

ARQUIVO TECNICO

UTILIZAÇÃO DE PROCESSOS COM AERAÇÃO
NATURAL PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA
RESIDUÁRIAS DE ORIGEM PREDOMINANTE
MENTE ORGÂNICA

NOVEMBRO / 82

5311
AL25u(RCET)
037328



28999

037328

AMENTO AMBIENTAL



CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

DIRETORIA DE PESQUISA

SUPERINTENDÊNCIA DE PESQUISAS DE ÁGUA E RESÍDUOS

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA Prof. Dr. Luiz Augusto Garcez
Av. Prof. Frederico H. Pinheiro Junior, 100 - Pinheiros
05489-900 - SÃO PAULO - BRASIL

UTILIZAÇÃO DE PROCESSOS COM AERAÇÃO
NATURAL PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS
RESIDUÁRIAS DE ORIGEM PREDOMINANTE-
MENTE ORGÂNICA

NOVEMBRO/83

CLASS.	
AUTOR.	
TOMBO	037328

5311
AL25u (RCET)
037328

DIRETORIA

Werner Eugênio Zulauf
Diretor-Presidente

Antônio Alves de Almeida
Diretor Administrativo

Fredmar Corrêa
Diretor de Planejamento Ambiental

Nelson Mansour Nabhan
Diretor de Engenharia

Nelson Vieira de Vasconcelos
Diretor de Controle

Paulo Bezerril Júnior
Diretor Financeiro

Samuel Murgel Branco
Diretor de Pesquisa

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho é o Relatório Final da pesquisa:

"UTILIZAÇÃO DE PROCESSOS COM AERAÇÃO NATURAL PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE ORIGEM PREDOMINANTEMENTE ORGÂNICA" , desenvolvido pela Superintendência de Pesquisas de Água e Resíduos da Diretoria de Pesquisa da CETESB, por solicitação da SABESP.

Os trabalhos de campo foram desenvolvidos na ETE - Vila Leopoldina da SABESP.

Este relatório final apresenta informações sobre o assunto, descreve as instalações utilizadas, e apresenta e discute os resultados obtidos no trabalho de campo.

Coordenador e Responsável pela Pesquisa

Engº Pedro Alem Sobrinho (M.Sc, Dr.)

ÍNDICE

	pág.
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	01
2. <u>INFORMAÇÕES ANTERIORES SOBRE UTILIZAÇÃO DE "CAS CATAS PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS ..</u>	03
3. <u>INSTALAÇÕES, SUBSTRATO E METODOLOGIA UTILIZADAS</u>	10
4. <u>RESULTADOS OBTIDOS</u>	15
5. <u>DISCUSSÃO</u>	34
6. <u>CONCLUSÕES</u>	39

1. INTRODUÇÃO

Tendo por objetivo o desenvolvimento de sistemas de tratamento de águas residuárias de baixo custo e levando em consideração algumas informações obtidas em Congressos Brasileiros de Engenharia Sanitária que apresentavam os cascadeamentos (ou escadas) como um processo de razoável eficiência para o tratamento de esgotos, e ainda a existência no Estado de áreas acidentadas, onde a implantação de escadas para o escoamento de águas residuárias seria uma solução adequada, a SABESP se interessou em conhecer a real utilidade do cascadeamento no tratamento de esgotos.

Para tanto a SABESP contratou a CETESB para o desenvolvimento de uma pesquisa sobre a utilização de cascadeamento em escadas para o tratamento de águas residuárias de origem predominantemente orgânica.

A idéia inicial era a de se fazer variar a vazão de esgotos através de escadas existentes no sistema de esgotos de Pinhal ou de Oswaldo Cruz, ambos pertencentes à SABESP, e estudar o efeito do cascadeamento na qualidade dos esgotos, para as diferentes taxas de aplicação por unidade de área de escada, que seriam obtidas para as diferentes vazões aplicadas aos sistemas existentes.

Após visita de inspeção realizadas aos sistemas de esgotos de Pinhal e de Oswaldo Cruz, feita por técnicos da CETESB e SABESP, concluiu-se pela total impossibilidade de se utilizar as escadas existentes nessas cidades para o presente estudo. Em ambos os sistemas era difícil o desvio de apenas uma parte dos esgotos para as escadas, em vista do custo e dificuldades da construção de uma linha auxiliar para o desvio do restante dos esgotos que não seriam encaminhados às escadas existentes.

Em vista desses fatos, a CETESB projetou e a SABESP construiu em sua Estação de Tratamento de Esgotos de Vila Leopoldina, uma escada onde foram desenvolvidos os estudos de campo.

Este relatório, apresenta inicialmente algumas informações sobre a utilização de escadas em tratamento de águas residuárias, existente na literatura ou obtidas por informações pessoais, apresenta o sistema utilizado nos estudos de campo, os resultados obtidos que são discutidos e finalmente as conclusões dos estudos realizados.

2. INFORMAÇÕES ANTERIORES SOBRE UTILIZAÇÃO DE "CASCATAS"
PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

O primeiro trabalho em que apareceu referências sobre o efeito do cascadeamento na qualidade dos esgotos foi apresentado pelo Eng^o Ysnard Machado Ennes, de Minas Gerais no VI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, realizado em São Paulo em janeiro de 1971.

Em 1974, os Engenheiros Vital Balabran e Ysnard Machado Ennes publicaram na revista SANEAMENTO, nº 48, um trabalho com o título "Tratamento de Efluente Industrial de um Laticínio", onde foi utilizado um "bioaerador de cascatas" como parte do tratamento. Ainda neste trabalho, são apresentados resultados de um sistema de "escadas" utilizado no sistema de esgotos da cidade de Santo Antonio do Amparo, em Minas Gerais.

O projeto da escada, do sistema de esgotos da cidade de Santo Antonio do Amparo, com cerca de 5000 habitantes, foi elaborado em 1962 para o Departamento Nacional de Endemias Rurais - DNERu, tendo em vista o grande desnível existente entre o início do emissário e uma lagoa de estabilização. O sistema de escadas constava de 17 lances, com 7 degraus cada lance e com canais ou caixas entre os lances de escadaria. A construção dos degraus foi com placas de cimento amianto do tipo "brise soleil". O objetivo inicial era a aeração dos esgotos.

De acordo com o relato de Balabran e Ennès, desde o início da operação do sistema de Santo Antonio do Amparo, surgiu nas escadas o desenvolvimento de microrganismos, especial

mente algas, no corrugado das placas de cimento amianto. Em discussão baseada em apenas uma amostragem, cujos resultados são apresentados na tabela 1, os citados autores apresentam valores de eficiência obtidas na escada em questão, de 64% para a DBO; 44% para os Sólidos Decantáveis e 33% para os Coliformes.

A nosso ver, os dados da Tabela 1, sendo de apenas uma amostragem e apresentando algumas incoerências, como por exemplo OD nulo no efluente das escadas e remoção de apenas 74 mg/l de DQO para uma remoção de 385 mg/l de DBO, não podem ser considerados como representativos para o cálculo de eficiência de tratamento de esgotos por cascadeamento. As eficiências obtidas para Santo Antonio do Amparo, não devem, portanto, ser consideradas para estimativa de resultados a serem esperados em "escadas" recebendo águas residuárias.

Em relação à utilização do chamado "bioaerador de cascata", que é basicamente uma escada, como parte do sistema de tratamento de um laticínio, essa unidade foi utilizada associada a uma lagoa de estabilização do tipo facultativo, operando com líquido recirculado da lagoa para o "bioaerador de cascata" e retornando à lagoa. Os resultados apresentados por Balabran e Ennês mostraram que após o início de operação do "bioaerador de cascata" a eficiência global do sistema melhorou bastante, porém, não foram apresentados quaisquer dados relativos à eficiência do "bioaerador" individualmente. Surge então a dúvida, se a melhora de eficiência foi causada pelo efeito de aeração obtido no aerador de cascata criando condições aeróbias na lagoa, ou se efetivamente teria havido qualquer efeito biológico na "escada".

TABELA 1 - CASCATAS DE SANTO ANTÔNIO DO AMPARO - RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS - (DA REF. 1)

ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM PARÂMETROS PESQUISADOS	EFLUENTE SANITÁRIO BRUTO	EFLUENTE DA 17ª CAIXA DA CASCATAS
Data da coleta	10.11.70	10.11.70
Hora da coleta	13:10	14:30
Temperatura ambiente °C	26,50	26,80
Temperatura do líquido °C	22,00	27,20
Tempo	Bom e seco	Bom e seco
pH	6,90	7,90
Cor (unid. pt)	130	110
Turbidez	112,80	46,80
Aspecto do líquido	Pardacento	Pardacento
Resultado em mg/l		
Acidez	4,50	1,00
Anidrido carbônico (CO ₂ livre)	3,96	0,88
Alc. de carbono (em CaCO ₃)	nihil	nihil
Alc. de bicarbonato (em CaCO ₃)	120,00	110,50
Alc. de hydr. (em CaCO ₃)	nihil	nihil
Dureza EDTA (em CaCO ₃)	30,00	28,00
Nitrogênio amoniacal	4,57	7,20
Nitrogênio nitroso	nihil	nihil
Nitrogênio nítrico	0,04	0,03
Sulfetos	nihil	nihil
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	6,40	7,45
Fosfatos	nihil	nihil
Cloretos (CL ⁻)	4,00	15,00
Sólidos decantáveis	7,20	4,00
Sólidos totais	663	510
Resíduo fixo	337	260
Resíduo volátil	326	250
Oxigênio consumido (K ₂ Cr ₂ O ₇) - DOO	838,33	764,24
Oxigênio dissolvido	nihil	nihil
DBO	600,00	215,00
Sobrenadantes	Presentes	Presentes
Coliformes - NMP - 100 ml (ensaio confirmatório)	2,4 x 10 ⁸	2,4 x 10 ⁸

No XI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, realizado em setembro de 1981 em Fortaleza, foi apresentado o trabalho "Tratamento de Esgotos Sanitários em Lagoa de Oxidação Precedida de Cascadeamento". Este trabalho, de autoria do Eng^o José Ramos Sobrinho, refere-se ao sistema de tratamento dos esgotos do Conjunto Habitacional Mata da Serra, Município de Serra, E.S., constituído de uma lagoa de estabilização precedida por uma escadaria e o autor afirma que a adoção do processo de cascadeamento permitiu uma redução considerável na área da lagoa. Os resultados da eficiência do sistema apresentados referem-se ao sistema todo, e nenhuma medição de eficiência da "escada" em si havia sido feita. Também, não se tinha qualquer dado de operação da lagoa sem o cascadeamento anterior, para que se pudesse conhecer o efeito desse cascadeamento na redução efetiva da área necessária para a lagoa.

No Estado do Paraná, existem vários sistemas de tratamento de efluentes de laticínios e frigoríficos constituído de "escada de aeração" seguida de lagoa, com recirculação do conteúdo da lagoa para a "escada" de aeração através de bombas. A "escada" tem por objetivo básico a oxigenação dos líquidos, permitindo uma maior taxa de aplicação de carga orgânica nas lagoas. Essas escadas são normalmente de altura de 2 a 3 m e a vazão de recirculação é de cerca de dez vezes a vazão do despejo afluente ao sistema.

Dados obtidos pela Eng^a Tania Gasi junto à SUREHMA, sobre a eficiência do sistema global acima descrito, para alguns laticínios do Paraná são apresentados na Tabela 2. Não existem dados de avaliação de eventual eficiência das escadas, por si, na remoção de poluentes.

TABELA 2 - COMPORTAMENTO DE SISTEMAS COMPOSTOS DE ESCADA DE AERAÇÃO E LAGOAS, COM RECIRCULAÇÃO DE LÍQUIDOS DA LAGOA ATRAVÉS DA ESCADA, PARA ALGUNS LATICÍNIOS DO PARANÁ. (Dados obtidos junto à SUREHMA pela Eng^a Tania Gasi)

Laticínio	Município	Produção	DBO AFLUENTE (mg/l)	DBO EFLUENTE (mg/l)
Mandaguari	Mandaguari	pasteurização manteiga, queijo	1000-1200	340
Rainha	Cascável	pasteurização manteiga, queijo	1000-1200	40
Wittmarsem	Ponta Grossa	pasteurização manteiga, queijo	1000-1200	62 32
União Vitória	União Vitória	posto resfriamento (não tem recirculação)	800	78
Rainha	Cândido Rondon	pasteurização manteiga queijo	1000-1200	350

* estimado conforme a linha de produção

**saída da lagoa

Em março de 1982, a SABESP fez uma amostragem nas duas escadarias, colocadas em série, e por onde se escoam os esgotos da cidade de Oswaldo Cruz. A primeira "escada" tem 35 de graus, com largura de 0,60 m, comprimento de cada degrau de 1,15 m e altura do degrau de 9 cm. A segunda escada tem 40 degraus. A vazão de escoamento foi estimada em cerca de 40 l/s. A distância entre as duas escadas é de cerca de 1500 m.

TABELA 3 - RESULTADOS DE AMOSTRAGEM DOS ESGOTOS REALIZADA PELA SABESP NAS ESCADAS DE OSWALDO CRUZ

PARÂMETRO	ESCADA 1		ESCADA 2	
	Afluen te	Efluen te	Afluen te	Efluen te
Temperatura (°C)	28	28	28	28
pH	6,6	6,7	6,7	6,8
Sólidos Decantáveis (mg/l)	6,0	3,0	6,0	6,5
Sólidos Totais (mg/l)	924	816	957	1016
Sólidos Fixos (mg/l)	322	323	441	524
Sólidos Voláteis (mg/l)	602	493	516	492
Sólidos em Suspensão (mg/l)	485	336	502	602
DBO (mg/l)	440	380	300	420
DQO (mg/l)	750	650	690	640
OD (mg/l)		2,2		1,8
Óleos e Graxas (mg/l)	200	80	80	70

Nos Estados Unidos e Inglaterra, as escadas mereceram atenção apenas para a reaeração de efluentes de estações de tratamento de águas residuárias. A fórmula proposta por Barret para se determinar a altura total de queda para se obter uma determinada reaeração em efluentes de ETEs é a seguinte:

$$h = \frac{r - 1}{0,11 ab (1 + 0,00046 T)}$$

$$\text{onde } r = \frac{(C_s - C_o)}{(C_s - C)}$$

r = taxa do déficit de O.D.

C_s = OD de saturação do despejo à Temperatura T (mg/l)

C_o = OD do afluente à escada (mg/l)

C = OD do efluente da escada (mg/l)

a = parâmetro relativo a qualidade do líquido, igual a 0,8 para efluente de ETEs secundárias

b = parâmetro relativo à geometria do vertedouro da escada b = 1,1 para escadas comuns de concreto

T = Temperatura do líquido em °C

h = altura total de queda

3. INSTALAÇÕES, SUBSTRATO E METODOLOGIA UTILIZADAS

Para a pesquisa sobre a possibilidade de utilização de "escadas biológicas" para o tratamento de águas residuárias de origem predominantemente orgânica, a CETESB projetou e a SABESP construiu uma escada com vinte e dois degraus iguais, cuja forma e medidas são apresentadas nas Figuras 1 e 2.

Os trabalhos de campo foram realizados utilizando-se esgoto gradeado afluente à Estação de Tratamento de Esgotos de Vila Leopoldina da SABESP.

Os trabalhos de campo podem ser divididos em duas etapas.

Na primeira etapa, parte dos esgotos afluentes à ETE eram recalcados para uma caixa, munida de vertedores reguláveis, através dos quais era acertada a vazão que deveria passar através da "escada biológica". O excesso de esgoto recalcado para a caixa retornava para o canal de esgotos da ETE.

Após acertada a vazão de esgotos, o sistema operava por cerca de um mês com a vazão acertada, que era verificada periodicamente. Eram coletadas amostras instantâneas do afluente à "escada", logo à saída da caixa com vertedores ajustáveis e ao final da "escada". As amostras eram coletadas às segundas e quartas feiras pela manhã e terças e quintas feiras à tarde. Caso os resultados obtidos justificassem, passar-se-ia a fazer a amostragem composta, o que não foi considerado justificável.

Os valores característicos de cada fase de operação da primeira etapa, pelo menos teoricamente, são os apresentados na tabela 4.

FIGURA 1 - DEGRAU TIPO DA ESCADA CONSTRUIDA PELA SABESP NA ETE VILA LEOPOLDINA

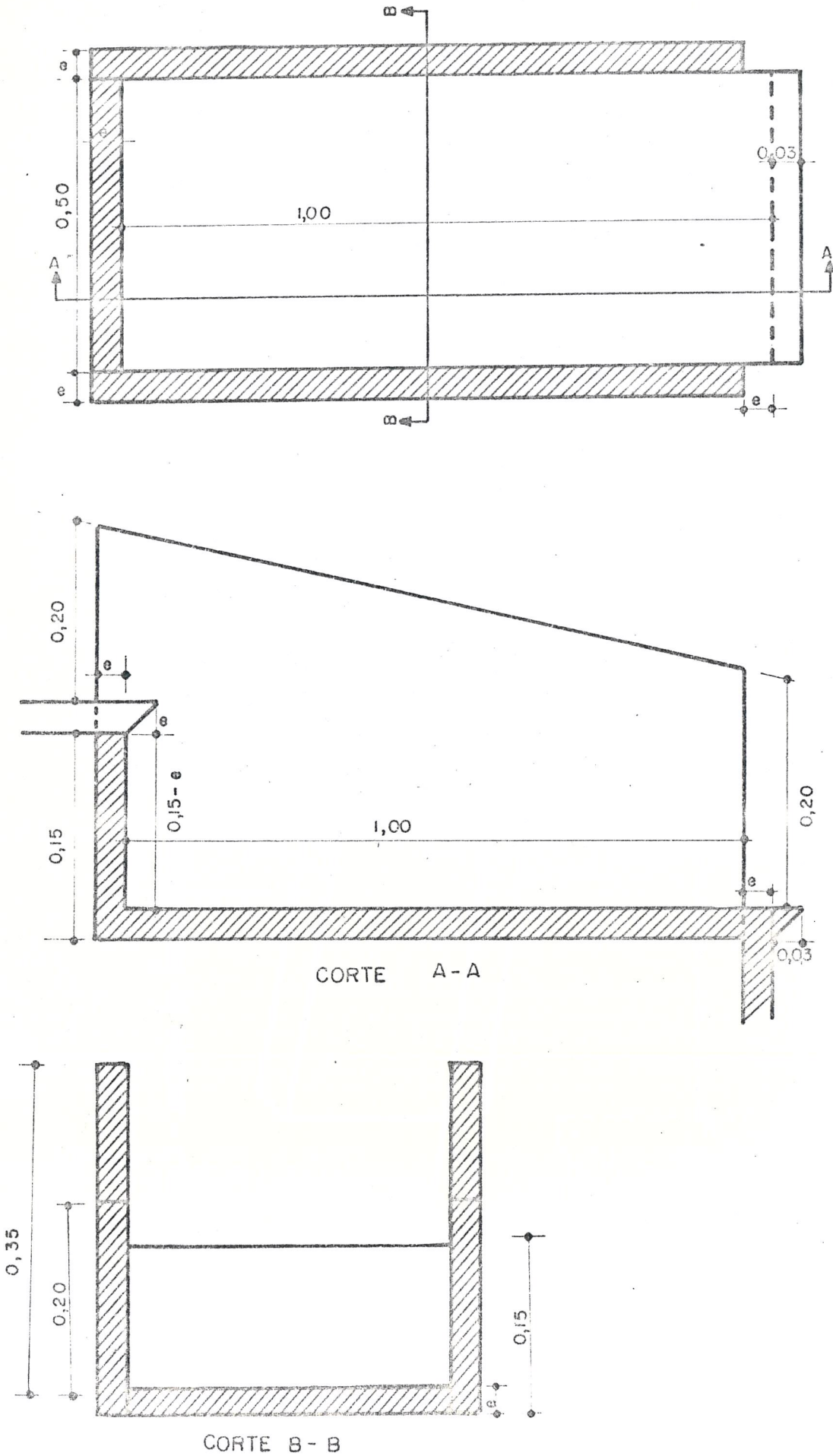


FIGURA 2 - ESQUEMA DO DEGRAU TIPO DA ESCADA CONSTRUÍDA PELA SABESP NA ETE VILA LEOPOLDINA

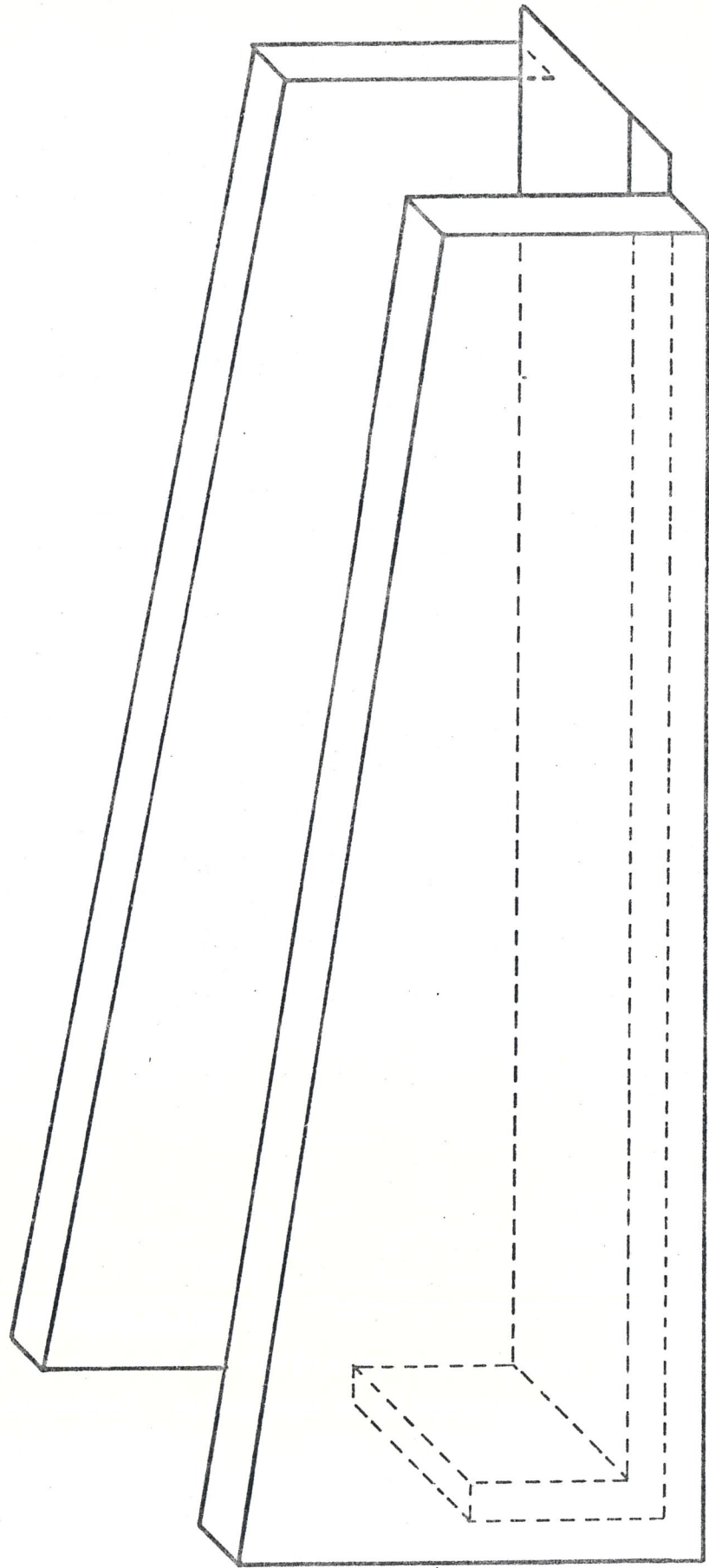


TABELA 4 - VALORES TEÓRICOS CARACTERÍSTICOS DAS FASES DE OPERAÇÃO DA ESCADA BIOLÓGICA - 1ª ETAPA

FASE	VALORES CARACTERÍSTICOS		
	Vazão (l/s)	q_L (l/s x m)	q_A (l/s x m ²)
1ª	1,0	2,0	0,091
2ª	0,5	0,25	0,046
3ª	0,25	0,50	0,023
4ª	0,125	0,25	0,011

Os valores da Tabela 4 são teóricos, porque na prática, especialmente para as vazões menores notava-se caminhos preferenciais através da "escada", não se utilizando portanto toda a largura ou área dos degraus.

Os parâmetros medidos foram:

Temperatura

pH

OD

DBO

DQO

Sólidos em Suspensão

Sólidos em Suspensão Voláteis, tanto para os esgotos brutos como "decantados" afluentes e efluentes da escada.

As amostras "decantadas" foram obtidas após um período de de cantação de uma hora em cone Imhoff.

A segunda etapa foi feita de acordo com o sugerido pelo Eng^o Max Lothar Hess, consultor da SABESP. Nesta etapa, traba lhou-se em circuito fechado. Para tanto, adicionou-se ao sis tema existente, uma caixa de 500 litros, com volume útil de 420 litros, para onde eram encaminhados os efluentes da escada, e desta caixa os líquidos eram recalcados para o topo de " esca da". Inicialmente, a bomba disponível era de capacidade bastan te reduzida, apenas 0,05 l/s, e foi utilizada por apenas uma semana. Posteriormente, foi utilizada uma bomba de maior capaci dade e a operação se deu com uma vazão de 2 l/s.

Os parâmetros medidos foram os mesmos da primeira fase. A amostragem era feita normalmente duas vezes por dia, uma de ma nhã e outra à tarde.

Os métodos analíticos utilizados durante todo o trabalho foram de acordo com as respectivas normas da CETESB.

4. RESULTADOS OBTIDOS

A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos durante a primeira etapa dos trabalhos de campo, relativo aos afluentes e efluentes brutos, para cada dia de amostragem.

A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos também durante a primeira etapa dos trabalhos de campo, porém, relativos aos afluentes e efluentes "decantados", para cada dia de amostragem.

Deve-se aqui observar que durante as operações com vazão de 0,5 l/s e menores, devido às imperfeições nos degraus e à sedimentação de materiais sólidos dos esgotos, havia o escoamento nos degraus através de caminhos preferenciais. Alguns pedaços de madeira ou pedras foram utilizados para melhorar a distribuição dos esgotos através da escada, porém com êxito apenas parcial.

A Tabela 7 apresenta os resultados da segunda etapa dos trabalhos de campo, relativo ao afluente e efluente brutos, para cada amostragem, enquanto a Tabela 8 se refere à mesma condição operacional, porém é relativa aos afluentes e efluentes "decantados".

Para a vazão de recirculação de 2,0 l/s, a distribuição do líquido pela escadaria era bem uniforme. Ao início da operação com esta vazão de 2 l/s, houve um grande arraste do material da escada, que se incorporou ao líquido em recirculação.

Durante a operação em circuito fechado, algumas vezes se observava uma pequena queda no nível do líquido na caixa que recebia os efluentes da escada, causados por evaporação. Em boa parte do tempo, a evaporação era compensada pelas chuvas. Quando a perda de líquido era muito pequena, causando, portanto, pequenos desvios nos resultados obtidos, nenhuma providência era tomada, porém quando a perda de água era considerável, completava-se o volume do sistema com esgotos. Essas complementações estão anotadas nas Tabelas 7 e 8.

As Figuras 3, 4 e 5 mostram o comportamento da DBO "decantada" do líquido em recirculação, especialmente para o período em que não foi necessário complementar o volume do sistema em operação.

TABELA 5 - RESULTADOS DA OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ESCADAS RELATIVOS ACS ESGOTOSAFLUENTE E EFLUENTE BRUTOS. - 1ª ETAPA

DATA	VAZÃO l/s	q _L l/s x m	AFLUENTE BRUTO						EFLUENTE BRUTO						OBSERVAÇÕES		
			Temp o c	pH	OD mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l	Temp o c	pH	OD mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l		SS mg/l	SSV mg/l
06/07	1,0	2,0	22,0	6,1	3,9	115	241	176	143	22,0	6,4	6,2	114	310	170	142	
07/07	1,0	2,0	21,0	6,5	3,8	297	551	253	212	21,0	6,8	5,8	385	464	234	209	
08/07	1,0	2,0	22,0	6,2	5,2	-	-	-	-	22,0	6,5	7,5	-	-	-	-	
11/07	1,0	2,0	22,0	6,2	4,5	104	312	198	139	22,0	5,6	6,0	96	269	132	118	
12/07	1,0	2,0	22,0	6,8	3,1	495	863	823	591	22,0	6,9	5,8	491	774	823	642	
13/07	1,0	2,0	21,0	6,8	3,7	255	602	308	214	21,0	6,8	6,2	246	580	310	225	
14/07	1,0	2,0	21,0	6,5	3,3	387	760	373	286	21,0	6,7	5,7	345	724	353	276	
18/07	1,0	2,0	21,0	6,2	-	136	326	214	148	21,0	6,5	-	125	326	198	156	
19/07	1,0	2,0	20,0	6,4	3,1	438	1230	1160	777	20,0	6,8	6,3	382	953	680	505	
20/07	1,0	2,0	20,0	6,5	3,9	-	-	-	-	20,0	6,7	7,0	-	-	-	-	
25/07	1,0	2,0	21,0	6,4	-	642	1390	830	576	21,0	6,3	-	782	1790	1640	1020	
26/07	1,0	2,0	21,0	6,4	-	377	721	245	218	21,0	6,6	-	319	608	205	181	
27/07	1,0	2,0	22,0	6,5	-	148	423	389	153	22,0	6,5	-	138	344	98	78	
28/07	1,0	2,0	22,0	6,4	-	402	1010	586	441	22,0	6,5	-	402	944	548	437	
01/08	1,0	2,0	22,0	6,6	-	161	472	368	265	22,0	6,7	-	146	452	323	241	
02/08	1,0	2,0	21,0	6,6	-	209	519	278	190	21,0	6,7	-	237	571	313	214	
04/08	0,5	1,0	21,0	6,6	3,3	299	632	268	259	21,0	6,8	5,3	327	643	259	222	

q_L = Vazão por metro de largura da escada

TABELA 5 - RESULTADOS DA OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ESCADAS RELATIVOS AOS ESGOTOS AFLUENTE E EFLUENTE BRUTOS. - 1.ª ETAPA (CONTINUAÇÃO)

DATA	VAZÃO l/s	q _L l/s x m	AFLUENTE BRUTO							EFLUENTE BRUTO							OBSERVAÇÕES
			Temp °C	pH	OD mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l	Temp °C	pH	OD mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l	
08/08	0,5	1,0	21,0	6,5	0,4	391	806	283	197	21,0	6,6	5,3	224	652	254	182	
09/08	0,5	1,0	21,0	6,6	0,5	355	652	444	332	21,0	6,8	4,1	303	652	439	361	
10/08	0,5	1,0	21,0	6,6	0,4	287	879	392	332	21,0	6,7	5,1	258	742	287	213	
11/08	0,5	1,0	21,0	6,5	0,3	289	924	307	277	21,0	6,7	5,0	327	879	290	262	
15/08	0,5	1,0	22,0	6,9	3,3	159	667	369	228	22,0	7,1	4,7	116	580	264	240	
16/08	0,5	1,0	22,0	6,5	3,2	289	759	253	196	22,0	6,7	5,6	223	714	283	235	
17/08	0,5	1,0	21,0	6,6	0,1	302	1010	574	416	21,0	6,7	5,1	232	818	511	374	
18/08	0,5	1,0	22,0	6,6	3,0	314	921	640	500	22,0	6,7	5,5	316	692	622	434	
22/08	0,5	1,0	21,0	6,6	3,3	168	447	192	142	21,0	6,7	5,6	173	440	175	134	
23/08	0,5	1,0	21,0	6,7	2,5	311	920	342	245	21,0	6,9	5,6	289	562	314	202	
24/08	0,5	1,0	22,0	6,2	0,3	311	588	329	218	22,0	6,3	5,1	381	752	317	225	
25/08	0,5	1,0	22,0	6,4	0,2	458	839	526	385	22,0	6,7	4,3	316	743	350	213	
29/08	0,5	1,0	22,0	5,9	3,6	309	639	322	243	22,0	6,2	4,8	373	796	360	322	
30/08	0,25	0,5	23,0	6,6	0,3	224	802	372	304	23,0	7,0	4,1	209	749	303	257	
31/08	0,25	0,5	23,0	6,5	0,3	341	746	319	253	24,0	6,8	4,8	309	686	231	174	
01/09	0,25	0,5	23,0	6,6	0,3	278	978	357	319	23,0	6,9	4,6	381	566	348	312	
05/09	0,25	0,5	21,0	6,6	2,3	338	1060	1120	661	21,0	7,1	3,6	159	431	321	254	

q_L = Vazão por metro de largura da escada.

TABELA 5 - RESULTADOS DA OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ESCADAS RELATIVOS
AOS ESGOTOS AFLUENTE E AFLUENTE BRUTOS - 1.ª ETAPA (CONTINUAÇÃO)

DATA	VAZÃO l/s	q _L l/s x m	AFLUENTE BRUTO						EFFLUENTE BRUTO						OBSERVAÇÕES		
			Temp o c	pH	OD mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l	Temp o c	pH	OD mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l		SS mg/l	SSV mg/l
08/09	0,25	0,5	18,0	6,8	0,1	122	435	148	134	18,0	7,2	6,1	218	480	232	186	
12/09	0,25	0,5	18,0	6,7	0,2	137	309	133	116	18,0	7,1	6,6	130	447	138	110	
13/09	0,25	0,5	19,0	7,2	0,4	242	578	186	158	19,0	7,3	5,5	309	712	490	324	
14/09	0,25	0,5	18,0	7,0	0,3	107	413	114	80	20,0	7,2	6,7	118	400	118	72	
15/09	0,25	0,5	20,0	7,0	0,3	152	-	198	182	21,0	7,2	5,8	175	236	199	174	
19/09	0,25	0,5	20,0	7,1	0,2	142	498	441	263	20,0	7,4	6,2	159	626	541	289	
20/09	0,25	0,5	18,0	7,1	0,5	318	801	409	295	18,0	7,3	6,6	240	719	387	278	
21/09	0,25	0,5	18,0	7,1	0,1	260	449	157	128	18,0	7,3	5,1	196	321	122	88	
22/09	0,25	0,5	19,0	7,1	0,3	397	842	870	560	19,0	7,4	4,5	304	498	659	305	
26/09	0,25	0,5	20,0	7,4	0,4	118	348	151	135	20,0	7,7	5,6	113	355	161	138	
27/09	0,25	0,5	22,0	7,6	0,6	-	380	256	215	22,0	7,8	4,9	-	262	221	178	
28/09	0,25	0,5	22,0	7,1	0,4	113	298	332	176	22,0	7,3	5,5	141	171	397	263	
29/09	0,25	0,5	22,0	7,1	1,2	276	685	420	319	23,0	7,5	5,0	239	402	309	249	
03/10	0,25	0,5	22,0	7,1	0,8	269	480	269	242	22,0	7,5	5,9	154	373	289	238	
04/10	0,125	0,25	22,0	7,3	0,5	340	574	348	289	21,0	7,6	4,7	203	366	172	149	
05/10	0,125	0,25	22,0	7,2	2,5	141	362	183	142	22,0	7,4	4,6	150	380	156	122	
06/10	0,125	0,25	23,0	7,0	0,4	294	503	335	283	22,0	7,4	4,0	337	518	-	-	

q_L = Vazão por metro de largura da escada

TABELA 6 - RESULTADOS DA OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ESCADAS RELATIVOS AO ESCOTO AFLUENTE E AFLUENTE APÓS SEDIMENTAÇÃO DE UMA HORA EM CONE INHOFF. - 1.ª ETAPA

DATA	Q l/s	Q _L l/s x m	AFLUENTE DECANTADO					EFLUENTE DECANTADO					OBSERVAÇÕES
			DBO mg/l	DQO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l			
06/07	1,0	2,0	99	245	118	115	122	319	128	121			
07/07	1,0	2,0	199	417	193	164	185	421	174	152			
08/07	1,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-			
11/07	1,0	2,0	81	239	120	83	63	155	69	56			
12/07	1,0	2,0	373	737	377	278	303	645	351	326			
13/07	1,0	2,0	191	538	253	172	191	518	286	208			
14/07	1,0	2,0	339	677	317	229	267	599	308	247			
18/07	1,0	2,0	114	256	142	112	102	256	133	97			
19/07	1,0	2,0	224	512	324	236	233	554	287	223			
20/07	1,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-			
25/07	1,0	2,0	285	694	231	174	223	502	189	144			
26/07	1,0	2,0	365	641	105	65	266	513	144	121			
27/07	1,0	2,0	112	286	37	18	107	286	96	84			

Q_L = Vazão por metro de largura da escada

TABELA 6 - RESULTADOS DA OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ESCADAS RELATIVOS AO ESGOTO AFLUENTE E AFLUENTE APÓS SEDIMENTAÇÃO DE UMA HORA EM CONE INHOFF. - 1ª ETAPA

DATA	Q l/s	Q _L l/s x m	AFLUENTE DECANTADO				EFLUENTE DECANTADO				OBSERVAÇÕES
			DBO mg/l	DQO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l	
28/07	1,0	2,0	350	764	351	260	304	308	370	291	
01/08	1,0	2,0	124	412	276	208	118	374	242	179	
02/08	1,0	2,0	223	582	331	233	205	529	213	142	
04/08	0,5	1,0	231	514	251	185	251	504	204	194	
08/08	0,5	1,0	337	1090	342	247	200	588	294	159	
09/08	0,5	1,0	270	525	302	210	261	525	259	192	
10/08	0,5	1,0	264	654	251	213	200	588	-	-	
11/08	0,5	1,0	295	879	243	201	259	790	273	243	
15/08	0,5	1,0	110	454	226	175	121	454	244	195	
16/08	0,5	1,0	222	647	237	188	192	625	224	185	
17/08	0,5	1,0	190	614	309	225	139	570	295	214	
18/08	0,5	1,0	180	394	299	206	166	353	260	197	
22/08	0,5	1,0	148	401	150	144	142	395	147	112	

Q_L = Vazão por metro de largura da escada

TABELA 6 - RESULTADOS DA OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ESCADAS RELATIVOS AO ESGOTO AFLUENTE E AFLUENTE APÓS SEDIMENTAÇÃO DE UMA HORA EM CONE INHOFF. 1.ª ETAPA

DATA	Q l/s	Q _L l/s x m	AFLUENTE DECANTADO				EFLUENTE DECANTADO				OBSERVAÇÕES
			DBO mg/l	DQO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l	
23/08	0,5	1,0	293	501	211	156	275	472	212	119	
24/08	0,5	1,0	259	563	202	127	355	571	219	149	
25/08	0,5	1,0	384	676	269	175	320	606	269	176	
29/08	0,5	1,0	281	596	298	280	363	648	261	179	
30/08	0,25	0,5	247	607	200	156	221	590	233	205	
31/08	0,25	0,5	177	577	254	205	96	275	99	76	
01/09	0,25	0,5	252	542	213	187	277	596	248	212	
05/09	0,25	0,5	146	347	221	198	142	347	215	175	
08/09	0,25	0,5	140	391	144	129	140	435	180	148	
12/09	0,25	0,5	76	274	139	108	102	274	-	-	
13/09	0,25	0,5	191	477	227	218	232	477	178	142	
14/09	0,25	0,5	100	256	100	80	116	256	81	72	
15/09	0,25	0,5	156	248	182	168	148	248	166	135	

Q_L = Vazão por metro de largura da escada

TABELA 6 - RESULTADOS DA OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ESCADAS RELATIVOS AO ESGOTO AFLUENTE E EFLUENTE APÓS SEDIMENTAÇÃO DE UMA HORA EM CONE INHOFF. - 1.ª ETAPA

DATA	Q l/s	q _L l/s x m	AFLUENTE DECANTADO				EFLUENTE DECANTADO				OBSERVAÇÕES
			DBO mg/l	DQO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l	
19/09	0,25	0,5	79	221	122	66	73	210	161	83	
20/09	0,25	0,5	202	521	215	170	190	469	207	161	
21/09	0,25	0,5	269	428	136	106	199	315	125	99	
22/09	0,25	0,5	286	558	310	230	228	414	237	176	
26/09	0,25	0,5	77	266	156	117	100	272	80	60	
27/09	0,25	0,5	-	356	259	218	-	262	243	169	
28/09	0,25	0,5	68	181	225	112	90	176	188	119	
29/09	0,25	0,5	244	589	319	263	226	519	247	201	
03/10	0,25	0,5	220	425	162	146	114	285	143	127	
04/10	0,125	0,25	288	505	257	217	190	360	141	125	
05/10	0,125	0,25	120	332	157	134	152	338	142	113	
06/10	0,125	0,25	243	441	233	202	306	461	223	205	
10/10	0,125	0,25	358	512	270	246	298	463	169	161	

Q_L = Vazão por metro de largura da escada

TABELA 6 - RESULTADOS DA OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ESCADAS RELATIVOS AO ESGOTO AFLUENTE E AFLUENTE APÓS SEDIMENTAÇÃO DE UMA HORA EM CONE INHOFF. - 1.ª ETAPA

DATA	Q l/s	q _L l/s x m	AFLUENTE DECANTADO				EFLUENTE DECANTADO				OBSERVAÇÕES
			DBO mg/l	DOO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l	DBO mg/l	DOO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l	
13/10	0,125	0,25	236	473	204	166	258	546	256	223	
17/10	0,125	0,25	124	197	154	129	245	276	116	108	
18/10	0,125	0,25	217	313	131	104	249	369	619	578	
19/10	0,125	0,25	269	478	108	82	240	424	60	55	
20/10	0,125	0,25	273	487	261	208	223	387	213	173	
25/10	0,125	0,25	178	273	139	104	176	278	176	126	

TABELA 7 - RESULTADOS DA OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ESCADAS, EM CIRCUITO FECHADO, RELATIVOS AOS ESCOTOS AFLUENTE E AFLUENTE BRUTOS - 2.ª ETAPA

DATA	VAZÃO l/s	q _L l/s x m	AFLUENTE BRUTO						EFLUENTE BRUTO						OBSERVAÇÕES		
			Temp °C	pH	OD mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l	Temp °C	pH	OD mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l		SS mg/l	SSV mg/l
31/10	0,05	0,10	24,0	7,0	4,4	225	543	236	194	24,0	7,2	2,0	318	734	441	344	09:00 (a)
01/11	0,05	0,10	24,0	7,4	4,3	315	797	520	364	24,0	7,7	3,9	187	410	81	69	08:15
03/11	0,05	0,10	23,0	7,0	2,3	173	360	189	141	22,0	7,8	6,6	93	297	72	65	08:20
03/11	0,05	0,10	27,0	7,0	1,6	76	254	94	70	26,0	7,3	4,3	61	186	75	59	14:30
16/11	2,00	4,00	26,0	7,2	5,1	670	1470	1790	1040	26,0	7,4	6,2	650	1300	1700	1000	14:30 (a)
17/11	2,00	4,00	27,0	7,0	1,1	585	1630	1530	1010	27,0	7,2	5,7	533	1740	1620	1070	10:30
17/11	2,00	4,00	-	6,7	6,0	708	1820	1540	1060	-	6,8	7,0	457	1770	1500	1030	15:00
21/11	2,00	4,00	23,0	7,0	3,3	708	1900	2440	1120	23,0	7,0	5,7	427	1850	2870	1410	09:00 (a)
21/11	2,00	4,00	-	6,9	2,2	654	1440	1700	939	-	7,1	6,5	511	1380	1440	801	15:00
22/11	2,00	4,00	22,0	7,0	6,4	253	810	954	595	22,0	7,0	7,2	247	810	1020	633	15:00
23/11	2,00	4,00	22,0	7,8	6,9	171	565	834	526	22,0	7,8	7,3	148	754	763	490	08:30
23/11	2,00	4,0	26,0	7,2	6,6	138	670	706	466	26,0	6,9	6,9	146	681	673	447	14:30 (b)
24/11	2,00	4,00	24,0	7,4	4,3	185	574	930	474	24,0	7,4	5,8	158	880	944	448	09:00
24/11	2,00	4,00	28,0	7,1	6,2	141	708	800	484	28,0	7,2	6,6	262	956	736	440	15:00
28/11	2,00	4,00	23,0	7,7	-	1540	3810	4960	3130	23,0	7,7	-	2020	8260	6560	4040	09:00 (a)
28/11	2,00	4,00	28,0	7,4	-	724	2440	2320	1600	28,0	7,5	-	704	2030	2170	1520	14:00
29/11	2,00	4,00	22,0	7,7	-	720	2020	1790	1320	22,0	7,8	-	-	1920	1510	1120	09:00

(a) INÍCIO DE NOVO TURNO DE OPERAÇÃO

(b) COMPLEMENTAÇÃO DO VOLUME APÓS A COLETA

TABELA 7 - RESULTADOS DA OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ESCADAS, EM CIRCUITO FECHADO, RELATIVOS AOS ESGOTOS AFLUENTE E EFLUENTE BRUTOS - 2.ª ETAPA - (CONTINUAÇÃO)

DATA	VAZÃO l/s	q _L l/s x m	AFLUENTE BRUTO						EFLUENTE BRUTO						OBSERVAÇÕES		
			Temp °C	pH	OD mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l	Temp °C	pH	OD mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l		SS mg/l	SSV mg/l
29/11	2,00	4,00	25,0	7,2	-	412	1770	1530	1090	25,0	7,3	-	388	1560	1440	1030	14:00
30/11	2,00	4,00	24,0	7,5	-	239	1100	1090	736	24,0	7,5	-	231	935	934	638	09:00
30/11	2,00	4,00	26,0	7,1	-	183	735	592	436	26,0	7,2	-	170	794	659	486	14:00
01/12	2,00	4,00	24,0	8,0	-	79	370	319	240	24,0	8,0	-	77	358	305	229	09:00
01/12	2,00	4,00	26,0	7,8	-	38	205	173	129	26,0	7,8	-	34	197	116	92	14:00 (b)
02/12	2,00	4,00	18,0	7,8	7,8	123	527	320	216	18,0	7,8	8,4	119	606	389	264	09:00
05/12	2,00	4,00	23,0	6,4	-	584	4170	3800	2100	23,0	6,5	-	2240	4170	3500	2090	09:00 (a)
05/12	2,00	4,00	25,0	6,8	5,2	468	2980	2790	1680	25,0	6,9	6,9	-	2560	2340	1290	14:30
06/12	2,00	4,00	26,0	6,4	5,7	369	1510	1300	968	26,0	6,6	7,4	-	1330	1300	987	09:00
06/12	2,00	4,00	26,0	6,9	5,7	379	1610	1420	1010	26,0	6,9	7,1	409	1330	1460	1080	15:00
07/12	2,00	4,00	27,0	7,0	5,5	220	2030	1040	750	27,0	7,1	7,2	228	1350	979	756	09:00
07/12	2,00	4,00	31,0	6,8	1,8	253	1644	1410	859	31,0	6,9	4,7	236	1482	1628	996	14:30 (b)
08/12	2,00	4,00	28,0	7,2	6,0	354	2280	1180	980	28,0	7,3	7,3	548	1430	1170	949	09:00
08/12	2,00	4,00	-	7,1	4,9	458	1470	1320	998	-	7,2	6,5	403	1560	1310	972	14:30
09/12	2,00	4,00	27,0	7,7	5,0	194	866	688	580	27,0	7,8	6,1	239	838	699	524	09:30

(a) INÍCIO DE NOVO TURNO DE OPERAÇÃO

(b) COMPLEMENTAÇÃO DO VOLUME APÓS A COLETA

TABELA 8 - RESULTADOS DA OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ESCADAS, EM CIRCUITO FECHADO, RELATIVO AOS ESCOTOS AFLUENTE E AFLUENTE APÓS SEDIMENTAÇÃO DE UMA HORA EM CONE IMHOFF

DATA	Q l/s	q _L l/s x m	AFLUENTE DECANTADO				EFLUENTE DECANTADO				OBSERVAÇÕES
			DBO mg/l	DQO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l	
31/10	0,05	0,10	208	528	218	166	209	607	184	174	09:00 (a)
01/11	0,05	0,10	198	506	229	167	110	373	52	44	08:15
03/11	0,05	0,10	162	325	156	119	-	286	109	101	08:20
03/11	0,05	0,10	58	211	69	66	54	181	63	53	14:30
16/11	2,00	4,00	256	494	368	297	264	494	375	290	14:30 (a)
17/11	2,00	4,00	217	-	323	266	161	579	347	294	10:30
17/11	2,00	4,00	240	524	285	241	174	557	237	215	15:00
21/11	2,00	4,00	168	564	427	272	174	439	300	183	09:00 (a)
21/11	2,00	4,00	118	420	280	206	128	394	233	151	15:00
22/11	2,00	4,00	84	262	216	140	83	262	91	54	15:00
23/11	2,00	4,00	47	222	187	130	43	197	167	117	08:30
23/11	2,00	4,00	31	173	138	92	29	158	124	84	14:30 (b)
24/11	2,00	4,00	45	177	156	89	44	189	139	77	09:00

(a) INÍCIO DE NOVO TURNO DE OPERAÇÃO

(b) COMPLEMENTAÇÃO DO VOLUME APÓS A COLETA

TABELA 8 - RESULTADOS DA OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ESCADAS, EM CIRCUITO FECHADO, RELATIVO AOS ESGOTOS AFLUENTE E AFLUENTE APÓS SEDIMENTAÇÃO DE UMA HORA EM CONE IMHOFF - (CONTINUAÇÃO)

DATA	Q l/s	Q _L l/s x m	AFLUENTE DECANTADO				EFLUENTE DECANTADO				OBSERVAÇÕES	
			DBO mg/l	DQO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l		
24/11	2,00	4,00	30	172	119	70	36	176	134	86	15:00	
28/11	2,00	4,00	344	947	279	242	309	839	463	403	09:00	(a)
28/11	2,00	4,00	212	596	327	306	188	552	311	275	14:00	
29/11	2,00	4,00	193	553	457	386	180	585	516	448	09:00	
29/11	2,00	4,00	134	437	330	253	125	372	273	231	14:00	
30/11	2,00	4,00	92	292	212	163	80	265	177	140	09:00	
30/11	2,00	4,00	58	223	142	118	58	229	136	116	14:00	
01/12	2,00	4,00	46	205	160	130	44	196	147	122	09:00	
01/12	2,00	4,00	23	132	77	66	16	122	93	82	14:00	(b)
02/02	2,00	4,00	45	201	94	69	28	177	69	66	09:00	
05/12	2,00	4,00	112	908	734	476	138	839	563	415	09:00	(a)
05/12	2,00	4,00	111	446	202	111	127	467	174	122	14:30	
06/12	2,00	4,00	81	390	158	81	88	310	160	144	09:00	

(a) INÍCIO DE NOVO TURNO DE OPERAÇÃO

(b) COMPLEMENTAÇÃO DO VOLUME APÓS A COLETA

TABELA 8 - RESULTADOS DA OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ESCADAS, EM CIRCUITO FECHADO, RELATIVO AOS ESGOTOS AFLUENTE E AFLUENTE APÓS SEDIMENTAÇÃO DE UMA HORA EM CONE IMHOFF - (CONTINUAÇÃO)

DATA	Q l/s	Q _L l/s x m	AFLUENTE DECANTADO				EFLUENTE DECANTADO				OBSERVAÇÕES
			DBO mg/l	DQO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l	SS mg/l	SSV mg/l	
06/12	2,00	4,00	77	310	437	249	74	310	136	134	15:00
07/12	2,00	4,00	40	254	129	105	43	288	121	120	09:00
07/12	2,00	4,00	47	247	99	97	-	-	108	91	14:30 (b)
08/12	2,00	4,00	62	298	196	175	56	247	155	155	09:00
08/12	2,00	4,00	76	292	162	162	70	237	108	104	14:30
09/12	2,00	4,00	53	182	95	93	50	179	91	98	09:30

(a) INÍCIO DE NOVO TURNO DE OPERAÇÃO
(b) COMPLEMENTAÇÃO DO VOLUME APÓS A COLETA

FIGURA 3 : COMPORTAMENTO DA DBO DO LÍQUIDO EM CIRCUITO FECHADO NA ESCADA APÓS DECANTAÇÃO DE UMA HORA EM CONE IMHOFF - 2ª ETAPA DE OPERAÇÃO - PERÍODO DE 21 A 24/11/83

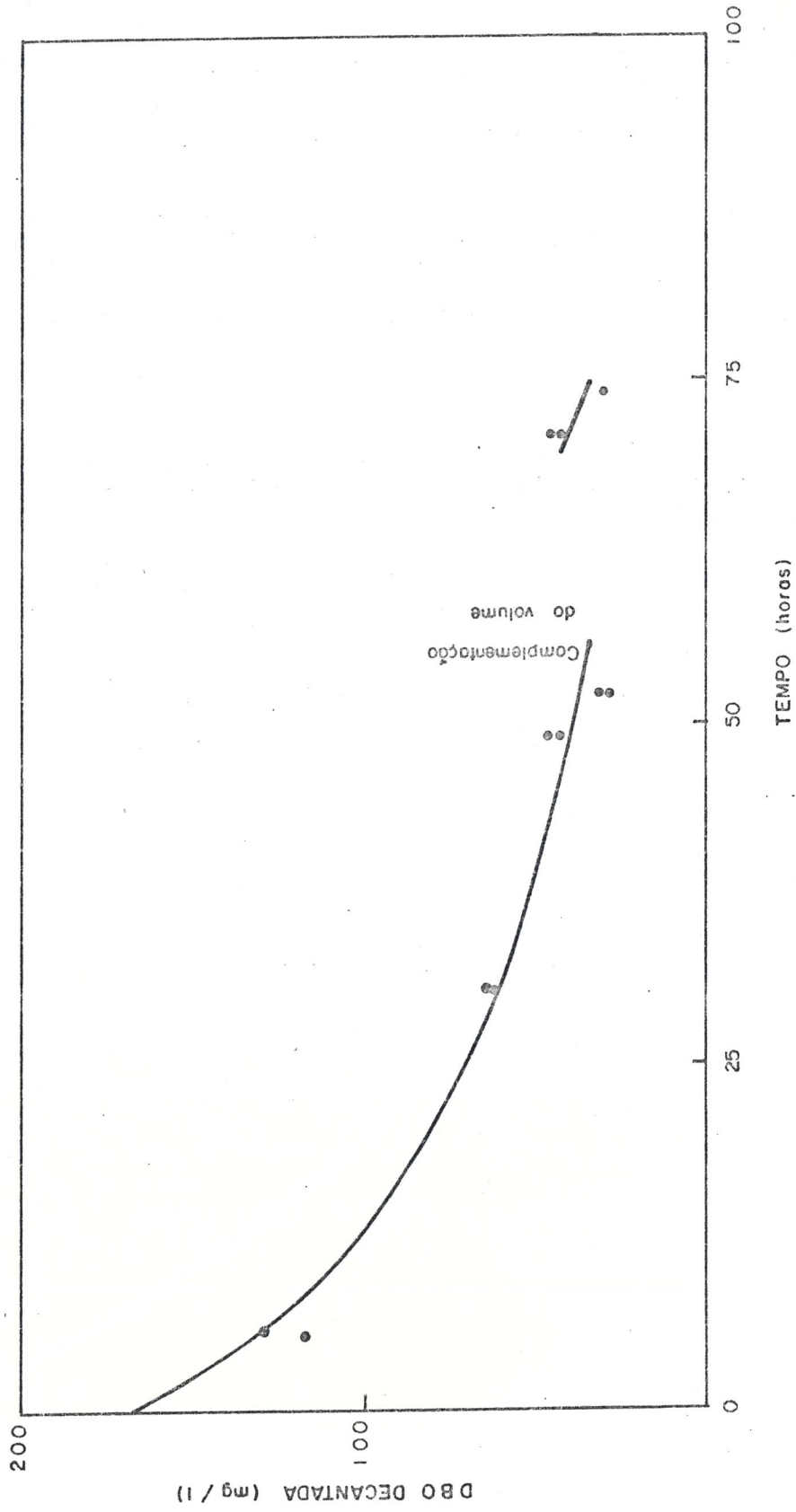


FIGURA 4 : COMPORTAMENTO DA DBO DO LIQUIDO EM CIRCUITO FECHADO NA ESCADA APÓS DECANTAÇÃO DE UMA HORA EM CONE IMHOFF - 2ª ETAPA DE OPERAÇÃO - PERÍODO DE 28/11 A 01/12/83

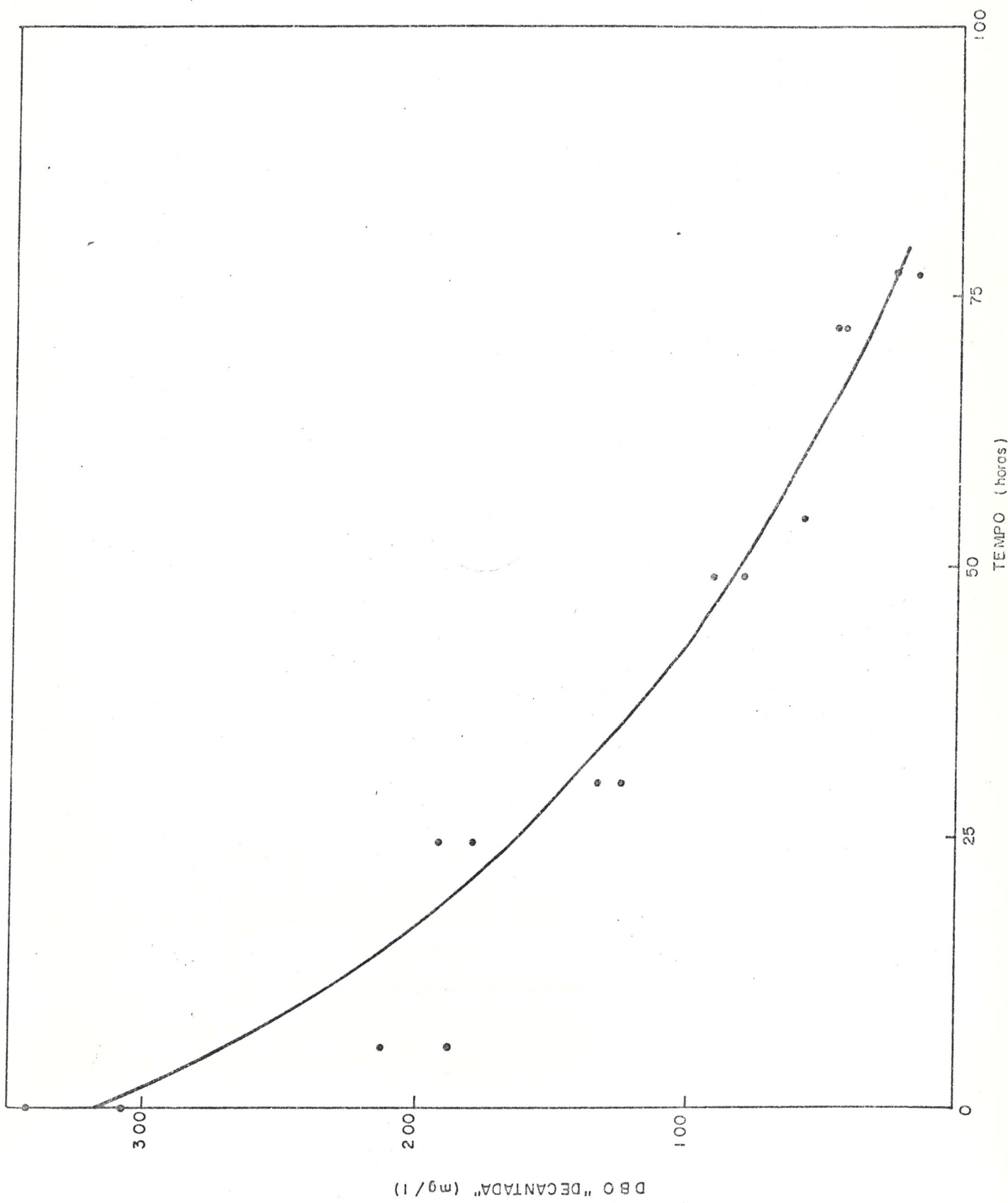
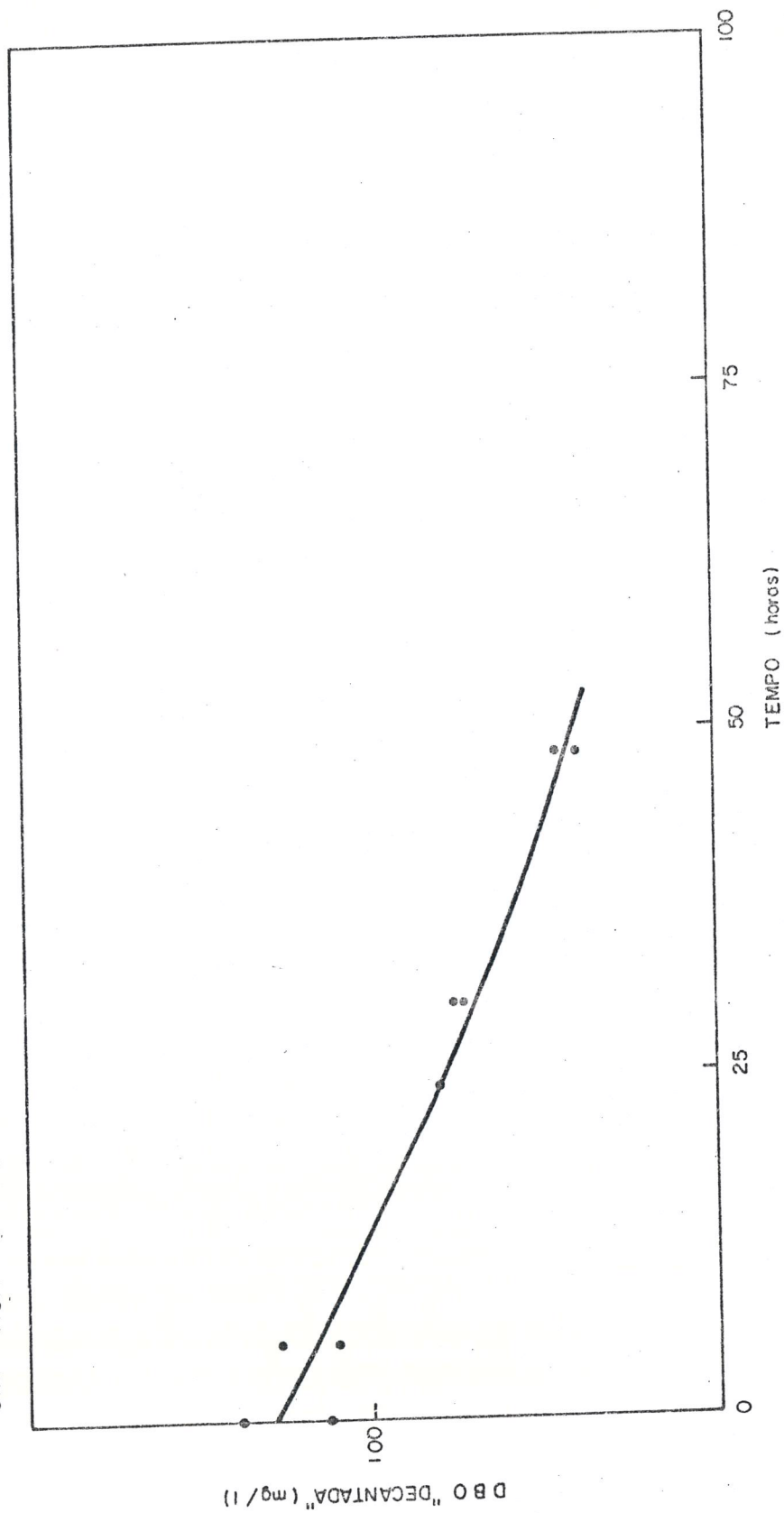


FIGURA 5 : COMPORTAMENTO DA DBO DO LÍQUIDO EM CIRCUITO FECHADO NA ESCADA APÓS DECANTAÇÃO DE UMA HORA EM CONE IMHOFF - 2ª ETAPA DE OPERAÇÃO PERÍODO DE 05 A 07/12/83



5. DISCUSSÃO

Dos trabalhos existentes sobre a utilização de "escadas" ou "cascatas" como sistema de tratamento de esgotos, nenhuma informação que permita qualquer prognóstico sobre a eficiência de um sistema deste tipo, por si, pode ser obtida.

A utilização do sistema de "escadas" conjugado a lagoas de estabilização facultativas, especialmente nos casos em que os líquidos da lagoa são recirculados através das "escadas", tem sido praticada com o objetivo principal de se aumentar a introdução de oxigênio nas lagoas. Em geral a razão de recirculação é alta e as informações obtidas indicam que, especialmente para laticínios, onde a velocidade de degradação da matéria orgânica, e de consumo de oxigênio é razoavelmente alta, a utilização de aeração por cascadeamento e lagoas facultativas é uma solução que apresenta bons resultados.

Dos dados obtidos sobre a eficiência de "escadas" em si, no tratamento de esgotos, aqueles relativos à cidade de Santo Antonio do Amparo, em Minas Gerais, são de apenas uma amostragem e apresentam incoerências, enquanto aqueles relativos à cidade de Osvaldo Cruz, S.P., também de apenas uma amostragem, não mostraram eficiência do sistema.

Dos trabalhos desenvolvidos na "escada" construída na ETE - Vila Leopoldina da SABESP, observou-se que efetivamente o cascadeamento através dos 22 degraus da "escada" propiciava uma excelente aeração dos esgotos. Especialmente durante a primeira etapa, onde não havia recirculação, nas ocasiões em que o afluente à escada apresentava OD baixos, da ordem de 0,5 mg/l, o efluente da escada tinha OD normalmente superior a 5,0 mg/l. Para vazões menores, a eficiência de aeração pareceu diminuir um pouco. Durante a segunda etapa, quando o sistema operou em circuito fechado, o OD sempre se manteve alto.

Durante a primeira etapa de operação do sistema, foram observadas os seguintes pontos, independentemente da vazão ou taxa hidráulica aplicada à "escada":

- O pH do efluente da escada sempre se apresentou um pouco mais elevado do que o da entrada, provavelmente pela eliminação de gases do esgoto, pela aeração;
- Com relação à matéria orgânica (DBO e DQO), a melhor análise é em relação aos afluente e efluente "decantados", pois o efluente bruto sofre muita influência do arraste ou deposição de sólidos durante o seu escoamento pela "escada". Uma análise dos afluentes e efluentes "decantados" mostraram que, embora em média, fosse observada uma pequena redução nos valores de DBO e DQO dos esgotos, através do escoamento pela "escada" em três das quatro condições estudadas, as observações individuais não indicam qualquer consistência nos resultados, que muitas vezes mostraram valores desses parâmetros maiores do efluente do que os do afluente decantado. Em termos médios, os resultados são os apresentados na Tabela 9.

TABELA 9 - VALORES MÉDIOS DE DBO E DQO "DECANTADOS" OBSERVADOS EM CADA FASE DE OPERAÇÃO DA 1.^a ETAPA

Vazão (l/s)	q_L l/s x m	q_A l/s x m ²	DBO mg/l		DQO mg/l	
			afluente	efluente	afluente	efluente
1,00	2,00	0,091	220 ₊ 106	192 ₊ 79	500 ₊ 191	463 ₊ 173
0,50	1,00	0,046	247 ₊ 74	232 ₊ 79	608 ₊ 187	549 ₊ 111
0,25	0,50	0,023	172 ₊ 74	158 ₊ 63	404 ₊ 141	357 ₊ 130
0,125	0,25	0,011	231 ₊ 74	234 ₊ 50	401 ₊ 112	390 ₊ 85

Em termos práticos, o mais seguro é considerar que a "escada" utilizada e nas condições estudadas não existiu remoção sensível de matéria orgânica.

- Com relação à remoção de sólidos em suspensão, após sedimentação de uma hora em cone Imhoff, também os resultados não apresentaram melhora sensível do efluente, em relação ao afluente.
- Comparando-se a "escada" utilizada a um filtro biológico de pedras, que normalmente têm área superficial específica de $105 \text{ m}^2/\text{m}^3$, o volume de enchimento correspondente à área de 11 m^2 da escada será de apenas $0,10 \text{ m}^3$. Para um filtro biológico de pedras com altura de cerca de $2,0 \text{ m}$, o que é normal, a área superficial seria de $0,05 \text{ m}^2$, o que corresponderia as taxas de aplicação superficial teóricas de $1728; 864; 432$ e $216 \text{ m}^3/\text{m}^2$ x dia, respectivamente para as vazões de $1,0; 0,50; 0,25$ e $0,125 \text{ l/s}$ utilizadas nos ensaios. Tendo em consideração que o mecanismo de remoção de matéria orgânica em uma "escada" é similar ao que ocorre em filtros biológicos, e que nestes sistemas, para as taxas de 864 ou $1728 \text{ m}^3/\text{m}^2$ x dia e altura de 2 metros, praticamente não se tem eficiências de remoção de matéria orgânica, os resultados obtidos nas escadas de Vila Leopoldina podem ser considerados normais, pois apenas para as vazões maiores é que se tinha o escoamento por toda a superfície da escada. Nos casos de vazões menores, conforme já comentado anteriormente, o escoamento se fazia por caminhos preferenciais, diminuindo sensivelmente a área da escada efetivamente ocupada pelo escoamento.

Durante a segunda etapa de operação, com o sistema trabalhando em circuito fechado, este passou a funcionar como um reator biológico aeróbio descontínuo. No primeiro teste, em circuito fechado, a vazão era muito pequena (0,05 l/s), não houve um carreamento significativo dos sólidos depositados na escada, o escoamento foi através de caminhos preferenciais e nestas condições, a DBO e DQO decantadas caíram de 208 e 508 mg/l para 58 e 211 mg/l respectivamente após cerca de 100 horas de operação.

Com a vazão de 2 l/s, usada em todos os testes subsequentes, já houve um grande arraste dos sólidos das escadas, e que em todo início de um ciclo operacional eram bem altos e depois caíam com o decorrer do tempo. As quedas de DBO "decantadas" ao longo do tempo, para três ciclos de operação com 4,0 l/s por metro de largura de escada são mostrados nas figuras 3, 4 e 5. Pode-se dizer que a diferença entre o sistema operado e um sistema "batch" é que a aeração era feita através das escadas. Existe uma oxidação dos sólidos orgânicos, uma melhor separação dos sólidos pela decantação, com o tempo e consequentemente uma melhoria na qualidade dos esgotos.

Do ponto de vista prático, o sistema necessita de um tempo longo para se obter efluentes com DBO "decantada" baixa, o que o inviabilizaria, se encarado como um sistema descontínuo, porém, se pensado em um sistema contínuo, operando conjugado com lagoas ou tanques, tendo a escada como principal elementos de aeração, as escadas poderão se transformar em uma alternativa a ser encarada mais seriamente.

Para lagoas facultativas em sobrecarga, a solução de escadas já se mostrou eficiente como fonte adicional de introdução de oxigênio, e parece que seria agora de interesse um estudo para se ver a possibilidade econômica de se ter a utilização

zação de "escadas" como parte do sistema de aeração no processo de lodos ativados, embora para isso se necessita de alta recir culação dos líquidos pela "escada".

A nosso ver a "escada" em sistemas de tratamento de esgo tos deve ser encarada como capaz de introduzir oxigênio nos lí quidos escoando através dela.

6. CONCLUSÕES

Do exposto no presente relatório, pode-se concluir que o uso de "escadas" em sistemas de tratamento de águas residuárias tem como principal função a de aeração.

O uso de "escadas" em conjunto com lagoas facultativas têm apresentado bons resultados, especialmente para despejos de laticínios.

Recomenda-se pesquisar as possibilidades de utilização de "escadas" para aeração em conjunto com tanques, e recirculação dos líquidos através da "escada", em sistema semelhantes aos de lodos ativados.

Data Aquis:	23.05.03
Indic:	
Livran:	
Prece:	85
Data Tomba:	23.05.03



CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Pinheiros

Fone: 210.1100 - Telex (011) 222-46 - CTS - BR

CEP 05459 - São Paulo - SP - Brasil