

ATERRO SANITÁRIO DE VILA ALBERTINA

ARQUIVO TECNICO

701
r8a(RCET)
11132



02001



011132

ANEAMENTO AMBIENTAL



CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
AV. PROF. FREDERICO HERMANN JR., 345 CEP 05489 PINHEIROS
SÃO PAULO - BRASIL

DIRETORIA

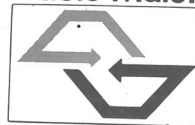
Victor Dittich Leig
Diretor Presidente

Paulo Leite Julião
Diretor Vice-Presidente

ATERRO SANITÁRIO DE VILA ALBERTINA

SOMA
SECRETARIA DE OBRAS
E DO MEIO AMBIENTE
Engº Walter Antunes

Governo
Paulo Maluf



São Paulo
trabalhando.



CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL



DIRETORIA

Victor Didrich Leig
Diretor Presidente

Paulo Leite Julião
Diretor Vice-Presidente

Camal Abdon Salomão Rameh
Diretor de Engenharia e Ação Regional

Carlos Celso do Amaral e Silva
Diretor de Tecnologia e Desenvolvimento

José Rubens Rezende Gonçalves da Motta
Diretor Financeiro

Nelson Nefussi
Diretor de Engenharia do Ar e de Ação Metropolitana

Paulo Lauro Junior
Diretor Administrativo

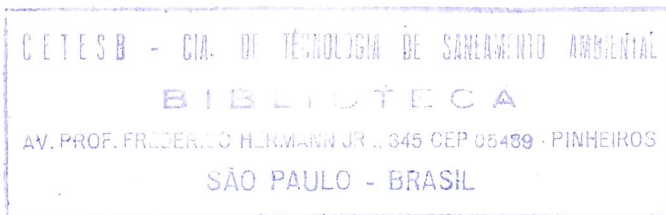
CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
AV. PROF. FREDERICO HERMANN JR., 345 CEP 05489 PINHEIROS
SAO PAULO - BRA IL

ATERRO SANITÁRIO DE VILA ALBERTINA

DIRETORIA DE TECNOLOGIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Engº Werner Eugênio Zulauf



SUPERINTENDÊNCIA DE APOIO TÉCNICO EM

RESÍDUOS SÓLIDOS

Engº Max Arthur Veit

EQUIPE TÉCNICA

Eng.^a Maria Helena de Andrade Orth

Engº Luiz Augusto R. Stellin

Engº Plínio Valente

Engº Pedro Penteado Neto

Tecn. João Antonio Fuzzaro

Tecn. Pedro José Stech

Téc.Quim. Ariovaldo J. Barrotti

Des. José Afonso Moreira Filho

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
1. INTRODUÇÃO	
2. OBJETIVOS DO ESTUDO.....	
3. OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO.....	
4. CARACTERIZAÇÃO DO LÍQUIDO PERCOLADO DE ATERROS.....	11
4.1 - Líquido percolado no aterro sanitário de Vila Albertina.....	11
4.2 - Comparação de parâmetros nos aterros de São Paulo	20
5. PRODUÇÃO DE LÍQUIDO PERCOLADO NO ATERRO SANITÁRIO.....	25
5.1 - Avaliação da produção... ..	25
5.2 - Produção de "chorume" em função da precipitação pluviométrica.....	26
6. CARGA ORGÂNICA DO LÍQUIDO PERCOLADO.....	35
6.1 - Avaliação da carga orgânica.....	35
6.2 - Comportamento da carga orgânica	38
7. ESTUDOS DE ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DO LÍQUIDO PERCOLADO.....	41
7.1 - Formas de tratamento	41
7.2 - Valores esperados de carga orgânica... ..	42
7.3 - Estudos de processos de tratamento aplicáveis ao líquido percolado.....	47



8.	CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	66
9.	BIBLIOGRAFIA.....	70
10.	FOTOGRAFIAS.....	74

1. INTRODUÇÃO.

1. INTRODUÇÃO.

O aterro sanitário em Vila Albertina, de responsabilidade do Departamento de Limpeza Pública da Prefeitura do Município de São Paulo, teve sua operação iniciada em março de 1977.

O local onde o aterro ora se desenvolve era uma antiga pedreira, onde se acumulavam águas de chuva e de infiltração, formando uma lagoa cuja profundidade chegava a atingir 14 m do nível de líquido.

A água dessa lagoa tinha aspecto límpido e era utilizada pela população vizinha para banhos recreativos, o que ocasionou alguns acidentes e mortes por afogamento. Devido a isso, e mais à necessidade de se dispor os resíduos sólidos produzidos pela comunidade, bem como de se recuperar a área, a água da lagoa foi dragada e iniciado o aterramento da pedreira, segundo as técnicas de um aterro sanitário.

2. OBJETIVOS DO ESTUDO.

2. OBJETIVOS DO ESTUDO.

Para a realização de um estudo paralelo ao desenvolvimento do aterro sanitário, a CETESB se propôs a executar os seguintes trabalhos:

- Acompanhamento das obras de execução do aterro sanitário, segundo as condições de trabalho em campo e o ciclo hidrológico;
- Acompanhamento da produção, das características e do grau de contaminação do líquido percolado do lixo, a medida que o terreno estiver sendo aterrado sanitariamente.

Estes estudos, em complementação aos realizados anteriormente nos aterros já existentes, formam um conjunto de informações que serão úteis para melhor compreensão e planejamento de aterros sanitários, principalmente no que diz respeito à produção do líquido percolado, suas características, comportamento, variações e possibilidades de tratamento.

O aterro de Vila Albertina apresenta intensa produção de "chorume" devido, provavelmente, às águas que vertem de frestas na rocha, aliado ao fato de que o aterro está sendo executado em um terreno impermeável (rocha), que impede a dispersão dos líquidos pelo solo.

Face à essa peculiaridade, pode-se considerar que o líquido que está sendo drenado para o poço de captação, e daí bombeado para o exterior, é praticamente todo o "chorume" produzido pelos resíduos ali depositados.

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

3. OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO.

3. OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO.

Para a implantação do aterro, toda a água da lagoa foi bombeada para um córrego existente nas proximidades e cujas águas vão dar no rio Tietê.

O local apresenta, de maneira geral, aspectos positivos para operar-se um aterro sanitário, tais como:

- A facilidade de acesso até os pontos de descarga, utilizando-se a própria via da antiga pedreira;
- O confinamento praticamente total do lixo dentro da cava formada pela extração da rocha;
- A proteção natural de rocha, evitando o espalhamento dos resíduos mais leves pelo vento e a entrada de catadores;
- A proximidade de terra para a cobertura diária do lixo.

Uma das desvantagens é o acúmulo de águas que requer bombeamento constante a fim de não prejudicar a operação do aterro.

O lixo está sendo disposto em células de apro-

ximadamente 4 m de altura e a quantidade diária de lixo aterrada é da ordem de 1.300 t/dia, sendo cerca de dois terços dessa quantidade, constituídos de lixo proveniente da coleta regular e o restante, da remoção feita pelos próprios produtores.

Os drenos são construídos com a colocação de pedra britada em valas escavadas no terreno após cada célula de lixo ser completada. Sua estrutura básica horizontal segue o contorno da pedreira, com linhas radiais que convergem para um poço único, de onde o líquido é bombeado.

A intervalos regulares da rede horizontal de drenagem são colocados os drenos verticais, que consistem de tubos perfurados de concreto de 8" de diâmetro, dentro e fora dos quais são colocadas pedras britadas, com a finalidade de dar vazão aos gases formados no aterro.

A produção dos gases, principalmente metano e dióxido de carbono, denotando processo fermentativo francamente anaeróbio (insuficiência de oxigênio do ar), é intensa e deve-se, em grande parte, à retenção de líquido percolado no fundo do aterro, já que o bombeamento deste não é realizado através do ponto mais baixo da área.

Para as obras do aterro, o equipamento utilizado consiste em uma retro-escavadeira para abertura

dos drenos, dois tratores de esteira do porte aproximado do D6C, com lâminas comuns (retas), para espalhamento e compactação do lixo, uma pá-carregadeira e caminhão basculante para movimentação de terra para a cobertura diária das células.

4. CARACTERIZAÇÃO DO LÍQUIDO PERCOLADO DE ATERROS
SANITÁRIOS.

4. CARACTERIZAÇÃO DO LÍQUIDO PERCOLADO DE ATERROS SANITÁRIOS.

4.1 - Líquido percolado do aterro sanitário de Vila Albertina.

A caracterização do líquido percolado de aterros sanitários torna-se necessária e é feita através da determinação de seus parâmetros físico-químicos e biológicos, os quais permitirão um melhor conhecimento da constituição, origem e potencial poluidor do mesmo.

Como o "chorume" é decorrente da percolação de água através dos resíduos sólidos, carregando partículas sólidas e materiais solúveis existentes no lixo, ou resultantes da ação de microrganismos, procurou-se caracterizar esse líquido quanto:

- À concentração dos resíduos;
- Aos indicadores de matéria orgânica e seu estágio de decomposição (resíduo volátil, DBO, DQO e a série de nitrogênio);
- Ao teor de fósforo - alimento de seres vivos juntamente com o nitrogênio;

- Ao teor de cloretos - traçador de poluição;
- Aos metais pesados mais frequentes - inibidores da ação de microrganismos;
- À presença de tóxicos como o cromo, o cádmio e outros;
- Aos indicadores de microrganismos patogênicos - análise colimétrica .

A seguir, no Quadro I apresentam-se os valores dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos do líquido percolado analisado.

As variações havidas eram esperadas devido a diversos fatores, tais como: a heterogeneidade dos resíduos dispostos; a concentração de resíduos no "chorume", conforme a quantidade de água que percola no aterro, e às próprias condições de meio do aterro, como temperatura, umidade, pH, disponibilidade de alimentos e presença de inibidores, os quais são fatores preponderantes na atividade dos microrganismos.

QUADRO I - EXAMES FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICO PARA CARACTERIZAÇÃO DO LÍQUIDO PERCOLADO DO ATERRO SANITÁRIO DE VILA ALBERTINA .13

PARÂMETRO	UNIDADE	DATA DA COLETA										VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	AMPLITUDE	
		21/07/77	24/08/77	19/10/77	03/11/77	11/11/77	22/11/77	30/11/77	05/12/77							
Temperatura	°C	26	25	30	29	-	29	-	-	-	-	-	28	25	30	5
pH	-	5,9	7,3	6,6	6,8	6,7	-	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	5,5	7,3	1,4
Resíduo Total	mg/l	12.500	10.000	19.800	19.800	19.100	12.900	9.850	11.500	11.500	11.500	11.500	14.431	9.550	19.800	9.950
Resíduo Fixo	mg/l	6.000	6.200	10.400	12.600	9.740	6.800	5.020	5.840	5.840	5.840	5.840	7.825	5.020	12.600	7.580
Resíduo Volátil	mg/l	6.500	3.800	9.410	7.190	10.400	6.100	4.830	5.690	5.690	5.690	5.690	6.740	3.800	10.400	6.600
Resíduo Filtrável	mg/l	10.500	6.900	14.100	9.200	18.600	12.500	9.780	4.530	4.530	4.530	4.530	10.764	4.530	18.600	14.070
Resíduo Não Filtrável	mg/l	2.000	3.130	5.700	10.600	500	421	74	7.000	7.000	7.000	7.000	3.678	74	10.600	10.526
Resíduo Sedimentável	ml/l	53,0	10,0	27,0	7,0	1,7	2,5	62,0	1,0	1,0	1,0	1,0	20,5	1,0	62,0	61,0
Nitrogênio Amoniacoal	mg/l N	427	442	649	760	-	308	545	713	713	713	713	549	308	760	452
Nitrogênio Nitrito	mg/l N	0,000	0,000	0,004	0,000	-	0,010	0,003	0,006	0,006	0,006	0,006	0,003	0,000	0,010	0,010
Nitrogênio Nitrato	mg/l N	0,19	0,81	0,16	0,72	-	1,65	0,41	0,59	0,59	0,59	0,59	0,65	0,16	1,65	1,49
Nitrogênio Kjeldhal	mg/l N	440	559	789	1.050	897	574	546	819	819	819	819	709	440	1.050	610
DBO (5 dias, 20°C)	mg/l	11.100	690 (1)	19.800	10.500	-	15.700	9.200	9.440	9.440	9.440	9.440	10.919	690 (1)	19.800	19.110
DQO	mg/l	19.100	4.380	28.000	19.400	25.100	19.900	14.800	14.200	14.200	14.200	14.200	18.110	4.380	28.000	23.620
Cloroito	mg/l Cl	854	1.070	1.100	11.000	1.500	1.200	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	2.341	854	11.000	10.146
Sulfato	mg/l SO ₄	29	14	148	< 2	43	84	160	82	82	82	82	< 70	< 2	160	> 158
Fósforo Total	mg/l P	-	7,66	14,30	11,50	6,02	4,40	3,70	4,22	4,22	4,22	4,22	7,40	3,70	14,30	10,60
Ferro	mg/l Fe	344	128	348	990	336	337	484	6.000	6.000	6.000	6.000	1.121	128	6.000	5.872
Cobre	mg/l Cu	0,11	0,10	0,42	1,20	0,09	0,08	0,27	0,06	0,06	0,06	0,06	0,29	0,06	1,20	1,14
Chumbo	mg/l Pb	0,30	0,18	0,68	2,30	0,40	0,40	0,80	0,40	0,40	0,40	0,40	0,68	0,18	2,30	2,12
Zinco	mg/l Zn	10,40	3,85	0,50	35,60	6,40	5,20	10,60	-	-	-	-	10,36	0,50	35,60	35,10
Manganês	mg/l Mn	20,40	5,70	0,93	6,16	18,40	26,00	26,00	17,80	17,80	17,80	17,80	15,17	0,93	26,00	25,07
Cádmio	mg/l Cd	0,01	0,02	0,04	0,06	0,04	0,04	0,03	0,20	0,20	0,20	0,20	0,06	0,01	0,20	0,19
Cromo Hexavalente	mg/l Cr	< 0,014	< 0,010	< 0,014	< 0,014	< 0,014	< 0,014	< 0,014	< 0,014	< 0,014	< 0,014	< 0,014	< 0,014	< 0,010	< 0,014	> 0,004
Cromo Total	mg/l Cr	0,86	0,34	1,63	0,06	0,86	0,64	0,90	0,70	0,70	0,70	0,70	0,75	0,06	1,63	1,57
Coliformes Totais	NMP/100 ml	1,7 X 10 ⁸	1,1 X 10 ⁶	230	1,7 X 10 ⁶	-	3,3 X 10 ⁵	5,4 X 10 ⁶	2,3 X 10 ⁶	2,3 X 10 ⁶	2,3 X 10 ⁶	2,3 X 10 ⁶	1,7 X 10 ⁶ *	230	1,7 X 10 ⁸	1,7 X 10 ⁸
Coliformes Fecais	NMP/100 ml	4,9 X 10 ⁷	7,9 X 10 ⁴	49	4,9 X 10 ⁵	-	1,7 X 10 ⁵	4,9 X 10 ⁵	9,4 X 10 ³	9,4 X 10 ³	9,4 X 10 ³	9,4 X 10 ³	1,7 X 10 ⁵ *	49	4,9 X 10 ⁷	4,9 X 10 ⁷

Porém, alguns parâmetros têm um relacionamento entre si, como se procurou constatar no Quadro II.

. MATERIAIS SÓLIDOS.

A medida da quantidade de materiais sólidos presentes no meio, isto é, a sua concentração, é dada pelo teor de resíduo total. A média encontrada foi de 14.431 mg/l, variando de 9.850 a 19.800 mg/l, o que mostra o grau de diluição do "chorume". Se for considerado o valor mais alto em relação ao mais baixo, houve somente uma diluição de 1:2.

O resíduo volátil deve-se, em quase sua totalidade, à matéria orgânica presente e, portanto, esta representa, em média, 47% do total de resíduo.

O resíduo filtrável constituído de partículas menores, íons e colóides é em maior número, ou seja, 75% do total.

. DBO E DQO.

Outras relações observadas foram as existentes entre o teor de matéria orgânica (resíduo volátil) e a Demanda Bioquímica de Oxigê-

QUADRO II - RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE PARÂMETROS NO LÍQUIDO PERCOLADO DO ATERRO DE V. ALBERTINA

DATA DA COLETA	RESÍDUO VOLÁTIL RESÍDUO TOTAL	RESÍDUO FILTRÁVEL RESÍDUO TOTAL	RESÍDUO VOLÁTIL DBO	RESÍDUO VOLÁTIL DQO	NITROGÊNIO TOTAL (2)	NITROGÊNIO AMONIACAL NITROGÊNIO TOTAL	DBO DQO (3)
21/7	0,52	0,84	0,59	0,34	440,2	0,97	0,58
24/8	0,38	0,69	5,51 ⁽¹⁾ *	(1) 0,87	559,8	0,79	(1) 0,16
19/10	0,48	0,71	0,48	0,34	789,2	0,82	0,71
03/11	0,36	0,46	0,68	0,37	1050,7	0,72	0,54
08/11	-	-	-	-	-	-	0,82
10/11	-	-	-	-	-	-	0,64
11/11	0,54	0,97	-	0,41	-	-	-
22/11	0,47	0,97	0,39	0,31	576,7	0,54	0,79
23/11	-	-	-	-	-	-	0,85
24/11	-	-	-	-	-	-	0,92
30/11	0,49	0,99	0,53	0,33	546,4	1,00	0,62
05/12	0,49	0,99	0,60	0,40	819,6	0,87	0,66
MÉDIA	0,47	0,75	0,55	0,36	-	0,82	0,71
DESVIO	0,06	0,23	0,10	0,04	-	0,16	0,13

* Presença de inibidores.

(1) Não incluído na média

(2) Nitrogênio Total = Kjeldahl + Nitrito + Nitrato
Nitrog.Kjeldahl = Orgânico + Amoniacal

(3) Outras Análises de DBO e DQO aparecem no Quadro VI

nio - DBO e a Demanda Química de Oxigênio - DQO.

A DBO é a medida da quantidade de oxigênio necessária para estabilizar biologicamente a matéria orgânica presente numa amostra, após um determinado tempo. As presentes medidas referem-se ao período de 5 dias e à temperatura de 20°C.

Igualmente, a DQO corresponde à quantidade de de oxigênio necessária para oxidar a fração orgânica da amostra, que seja oxidável pelo permanganato ou dicromato de potássio, em solução ácida. A DQO é sempre maior que a DBO, devido à presença de materiais orgânicos mais resistentes à ação biológica, mas oxidáveis quimicamente.

As relações médias obtidas entre os parâmetros mencionados são os seguintes:

- Resíduo Volátil/DBO = 0,55
- Resíduo Volátil/DQO = 0,36

Certamente, devido à DBO ser uma medida da atividade de microrganismos, a primeira relação tem variabilidade maior (desvio/média = $0,10/0,55 = 0,18$) do que a segunda (desvio/média = $0,04/0,36 = 0,11$).

Quando se trata de estudar o líquido percolado como fonte potencial de poluição, o principal indicador encontrado nas análises e efetuadas e que deve ser levado em consideração é a DBO.

No aterro de Vila Albertina foram encontrados valores altos de DBO, de a 9.200 a 19.800 mg/l (valor mínimo de 690 mg/l, porém com presença de inibidores na amostra) e valor médio de 10.919 mg/l. Essa relação de 1:2 entre os valores mínimo e máximo é a mesma observada para a concentração de "chorume" e, portanto, pode-se dizer que a DBO é função dessa concentração.

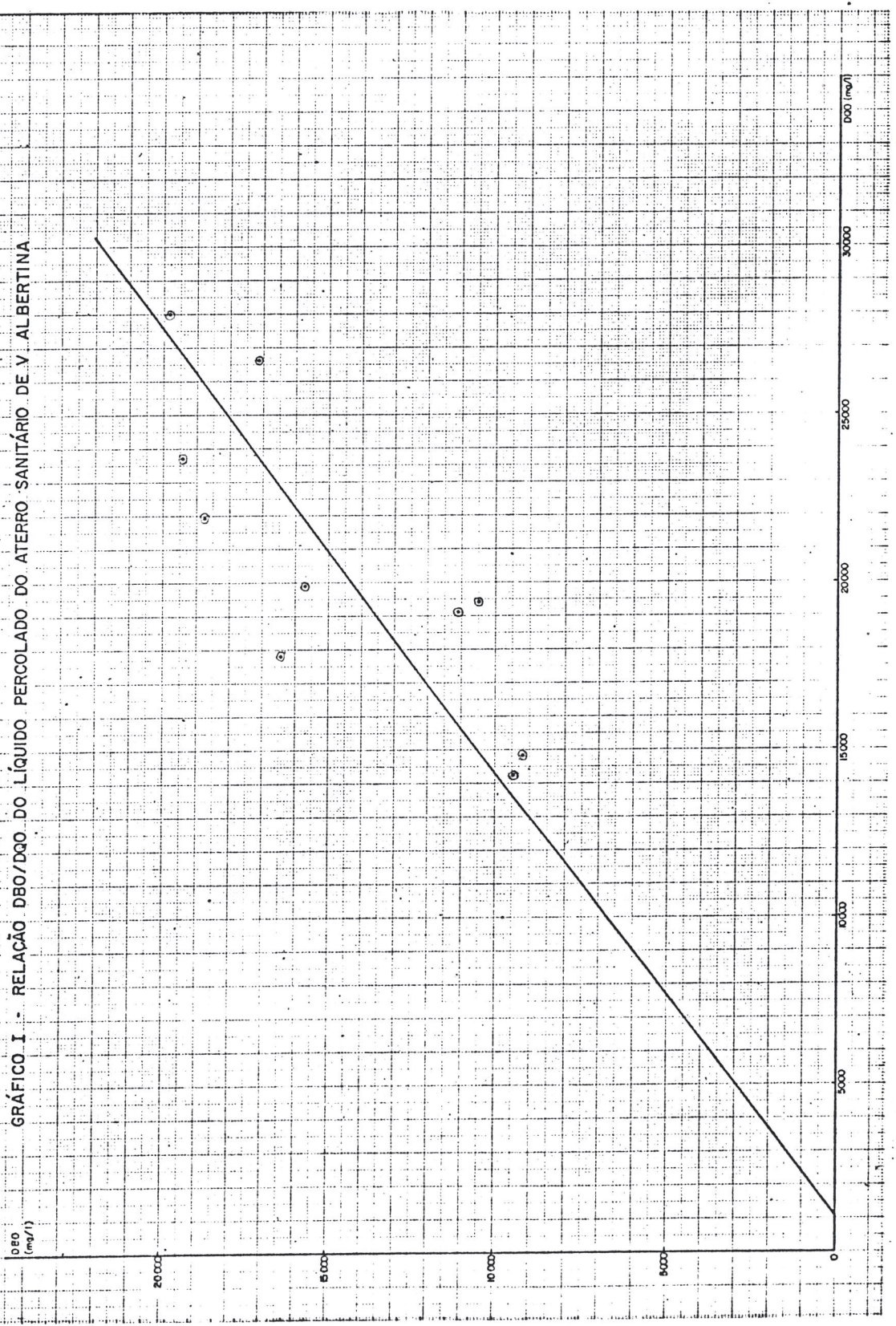
No gráfico I foram relacionados os valores de DBO com os de DQO encontrados e, através de regressão linear, obteve-se a seguinte reta, com coeficiente de determinação $r^2=0,66$:

$$DBO = 0,7553.DQO - 779$$

Extrapolando-se para DBO = 0, encontra-se ainda um valor de 779 mg/l para a DQO. Este valor deve-se, portanto, à fração da matéria orgânica estável biologicamente, nas condições de análise da DBO.

Esses dados obtidos são importantes nos estudos de tratamento do líquido percolado.

GRÁFICO I - RELAÇÃO DBO/DQO DO LÍQUIDO PERCOLADO DO ATERRO SANITÁRIO DE V. ALBERTINA



. COLIFORMES.

Quanto aos microrganismos coliformes, encontrados em todas as análises quase sempre em grande quantidade, são, em sua maior parte, coliformes de origem fecal, encontrados fartamente no meio do lixo, e cuja presença não autoriza concluir quanto à existência de microrganismos patogênicos no seu meio.

. NITROGÊNIO.

Como esperado, o nitrogênio é encontrado principalmente nas formas orgânica e amoniacal, expressos com nitrogênio kjedahl, que é a soma de ambos.

O nitrogênio amoniacal é resultante da decomposição da matéria orgânica e é cerca de 82% do nitrogênio total. Os restantes 18% referem-se a nitrogênio orgânico, pois as demais formas aparecem em quantidades desprezíveis. Isto deve-se ao fato de que a oxidação da forma amoniacal à forma nitrito, e desta a nitrato, requer condições não encontráveis no meio analisado, ou seja, a necessidade de alta concentração de oxigênio.

. CLORETOS.

Os cloretos apresentam-se em grande quantidade, com valores que vão de 854 a 11.000 mg/l, sendo a média de 2.341 mg/l.

O íon cloreto, advindo principalmente do cloreto de sódio (sal de cozinha), serve para a detecção de poluição do solo por esgotos (como o "chorume") devido ao fato dele não ser absorvido pelas formações do solo nem ser alterado por processos biológicos.

. METAIS.

Dos metais analisados, o ferro apareceu em maior quantidade: 1.121 mg/l.

4.2 - Comparação de parâmetros do líquido percolado produzido nos aterros de São Paulo.

Dos estudos realizados anteriormente nos aterros sanitários de Engenheiro Goulart, Via Raposo Tavares (km 14,5) e Pedreira da CIT, têm-se as médias dos parâmetros analisados, bem como os valores mínimos e máximos, mostrados no Quadro III, em comparação aos obtidos para

QUADRO III - COMPARAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICOS DE LÍQUIDOS PERCOLADOS DOS ATERROS SANITÁRIOS DE SÃO PAULO

ATERRO SANITÁRIO

PARÂMETRO	UNIDADE	V. ALBERTINA			ENG. GOULART			RAPOSO TAVARES Km 14,5			PEDREIRA CIT			GERAL		
		MÍNIMO	MÉDIO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIO	MÁXIMO
pH	-	5,9	6,6 *	7,3	-	-	-	8,4	8,5 *	8,7	7,2	7,2*	7,3	5,9	8,7	2,8
Resíduo Total	mg/l	9 850	14431	19800	3 100	3 155	3 200	15900	18709	21400	11800	16575	26300	3 100	26300	23200
Resíduo Fixo	mg/l	5020	7825	12600	270	1 646	3 270	11500	12967	15100	7500	8815	10900	270	15100	14830
Resíduo Volat.	mg/l	3800	6740	10400	248	1 715	3 505	3680	5769	9700	4100	7793	15400	248	15400	15152
Res.Filtrável	mg/l	4530	10764	18600	511	3 106	6 442	15000	18701	21100	10400	14975	24500	511	24500	23989
Res.Não Filtr.	mg/l	74	3678	10600	32	249	816	44	178	330	1170	1610	1830	32	10600	10568
Res.Sediment.	ml/l	1,0	20,5	62,0	<0,1	<1,3	5,0	<0,1	<0,5	1,2	1,5	4,3	8,0	<0,1	62,0	>61,9
Nitr.Amoniacal	mg/lN	308	549	760	6	75	175	2280	2564	2900	818	881	950	6	2900	2894
Nitr.Nitrato	mg/lN	0,000	0,003	0,010	0,000	0,020	0,040	-	-	-	-	-	-	0,000	0,040	0,040
Nitr.Nitrato	mg/lN	0,16	0,65	1,65	0,03	0,13	0,32	1,74	2,24	2,74	-	5,53	-	0,03	5,53	5,50
Nitr.Kjedhal	mg/lN	440	709	1050	15	127	275	2430	2729	3140	940	1003	1100	15	3140	3125
DBO(5 dias, 20°C)	mg/l	690	10919	19800	480	3738	7700	7000	13890	2270	3260	3675	4020	480	19800	19320
DQO	mg/l	4380	18110	28000	966	5836	12500	6080	6671	7640	6500	7163	8100	966	28000	27034
Cloreto	mg/lCl	854	2341	11000	50	311	550	60	138	180	1450	1530	1650	50	11000	10950
Sulfato	mg/lSO ₄	<2	<70	160	0	33	106	1100	1223	1490	800	1178	1800	0	1800	1800
Fósforo Total	mg/l P	3,70	7,40	14,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,70	14,30	10,60
Ferro	mg/lFe	128	1121	6000	0,2	84,4	234,0	15,2	20,1	24,6	61,0	93,3	155,0	0,2	6000	6000
Cobre	mg/lCu	0,06	0,29	1,20	<0,01	0,05	0,19	0,14	0,28	0,67	0,09	0,14	0,21	<0,01	1,20	>1,19
Chumbo	mg/lPb	0,18	0,68	2,30	0,00	0,09	0,22	0,30	0,44	0,50	0,30	0,58	0,90	0,00	2,30	2,30
Zinco	mg/lZn	0,50	10,36	35,60	0,12	2,33	9,40	0,72	1,03	1,50	3,20	6,25	9,00	0,12	35,60	35,48
Manganes	mg/lMn	0,93	15,17	26,00	0,61	4,19	11,00	0,09	0,21	0,32	0,95	2,43	3,76	0,09	26,00	25,91
Cádmio	mg/lCd	0,01	0,06	0,20	0,00	0,01	0,02	-	-	-	-	-	-	0,00	0,20	0,20
Cromo Hexav.	mg/lCr	<0,010	<0,014	<0,014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	>0,014	>0,014
Cromo Total	mg/lCr	0,06	0,75	1,63	0,00	0,35	3,85	0,80	0,97	1,15	0,30	0,41	0,48	0,00	3,85	3,85
Colif.Totais	MP/100ml	230	1,7x10 ⁶	1,7x10 ⁸	-	-	-	4,9x10 ³	2,3x10 ⁵	7,9x10 ⁶	1,4x10 ⁵	1,6x10 ⁶	2,4x10 ⁷	230	1,7x10 ⁸	1,7x10 ⁸
Colif.Fecais	MP/100ml	49	1,7x10 ⁵	4,9x10 ⁷	-	-	-	140	3,3x10 ⁴	3,3x10 ⁶	1,4x10 ⁵	1,2x10 ⁶	2,4x10 ⁷	49	4,9x10 ⁷	4,9x10 ⁷

(*) Valor mediano
(1) Presença provável de inibidores.

A DQO, que tem um comportamento mais homogêneo, segue o mesmo raciocínio do realizado para a DBO.

No mais, a estrutura dos demais parâmetros segue enfoque semelhante ao realizado no item anterior, para o caso de Vila Albertina.

5. PRODUÇÃO DE LÍQUIDO PERCOLADO NO ATERRO SANITÁRIO.

5.1 - Avaliação da produção.

Para ser quantificada a produção de líquido percolado do aterro, foi construído um medidor de vazão, do tipo vertedor triangular, e instalado à saída da tubulação de recalque da bomba.

A metodologia utilizada nas medições foi a de se deixar o "chorume" acumulando no poço de recepção (confluência dos drenos do aterro) de um dia para o outro, após o que realizava-se o seu bombeamento para o vertedor, onde eram medidos os níveis de líquido em régua graduada, tomando-se o cuidado de se observarem as variações ocorridas.

Posteriormente, no tratamento dos dados, essas leituras serviram para os cálculos das vazões instantâneas, as quais, integradas ao longo do tempo, total de bombeamento, forneceram o volume de líquido bombeado e que se considerou como sendo a produção durante o tempo de acumulação assinalado.

As medições seguiram parcialmente um programa pré-estabelecido, não o sendo integralmente devido a problemas técnicos surgidos, como quebras do sistema de bombeamento.

No Gráfico II é apresentada a curva de calibração do vertedor, tendo sido utilizada a fórmula de "Michigan University", com a vazão Q (l/s) sendo dada em função do nível h (m) de líquido no vertedor: " $Q = 1.350 h^{2,47}$ ".

A unidade de produção do "chorume" considerada foi "litros/dia", isto é, os resultados de volumes obtidos no tempo assinalado foram extrapolados para o período de 24 horas.

O Quadro IV é um demonstrativo das medições efetuadas e dos resultados obtidos.

5.2 - Produção de "chorume" em função da precipitação pluviométrica.

É certo que as chuvas que caem na área do aterro fazem com que a produção de lixívia aumente, seja pela precipitação direta sobre os resíduos depositados, seja pelo aumento da infiltração através de fendas na rocha, como ocorre em Vila Albertina.

GRÁFICO II - CURVA DE CALIBRAÇÃO DO VERTEDOR TRIANGULAR

$$Q = 1350 h^{2,47}$$

(l/s) (m)

VAZÃO (l/s)

40

30

20

10

0

5

10

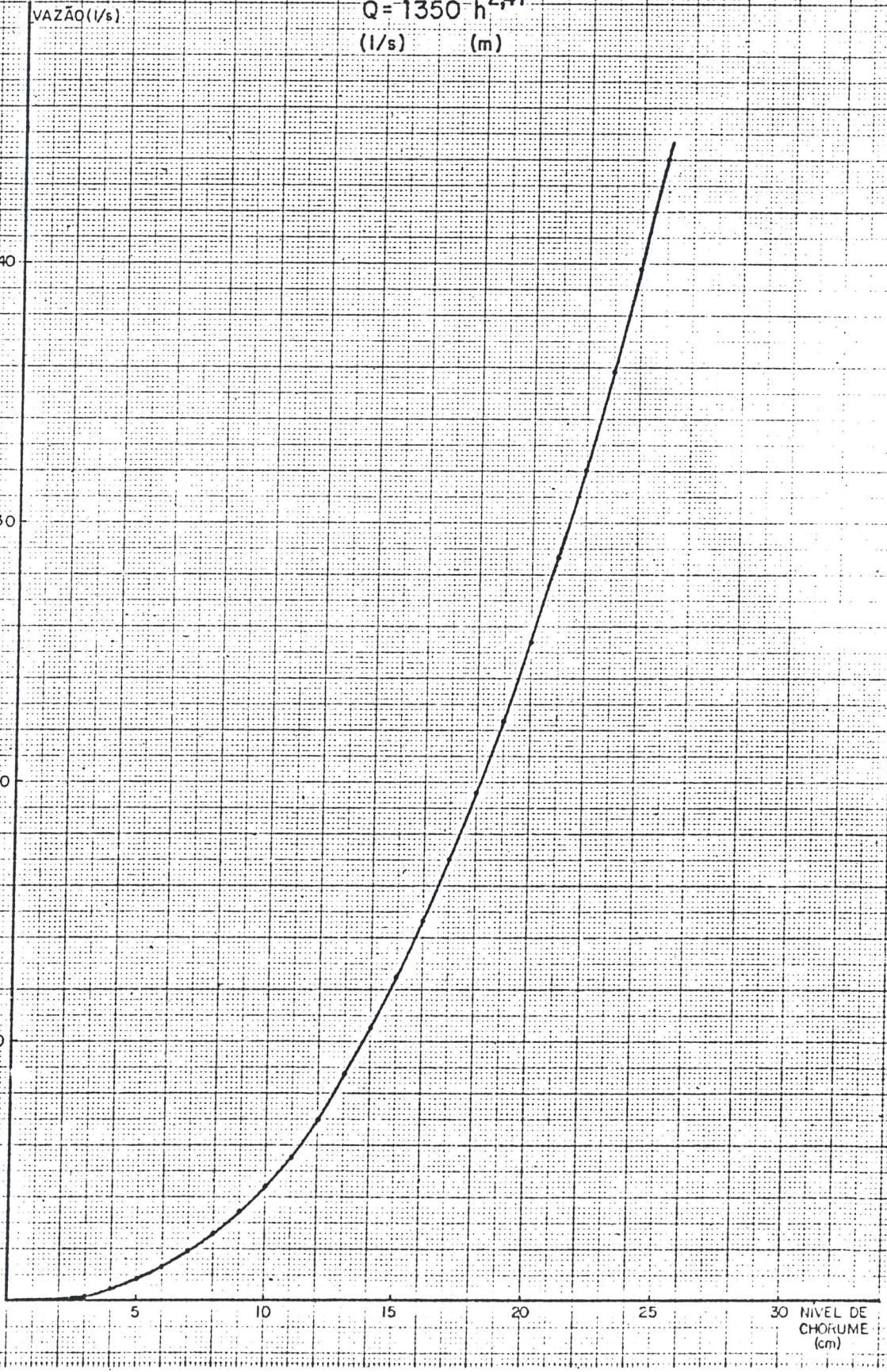
15

20

25

30

NIVEL DE CHORUME (cm)



QUADRO IV - PRODUÇÃO DE LÍQUIDO PERCOLADO NO ATERRO SANITÁRIO DE V. ALBERTINA

DATA DE MEDIDAS DE VAZÃO	TEMPO DE BOMBEAMENTO (s)	VOLUME BOMBEADO(I)	VAZÃO MÉDIA DA BOMBA (l/s)	TEMPO DE ACUMULAÇÃO DE CHORUME (h)	PRODUÇÃO AVALIADA DE CHORUME EM 24h (l/dia)
01.09.77	3 600	50 386	14	13	93 020
06.09.77	-	-	-	-	-
08.09.77	10 860	271 275	25	25	260 424
09.09.77	5 220	109 323	21	24	109 323
16.09.77	-	-	-	-	-
21.09.77	2 370	69 917	29	23	72 957
19.10.77	1 410	16 006	11	7	54 878
20.10.77	2 865	38 123	13	18	50 830
21.10.77	6 550	65 329	10	29	54 065
07.11.77	-	-	-	-	-
08.11.77	3 300	34 788	10	24	34 788
09.11.77	-	-	-	-	-
10.11.77	3 600	45 545	13	44	24 843
11.11.77	5 280	44 507	8	24	44 507
21.11.77	-	-	-	-	-
22.11.77	4 500	62 795	14	16	94 192
23.11.77	4 500	51 329	11	16	76 994
24.11.77	2 400	50 137	21	16	75 206

Observação: Nos dias 06 e 16/9 e 07 e 09/11 não foram efetuadas medidas devido a problemas técnicos.

Tentou-se relacionar o volume produzido de "chorume" com a quantidade de chuvas precipitadas. Para isso, tomaram-se como base as alturas pluviométricas ocorridas no posto pluviométrico de Santana - Zona 1.^a A - cujo pluviômetro é próximo ao aterro sanitário em questão.

Admitiu-se, portanto, que estes índices tenham relativa valia para a área da pedreira onde se confina o lixo. Porém, sabe-se de antemão que existem aproximações, principalmente, devido ao fato das chuvas nunca se distribuírem uniformemente em toda a área de precipitação, bem como, ao fato de que há chuvas que caem só na pedreira e não no posto pluviométrico, e vice-versa, principalmente quando a precipitação é pouca.

No Quadro V, encontra-se a comparação do volume de "chorume" produzido com as alturas pluviométricas ocorridas no dia da medição e em dois dias antecedentes (essas leituras são lidas às 7:00 horas da manhã, diariamente).

Especial cuidado deve ser tomado na manipulação desses dados, já que, como foi dito, o "chorume" é acumulado a partir de um dia para ser bombeado no seguinte.

Assim sendo, na quarta coluna desse qua-

QUADRO V - COMPARAÇÃO ENTRE PRODUÇÃO DE "CHORUME" E ALTURA PLUVIOMÉTRICA

DATA	PRODUÇÃO DE CHORUME (l/dia)	ALTURA PLUVIOMÉTRICA (mm)	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DURANTE ACUMULAÇÃO DO "CHORUME" (mm)
30/08	-	*	-
31/08	-	*	-
01/09	93 020	0,0	-
06/09	-	3,1	-
07/09	-	29,6	-
08/09	260 424	16,0	45,6
09/09	109 323	0,0	16,0
19/09	-	10,5	-
20/09	-	0,0	-
21/09	72 957	1,7	1,7
17/10	-	3,3	-
18/10	-	2,8	-
19/10	54 878	0,0	2,8
20/10	50 830	0,0	0,0
21/10	54 065	0,0	0,0
06/11	-	0,0	-
07/11	-	5,0	-
08/11	34 788	0,0	5,0
09/11	-	0,0	-
10/11	24 843	1,8	1,8
11/11	44 507	0,0	1,8
20/11	-	0,0	-
21/11	-	0,8	-
22/11	94 192	0,4	1,2
23/11	76 994	1,2	1,6
24/11	75 206	0,0	1,2

* Leitura não observada.

dro foram somados os índices de dois dias e o número obtido foi considerado representativo da medida da precipitação pluviométrica durante a acumulação de líquido percolado do aterro.

O Gráfico III demonstra a relação existente entre o volume produzido de "chorume" e esse índice obtido.

Infelizmente, devido ao ano de 1977 ter sido de estiagem, somente em dois dias de medição de volume, esses índices foram superiores a 5,0 mm. Mesmo assim, observa-se relativa proporcionalidade entre os dois parâmetros plotados em gráfico.

Da regressão linear, obteve-se a seguinte relação, com coeficiente de determinação $r^2 = 0,87$:

$$PC = 4433,8 \times PP + 50.339$$

onde: PC = produção de "chorume" (l/dia)

PP = precipitação pluviométrica (mm).

Assim, para dias sem chuva (PP = 0), o volume de "chorume" esperado deve ser PC = 50.339 l/dia.

Também, para precipitações até 5,0 mm, as

médias calculadas foram:

PC = 58.326 l/dia e desvio padrão =
= 21.307 l/dia;

PP = 1,7 mm e desvio padrão = 1,4 mm.

Se considerarmos a produção de 50.339 l/dia decorrentes de cerca de 1.300 t/dia disposta no aterro, pode-se, a grosso modo, obter a taxa de 39 litros de "chorume" por tonelada de lixo, válido exclusivamente para este caso de Vila Albertina.

Em outros aterros, que tem condições diferentes de operação e localização, as taxas esperadas devem ser diferentes e, muito provavelmente, ter valores bem inferiores a 39 litros de "chorume" por tonelada de lixo disposta. Essa informação é importante no planejamento de futuros aterros sanitários.

TABELA nº 5.2 - PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICAS DO "CHORUME" AFLUENTE À LAGOA PILOTO

ANÁLISE	UNIDADE	DATA														
		05/12/77	16/12/77	02/01/78	09/01/78	16/01/78	23/01/78	30/01/78	09/02/78	16/02/78	23/02/78	02/03/78	20/03/78	05/04/78		
PH	-	6,8	6,9	7,1	7,3	7,3	-	7,1	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,9	7,6
TEMPERATURA	°C	25	26	24	25	23	25	26	23	24	24	24	24	24	24	-
NITROGÊNIO AMONÍACAL	mg/l N	212	197	52,1	21,2	95,2	97,2	56,4	100,0	52,8	41,4	57,1	16,2	7,6	-	-
NITROGÊNIO NITRITO	mg/l N	0,005	0,003	0,006	<0,01	0,002	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NITROGÊNIO NITRATO	mg/l N	0,34	0,30	0,28	0,16	0,23	0,18	0,21	0,16	0,23	0,17	0,17	0,04	0,05	-	-
NITROGÊNIO TOTAL	mg/l N	231	211	99,3	21,6	96,75	110,3	62,5	118,0	54,7	112,0	153,0	22,4	1,62	-	-
RESÍDUO TOTAL	mg/l	4,4.10 ³		1,9.10 ³		1,9.10 ³		2,08.10 ³		1,60.10 ³		1,40.10 ³	1,40.10 ³	1,40.10 ³	1,40.10 ³	1,40.10 ³
RESÍDUO FIXO	mg/l	2,32.10 ³		1,3.10 ³		1,2.10 ³		1,40.10 ³		1,10.10 ³		1,0.10 ³	1,0.10 ³	1,0.10 ³	1,0.10 ³	1,0.10 ³
RESÍDUO VOLÁTIL	mg/l	2,09.10 ³		600		700		676		472		364	328	328	328	328
RESÍDUO FILTRÁVEL	mg/l	3,41.10 ³		1,78.10 ³		1,8.10 ³		2,02.10 ³		1,50.10 ³		1,30.10 ³	1,30.10 ³	1,30.10 ³	1,30.10 ³	1,30.10 ³
RESÍDUO NÃO FILTRÁVEL	mg/l	957		116		91		61		95		61	15	15	15	15
RESÍDUO SEDIMENTÁVEL	ml/l	3,0		0,3		<0,1		0,1		0,2		0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
CLORETO	mg/l Cl	375		223		278		352		256		316	316	316	316	316
SULFATO	mg/l SO ₄	<2		<2		<2		<2		<2		<2	<2	<2	<2	<2
FERRO	mg/l Fe	1,43.10 ³		14,0		14,8		15,2		5,7		16	16	16	16	16
COBRE	mg/l Cu	0,03		0,02		0,01		0,008		<0,002		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
CHUMBO	mg/l Pb	0,10		0,04		0,04		0,06		0,10		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
ZINCO	mg/l Zn	-		0,13		-		-		0,08		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
MANGANÊS	mg/l Mn	5,40		2,35		2,52		2,60		2,30		1,82	1,82	1,82	1,82	1,82
CROMO HEXAVALENTE	mg/l Cr	<0,014		<0,014		<0,010		<0,010		<0,018		<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018
CROMO TOTAL	mg/l Cr	0,18		0,06		0,05		0,06		0,065		0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
CÁDmio	mg/l Cd	-		0,005		0,09		0,01		<0,002		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
FÓSFORO TOTAL	mg/l P	0,87	0,48	0,272	0,285	0,302	0,163	0,364	0,335	0,364	0,350	0,353	0,22	0,22	0,22	0,22
D. B. O	mg/l	3,68.10 ³	1,57.10 ³	1,32.10 ³	1,15.10 ³	892	993	106	564	468	533	533	160	160	160	160
D. O. O	mg/l	4,84.10 ³	5,49.10 ³	1,62.10 ³	1,51.10 ³	1,19.10 ³	1,27.10 ³	1,06.10 ³	746	530	526	526	135	135	135	135
COLIFORMES TOTAIS	NMP/100 ml	3,3.10 ⁵		1,1.10 ⁵		7,9.10 ⁴		1,30.10 ⁵		4,6.10 ⁴		7,7.10 ⁴	1,3.10 ⁵	1,3.10 ⁵	1,3.10 ⁵	1,3.10 ⁵
COLIFORMES FECALIS	NMP/100 ml	4,2.10 ⁴		7,9.10 ³		1,7.10 ³		130		110		50	50	50	50	50

6. CARGA ORGÂNICA DO LÍQUIDO PERCOLADO.

6. CARGA ORGÂNICA DO LÍQUIDO PERCOLADO.

6.1 - Avaliação da carga orgânica.

A carga orgânica diária do líquido percolado é o produto entre a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e o correspondente volume produzido, e é dada em "kg de DBO/dia".

O seu conhecimento é necessário para o estudo e dimensionamento de tratamentos por processos biológicos, já que o parâmetro de controle de tratamento escolhido é a DBO.

Esses dados foram obtidos durante as medições de volume efetuadas, colhendo-se amostras de líquido para análises de DBO, e acham-se computados no Quadro VI.

No Gráfico IV foi relacionada a carga orgânica com a produção diária de "chorume", dada pela seguinte equação, obtida de correlação linear, impondo-se à reta passar pelo ponto (0,0) pois, a um volume zero deve corresponder necessariamente uma carga orgânica zero:

$$CO = 0,01718 \times PC$$

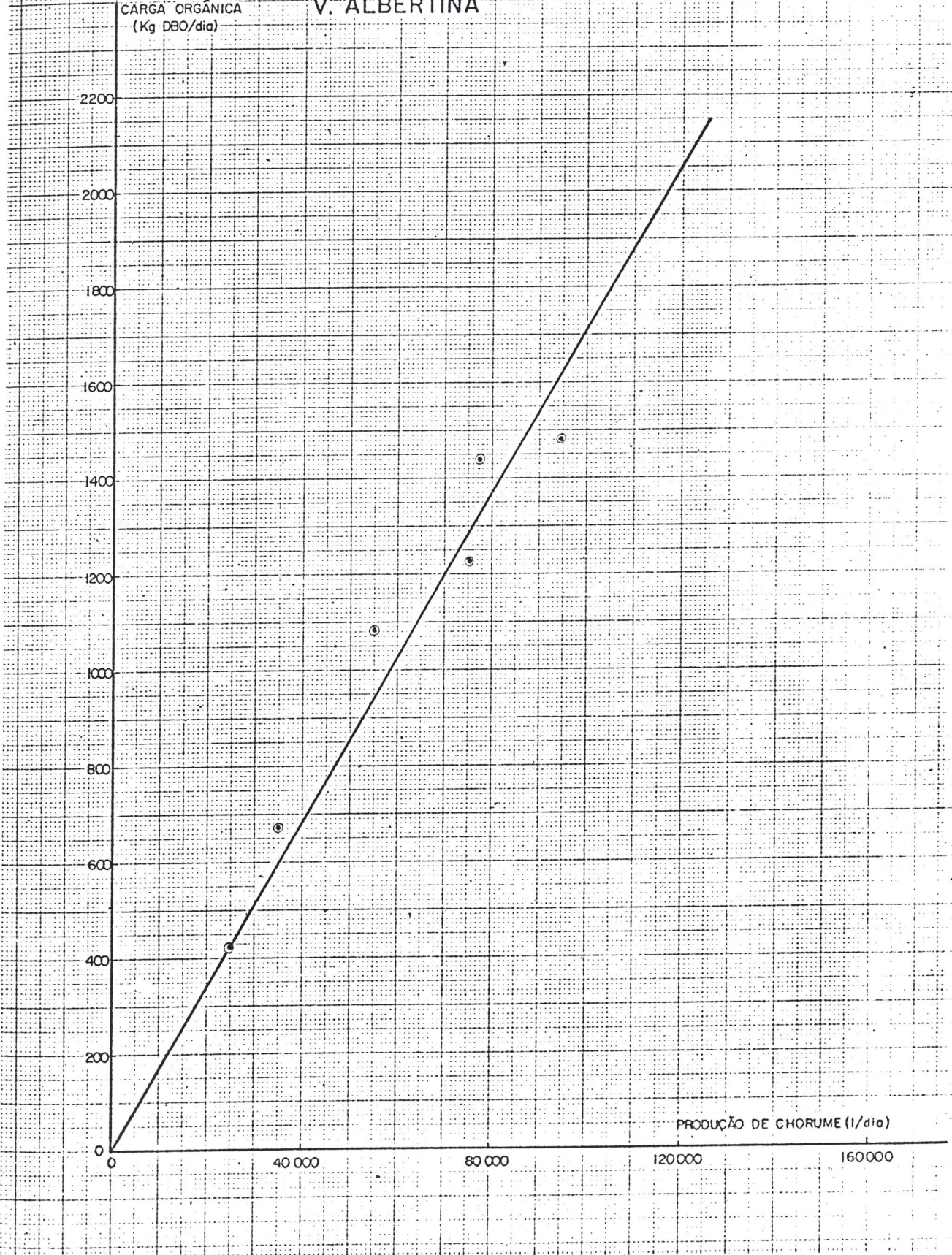
onde: CO = carga orgânica (kg de DBO/dia)

**QUADRO VI - AVALIAÇÃO DA CARGA ORGÂNICA DIÁRIA PRODUZIDO NO ATERRO
SANITÁRIO DE V. ALBERTINA**

DATA	④ PRODUÇÃO DIÁRIA DE CHORUME (l)	⑤ DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (mg/l)	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (mg/l)	RELAÇÃO DBO / DQO	④ x ⑤ CARGA ORGÂNICA DIÁRIA (Kg DBO/dia)
21.07.77	-	11 100	19 100	0,58	-
24.08.77	-	690 *	4 380	0,16	-
01.09.77	93 020	-	-	-	-
08.09.77	260 424	-	-	-	-
09.09.77	109 323	-	-	-	-
21.09.77	72 957	-	-	-	-
19.10.77	54 878	19 800	28 000	0,71	1 087
20.10.77	50 830	-	-	-	-
21.10.77	54 065	-	-	-	-
03.11.77	-	10 500	19 400	0,54	-
08.11.77	34 788	19 400	23 700	0,82	675
10.11.77	24 843	17 100	26 600	0,64	425
11.11.77	44 507	-	25 100	-	-
22.11.77	94 192	15 700	19 900	0,79	1 479
23.11.77	76 994	18 700	21 900	0,85	1 440
24.11.77	75 206	16 400	17 800	0,92	1 233
30.11.77	-	9 200	14 800	0,62	-
05.12.77	-	9 440	14 200	0,66	-
Média	80 463	14 734	20 955	0,70	1 056
Mínimo	24 843	9 200	14 200	0,54	425
Máximo	260 424	19 800	28 000	0,92	1 479

* Presença provável de inibidores. Os valores do dia 24.08 não foram considerados.

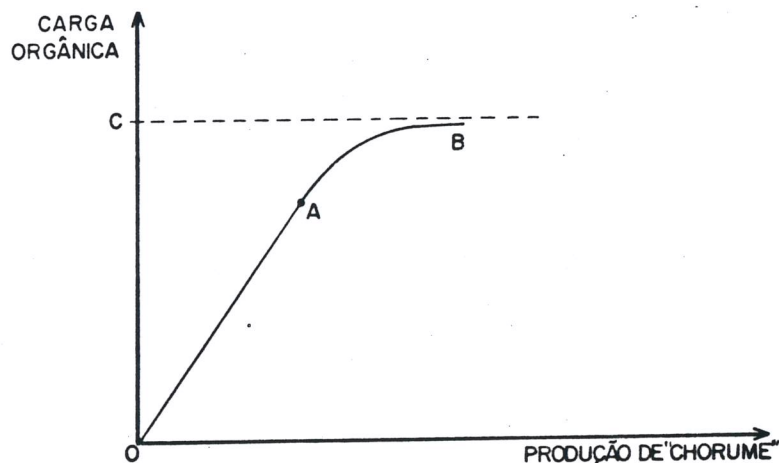
GRÁFICO IV - CARGA ORGÂNICA DIÁRIA EM FUNÇÃO DO VOLUME DE LÍQUIDO PERCOLADO PRODUZIDO NO ATERRO DE V. ALBERTINA



6.2 - Comportamento da carga orgânica.

Era de se esperar que, com a precipitação de chuvas, houvesse uma diluição da DBO do "chorume" que compensasse o aumento de volume de líquido produzido. Porém, das análises efetuadas e do gráfico IV observa-se que tal fato não ocorreu.

Assim, teoricamente, pode-se concluir o seguinte comportamento.



a) No trecho \overline{OA} (reto):

A queda de chuvas acarreta o aumento no volume, como esperado e constatado nas medidas efetuadas. Essa água "lava" o aterro, lixiviando materiais, incluindo matéria orgânica que contribui para a DBO, com conseqüente aumento proporcional na carga orgânica;

b) Trecho \overline{AB} :

A partir do ponto A, a maior parte das partículas que constituem o "chorume" já foi "lavada" do aterro, passando, portanto, a haver uma diluição na DBO, o que acarreta a deflexão na curva, tendendo esta a um valor limite (C) da carga orgânica.

Obviamente, o ponto A não foi detectado nas medições realizadas e esses valores no trecho \overline{AB} devem ser muito altos, a ponto de não haver necessidade de serem considerados neste trabalho, pois qualquer cálculo de tratamento baseado nesses valores levaria a resultados superdimensionados e que, na prática, nunca seriam alcançados, tornando o projeto inviável do ponto de vista econômico.

7. ESTUDOS DE ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DO LÍQUIDO PERCOLADO.

7. ESTUDOS DE ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DO LÍQUIDO DO PERCOLADO.

7.1 - Formas de Tratamento.

Para os estudos em questão e, devido às poucas informações existentes nesse campo, o líquido percolado do aterro sanitário de Vila Albertina foi estudado semelhantemente a um esgoto doméstico, o que, de certa forma, está bem próximo da realidade.

Os fatores levados em consideração para os estudos de tratabilidade foram: a eficiência, a economia e a aplicação prática. Assim, dos diversos processos usados nos tratamentos de esgotos domésticos, muitos foram desprezados neste estudo para tratamento do percolado face à própria constituição físico-química analisada desse líquido, que dispensa tais processos ou simplesmente não os admite. Tal é o caso de gradeamentos, decantações primárias, desinfecções e outros.

Devido à altíssima concentração de materiais sólidos no líquido a ser tratado, processos estritamente químicos seriam extremamente onerosos. Assim, procurou-se estudar a aplicação de tratamentos biológicos em mais de uma fa

se de processamento, a fim de melhorar, o quanto possível, a qualidade do efluente.

Do ponto de vista do tratamento biológico, encontrou-se, das análises físico-químicas efetuadas, que a DBO representa em média, 71% da DQO. Isto equivale dizer que, em cinco dias e a 20°C, há uma atividade vital que consome 71% do oxigênio necessário para oxidar toda a matéria orgânica, ou seja, houve intensa atividade biológica.

Tal constatação dirigiu os trabalhos para a linha de tratamento biológico. Assim, dos muitos processos utilizados para tratamento de esgotos domésticos, foram selecionados para estudo os seguintes:

- a) Lagoas de estabilização;
- b) Filtros biológicos;
- c) Filtros intermitentes de areia.

7.2 - Valores esperados de carga orgânica.

Para o estudo de quaisquer tratamentos, em particular do tipo biológico, deve-se levar em conta um valor de carga orgânica do "chorume" a ser tratado e que atenda às exigências de variações ocorridas em seus parâmetros.

A carga orgânica foi definida, em ítem anterior, como sendo o produto da DBO (em kg de DBO/l) pelo volume de líquido (em l/dia). Assim, representa os quilogramas de DBO necessários, por dia, à estabilização biológica desse líquido.

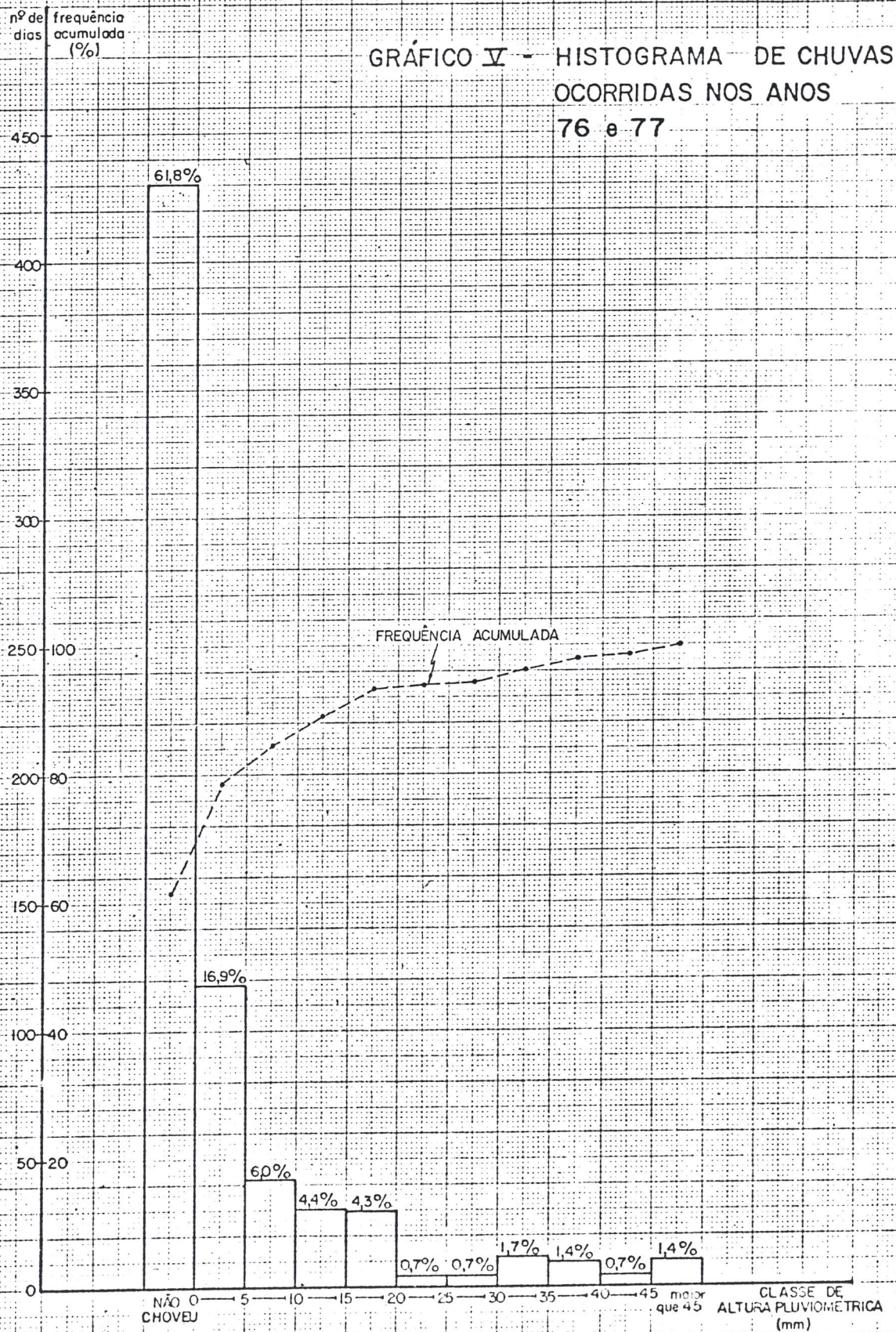
A quantificação desse parâmetro é necessária para o dimensionamento das unidades e pode ser obtida através da análise das alturas pluviométricas registradas nos dois últimos anos (76/77), as quais estão resumidas no histograma apresentado no Gráfico V.

Decorre daí que, dos 700 dias observados, constatou-se que:

- em 431 dias (61,8%) não houve ocorrência de chuvas;
- em 118 dias (16,9%) houve índices entre zero e 5 mm de precipitação pluviométrica;
- em 42 dias (6,0%) houve índices entre 5 e 10 mm.

Portanto, se forem considerados 85% dos dias analisados, pode-se inferir que eles terão um índice de chuvas entre zero e 10 mm. Para este valor limite de 10mm, obtém-se, do Gráfico III, a produção de 95.000 l/dia de "choru

GRÁFICO V - HISTOGRAMA DE CHUVAS OCORRIDAS NOS ANOS 76 e 77



me" no aterro sanitário de Vila Albertina.

Esse valor corresponde à carga orgânica de 1.632 kg de DBO/dia (Gráfico IV), relativa à uma DBO de 17.180 mg/l.

Os parâmetros assim obtidos serão considerados nos dimensionamentos das unidades propostas.

A título de explicação, tomaram-se como base dois ciclos anuais para se ter uma ordem de grandeza da quantidade de "chorume" produzida em um horizonte relativamente curto (3 a 5 anos), e se considerou que esses dois ciclos são mais representativos do que um período mais longo.

A utilização dos valores obtidos leva, portanto, em consideração um fator suficiente de superdimensionamento, prevendo-se os dias de maior produção de líquido percolado no aterro.

Cálculos baseados em valores de produção de líquido percolado abrangendo 100% dos dias levariam a resultados de aplicabilidade prática e custos inexequíveis.

Leve-se em conta também que, com o passar do tempo, deve-se esperar um declínio na produção da carga orgânica decorrente do aterro.

Com a carga orgânica obtida de 1.632 kg DBO/dia e a taxa aceita de produção de esgotos domésticos de 54 g de DBO/dia.habitante, tem-se que o "chorume" produzido é equivalente ao esgoto doméstico de uma cidade de cerca de 30.000 habitantes.

Assim, a unidade de tratamento desse líquido percolado deverá ter o porte de uma estação de tratamento de esgotos para atender essa população.

Outros dados devem também ser considerados neste estudo, ou seja, os valores acima obtidos e que não levam em conta fatores de superdimensionamento, já que os dias sem chuva no ano representam 61,8% do total.

Nesse caso, tem-se:

- Produção esperado de "chorume":
50.000 l/dia;
- Carga orgânica:
859 kg DBO/dia;
- Demanda bioquímica de oxigênio:
17.180 mg/l;

7.3 - Estudos de processos de tratamento aplicáveis ao líquido percolado.

A. Lagoas de Estabilização.

O processo de tratamento de esgotos em lagoas de estabilização consiste em introduzir o líquido a ser tratado (afluente), de características conhecidas, em um corpo de água (lagoa) de dimensões tais que o esgoto tenha um tempo de retenção suficiente para sofrer um tratamento natural, conferindo ao efluente qualidades melhores.

Diz-se que esse tratamento é aeróbio quando se dá em presença de oxigênio do ar. Na ausência deste, o processo é dito anaeróbio.

A aerobiose é difícil de se realizar, preferindo-se o processo facultativo, isto é, uma fase (superfície do líquido) aeróbia e outra anaeróbia.

Pode-se medir a eficiência do processo pela comparação entre as características do afluente e do efluente da lagoa.

Para o tratamento desse líquido em lagoas, optou-se pelo "Sistema Australiano de Lagoas de Estabilização", que consiste na associação de uma lagoa anaeróbia com uma lagoa aeróbia ou facultativa.

Para a escolha desse sistema de tratamento estabeleceram-se as seguintes comparações:

- Caso 1: uma única lagoa anaeróbia;
- Caso 2: uma única lagoa facultativa;
- Caso 3: uma lagoa anaeróbia seguida de uma lagoa facultativa (sistema australiano).

No dimensionamento das unidades de tratamento utilizaram-se, para os cálculos, valores de produção de "chorume" de 95.000 l/dia e 50.000 l/dia e como parâmetro de controle do processo a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

Os dados obtidos são apresentados nos quadros a seguir:

PRODUÇÃO DIÁRIA DE "CHORUME"		95.000 l			
PROCESSO PARÂMETRO	CASO 1:	CASO 2:	CASO 3:		
	LAGOA ANAERÓBIA ÚNICA	LAGOA FACULTATIVA ÚNICA	LAGOA ANAERÓBIA (1.ª FASE)	LAGOA FACULTATIVA (2.ª FASE)	
DBO-AFLUENTE-(mg/l)	17.180	17.180	17.180	8.590	
REDUÇÃO DA DBO-(%)	50	80	50	80	
DBO-EFLUENTE-(mg/l)	8.590	3.436	8.590	1.718	
ÁREA SUPERFICIAL-m ²	665	32.960	665	16.752	
VOLUME DA LAGOA - m ³	950	57.000	950	28.500	

PRODUÇÃO DIÁRIA DE "CHORUME"		50.000 l			
PROCESSO PARÂMETRO	CASO 1:	CASO 2:	CASO 3:		
	LAGOA ANAERÓBIA ÚNICA	LAGOA FACULTATIVA ÚNICA	LAGOA ANAERÓBIA (1.ª FASE)	LAGOA FACULTATIVA (2.ª FASE)	
DBO-AFLUENTE-(mg/l)	17.180	17.180	17.180	8.590	
REDUÇÃO DA DBO-(%)	50	80	50	80	
DBO-EFLUENTE-(mg/l)	8.590	3.436	8.590	1.718	
ÁREA SUPERFICIAL-m ²	392	17.609	392	9.006	
VOLUME DA LAGOA - m ³	500	30.000	500	15.000	

Assim, para o Caso 3, pode-se observar que a DBO = 1.718 mg/l do efluente é duas vezes menor que a DBO = 3.436 mg/l do efluente da lagoa exemplificado no Caso 2, e a área superficial e o volume da lagoa são cerca de duas vezes menores do que do caso 2.

O Caso 1 deve ser descartado devido à alta concentração de matéria orgânica existente no efluente.

A 1.^a fase de processo (lagoa anaeróbica) do "Sistema Australiano" tem a função de proporcionar um pré-tratamento ao líquido, facilitando a 2.^a fase (lagoa facultativa) onde deve haver uma melhoria das condições do efluente. Assim, a carga orgânica do "chorume" sofrerá uma redução esperada de 90%, passando de 1.632 para 163 kg DBO/dia.

A seguir, são apresentados os critérios de cálculos adotados para as lagoas citadas:

a) Lagoa anaeróbica:

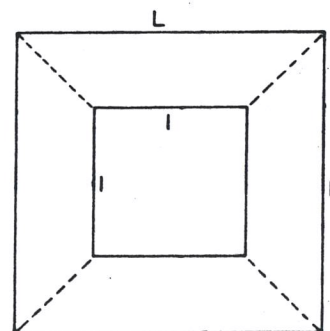
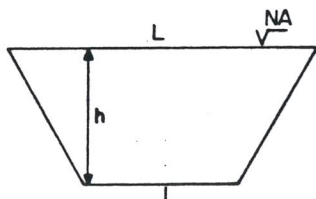
Muito embora sejam fixadas, por diversos autores, taxas de aplicação de carga orgânica por unidade de área superficial da lagoa, como, para este tipo

de lagoa, os fenômenos de estabilização ocorrem sem o concurso de oxigênio dissolvido, considerou-se mais importante o tempo de detenção do líquido a ser tratado no interior da lagoa.

Esse tempo de detenção foi fixado em 10 dias, baseando-se num tempo médio obtido de recomendações de diversos autores. Assim, obtêm-se os volumes das lagoas para ambos os casos em foco, da seguinte maneira:

- 95 m^3 de "chorume"/dia x 10 dias = 950 m^3
- 50 m^3 de "chorume"/dia x 10 dias = 500 m^3 .

Para o cálculo das dimensões do corpo da lagoa, considerou-se o esquema seguinte, com profundidade fixada em 2,0 m e relação 1:2 com taludes laterais:



O quadro a seguir resume as dimensões calculadas:

DIMENSÃO "CHORUME"	95.000 l/dia	50.000 l/dia
ÁREA SUPERIOR (m ²)	665	392
ÁREA INFERIOR (m ²)	316	139
COMPRIMENTO L (m)	25,8	19,8
COMPRIMENTO l (m)	17,8	11,8
PROFUNDIDADE h(m)	2,0	2,0

Pode-se aumentar a profundidade para 3,0 m a fim de se deixar uma revanche de 1,0 m do nível de líquido, aumentando-se consequentemente o comprimento L.

b) Lagoa facultativa:

O critério adotado baseou-se em experiências de Hermann e Gloyna, realizadas durante quatro anos de ensaios em laboratório, em modelos reduzidos e em lagoas piloto (13). Foi utilizada a seguinte equação:

$$D = 3,5 \cdot \frac{Y}{200} \cdot 1,072^{(35 - T)}$$

onde: D = tempo de detenção (dias)

T = temperatura (°C)

Y = DBO (mg/l)

Como exemplo de cálculo, considere-se a lagoa facultativa apresentada no Caso 3, adotando-se para a temperatura o valor médio de 25°C para a DBO o valor de 8590mg/l, que é o esperado para o afluente dessa lagoa; tem-se:

$$D = 3,5 \frac{8590}{200} 1,072^{(35-25)}$$

$$D \approx 300 \text{ dias}$$

Logo, o volume da lagoa será:

- 95 m³ de "chorume"/dia x 300 dias =
= 28.500 m³
- 50 m³ de "chorume"/dia x 300 dias =
= 15.000 m³.

Adotando-se o mesmo esquema para lagoa anaeróbia, com relação 1:2 nos taludes e profundidade da lagoa de 1,8m (maior profundidade não é recomendada pelos diversos autores consultados), chega-se às dimensões seguintes:

DIMENSÕES	95.000 l/dia	50.000 l/dia
ÁREA SUPERIOR (m ²)	16.752	9.006
ÁREA INFERIOR (m ²)	14.940	7.691
COMPRIMENTO L (m)	129,4	94,9
COMPRIMENTO l (m)	122,2	87,7
PROFUNDIDADE h(m)	1,8	1,8

Da mesma forma, pode-se aumentar a profundidade para se deixar uma revanche de 1,0 m do nível de líquido.

B. Filtros Biológicos.

Filtros biológicos são unidades de tratamento cuja finalidade é propiciar um intenso contato entre o líquido a ser tratado e os microrganismos responsáveis por esse tratamento e que estão dispersos por uma grande área superficial.

Essa área é obtida pela formação de um leito de pedra britada (nº4), em cujo meio, e devido à passagem constante do "chorume", existem condições favoráveis ao crescimento desses microrganismos, cuja fonte de alimentos é o pró-

prio líquido percolado que circula pelo filtro.

Nessas unidades, os organismos responsáveis pela depuração do líquido a ser tratado realizam a função de transformar substâncias não decantáveis, coloidais e dissolvidas em sólidos estáveis e facilmente decantáveis. Seu funcionamento está condicionado à capacidade dos microrganismos de removerem a matéria orgânica contida no líquido a ser tratado, o que é realizado através do fenômeno da adsorção provocada pela película ativa aderida ao meio filtrante.

Para o dimensionamento da unidade foram considerados dois casos, a saber:

CASO 1: um único filtro biológico constituindo a unidade de tratamento do líquido percolado do aterro;

CASO 2: um filtro biológico para processamento do efluente de uma lagoa anaeróbia (calculada no item anterior), constituindo ambos a unidade de tratamento.

A eficiência desses filtros, obtidas na bibliografia para esgotos domésticos, varia enormemente de autor para autor. Devido às características do líquido percolado dos aterros levar à conclusão de boa tratabilidade biológica, foi considerada aqui a eficiência de 80% aceitável, para efeito de comparação com lagoas facultativas.

Os resultados de cálculo, estão comparados no quadro seguinte.

Para os critérios de dimensionamento, levou-se em consideração que a capacidade do filtro biológico de processar a matéria orgânica é função da quantidade do líquido lançado e do teor de sólidos orgânicos.

Esses parâmetros são expressos pela:

- carga orgânica específica e;
- carga hidráulica específica.

A carga orgânica específica representa a carga orgânica (já definida anteriormente) que se pode aplicar em uma unidade de volume de filtro biológico e é dada em kg de DBO/m³.dia.

PRODUÇÃO DE "CHORUME"	95 000 l/dia		50 000 l/dia	
	CASO 1: Filtro biológico unicamente	CASO 2: Filtro biológico após lagoa anaeróbia	CASO 1: Filtro biológico unicamente	CASO 2: Filtro biológico após lagoa anaeróbia
PROCESSO				
PARÂMETRO				
DBO Afluente (mg/l)	17 180	8 590	17 180	8 590
Redução da DBO (%)	80	80	80	80
DBO Efluente (mg/l)	3 436	1 718	3 436	1 718
Carga Orgânica (kg DBO/dia)	1 632	816	859	430
Volume do Filtro (m ³)	1 632	816	859	430
Área Superficial (m ²)	408	204	215	108
Altura (m)	4,0	4,0	4,0	4,0
Diâmetro (m)	22,8	16,1	16,6	11,7

Da mesma forma, a carga hidráulica específica, dada em $m^3/m^2 \cdot dia$, representa a vazão de líquido a ser tratado que pode ser aplicado em uma unidade de superfície do referido filtro.

Esses parâmetros tem valores determinados e representam a carga máxima que o filtro pode receber, devendo ambos parâmetros terem suas condições satisfeitas.

Das pesquisas bibliográficas realizadas, chegou-se a dois critérios básicos:

CRITÉRIO 1: Segundo Eng^o Max Lothar Hess:

- . carga orgânica específica:
1,0 kg DBO/ $m^3 \cdot dia$
- . carga hidráulica específica:
ca: 20,0 $m^3/m^2 \cdot dia$.

CRITÉRIO 2: Segundo experiências com filtros biológicos realizadas com esgoto na estação de tratamento da Penha (14):

- . carga orgânica específica:
1,72 kg DBO/ $m^3 \cdot dia$

. carga hidráulica específica: $17,4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

Como a carga orgânica a ser aplicada por unidade de volume é mais exigente nos cálculos que a carga hidráulica, será adotado o primeiro critério de dimensionamento visando manter-se um certo fator de segurança. A adoção do segundo critério leva a unidades de tratamento menores.

Quanto à profundidade, ou altura do filtro, os conceitos norte-americanos recomendam aproximadamente 1,5 m, enquanto os técnicos alemães tem adotado valores em torno dos 10,0 m.

Para o caso em questão, serão adotados filtros com alturas fixadas em 4,0m, consideradas de fácil construção.

O formato convencional ao filtro é o cilíndrico, devido à maior facilidade na distribuição do "chorume" pela sua superfície superior.

A seguir, é dado um exemplo de cálculo, para o caso de filtro biológico

único e produção de "chorume" de 95.000 l/dia:

- Vazão de percolado do aterro: 95 m³/dia
- DBO do afluente: 17.180 mg/l
- Carga orgânica: 1.632 kg DBO/dia
- Carga orgânica específica:
1,0 kg DBO/m³.dia
- Volume do filtro: $\frac{1632 \text{ kg DBO/dia}}{1,0 \text{ kg DBO/m}^3 \cdot \text{dia}} = 1632 \text{ m}^3$
- Altura do filtro: 4,0 m
- Área superficial: $\frac{1632 \text{ m}^3}{4 \text{ m}} = 408 \text{ m}^2$
- Diâmetro do filtro: $\sqrt{\frac{4 \times 408 \text{ m}^2}{\pi}} = 22,8 \text{ m}$

Utilizando-se a carga hidráulica específica, tem-se:

- Carga hidráulica específica:
20,0 m³/m².dia
- Área superficial: $\frac{95 \text{ m}^3/\text{dia}}{20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}} = 4,72 \text{ m}^2$

Portanto, os cálculos devem atender às exigências da carga orgânica específica, já que a condição da carga hidráulica específica é automaticamente satisfeita.

Assim, têm-se as dimensões do leito filtrante de pedras britadas (nº 4) para o caso analisado:

- Volume: 1632 m³
- Área superficial: 408 m²
- Altura: 4,0 m
- Diâmetro: 22,8 m.

C. Filtros intermitentes de areia.

Os filtros intermitentes de areia (ou outro material finamente granulado) são leitos preparados de modo especial, de areia, onde são aplicados, sobre suas superfícies, os líquidos a serem tratados e cujos efluentes são coletados por meio de um sistema de drenos inferiores.

Pode ser escavado no solo, sobrepondo-se uma camada de pedra britada nº 1 (que deve envolver os drenos de saída), uma camada de areia com diâmetro médio $\varnothing = 0,25$ mm e uma camada final de areia $\varnothing = 0,45$ mm (conforme esquema).

Sobre esse leito são assentados os tubos de distribuição do líquido a ser

tratado.

Para o dimensionamento, foram levados em consideração os seguintes fatores:

a) Vazão diária de "chorume":
95 m³/dia e 50 m³/dia;

b) Taxa de aplicação superficial :
segundo Babbitt, Harold E. (2), o volume diário de líquido a ser tratado deve ser dividido em duas aplicações diárias, cada uma delas propiciando uma lâmina líquida de aproximadamente 5 cm de altura que deve infiltrar-se na areia em 20 ou 30 minutos.

Baseados nas imposições acima, chegou-se a uma taxa de aplicação superficial de 1.000 m³/ha.dia de líquido percolado.

c) Altura e composição do leito filtrante: os diversos autores tem fixado alturas maiores ou iguais a 0,60 m de areia de granulometria e que variam de 0,20 a 0,45 mm. No caso específico do "chorume", devido à sua alta concentração de sólidos, foi fixada a altura total do leito filtrante em 0,90 m, as-

sim divididos:

- uma camada superior de 0,30 m de areia de granulometria 0,45 mm, que deve reter os materiais mais grosseiros do "chorume";

- uma camada inferior de 0,60 m de areia de granulometria 0,25 mm, cuja função é a de completar o processo de filtração com a retenção dos materiais mais finamente particulados e consequente melhoria das condições do efluente. A espessura maior da camada tem o efeito de propiciar ao líquido que a atravessa um tempo suficiente para que o mesmo sofra um tratamento biológico, antes de ser coletado nos drenos.

A eficiência esperada do filtro intermitente de areia é acima de 90% na redução da DBO.

Segundo os critérios apresentados, obteve-se os resultados seguintes:

PARÂMETRO	PRODUÇÃO DIÁRIA DE "CHORUME"	
	95.000 l	50.000 l
DBO AFLUENTE (mg/l)	17.180	17.180
REDUÇÃO DA DBO (%)	90	90
DBO EFLUENTE (mg/l)	1.718	1.718
ÁREA SUPERFICIAL (m ²)	950	500
VOLUME TOTAL DE AREIA (m ³)	855	450
VOLUME DE AREIA Ø 0,25 (m ³)	285	150
VOLUME DE AREIA Ø 0,45 (m ³)	570	300

Na construção do filtro, os tubos utilizados para distribuição do afluente devem ser do tipo cerâmico perfurado, de ponta e bolsa, com diâmetro de 0,20 m. Deverão ser assentados com declividade de 0,5% (afluente) e 1,0% (drenos), sem rejunta e espaçados um do outro 1,80 m.

As saídas das tubulações devem ser mantidas abertas para permitir uma certa areação do líquido.

8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES.

8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES.

Nos estudos realizados, a grande dificuldade encontrada foi a elevada carga orgânica produzida pelos resíduos sólidos dispostos no aterro sanitário de Vila Albertina.

Essa elevada carga deve-se ao alto teor de matéria bio-degradável existente no líquido percolado, o que se observa pela DBO medida (cerca de 5 vezes maior que a de outros aterros estudados) e também à grande quantidade de "chorume" produzido.

Essas diferenças em relação a outros aterros devem-se provavelmente ao fato de que a área onde o lixo está sendo disposto em Vila Albertina ser uma pedreira, a qual se constitui num sistema fechado onde há um confinamento dos resíduos sólidos dispostos. Isto é, o líquido percolado do aterro fica retido no próprio meio, devido ao solo do aterro ser praticamente impermeável.

Em outros aterros existentes, devido à própria natureza dos solos locais, parte do "chorume" se infiltra no terreno, o que de certa forma constitui-se num tratamento natural desse líquido.

As duas teorias, isto é, a do solo impermeável, que retém todo o líquido percolado do lixo, e a do solo semi-permeável, que permite um determinado grau

de infiltração desse líquido, encontram defensores entre os técnicos ligados ao problema de controle de poluição por resíduos sólidos (segundo Robert Bradley, técnico de poluição por resíduos sólidos na Inglaterra e consultor da CETESB).

Para as condições de São Paulo, onde não há um aproveitamento intenso da água de subsolo, e onde o tratamento do líquido percolado traz as dificuldades apresentadas no presente estudo, o mais recomendável é permitir que o "chorume", ou parte dele infiltre-se diretamente no solo, já que a outra parte é coletada nos drenos do próprio aterro, evitando seja ele acumulado para sofrer um outro tipo de tratamento que é muito mais oneroso.

Naturalmente, chegou-se em todos os métodos estudados, a unidades de tratamento de dimensões acima do esperado para simples aterros sanitários mas, como foi justificado, o líquido percolado produzido no aterro de Vila Albertina tem uma carga poluidora diária equivalente ao esgoto doméstico de uma cidade de 30.000 habitantes e uma produção diária estimada da ordem de 50.339 l.

Obviamente, com esse volume de líquido, o método conhecido de fazer retornar o "chorume" para o aterro, através de um simples bombeamento e aspersão sobre o lixo depositado que vai receber a cobertura diária de terra, torna-se pouco recomendável, fazendo-se, então, necessária uma unidade de

tratamento de porte mais avantajada.

Assim, diante das condições encontradas no aterro de Vila Albertina e entre as alternativas de tratamento estudadas, sugere-se o sistema de filtragem utilizando-se filtros intermitentes de areia, processo esse que se espera traga maior confiabilidade nos resultados de tratamento do líquido percolado do aterro.

Caso esse sistema de filtragem seja adotado, sugere-se a construção inicial de um sistema em escala piloto.

A equipe técnica da CETESB orientará e acompanhará a construção e a operação dos filtros e caso surjam dificuldades, sugerirá a solução mais viável a ser adotada, tendo em vista que tal sistema de tratamento é um sistema pioneiro, ainda não testado nas condições brasileiras e que comportará modificações e reajustes periódicos.

9. BIBLIOGRAFIA.

9. BIBLIOGRAFIA.

- 1) Amaral e Silva, Carlos Celso do. Processos Biológicos - Filtros Biológicos - Lodos Ativados - Aeração Prolongada. in: CETESB/SUBIN/USAID/BNH. Sistemas de Esgotos Sanitários. São Paulo, 1973. Cap. XXII, p. 325 - 339.
- 2) Babbitt, Harold E., Baumann, E. Robert. Filtros de Arena Intermitentes y Otros Filtros. in: Compañía Editorial Continental, S.A. Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Negras. México, 1971. Cap. XXII, p. 609 - 617.
- 3) Babbitt, Harold E., Baumann, E. Robert. La Filtración de las Aguas Negras. in: Compañía Editorial Continental, S.A. "Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Negras" México, 1977. cap. XXI, p. 567 - 608.
- 4) Carrique, Carlos S. Lagunas Anaeróbias. in: INSTITUTO de Ingenieria Sanitaria. Lagunas de Estabilización. Buenos Aires, 1971. Cap. IV, p. 45 - 50.

- 5) Carrique, Carlos S. Lagunas Facultativas. in: INSTITUTO de Ingenieria Sanitaria. Lagunas de Estabilización. Buenos Aires, 1971. cap. V, p. 51 - 58.
- 6) ESTUDO Experimental sobre lagoas de Estabilização para Esgotos Sanitários. São Paulo, FESB/CETESB, s.d. 59 p.
- 7) Hess, Max Lothar. Lagoas Anaeróbias. in: CETESB. Lagoas de Estabilização. São Paulo, 1975. cap. VI, p. 67 - 75.
- 8) Hess, Max Lothar. Lagoas Facultativas. in: CETESB. Lagoas de Estabilização. São Paulo, 1975. cap. VII, p. 77 - 97.
- 9) Jordão, Eduardo Pacheco & Pessoa, Constantino Arruda. Filtração Biológica. in: CETESB. Tratamento de Esgotos Domésticos. São Paulo, 1975. cap. XV, p. 315 - 348.
- 10) Jordão, Eduardo Pacheco & Pessoa, Constantino Arruda. Fossas Sêpticas. in: CETESB. Tratamento de Esgotos Domésticos. São Paulo, 1975. cap. XI, p. 229 - 239.
- 11) Jordão, Eduardo Pacheco & Pessoa, Constantino Arruda. Lagoas de Estabilização. in: CETESB. Tratamento de Esgotos Domésticos. São Paulo, 1975. Cap. XVII, p. 409 - 493.

- 12) Moya, Ignácio L. Critério de Dimensionamiento. in: INSTITUTO de Ingenieria Sanitaria. Lagunas de Estabilización. Buenos Aires, 1971. cap. VI, p. 59 - 72.
- 13) Ortega B., Carlos Hernán. Criterios Racionales de Proyecto. in: CETESB. Lagoas de Estabilização. São Paulo, 1975. cap. IX, p. 127 -142.
- 14) Pessoa, Constantino Arruda, Freitas, Sergio Roberto Werneck de. Pesquisas com Filtros Biológicos. Rio de Janeiro, SURSAN, 1969. 23 p. Trabalho apresentado ao Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, 5ª, Recife, Pe., Julho 1969.
- 15) Povinelli, Jurandy. Processos Econômicos de Tratamento de Águas Residuárias - Lagoas de Estabilização - Lagoas Aeradas - Valores de Oxidação. in: CETESB/SUBIN/USAID/BNH. Sistemas de Esgotos Sanitários. São Paulo, 1973. cap. XXV, p. 389 - 407.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

TABELA nº 5.3 - PARÂMETROS DE CONTROLE DA LAGOA PILOTO

ANÁLISE	DATA		PONTO				PONTO				PONTO			
	UNIDADE		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
PH	-													
TEMPERATURA	°C													
NITROGÊNIO AMONIACAL	mg/l N													
NITROGÊNIO NITRITO	mg/l N													
NITROGÊNIO NITRATO	mg/l N													
NITROGÊNIO TOTAL	mg/l N													
FÓSFORO TOTAL	mg/l P													
D. B. O	mg/l													
D. Q. O	mg/l													

TABELA nº 5.2 - PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICAS DO "CHORUME" AFLUENTE À LAGOA PILOTO

ANÁLISE	DATA		UNIDADE	05.12.77	16.12.77	02.01.78	09.01.78	16.01.78	23.01.78	30.01.78	09.02.78	16.02.78	23.02.78	02.03.78	20.03.78	05.04.78
PH	-	6,8	-	7,1	7,3	7,2	7,3	7,2	-	7,1	7,3	7,3	7,1	7,3	7,9	7,6
TEMPERATURA	°C	25	26	24	25	23	25	23	25	26	23	24	25	24	24	-
NITROGÊNIO AMONÍACAL	mg/lN	212	197	92,1	21,2	95,2	21,2	95,2	97,2	56,4	100,0	52,8	41,4	97,1	16,2	7,6
NITROGÊNIO NÍTRITO	mg/lN	0,005	0,003	0,006	<0,01	0,002	<0,01	0,002	0,00	0,00	0,00	0,002	0,002	0,00	0,003	0,005
NITROGÊNIO NITRATO	mg/lN	0,34	0,30	0,28	0,16	0,23	0,16	0,23	0,18	0,21	0,16	0,23	0,17	0,17	0,04	0,05
NITROGÊNIO TOTAL	mg/lN	231	211	993	21,6	96,5	21,6	96,5	110,3	62,5	118,0	54,7	112,0	183,0	22,4	8,02
RESÍDUO TOTAL	mg/l	4,4.10 ³		1,9.10 ³		1,9.10 ³		1,9.10 ³		2,08.10 ³		1,60.10 ³		1,40.10 ³	510	
RESÍDUO FIXO	mg/l	2,32.10 ³		1,3.10 ³		1,2.10 ³		1,2.10 ³		1,40.10 ³		1,10.10 ³		1,00.10 ³	282	
RESÍDUO VOLÁTIL	mg/l	2,08.10 ³		600		700		700		676		472		364	228	
RESÍDUO FILTRÁVEL	mg/l	3,41.10 ³		1,78.10 ³		1,8.10 ³		1,8.10 ³		2,02.10 ³		1,50.10 ³		1,30.10 ³	495	
RESÍDUO NÃO FILTRÁVEL	mg/l	957		116		81		81		61		95		66	15	
RESÍDUO SEDIMENTÁVEL	ml/l	3,0		0,3		<0,1		<0,1		60,1		0,2		<0,1	5,0	
CLORETO	mg/lCl	375		223		278		278		252		256		236	55,2	
SULFATO	mg/lSO4	<2		<2		<2		<2		<2		<2		20	<2	
FERRO	mg/lFe	1,43.10 ³		14,0		14,8		14,8		16,2		5,7		16	3,12	
COBRE	mg/lCu	0,03		0,02		0,01		0,01		0,008		<0,002		0,01	0,002	
CHUMSO	mg/lPb	0,10		0,04		0,04		0,04		0,06		0,10		<0,02	<0,02	
ZINCO	mg/lZn	-		0,13		-		-		-		0,08		0,05	0,08	
MANGANÊS	mg/lMn	5,40		2,35		2,52		2,52		2,60		2,30		1,84	-	
CROMO HEXAVALENTE	mg/lCr	<0,014		<0,014		<0,018		<0,018		<0,018		<0,018		<0,018	<0,018	
CROMO TOTAL	mg/lCr	0,18		0,06		0,05		0,05		0,06		0,065		0,06	0,026	
CÁDmio	mg/lCd	-		0,005		0,08		0,08		0,01		<0,002		0,02	0,006	
FÓSFORO TOTAL	mg/lP	0,87	0,48	0,272	0,285	0,302	0,285	0,302	0,163	0,364	0,335	0,364	0,359	0,353	0,22	0,22*
D B O	mg/l	3,68.10 ³	1,57.10 ³	1,32.10 ³	1,15.10 ³	892	993	892	993	906	564	468	253	252	190	65
D O O	mg/l	4,04.10 ³	5,49.10 ³	1,62.10 ³	1,51.10 ³	1,19.10 ³	1,27.10 ³	1,19.10 ³	1,27.10 ³	1,06.10 ³	746	530	526	568	335	87
COLIFORMES TOTAIS	NMP/100ml	3,3.10 ⁵		1,1.10 ⁵		7,9.10 ⁴		7,9.10 ⁴		1,30.10 ⁵		4,6.10 ⁴		7,0.10 ³	1,2.10 ⁴	
COLIFORMES FECAIS	NMP/100ml	4,9.10 ⁴		7,9.10 ³		1,7.10 ³		1,7.10 ³		230		110		80	460	

MEMÓRIA TÉCNICA



CONTRATO _____
 ATIVIDADE _____
 ASSUNTO _____

FOLHA _____ DE _____ FOLHAS
 DATA _____
 ENGENHEIRO _____
 CONFERIDO _____

	14.12.79	02.01.80	09.01.80	16.01.80	23.01.80	30.01.80	06.02.80	16.02.80	23.02.80	02.03.80	20.03.80	05.04.80
PH	6,9	211	213	1,2	-	1,1	7,3	7,3	7,1	7,3	7,9	7,6
Temperatura	26	24	25	23	25	26	23	24	25	24	24	-
N.º Análise	197	92,1	212	95,2	99,2	56,4	200,0	52,8	41,4	87,1	16,2	7,6
N.º Difusão	0,003	0,006	<0,01	0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,003	0,005
N.º Difusão	0,30	0,28	0,16	0,23	0,18	0,21	0,16	0,23	0,17	0,17	0,04	0,05
N.º Total	211	993	216	96,5	210,3	62,5	118,0	54,7	112,0	183,0	22,4	8,02
Fórmula Total	0,48	0,272	0,285	0,302	0,163	0,364	0,335	0,364	0,359	0,353	0,220	0,224
DBO	1,59.10 ³	1,32.10 ³	1,15.10 ³	892	993	906	564	468	253	252	190	65
DBO	5,49.10 ³	1,62.10 ³	1,51.10 ³	1,19.10 ³	1,27.10 ³	1,06.10 ³	746	530	526	568	335	87