem quatro fatores dificultando o mercado para o gás de aterro: A justificada incerteza relativa à geração do gás a longo prazo, aliada ao injustificado ceticismo de alguns compradores tornam difícil a negociação de contratos a longo prazo. Torna-se difícil resolver problemas de flutuação na composição do gás ou na demanda dos consumidores. O elevado custo de transporte da maioria dos produtos energéticos restringe o mercado a uma pequena área geográfica.

Outra restrição do mercado pode dever-se à preocupação de certos

consumidores potenciais, como os fabricantes de bebidas e alimentos, em relação à aversão pública pelo "gás de lixo", o que geraria efeitos negativos nos consumidores.

Estas dificuldades frequentemente podem ser superadas por uma pesquisa de mercado acurada. Entretanto, em alguns casos, não será possível assegurar-se um mercado antes da construção, pois os consumidores potenciais preferem avaliar a qualidade do gás produzido antes de qualquer compromisso final de compra. Isto levaria à construção da usina sem a segurança de um mercado, o que significa um processo arriscado. Em outros casos, os consumidores podem demandar garantias impossíveis de se fornecer, tais como um suprimento durante 20 anos, o que poderia implicar em um comprometimento além das responsabilidades dos pesquisadores, uma vez que é incerto o fornecimento de gás após 10 anos do término do aterro.

Percepção do Risco: A principal restrição econômica à recuperação do gás de aterro diz respeito ao seu conceito como investimento de alto risco. Isto é resultante da falta de informação relativas aos sistemas

existentes e à confusão quanto aos regulamentos existentes.

Desse modo exige-se uma alta taxa de retorno dos investimentos, dificultando a aquisição de financiamento para os projetos menos lucrativos, principalmente levando-se em conta que a maioria dos projetos não proporcionam um retorno muito elevado.

RESTRIÇÕES INSTITUCIONAIS

Constatou-se a existência de uma discordância quanto às implicações da legislação existente, mesmo para aqueles que estão familiarizados com os processos de regulamentação que controlam a recuperação do gás de aterro. Considerando-se o ponto de vista de um proprietário de aterro que desejaria prever alguns fatores básicos relativos ao cronograma de construção, aos custos de desenvolvimento, e dos problemas operacionais — certas dúvidas quanto às regulamentações podem significar o retardamento ou a desistência do aproveitamento do metano produzido no aterro.

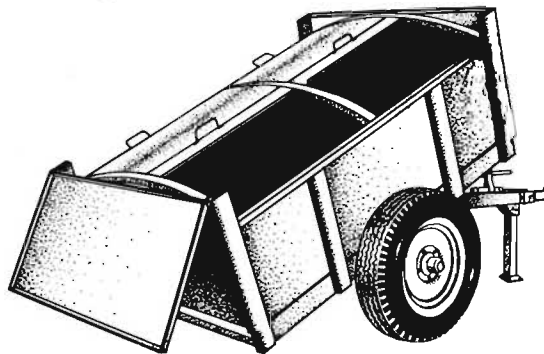


TAMBÉM PRESENTE NA LIMPEZA PÚBLICA



Carrinho modelo Prefeitura

Destina-se ao trabalho de limpeza em **vias públicas, colégios, hospitais, quartéis, fábricas, hotéis, estações e outros.**



Coletora de Lixo 16 - basculante por gravidade

destina-se a serviços públicos de limpeza urbana, podendo no entanto servir em indústrias e trabalhos agrícolas onde se faz necessário a ajuda de tal veículo.

- * Inteira de aço, de construção robusta, com tampas superiores corrediças de ambos os lados e porta traseira com trinco de segurança.
- * Fácil de ser tracionada por pequeno trator ou mesmo um jipe

Peça maiores detalhes, sem compromisso.

PONTAL MATERIAL RODANTE S.A. Administração - Vendas e Exposição

Rua Campana, 205/237 - Vila Independência - CEP 04224 - PBX 274 78 22 TELEX 11 2 5473 POMR BR - São Paulo

VENDAS RIO DE JANEIRO Av. 13 de Maio, 13 - 4.º andar - sala 415 - Telefone: 240 53 37 (DDD 021)

Estado-da-Arte da Recuperação do Gás de Aterro Sanitário.

Exigências gerais

Avaliação do Terreno — O potencial de gás de um aterro é avaliado em um processo de 2 estágios. Na avaliação preliminar revisa-se todas as informações disponíveis relativas ao aterro e aplica-se os conhecimentos da engenharia na estimativa do potencial de geração de gás; este é um processo relativamente barato e, quando completado, conduz a uma decisão, se o aterro possui um potencial de gás suficiente para justificar o segundo estágio, o qual implica em testes de campo dispendiosos.

Avaliação Preliminar: A estimativa do potencial de geração de gás de um aterro, pela simples revisão das informações existentes, requer um conhecimento especializado dos processos de decomposição e de produção de gás. Os fatores principais referem-se à idade do lixo, ao seu teor de umidade e à permeabilidade da camada de cobertura do aterro, embora os efeitos quantitativos e a importância relativa de cada fator ainda não sejam bem conhecidos. As regras práticas geralmente utilizadas fornecem estimativas grosseiras do potencial de produção de gás mas não levam em conta as condições específicas do local. A natureza heterogênea do lixo e as grandes variações nas condições climáticas nos aterros sanitários limitam a utilidade das estimativas às decisões preliminares.

Teste de Campo: Os testes de terreno são necessários à determinação das características específicas de produção do gás e ao desenvolvimento dos dados do projeto dos sistemas de captação e de utilização deste. Os parâmetros-chave a serem determinados nos testes de Campo referem-se à taxa ótima de exaustão, à qualidade e à quantidade do gás obtido àquela taxa e à área de influência de cada poço.

Usualmente procede-se à perfuração de um ou dois poços, extraindo-se o gás a taxas variadas e determinando-se a quantidade e a qualidade do gás a cada vazão. A taxa ótima de extração é a vazão máxima à qual ainda é possível a obtenção de uma alta concentração de metano. A colocação de tubos de monitoragem a várias distâncias do poço principal permite a medição da área de influência.

Nosso estudo constatou que estes

testes de campo frequentemente não fornecem dados acurados, visto que a produção de um ou dois poços não pode ser extrapolada com sucesso, para todo o aterro. Como resultado, os poços são localizados em um processo de tentativa-e-erro, e somente as técnicas mais dispendiosas e sofisticadas podem proporcionar dados de projetos mais acurados.

Entretanto, mesmo que um teste de campo determine acuradamente o potencial atual de recuperação do gás de um aterro, ainda é impossível que um engenheiro possa prever a geração futura do gás à qual é um fator crucial na avaliação da viabilidade econômica do projeto. Na impossibilidade de obter-se tais dados tem-se utilizado previsões conservadoras ao projetar-se as estações de captação existentes.

Modelos de simulação por computador têm sido utilizados na Pacific Gas and Electric Company e na Universidade John Hopkins para determinação da variação das taxas de produção do gás ao longo do tempo.

A determinação da viabilidade de recuperação do gás em aterros de pequenas profundidades (12m) é o principal objetivo do projeto de Mountain View. Todas as estações anteriores foram executadas em aterros muito profundos, tais como Palos Verdes (profundidade média: 46m). Se for possível demonstrar a viabilidade de aterros de pequena profundidade haverá uma grande expansão de projetos, uma vez que a maioria dos aterros da Califórnia encontra-se nesta faixa. A possibilidade de intrusão de ar nestes aterros é muito elevada, e neste caso haveria uma inibição da decomposição anaeróbia e uma redução na produção do metano. Isto ocorreu em Mountain View, e demorou algumas semanas para retornar-se à produção normal de gás.

Outro problema refere-se à tendência de migração do gás para o exterior do aterro, em todas as direções; ainda não foi possível a quantificação desta migração, embora a Universidade de Stanford tenha desenvolvido um modelo matemático para simulação de um fluxo unidimensional através de um aterro. Este modelo foi aplicado em dois aterros, obtendo-se bons resultados.

Avaliação do Mercado Durante a avaliação preliminar do potencial de geração de gás do aterro sanitário, as alternativas disponíveis podem ser listadas de maneira a

determinar-se a existência de um mercado viável. Deve-se determinar a proximidade de indústrias que utilizam caldeiras, linhas de distribuição de gás, linhas de transmissão elétrica e vapor. Pode ser estudada a possibilidade de utilização do gás em veículos. Os testes de campo não devem ser efetuados se não existir um mercado viável.

Se existirem mercados viáveis e se os resultados dos testes de campo indicarem uma produção de gás suficiente para justificar um projeto, faz-se então necessário um estudo detalhado do mercado. É possível então contactar-se as indústrias para verificar seu interesse no gás, e para discussão do preço. Devem ser discutidas todas as possíveis formas de aproveitamento da energia. Segundo Bronw & Caldwell os estudos de mercado sobre o gás de aterro são frequentemente incompletos, listando apenas as alternativas óbvias sem avaliar outros mercados possíveis.

Projeto do Sistema de Captação Um sistema de captação de gás de aterro consiste de poços de extração, tubulações, exaustores e quaisquer outros equipamentos necessários à distribuição do gás à planta de processamento. Os resultados dos testes de campo constituem a base para a locação e o projeto dos poços. Têm sido publicados vários artigos sobre o projeto e o distanciamento dos poços de várias estações de captação, especialmente I Palos Verdes, Mountain View w Sheldon-Arleta.

Vários problemas operacionais ocorreram nestas estações, e o mais comum dentre eles refere-se à introdução de ar atmosférico no aterro, causando elevação do teor de nitrogênio, diminuição do teor de metano e do poder calorífico do gás. A intrusão de ar é também ocasionada por uma selagem deficiente dos poços, por rachaduras nos tubos coletores e por taxas elevadas de exaustão. O projeto e a instalação adequada do sistema de captação assim como um programa de manutenção preventiva devem evitar a penetração do ar.

Outro problema usual é o do acúmulo de água nos poços de captação e de condensados nas linhas de interligação, causados pelo rápido resfriamento do gás quente e saturado em contato com as tubulações. Em Mountain View, a tubulação possuía uma inclinação permitindo o retorno dos condensados aos poços, mas os líquidos acumulavam no interior dos poços em lugar de

percolar pelo aterro, como havia sido planejado. O problema foi solucionado pela substituição das tubulações, de modo a criar pontos baixos entre os poços, e pela instalação de sífoes para coleta dos condensados.

A presença de um lençol freático alto, ocasionou o acúmulo de condensados nos poços de captação dos aterros de Ascon e de Cinnaminson. Neste último a água é bombeada periodicamente; em Ascon perfurou-se novos poços, situados acima do lençol freático.

Outra preocupação dos pesquisadores refere-se à determinação dos materiais apropriados às tubulações e aos poços. Em Sheldon-Arleta o novo sistema de captação foi constituído principalmente em fibreglass, devido às experiências insatisfatórias com outros materiais como a aço carbono, PVC, e neopreno. Embora as caixas dos poços de captação, em aço carbono, tenham resistido surpreendentemente bem, este material não é recomendado devido à sua tendência à corrosão. O cimento e o neopreno esfacelam-se em contato com o gás de aterro. O PVC mostrou-se durável mas também frágil, rígido e difícil de perfurar e cortar. Outras recomendações incluem o uso de polietileno, PVC flexível, borracha de silicone e resinas epoxi para a montagem da estação.

A colocação das tubulações de coleta acima do nível do solo é um meio de superar o risco de ruptura dos tubos pelo recalque do aterro. Entretanto a tubulação deve ser recoberta com terra de modo a bloquear os raios solares, que podem causar ruptura nas juntas devido à expansão térmica.

Projeto do Sistema de Processamento do Gás O gás recuperado dos aterros geralmente é processado de modo a adequar-se a um determinado uso. Normalmente, a água e o dióxido de carbono são removidos, assim como o enxofre, se presente no gás. A presença de umidade, CO_2 e nitrogênio reduz o poder calorífico do gás. A água, o dióxido de carbono e o enxofre, combinam-se e originam compostos corrosivos, como o sulfeto de hidrogênio (H_2S) e o ácido carbônico. Estes compostos afetam as tubulações os compressores, caldeiras, motores de combustão interna e turbinas.

A remoção dos condensados e do material particulado produz um gás de 4500 Kcal/Nm³ a 5400 Kcal/Nm³. A desidratação e a remoção do C_2 produzirão um gás de 9000 Kcal/Nm³. Para utilização do gás

em caldeiras ou motores, requer-se um mínimo de limpeza, mas a sua venda para injeção em linhas de distribuição de gás natural requer um processamento adicional, de modo a produzir um gás de elevado poder calorífico. Embora a produção de um gás de médio poder calorífico constitua um processo mais simples e barato, a ausência de mercado torna-o frequentemente inviável.

O gás de aterro tem sido utilizado em motores sem grandes modificações. A Azusa Land Reclamation Company utiliza o gás desidratado nos motores de combustão interna utilizados no compressor, com bons resultados. Os planos futuros incluem a instalação na cidade de Azusa de uma usina elétrica de 10 MW, utilizando motores de combustão interna. O departamento de Água e Força de Los Angeles utilizou durante 25 anos o gás produzido na estação de tratamento de esgotos de Hyperion para geração de energia elétrica. Na estação de captação de Sheldon-Arleta testou-se durante um ano um motor-gerador de 340 HP, para produção de 200 KW.

O projeto piloto demonstrou que o gás de aterro pode ser utilizado com êxito em motores de combustão interna, recíprocos de 4 estágios contanto que o teor mínimo do metano seja de 35%. Não se observou quaisquer danos em motores queimando o gás de aterro.

A estação de Mountain View utilizou o gás em um gerador Volkswagen de 5 KW, um motor Ford de 6 cilindros e um motor de Jeep. Utilizou-se um adaptador no carburador para ajustar a diferença de poder calorífico. As velas de ignição do motor Volkswagen desgastaram-se mais rapidamente como gás do que com a gasolina e o carburador congelou, chegando-se à conclusão de que seria mais adequada a utilização de um motor menos refinado. A estação de Fresh Kills vem considerando a utilização de motores-geradores.

Turbinas à Gás — Os maiores obstáculos tecnológicos à geração de energia elétrica referem-se à indisponibilidade de pequenas turbinas à gás e à ausência de dados acerca de uma corrosão potencial. Até recentemente existiam muito poucas experiências de adaptação de turbinas para utilização com gás de aterro.

A Alpha National vem realizando uma pesquisa no Aterro de Scholl Canyon, que poderá fornecer os da-

dos tecnológicos necessários ao desenvolvimento de turbinas operadas a gás de aterros. Este projeto terá a duração de 2 anos, sendo parcialmente financiado pelo Departamento de Energia e envolvendo o projeto e a construção de duas turbinas geradoras de 75 KW adequadas à combustão do gás "in natura".

A principal vantagem de uma turbina geradora é de que sua eficiência praticamente independe do poder calorífico do gás. A Alpha National planeja desenvolver uma pequena turbina geradora que será adaptada ao flange de cada poço, eliminando assim a necessidade de tubulações laterais. A turbina será modificada de modo a reduzir a fração do gás de aterro no total de gás admitido, de modo a eliminar a redução na eficiência da turbina, causada por variações na geração de combustível.

Tem-se considerado ainda a instalação de uma turbina geradora de 2500 KW no aterro de Puente Hills, e a energia seria vendida à Southern California Edison.

Os sistemas de desidratação, para produção de um gás de médio poder calorífico (4500 Kcal/Nm³ a 5400 Kcal/Nm³), são idênticos àqueles utilizados no processamento do gás de digestores, não existindo objeções quanto à sua aplicação com gás de aterros. A tecnologia de transformação do gás de aterro em um gás de alto poder calorífico é similar à tecnologia industrial para extração de gases ácidos. Entretanto encontram-se problemas em Palos Verdes (9000 Kcal/Nm³) e Mountain View (6750 Kcal/Nm³), relatados a seguir:

PALOS VERDES: Houve problemas de corrosão na unidade de processamento de Palos Verdes. No primeiro mês de operação ocorreram graves problemas de corrosão do compressor do regenerador e no trocador de calor, exigindo reparos significativos. A corrosão foi ocasionada pela hidrólise e decomposição de contaminantes acumulados nos pré-tratadores formando os ácidos sulfuroso e clorídrico. A ação corretiva compreendeu a construção de um novo trocador de calor utilizando uma liga de níquel altamente resistente aos ácidos e à corrosão. O sistema de tratamento foi substituído, trocando-se o leito misto por um sistema de estágios separados, utilizando-se um sistema convencional de glicol para desidratação, seguido pela remoção de traços de contaminantes. Também

foram efetuadas mudanças operacionais nas principais torres de peneiras moleculares. A estação de captação vem operando desde 1977 à aproximadamente 90% do tempo, sem problemas de corrosão.

MOUNTAIN VIEW: Não existem evidências de uma corrosão excessiva em Mountain View. Em duas das três torres de absorção houve ruptura as telas de subestações dos dessecantes, e nas peneiras moleculares ocorreu a adsorção de umidade, forçando por duas vezes a parada da estação para reparos. Duas semanas após a partida, as telas romperam-se, permitindo a admissão do pó de alumina no cilindro de vácuo com abrasão das paredes do cilindro e da biela. As peneiras moleculares adsorveram umidade durante o período em que foram armazenadas ao ar livre, antes da instalação das torres.

Houve uma saturação de CO_2 em 6 a 8 minutos, em lugar dos 20 minutos projetados, obrigando a operação da estação a um terço de sua capacidade. Recentemente procedeu-se à substituição da peneira molecular por outra novo e seco, não tendo ocorrido outros problemas com as torres. Trocaram-se os anéis do pistão, o recheio e as válvulas, e o cilindro foi retificado. Para proteção do compressor instalou-se um filtro à montante do seu estágio de vácuo. Em novembro de 1978 coletou-se amostras do condensado, durante a regeneração térmica dos adsorvedores e tomou-se uma amostra do carvão ativado nos pré-filtros. Utilizando-se uma combinação de cromatografia de gás e espectroscopia de massa foi possível isolar 82 diferentes hidrocarbonatos, todos presentes em traços.

Novos Desenvolvimentos: A General Electric está desenvolvendo, para a Southern Califórnia Gas Company, um novo produto capaz de produzir um gás de poder calorífico elevado a preços mais baixo que os atuais métodos. Trata-se de uma membrana plástica e permeável capaz de separar o metano de misturas comuns gasosas, ricas em metano, tais como o gás de digestores e o gás de aterros. Estão sendo realizados testes com o gás produzido na estação de tratamento de esgotos de Los Angeles, sendo produzida uma corrente gasosa contendo 98% do metano e 2% de dióxido de carbono.

Planejamento do Sistema Transporte – O modo de transporte e a distância praticável para distribuição do gás de aterro é determinada pela

forma de produto e pela economia de transporte relacionada. A corrosividade do gás bruto torna o seu transporte quase que impraticável. A utilização preferencial do gás bruto realiza-se em caldeiras ou para conversão em eletricidade. Entretanto em Sheldon-Arleta têm-se utilizado, com êxito, tubos em polietileno ou em fiberglass para distribuição de um gás desidratado com baixo poder calorífico. Considera-se que a máxima distância para distribuição econômica do gás é de 1600 a 3200 metros, e que a eletricidade constitui o produto cuja distribuição possui a maior viabilidade tecnológica, requerendo apenas linhas de transmissão-embora sua produção seja a mais custosa.

O custo de transporte do produto energético é um dos fatores chave na determinação dos mercados disponíveis para um dado aterro sanitário.

Utilização e Conversão – Os sistemas existentes optaram ou pela venda de um gás de médio poder calorífico para uso em caldeiras ou fornos, ou pela produção de um gás de alto poder calorífico para injeção nas linhas de gás natural. Outras utilizações incluem o uso como combustível para veículos, geração de vapor ou eletricidade ou síntese de metanol. Embora nenhum destes outros usos tenha atingido a escala comercial o uso em veículos e a geração de eletricidade têm sido demonstrados em pequena escala. A geração de vapor, no aterro sanitário é tecnicamente viável, mas requer a proximidade de consumidor, devido às grandes perdas ocorridas no transporte. A síntese de metanol pode ser inviável devido à necessidade de um alto grau de confiabilidade e de continuidade da alimentação, impossível de obter-se em um aterro.

Gás de Médio Poder Calorífico: Definido como um gás de 4050 a 4500 Kcal/Nm³, produzido no local, e transportado por tubulação até um consumidor próximo, para uso em caldeiras ou fornos, seja como suplemento, seja como substituto do gás natural ou do óleo combustível.

A produção deste gás requer um mínimo de processamento (desidratação), não envolvendo qualquer tipo de conversão e resultando na utilização mais eficaz e viável do gás de aterro.

Os consumidores do gás de Ascon (refinaria da Shell Oil), Azusa (Reichhold Chemical) e Cinnaminson (Hoeganaes) parecem sa-

tisfeito com o seu desempenho, tendo a Shell e a Hoeganaes manifestado a intenção de comprar todo o gás possível.

Além disso existe um considerável volume de informações referentes ao uso do gás de médio poder calorífico produzido em digestores.

+ Adaptação dos Queimadores – A combustão do gás de aterro em queimadores utilizados com o gás natural requer modificações, devido ao seu baixo poder calorífico, as quais podem ser facilmente efetuadas a baixo custo.

+ Confiabilidade – Devido à dependência de diversos fatores a produção do gás de aterro não é tão confiável quanto a de outras fontes convencionais. Desse modo, os clientes podem requerer o fornecimento de combustível alternativo ou um contrato de retorno ao suprimento anterior. Se a unidade industrial for particularmente sensível ou adversamente afetada pela substituição de combustível, não se recomenda o fornecimento do gás de aterro.

+ Corrosão – O Distrito Sanitário do Condado de Los Angeles tem-se preocupado com a possibilidade de corrosão das caldeiras de sua futura estação de Puente Hills, causada por hidrocarbonetos halogenados. O Distrito vem analisando amostras de gás deste aterro, e planeja estendê-la aos aterros de Azusa e Sheldon-Arleta, para determinar a eficiência do sistema de tratamento destas estações em remover os compostos clorados. O Institut of Gas Technology está realizando um estudo sobre corrosão em caldeiras, utilizando o gás "in natura" produzido no aterro de Fresh Kills, em Nova York.

Gás de Alto Poder Calorífico – A desidratação e a remoção do CO_2 produz um gás de elevado poder calorífico, passível de ser injetado nas linhas de distribuição de gás natural. As estações de Palos Verdes e Monterey Park produzem este gás de elevada qualidade e o vendem às companhias de gás.

Considera-se que a produção deste gás possui um rendimento inferior ao da produção do gás de médio poder calorífico devido ao maior grau de processamento exigido. Entretanto a maioria dos concessionários preferem este processo por considerar mais fácil vender o gás de alto poder calorífico às companhias de gás do que vender o gás de médio poder calorífico às indústrias. As principais motivações referem-se às vantagens institucionais e de mercado, pois as companhias utilitárias

são obrigadas a pagar os custos de produção do gás, acrescidos de um "lucro razoável" sem considerar o controle de preços.

Além disso o gás de aterro pode satisfazer os padrões aplicáveis ao gás natural.

As flutuações da emissão não são tão críticas para o gás de alto PCS quanto para o gás de médio PCS, pois aquele constitui apenas uma pequena fração do gás fluindo pela tubulação. Como estas flutuações na produção nem sempre são provísiórias ou evitáveis, é mais vantajosa a produção de gás de alto poder calorífico; além disso enquanto o aterro produzir gás, este pode ser injetado na rede, sem flutuação na demanda, e eliminando assim a necessidade de armazenamento em tanques ou no próprio aterro.

Geração de energia elétrica "in situ" — A utilização do gás de aterro nas gerações de eletricidade requer o mínimo de processamento (remoção de condensados e particulados). A energia gerada pode ser utilizada no local ou vendida à uma companhia de eletricidade (os equipamentos necessários à interligação com a utilitária custariam cerca de 100 mil dólares). A baixa experiência associada à conversão elétrica torna esta alternativa uma maneira pouco eficaz de aproveitamento do gás. A viabilidade econômica depende do preço pago pela utilitária. O sistema poderia ser justificado pelo pagamento pela utilitária de 4 a 4,2 centavos de dólar por KWh, a título de "custos evitáveis".

A viabilidade técnica da geração de eletricidade depende da habilidade em alimentar-se um motor a gás de aterro, o que já ocorre em Azusa, e já foi testado em Mountain View e Sheldon Arleta. A Alpha National, contratada pelo DOE, vem desenvolvendo uma turbina para gás de aterro, e Lockman & Associates completou em 1979 um estudo de viabilidade da geração de energia elétrica no aterro de Scholl Canyon.

Motores a Combustão Interna — Os principais fatores afetando o uso dos motores a combustão interna incluem as emissões atmosféricas e o desgaste do motor. Emissões de óxidos de nitrogênio constituem a principal inquietação. Somente recentemente existe uma disponibilidade de conversores catalíticos para grandes motores a combustão interna. Os primeiros conversores foram utilizados na Califórnia pela Getty Synthetic Fuels, em Monterey Park, a um custo de 80 mil dólares.

Súmula dos Sistemas Existentes

Palos Verdes, Califórnia — Pertence à classe I, e foi realizado em um canyon em Rolling Hill Estates no Condado de Los Angeles. Atualmente apenas 1/4 (18 ha) do aterro está sendo utilizado na coleta do gás. Esta área possui uma profundidade média de 47 metros. O aterro será concluído em 1980, com uma capacidade total de 22 milhões de toneladas de lixo. Existe uma previsão de 15 anos para a produção de metano. Após a conclusão do aterro a estação de captação será ampliada de modo a abranger toda a área, e a produção deverá atender a demanda equivalente de gás natural de 15.000 residências, baseando-se no consumo médio da Califórnia, de 98 m³/dia. residência (SIC).

A Getty Synthetic Fuels, Inc., construiu o sistema de coleta e tratamento em 1975. Diariamente 21.000 metros cúbicos (PCS de 9000 Kcal/Nm³) produzidos são transportados até uma linha de transmissão de Southern Califórnia Gas Company, a uma distância de 2400 metros. Após os reparos iniciais dos vazamentos e rupturas ocorridas no sistema de coleta, e de graves problemas de corrosão, esta estação vem operando constantemente desde 1977, com menos de 10% de paradas.

Sheldon Arleta, Califórnia — Existem cerca de 3 milhões de toneladas de lixo depositado nesta antiga cava de pedreira de 38 metros de profundidade, cuja operação durou de 1962 a 1974. O gás começou a se coletado e queimado em 1971, com o fim de impedir as migrações. De 1974 a 1975 o Departamento de Água e Força (DWA) de Los Angeles, juntamente com a Divisão de Saneamento do Departamento do serviço Públicos (BuSan), demonstraram com êxito a possibilidade de utilização do gás em motores geradores para produção de energia elétrica. Alugou-se um motor de 340 HP, 200 KW, e os testes foram efetuados durante um ano, a uma vazão de 168 m³/h.

O DWP e a BuSan iniciaram a execução de uma estação de captação em dezembro de 1979. O gás é comprimido a 4 Kg/cm², desidratado, produzindo 8,1 x 10³ m³/dia, a um poder calorífico de 4950 Kcal/Nm³ que é transportado a 2400 metros de distância até a Usina de Vapor de Valley para uso em caldeiras ou como suplemento de combustível.

Mountain View, Califórnia Em 1974 a Pacific Gas & Electric Company,

a cidade de Mountain View e a Environmental Protection Agency, patrocinaram um programa de investigação sobre a viabilidade de recuperação do gás produzido no aterro de Mountain View. O programa envolveu a exploração de 12 hectares deste aterro Classe II. O principal interesse deste estudo era comparar a exploração deste aterro de pequena profundidade (12 m) com os outros aterros de mais de 30 metros de profundidade. Baseando-se neste estudo de viabilidade resolveu-se construir, em 1976, uma estação de captação, com fundos de PGandE e da EPA.

A estação foi concluída em 1978, sendo projetada para processar 28000 o m³/dia de um gás de 6300 Kcal/Nm³, que é injetado em uma linha próxima de gás natural da PGandE. A grande vazão da linha de distribuição da utilitária proporciona a diluição adequada do gás de poder calorífico mais baixo no fluxo de gás natural (cerca de 9000 Kcal/Nm³), reduzindo assim as exigências de processamento. Esta é uma característica peculiar ao projeto não sendo uma alternativa disponível normalmente.

Até o momento a estação já operou durante 4000 horas, e a partir de janeiro de 1980 entrou em operação comercial com a emissão de 16.800 m³/dia de um gás com 6300 a 7200 Kcal/Nm³, e um grau de confiabilidade de 87%.

A PGandE tem-se mostrado satisfeita com a qualidade do gás.

Cinnaminson, Nova Jersey — Este aterro está situado em Newark, Nova Jersey, pertencendo e sendo operado pela Public Service Electric and Gas Company (PSEandG). São explorados, 16 hectares do aterro, o qual embora tenha uma profundidade de 34 metros, possui poços de apenas 18 m, pois o lençol freático está situado a 18-21 m abaixo da superfície do aterro. É possível que a intrusão do lençol d'água no aterro tenha aumentado seu teor de umidade intensificando a taxa de geração de gás.

A recuperação do gás principiou em setembro de 1979 e aproximadamente 7000 m³/dia são vendidos à aciaria Hoeganaes, para aquecimento dos cadinhos de fundição de aço. A única etapa de processamento consiste na remoção de enxofre, por passagem em um leito de cavacos de madeira tratados com óxido de ferro. Os condensados são removidos na tubulação. O poder calorífico do gás é de 5400 Kcal/Nm³, podendo estabilizar-se entre 4500 e 4950 Kcal/Nm³,

quando na utilização de taxas de extração mais elevadas, fato já observado em outras estações. Existem planos de eventuais ampliações da estação.

Monterey Park, Califórnia — A Getty Synthetic Fuels concluiu recentemente sua segunda estação de aproveitamento do metano, cuja operação principiou em agosto de 1979; preve-se a deposição de 23 milhões de tonelada de lixo neste aterro de 91 metros de profundidade, cuja conclusão dar-se-á dentro de poucos anos.

A estação foi terminada em agosto de 1979 com uma capacidade projetada de $1,1 \times 10^5$ m³/dia, suficiente para abastecer 14.000 residências, que serão vendidos à Southern California Gas Company.

Azuza, Califórnia — A estação de Azuza, explorada pela Azuza Reclamation Company, subsidiária da SouthWestern Portland Cement, está situada em um aterro classe II de 129 ha, com profundidade de 52 metros, tendo recebido 7 milhões de toneladas de lixo.

A estação tem sido operada desde o início de 1978. A água e os ácidos corrosivos são removidos antes da compressão, produzindo entre 17 e 20 mil metros por dia de gás de baixo poder calorífico, vendido à vizinha Reichhold Chemical, onde o gás é utilizado em caldeiras para produção de vapor de processo. O gás desidratado alimenta o motor de combustão interna do compressor. A Reichhold não utiliza todo o gás captado na estação, e o excedente é queimado para controle das migrações de gás. Os planos futuros incluem a instalação de uma turbina geradora de 10 MW para fornecimento de eletricidade à cidade de Azuza, o que aproveitaria todo o potencial da estação.

Ascon, Califórnia — É um aterro classe II, situado em Wilmington, com 18 metros de profundidade onde foram depositados de 2 a 3 milhões de toneladas de lixo, aceitando-se também líquidos não-tóxicos, o que incrementa o teor de umidade do aterro.

A estação tem sido operada pelo Watson Energy Systems desde 1978. Aproximadamente 36 mil metros cúbicos são transportados diariamente por tubulação até a refinaria de óleo da Shell, após desidratação e compressão até 5 Kg/cm², e lá é queimado em caldeiras. O Watson vem considerando a possibilidade de expansão do sistema pela adição de outra unidade de desidratação e compressão.

City of the Industry, Califórnia — A

estação ocupa um aterro classe II, de 64 hectares, concluído em 1967, com profundidade de 15 metros, e onde foram depositadas 3,6 milhões de toneladas de lixo. Sua operação terá início nesta primavera, com uma capacidade de 17 mil metros cúbicos por dia de gás "in natura" para aquecimento e refrigeração de um centro municipal de convenções adjacente ao local.

Características Comuns Afetando a Viabilidade — Em quatro dos sete sistemas o projeto inicial previa uma capacidade inferior à capacidade definitiva do aterro. Desenvolveu-se então o primeiro estágio do projeto, decidindo-se por sua expansão após o êxito da operação da primeira etapa, o que evitaria perdas financeiras. Este procedimento foi utilizado em Ascon, Azuza Western, Cinnaminson e Mountain View.

Em cinco dos sete sistemas, o aterro ainda se encontra em operação, propiciando uma margem adicional de sucesso, uma vez que existe sempre um novo suprimento de lixo. Um bom exemplo é o da estação de Azuza, que capta o gás de uma série de poços situados na parte concluída do aterro. Previu-se um período de produção econômica de 30 anos para o terro (o qual opera em conjunção com a operação de extração de uma pedreira). Desse modo, quando a porção já concluída não estiver mais fornecendo gás suficiente para o consumo, pode-se preparar novos poços nas partes recentemente concluídas. Por outro lado, uma vez que se esgote o gás produzido em City of the Industry e Sheldon-Arleta, haverá necessidade de novas fontes de gás.

Em quatro dentre sete projetos, o gás é vendido com um mínimo de processamento. Em Ascon remove-se apenas os condensados e particulados.

Em Azuza, desidrata-se o gás por contato com trietileno glicol, resultando também na remoção de alguns hidrocarbonetos pesados. Em Cinnaminson remove-se o enxofre e condensados. Em Sheldon-Arleta promove-se a desidratação por refrigeração, removendo-se também os particulados. Os sistemas restantes removem uma boa parte ou quase todo o dióxido de carbono. Deve-se remarcar que a necessidade de prevenção da migração do gás de aterro desempenha um papel secundário na maioria dos projetos existentes, e que os sistemas de controle de migração e sistemas de recuperação do gás de aterro são bas-

tante diferentes. Um sistema de controle é projetado para captar praticamente todo o gás produzido sem preocupação com o seu poder calorífico em mistura com o ar. Um sistema de recuperação procura captar o gás evitando intrusão do ar.

Por exemplo, em Palo Verdes coexistem um sistema de controle e um sistema de recuperação do gás, completamente separados. A necessidade de controle não é um critério suficiente para justificar a execução de um sistema de recuperação.

Fatores Particulares Afetando a Viabilidade O aterro de Palos Verdes pertence à classe I, recebendo portanto uma grande quantidade de resíduos líquidos. O teor global de umidade deve ser superior ao de um aterro classe II, com possibilidade de taxas mais elevadas de geração de gás. Entretanto este aspecto particular pode ser desvantajoso, pois os compostos químicos mais agressivos aí rejeitados contribuíram para a necessidade de um trocador de calor em liga de níquel altamente resistente ao ataque ácido. Os líquidos não tóxicos depositados no aterro classe II de Monterey-Park podem ter elevado a taxa de produção do gás, mas isto implicou na necessidade de um maior vácuo para extração do que aquele utilizado em aterros secos (como Azuza).

A estação de Sheldon-Arleta era única em possuir o mesmo proprietário e o consumidor do gás, facilitando sobremaneira a coordenação entre a produção e o consumo.

Principais Sistemas de Recuperação Projetados

— School Canyon, Glendale, Califórnia

Objetivo: Construção de uma usina geradora de 150 KW; usando o gás "in natura". A eletricidade será fornecida a um clube de golfe e tênis, que serão construídos no restante do aterro.

Características do Sistema: Aterro de um canion de 60 m de profundidade, com 4,7 milhões de toneladas de lixo; serão utilizados 18 hectares do aterro com uma produção diária de 34 mil metros cúbicos de gás com 3600 a 4050 Kcal/Nm³.

— Coyote Canyon, Califórnia

Os testes preliminares estimam uma produção diária de 112 mil metros cúbicos, a partir de

20 milhões de toneladas de lixo.

— **North Valley, Califórnia**
A Getty Synthetic Fuels está construindo uma estação de captação no aterro das Indústrias Browning Ferris, cuja profundidade média é de 60 metros; serão aproveitados 12 hectares do aterro.

— **Puente Hills, Califórnia**
O gás será captado, desidratado e transportado à Faculdade Rio Hondo para queima em caldeiras e uso em aquecimento e refrigeração. Tem-se testado amostras gasosas para avaliar o seu potencial corrosivo. Espera-se que a estação entre em operação em fins de 1980. Um parque industrial adjacente ao aterro constituirá o mercado para potenciais expansões. Pesquisa-se a possibilidade de geração e venda de 2500 KW à Companhia Edison Southern Califórnia.

— **Bradley East, Califórnia**
O Gás Recovery Systems, Inc., assinou contrato com o proprietário, Conrock, para projeto, construção, financiamento e operação de uma estação de captação de gás, que entrará em operação em meados de 1980, e com capacidade prevista de 56 mil m³/dia. O gás desidratado será vendido ao Departamento de Água e Força de Los Angeles para utilização em Caldeiras.

— **CID, Illinois**
A Getty SynFuels está projetando uma estação com capacidade entre 56 a 70 mil m³/dia de gás para injeção na rede da Natural Gas Pipeline Company of América.

— **Davis Street, Califórnia**
A Getty SynFuels iniciou o projeto preliminar de uma estação de aproveitamento de gás de médio poder calorífico para uso industrial, devendo entrar em operação em fins de 1980.

— **Adams Country, Colorado**
Os SCS Engineers estão realizando um estudo do potencial de sete aterros, assim como da possibilidade de combinar estes aterros em uma única unidade de captação.

POTENCIAL DE DESENVOLVIMENTO DO APROVEITAMENTO DO GÁS DE ATERRO NA CALIFÓRNIA

A este respeito deve-se considerar dois fatores importantes:
O potencial recuperável dos aterros existentes

Os autores limitaram-se a determinar o tamanho mínimo adequado ao desenvolvimento de projetos de recuperação de gás, com a tecnologia existente e com os melhoramentos introduzidos futuramente. Uma estimativa, preparada pela Lockman & Associates, indicou uma quantidade mínima de 2 milhões de toneladas de lixo depositado, e considerando os avanços tecnológicos, os autores previram um mínimo de um milhão de toneladas de lixo. O prazo necessário para disposição destes resíduos é de 10 anos, baseado em um estudo da EPA o qual indicou que a geração de gás atinge seu máximo entre 1 e 5 anos após a descarga e continua nesta taxa durante mais 6-10 anos antes de declinar lentamente. Desse modo o aterro deveria receber aproximadamente 275 ton/dia de lixo.

A profundidade do aterro constitui outro fator crítico, limitando a viabilidade da recuperação do gás. Devido à importância do teor de umidade, é de se esperar que os aterros de pequeno porte, e situados em regiões secas, não sejam considerados pois suas taxas de produção devem ser pouco expressivas em termos de recuperação econômica. Isto reduziria para 50 o número de aterros viáveis, o que poderia ser mudado caso a hoje proibida injeção de umidade fosse possível.

Existem atualmente 13 aterros na Califórnia com estações de captação em operação ou projetadas, e o po-

tencial estadual é da ordem de 40 a-terros.

O papel da recuperação do gás de aterro nos sistemas futuros para disposição do lixo.

A medida em que os aterros existentes sejam concluídos e que as comunidades reavaliem as opções mais adequadas de disposição do lixo, serão feitas escolhas entre novos aterros sanitários e os métodos de recuperação de energia e materiais a partir do lixo.

A EPA e o DOE têm incentivado as opções que reduzem o volume do lixo disposto em aterros e que maximizem a recuperação de energia e de materiais contidos no lixo. Entretanto, os elevados custos de capital da maioria destes sistemas de conversão, ao lado dos custos duvidosos de operação e manutenção tornam mais atrativa a disposição em aterro. Discutiremos a seguir alguns fatores a ser considerados na avaliação da disposição do lixo em aterro com recuperação do gás como alternativa a outras opções de conversão do lixo em energia.

Potencial de Recuperação de Energia: A percentagem da energia total disponível no lixo e que pode ser recuperável (após subtração da energia consumida na transformação do resíduo sólido em energia utilizável) é um fator importante na tomada de decisões. Um relatório da EPA, não publicado, compara a recuperação do gás de aterro com outras alternativas de produção de energia a partir do lixo:

SISTEMAS CUJO PRODUTO FINAL É UM COMBUSTÍVEL

	Gás de Aterro (%)		Gás de Pirolise (%)		Combustível Derivado de Lixo (%) (CDL)
	Médio PCS	Alto PCS	Médio PCS	Alto PCS	
Potencial Energético	24	18-20	47-68	36	79-80

SISTEMAS PRODUZINDO VAPOR

	Gás de Aterro-Vapor a Baixa Pressão (%)	Gás de Pirolise-Vapor Super-Aquecido (%)	Vapor a partir de Lixo (%)
Potencial Energético	19	57	71

SISTEMAS PRODUZINDO ELETRICIDADE

	Gás de Aterro (%)	Pirolise (%)	Lixo (%)
Potencial Energético	3,5-6	13-15	10-11

Todas estas comparações demonstram que os sistemas baseados em gás de aterro possuem um baixo potencial de recuperação de energia e, se computado o consumo energético da operação do aterro, estes custos serão ainda menores.

Impacto Ambiental — É difícil comparar o impacto ambiental das diversas opções. A disposição em aterros possui um agrado variedade de impactos tais como a polui-

ção do lençol freático, poluição atmosférica, odores, migração de gases, desordem e limitações ao uso da terra. Outros sistemas envolvendo a recuperação de energia do lixo, complementada pelo aterro dos resíduos, possui uma lista similar de impactos. Entretanto a técnica e a operação adequadas podem prevenir a maior parte destes impactos.

Alguns impactos não podem ser completamente mitigados. Por

exemplo a disposição do lixo em aterro limita a longo prazo a utilidade da área envolvida, e a decomposição dos resíduos produz um recalque diferencial que limita severamente o uso do solo. Além disso o recalque dificulta a mitigação dos odores por provocar rachaduras que constituem fontes potenciais de odores.

Por outro lado outros métodos de transformação do lixo em energia produzem na qualidade do ar, impossíveis de ser totalmente atenuados em termos de viabilidade econômica, dependendo da natureza dos resíduos processados (potencialmente tóxicos) podem ocorrer limitações ao uso do solo, embora a área afetada seja inferior à área envolvida na técnica de aterro. *Comparação de Custos* – Devido à diferente natureza dos produtos energéticos, existem distintas categorias de custo para cada opção, não havendo portanto uma base comum de comparação.

Devido às suposições não convencionais efetuadas a seguir, os custos apresentados não fornecem uma informação precisa para uma avaliação econômica.

A produção de gás de alto e médio poder calorífico é comparada com a produção de combustível derivado do lixo, cuja utilização final, não foi concluída nesta análise. o

que acionaria variáveis em demasia a este estudo. (Esta suposição limita a aplicabilidade dos dados, uma vez que os custos de transporte de combustível derivado do lixo podem significar um fator principal). Os custos de projeto e de engenharia não foram incluídos por serem pouco conhecidos, no caso de gás de aterro – tornando os custos irrealisticamente baixos. Suporemos que a usina de CDL situa-se próxima ao centro urbano, mas que o custo de transporte até o aterro é exatamente compensado por uma pequena taxa de descarga, e que os custos de remoção dos materiais recuperáveis são compensados apenas pela venda dos produtos recuperados. O custo de operação do aterro não foi considerado, por estar coberto pela taxa de descarga. Comparou-se uma usina de 2000 ton/dia de CDL a um aterro de igual capacidade, com 10 anos de operação e possuindo 7 milhões de toneladas de lixo depositado e já produzido 140 mil m³/dia de gás bruto. O sistema de médio poder calorífico produz 140.000 m³/dia de gás desidratado, com 4950 Kcal/Nm³ e pressão de 2 Kg/cm². O sistema de alto poder calorífico produz 84 mil m³/dia, de gás com 9000 kCal/Nm³ e pressão de 27 Kg/cm².

Previu-se uma vida útil de 20 anos

para a usina de CDL e de 10 anos para a recuperação do gás de aterro. Utilizou-se um fator de vida anual de 30% para o gás de aterro e de 15% para o CDL. Os resultados desta análise são demonstrados nas tabelas 2-1, 2-2 e 2-3.

Técnicas de Desenvolvimento de Aterro – A produção de gás em aterros pode ser aprimorada por diversos métodos, tais como o revestimento do aterro para prevenção de escapes do gás, adição de umidade para promoção da decomposição e limitação da utilização da camada diária de cobertura para aumento da permissividade. A adição de lodo de esgoto é outra possibilidade, embora a adição de umidade possa ser contrabalançada pelos efeitos negativos causados por outros componentes presentes no lodo.

O revestimento do aterro é custoso e deve ser realizado antes da operação do mesmo. Desconhece-se se a produção de gás compensaria o custo de revestimento. A adição de umidade contraria as normas atuais de operação de aterro, as quais visam minimizar o potencial de produção de chorume. A eliminação ou a redução da permeabilidade da camada de cobertura também contrariam as normas atuais de operação dos aterros.

Diversos estudos vêm sendo reali-

TABELA 2-1 - CUSTOS APROXIMADOS DO GÁS DE ATERRO

Í T E M	MÉDIO PCS	ALTO PCS	O B S E R V A Ç Õ E S
Teste de campo (US\$)	75.000 - 125.000	75.000 - 125.000	Reduz o risco do projeto
Sistema de extração (US\$)	300.000 - 600.000	300.000 - 600.000	Muito dependente da geometria do aterro
Equipamento de compressão (10 ⁶ US\$)	1 - 2	2 - 4	Inclui acessórios e estruturas
Equipamento de processamento (10 ⁶ US\$)	2 - 4	3 - 5	Inclui instrumentação
Custo total de capital (10 ⁶ US\$)	3,4 - 6,7	5,4 - 9,7	Para 140 mil m ³ /dia de gás bruto
Operação e manutenção anuais (US\$)	100.000 - 300.000	300.000 - 500.000	Importante para o êxito da empreitada
Produção anual de energia (Kcal)	2,3 x 10 ¹¹	2,5 x 10 ¹¹	Diversas aplicações

zados, com o objetivo de verificar a viabilidade de aprimoramento da produção do gás de aterro. A Dynatech Research and Development Company concluiu um estudo de laboratório sobre os efeitos da adição de umidade e de nutrientes, da tamponagem e da circulação do chorume na produção de gás. O tra-

balho indicou que o uso destas técnicas pode acelerar significativamente a geração de gás. Um estudo similar vem sendo realizado pela EMCON Associates of San José, em conjunto com Dynatech, PGandE, municipalidade de Mountain View e Easley and Brassey Corporation.

Estão sendo implantadas várias células de 30.000 toneladas, providas de várias técnicas de aumento da produção de gás. A capacidade de recuperação de gás de cada célula será usada na avaliação do custo-eficácia das diversas técnicas.

TABELA 2-2 - PRODUÇÃO APROXIMADA DE CDL

Í T E M	VARIAÇÃO DE CUSTOS	OBSERVAÇÕES
Estrutura e Obras (10 ⁶ US\$)	8 - 10	Muito dependente do local
Equipamento (10 ⁶ US\$)	10 - 12	Supondo a tecnologia mais simples
Sistema de carregamento (10 ⁶ US\$)	2 - 3	Transferência para caminhões ou esteiras
Custo total de capital (10 ⁶ US\$)	20 - 23	2000 ton/dia
Operação e manutenção anuais (10 ⁶ US\$)	3,5 - 5	38 funcionários. Inclui custos de disposição final.
Produção anual de energia (Kcal)	1,2 x 10 ¹²	Menos aplicações do que gás de aterro. Rendimento: 70% CDL=4050 Kcal/Kg

TABELA 2-3 COMPARAÇÃO ENTRE O GÁS DE ATERRO E O CDL

	MÉDIO PCS (US\$)	ALTO PCS (US\$)	PRODUÇÃO CDL(US\$)	OBSERVAÇÃO
10 ⁶ Kcal	4,70 - 10,30	7,50 - 13,50	6,00-7,10	Acrescentar eng. e distrib.
Ton	1,60 - 3,30	2,70- 5,30	9,30-12,10	Excluída renda por venda de energia
Ton/unidade de energia	1,60 - 3,30	2,50 - 4,80	1,80-2,30	Padronizado pelo "output" da Usina de Médio PCS.

PRÓXIMOS EVENTOS

9 a 12 de junho

82ª Conferência Anual sobre Limpeza Pública
Promoção da ISWM – Instituto de Administração de Resíduos Sólidos, correspondente britânico da ABLP
TORBAY – Inglaterra
Contatos - Institute of Solid Wastes Management
28 Portland Place, London WIN 4DE - Inglaterra

23 a 27 de junho

6ª Feira Internacional sobre Tratamento de Resíduos e Limpeza Pública.
MUNICH - Alemanha
Promoção da EAS/VKS/VPS e ISWA – Internacional Solid Wastes and Public Cleansing Association.
Contatos - Muchener Messe-und Ausstellungsgesellschaft mbH
Messegeland Postfach 12 12 09
D-08000 Muchen 12 - Alemanha

8 a 10 de setembro

Congresso Internacional sobre Resíduos Sólidos e Exposição de Equipamentos
HELSINKI - Finlândia
Promoção - Associação dos Empreiteiros de Remoção e Disposição de Resíduos e Empresas Relacionadas com Administração de Resíduo Sólidos
Contatos - Helsinqui Jate 81 – Helsinki Waste 81
P.O.Box 319
SF 00101 Helsinki 10, Finlândia

31 de agosto a 4 de setembro

19º Seminário Anual e Exposição Anexa sobre Coleta e Disposição de Lixo.
Promoção - GRCA Associação de Administradores Públicos de Coleta e Disposição de Lixo.
SALT LAKE CITY – USA
Contatos - GRCA SALT LAKE, 1629 K.St.
N.W. Suite 701, Washington, DC 20006 – Estados Unidos

11 a 16 de setembro

Congresso Internacional da APWA – Associação Americana de Limpeza Pública.
HOUSTON – TEXAS
Contatos American Public Works Association
1313 East 60 th Street/Chicago 60637

20 a 25 de setembro

XI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Am-

biental

Compreendendo vários simpósios, inclusive um com quatro reuniões sobre administração de limpeza pública no Brasil

Fortaleza – Ceará

Promoção – ABES Associação Brasileira de Engenharia Sanitária

Contatos – ABES-CE Av. Santos Dumont 1699 sala 106 - Aldeota-Ceará

28 a 30 de setembro

Conferência sobre Sistemas de Análises e Administração sobre Meio Ambiente.

ROMA – Itália

Promoção da IFIP – Federação Internacional de Informações e Processamento

Contatos - Prof. S. Rinaldi

Centro Teoria dei Sistemi, CNR, Politecnico

Via Ponzio, 34/5 20133 Milano - Itália

14 a 16 de outubro

Conferência Nacional do Canadá

ONTÁRIO – Canadá

Promoção Environment Canada

Contatos - Chhris Banwell - Waste Management Bland, Environment Canada, Environment Protection Service.
Ottawa, Ontario – Canada - K1 A1 C8

20 a 22 de outubro

Simpósio sobre Geração de Energia e Reciclagem de Materiais a partir do Lixo.

Antuérpia – Bélgica

Promoção da BESWA – Associação dos Diretores de Serviço de Limpeza Pública da Bélgica, sob o patrocínio da ISWA – International Solid Wastes Association.

Contatos - Ir. H. Herreman

47 Volhardingsstraat

B-2020 Antuérpia – Bélgica

28 a 30 de outubro

Simpósio sobre Política de Recuperação de Recursos de Resíduos Sólidos Industriais.

Gatmburg - USA

Promoção - Departamento de Energia do Laboratório Nacional de Oak Ridge

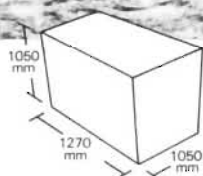
Contatos - J.S. Watson

Oak Ridge National Laboratory

P.O. Box X, Oak Ridge TN 37830 – Estados Unidos

LIXO ENFARDADO

**A SOLUÇÃO
ECONÔMICA**



O lixo enfardado ocupa pouco espaço.
Densidade 1.000 kg/m^3 . É limpo,
prático, fácil de transportar.
Por isso tudo, muito econômico.

A Schuler fornece o que existe de mais
avançado em prensas e equipamentos
auxiliares para processamento do lixo:
a tecnologia Lindemann.

Assim, Schuler apresenta a solução mais
favorável para lixo destinado a aterros via
estações de transbordo.

Pense nisso:
o equivalente a cinco caminhões de lixo
solto, cabe, quando enfardado, num só
caminhão. Comece a reduzir os gastos
com combustível.
Chame a Schuler.

**PRENSAS
SCHULER**
qualidade internacional

PRENSAS SCHULER S.A.
AVENIDA FAGUNDES DE OLIVEIRA, 1515
CEP 09900, DIADÉMA, SP
CAIXA POSTAL 4631 - CEP 01000, SÃO PAULO
TEL. (011) 445-4422
TELEX (011) 4058 - (011) 4417 SHUL-BR

CETESB: CIÊNCIA E TECNOLOGIA PARA MELHORAR A QUALIDADE DE VIDA.



A CETESB — Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental — é uma empresa de criação, desenvolvimento e transferência de tecnologia, no campo do saneamento básico e ambiental. Vinculada à Secretaria de Obras e do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, ela exerce, por delegação do Governo Estadual, o controle de qualidade do meio ambiente — poluição das águas, do ar e do solo — em todo o território do Estado.

Sendo hoje um dos principais centros tecnológicos de saneamento ambiental da América Latina, ela vem prestando uma ampla gama de serviços a órgãos governamentais, companhias de saneamento, firmas de engenharia e consultoria, prefeituras municipais, centros de tecnologia e pesquisa, indústrias, empresas de economia mista e entidades de classe, em todo o território nacional e no Exterior.

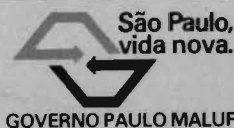
A investigação científica é também uma das prioridades da empresa. A CETESB desenvolve um programa contínuo de estudos e pesquisas sobre poluição, meio ambiente e saúde pública, com vistas ao aperfeiçoamento da tecnologia de saneamento e sua aplicação à realidade brasileira.

Seu compromisso permanente é com o ser humano e com a natureza. Seu objetivo maior é melhorar a qualidade de vida.



CETESB — Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Av. Professor Frederico Hermann Jr., 345 — Alto de Pinheiros — Tel. 210-1100 — Telex (011) 222 - 46 - CTS - BR
CEP 05459 — São Paulo - Brasil

SECRETARIA DE OBRAS E DO MEIO AMBIENTE
Engº WALTER ANTUNES



GOVERNO PAULO MALUF