

TRATAMENTO DE ESGOTOS DE ÁREAS LITORÂNEAS
POR PROCESSO ELETROLÍTICO

JAN/87

ARQUIVO TECNICO

5314
C338t(RCET)
016319



01838



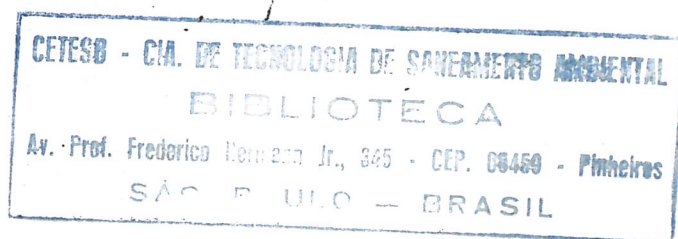
016319

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL



CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL



TRATAMENTO DE ESGOTOS DE ÁREAS LITORÂNEAS
POR PROCESSO ELETROLÍTICO

JAN/87

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

PROGRAMA 09 - IMPLANTAÇÃO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL

COORDENADOR: Engº Antonio Carlos Rossin

PROJETO 09.03.04 - DESINFECÇÃO DOS ESGOTOS DE ÁREAS COSTEIRAS POR PROCESSO ELETROLÍTICO

COORDENADOR: Engº Pedro Alem Sobrinho

Trabalho desenvolvido na

GTER - GERÊNCIA DE TECNOLOGIA DE ÁGUAS E RESÍDUOS
STA - SUPERINTENDÊNCIA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL

EQUIPE DE TRABALHO

- Engº Pedro Alem Sobrinho (Coordenador)
- Engº William Zimbardi
- Tec. Viviane A. de Oliveira
- Tec. Wanderley Merighi

ÍNDICE

	pág
RESUMO	
APRESENTAÇÃO	
1. INTRODUÇÃO.....	2
2. O PROCESSO ESTUDADO.....	3
3. MATERIAIS UTILIZADOS PARA ELETRODOS.....	5
4. MATERIAIS E MÉTODOS USADOS NO ESTUDO.....	6
5. RESULTADOS OBTIDOS.....	10
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	21
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	25

RESUMO

Foram desenvolvidos estudos, em escala de laboratório, relativos ao tratamento de esgotos de áreas litorâneas através de processo eletrolítico e adição de água do mar, sendo o principal objetivo do tratamento a desinfecção dos esgotos para posterior lançamento em águas afluentes a praias utilizadas para banho.

Foram utilizados grafite como anodo e aço comum como catodo, tendo os resultados mostrado excelentes perspectivas de uso do sistema testado, especialmente em função do grau de desinfecção dos esgotos que foi obtido.

Utilizando-se um afluente ao sistema composto de 75% de esgoto e 25% de água do mar, tempo de detenção de 1 hora e consumo de $675 \text{ watts} \times \text{h} / \text{m}^3$ de esgoto tratado, obteve-se efluente praticamente livre de coliformes fecais e com cloro residual da ordem de 1,5 a 2,0 mg/l.

APRESENTAÇÃO

O presente relatório é relativo aos trabalhos desenvolvidos em 1986 no Projeto 09.03.04 - "DESINFECÇÃO DE ESGOTOS DE ÁREAS COSTEIRAS POR PROCESSO ELETROLÍTICO", do Programa de "IMPLANTAÇÃO DE TECNOLOGIAS PARA O DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL".

Inicialmente é apresentada uma revisão bibliográfica sobre o assunto, sendo a seguir descritos os equipamentos utilizados e os procedimentos de trabalho adotados. Os resultados dos trabalhos são apresentados neste relatório, seguido da discussão dos mesmos e finalmente são apresentadas as conclusões do trabalho e as recomendações para o uso do processo estudado, bem como para novos trabalhos a serem desenvolvidos a respeito do assunto.

1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista a existência no Estado de São Paulo (e no Brasil, em geral) de um grande número de praias utilizadas primor dialmente para veraneio, o que leva à sua efetiva ocupação du rante poucos meses do ano e em fins de semana, e que nessas o casões se apresentam poluídas, a CETESB vem procurando solu ções adequadas para a coleta, transporte e tratamento dos es gotos dessas praias, que sejam compatíveis com a sua utiliza ção e que apresentem custos de implantação e operação capazes de serem absorvidos pelos usuários das praias.

No que se refere ao tratamento de esgotos, uma solução que, em princípio, se mostrou atraente, foi a de se tratar os esgotos através de processo eletrolítico, com utilização de água do mar, o que permitiria ao mesmo tempo uma diminuição do consu mo de energia elétrica, por ser a água do mar um bom eletrólito, e uma desinfecção dos esgotos pelo cloro, obtido da disso ciação eletrolítica do cloreto de sódio, existente em gran de quantidade nas águas do mar. Além disso, o sistema ele trolítico é compacto e pode ser colocado em operação tão lo go e apenas quando existe a ocupação das praias para banho

Em vista do exposto, a CETESB desenvolveu no ano de 1986, en saios em escala de laboratório, com o objetivo de se determi nar as condições operacionais mais interessantes para se ob ter um efluente de aspecto não repugnante aos usuários da praia e que seja seguro, do ponto de vista bacteriológico , utilizando-se de processo eletrolítico com adição de água do mar ao esgoto afluente.

2. O PROCESSO ESTUDADO

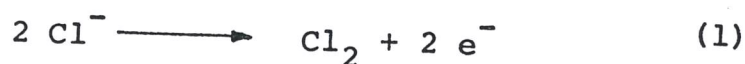
Existem vários tipos de sistemas que utilizam a eletrólise para o tratamento de águas residuárias. O sistema escolhido para ser estudado, levou em conta os objetivos a serem atingidos, que são o de se obter um efluente final com aspecto não ofensivo aos banhistas e com qualidade bacteriológica segura, e consta do seguinte: uma câmara, que é o reator onde os líquidos afluentes (esgoto mais água do mar) ficam retidos por algum tempo, e que contém os eletrodos, anodo e catodo, colocados ao fundo, e a unidade de retificação transformação da corrente elétrica.

O reator funciona como uma câmara de flotação, para a separação dos sólidos em suspensão dos esgotos, que sobem à superfície, carregados pela subida dos gases produzidos pela eletrólise no fundo da câmara, e também serve de câmara de contato para a desinfecção do esgoto, pela ação do cloro produzida pela dissociação eletrolítica do cloreto de sódio, que vem em grandes quantidades na água do mar.

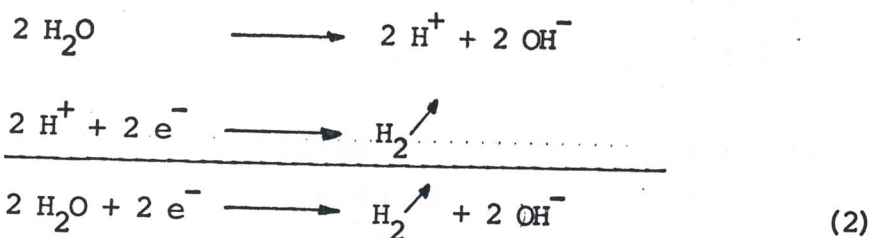
A unidade de retificação transformação fornece corrente contínua, com baixa voltagem, que circula através dos eletrodos, provocando a eletrólise do líquido afluente.

As reações que ocorrem são as seguintes:

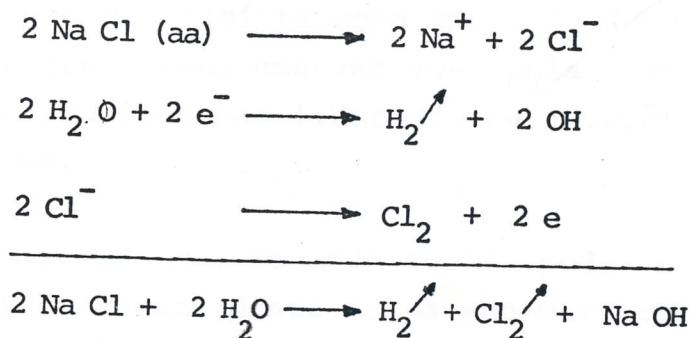
- No anodo (+): O Cl^- , existente na água do mar sob a forma de NaCl é oxidado a Cl_2 , porém, antes de formar Cl_2 , existe possibilidade de se ter cloro em estado nascente, que possui grande capacidade oxidativa.



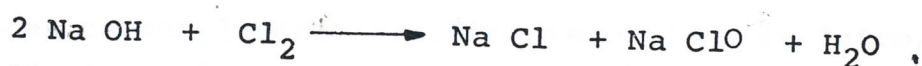
- No catodo (-): O cátion H^+ , que deriva da eletrólise da água, é reduzido a H_2 . O gás formado, ao subir à superfície carrega para lá sólidos em suspensão do esgoto.



A reação global da eletrólise será, então:



É possível que ocorram ainda reações secundárias, em relação ao cloro, como por exemplo:



Neste caso, o efeito bactericida será menor, pois o hipoclorito tem menor efeito bactericida.

A redução de hidrogênio no catodo resulta em um excesso de ions hidroxil e consequentemente em um aumento de pH.

Ainda na câmara eletrolítica existe a formação de flocos de Mg(OH)_2 que por adsorção removem fosfato do esgoto, sendo esta via a principal causa de remoção de fósforo no processo eletrolítico. A principal causa na remoção de nitrogênio no processo em questão é o cloro produzido no sistema.

3. MATERIAIS UTILIZADOS PARA ELETRODOS

Uma grande variedade de materiais podem ser utilizados na construção de eletrodos do processo de F.E. Dentre os principais, podem ser citados carbono, grafite, alumínio, aço doce, aço inoxidável e titânio recoberto com dióxido de chumbo.

O uso de alumínio como um anodo de sacrifício é uma alternativa interessante, uma vez que, pela dissociação eletrolítica, íons de alumínio são liberados na solução formando um coagulante efetivo.

Apesar disto, de modo geral, pode-se dizer que os íons de alumínio formados desta forma são mais caros que aqueles obtidos por sais de alumínio comerciais, especialmente considerando a constante substituição e os custos de instalação do eletrodo de alumínio.

Os aços doces também liberam rapidamente os íons de ferro, porém os flocos fêrricos são mais pesados que os de alumínio, não favorecendo a flotação, que somados aos custos de manutenção fazem o seu uso pouco interessante como eletrodo.

Um material que apresenta boas características e talvez seja, economicamente o mais viável, é o aço inoxidável, pois esses eletrodos têm uma vida útil de vários meses.

O dióxido de chumbo é o que apresenta melhor resistência a erosão anódica. Em vista de ser um material com pouca resistência mecânica, foram desenvolvidos métodos para aplicá-lo sobre fios ou malhas de titânio de pouco peso. Estes anodos de titânio recobertos com dióxido de chumbo têm uma vida útil da ordem de trinta anos, sendo portanto, os seus custos de instalação minimizados.

4. MATERIAIS E MÉTODOS USADOS NO ESTUDO

4.1. SUBSTRATO UTILIZADO

Todos os ensaios desenvolvidos utilizaram esgoto apenas gradeado, bombeado diretamente da Estação de Tratamento de Esgotos de Pinheiros, da SABESP.

4.2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA ELETROLÍTICO

O sistema eletrolítico utilizado, em escala de laboratório, era composto de:

- . uma fonte de alimentação de corrente contínua, através da qual se podia variar a tensão aplicada aos eletrodos;
- . um instrumento de medição das intensidade de corrente e voltagem;
- . câmara de flotação com os eletrodos

A câmara de flotação construída em acrílico, possuía dois compartimentos, o de flotação propriamente dito e o outro para a saída do efluente, sem perturbar a camada de sólidos flotados.

No fundo do compartimento de flotação foram colocados os eletrodos, grafite (anodo) e placa de ferro perfurada (catodo). A câmara de flotação pode ser visualizada através da Figura 4.1

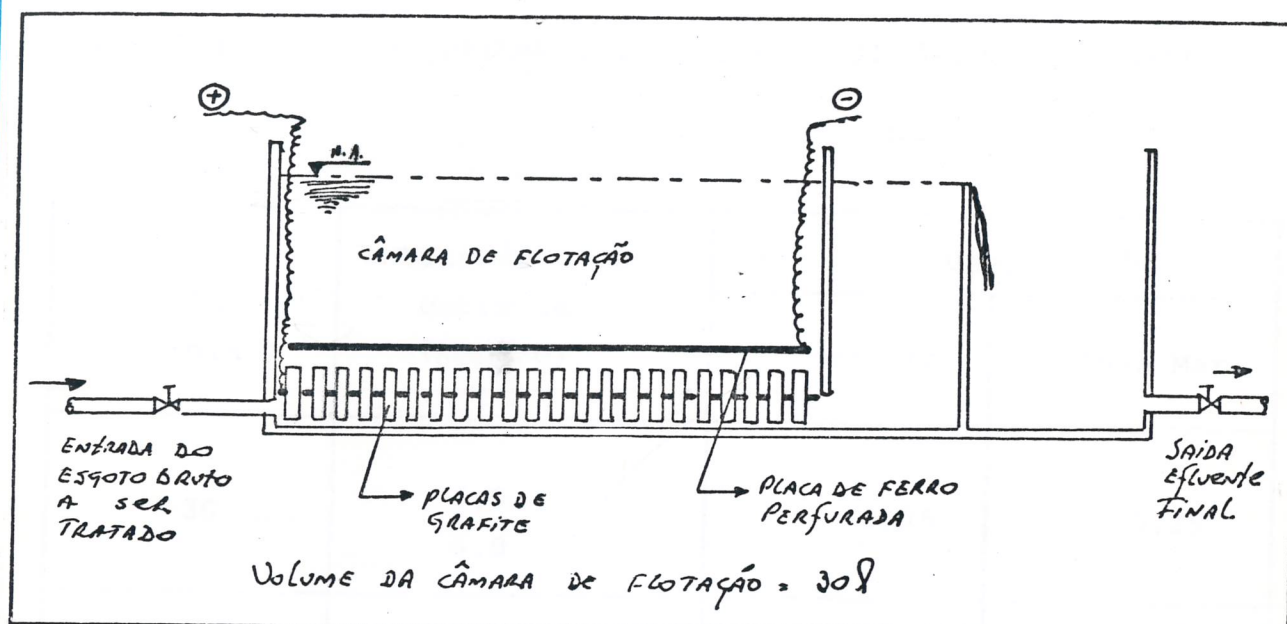


FIGURA 4.1 - ESQUEMA DA CÂMARA DE FLOTAÇÃO

A distância entre os eletrodos foi de 5 mm. O despejo a ser tratado ingressava na câmara de flotação por fluxo ascendente e os sólidos flotados eram removidos manualmente.

Na parte inferior, ligeiramente abaixo dos eletrodos, localizava-se a comunicação entre a câmara de flotação e a de saída do efluente final.

TABELA 4.1. - RESUMO DOS VALORES UTILIZADOS NOS ENSAIOS

t_d (min.)	Intensidade de corrente (Amp. re)	Vazões (l/min.)		
		esgoto	Água Mar	
30	5,0 6,0	0,75	0,25	1,00
45	4,0 5,0 6,0 7,0	0,50	0,17	0,67
60	4,0 5,0 6,0 7,0	0,37	0,13	0,50
75	4,0 5,0 6,0 7,0	0,30	0,10	0,40

4.3. PROCEDIMENTOS UTILIZADOS NOS ENSAIOS

Inicialmente foram estabelecidas séries fixando-se o tempo de detenção em 30, 45, 60 e 75 minutos e variando a intensidade de corrente na faixa de 3 a 7 amperes.

Em seguida fixou-se a vazão da água do mar em 25% (vinte e cinco por cento) da vazão afluyente total.

Após um tempo de duração do ensaio sempre superior a cinco horas, eram coletadas amostras do esgoto bruto e efluente final para determinação de coliformes fecais, DBO, DQO, sólidos em suspensão, fósforo, pH e cloro residual.

Após os ensaios invertia-se a polaridade dos eletrodos durante 2 a 5 minutos para se executar a limpeza, após se ter percebido que o material incrustado no catodo, se não removido, afetava negativamente o processo.

4.4. MÉTODOS UTILIZADOS NAS DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS

Todas as determinações analíticas foram realizadas nos laboratórios da CETESB, tendo por base a 16a. edição do "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater"- editado por APHA, AWWA e WPCF -

5. RESULTADOS OBTIDOS

Os trabalhos desenvolvidos em 1985 e também alguns dados de literatura indicaram que a composição do afluente à base de 75% de esgotos e 25% de água do mar se apresentava como das mais interessantes, tanto do ponto de vista de consumo de energia e elétrica como do ponto de vista de desinfecção dos esgotos. Para tempos de detenção inferiores a uma hora, os resultados relativos a coliformes no efluente não eram bons, quando se utilizou menores porcentagens de água do mar. Por esse motivo foram desenvolvidos ensaios com o afluente composto de 75% de esgoto gradeado da ETE-Pinheiros da SABESP e 25% de água do mar proveniente de Santos.

Os resultados relativos a pH, cloro residual e coliformes fecais em função das condições operacionais de testes são apresentados na tabela 5.1. A eficiência de remoção de coliformes fecais é apresentada na Figura 5.1.

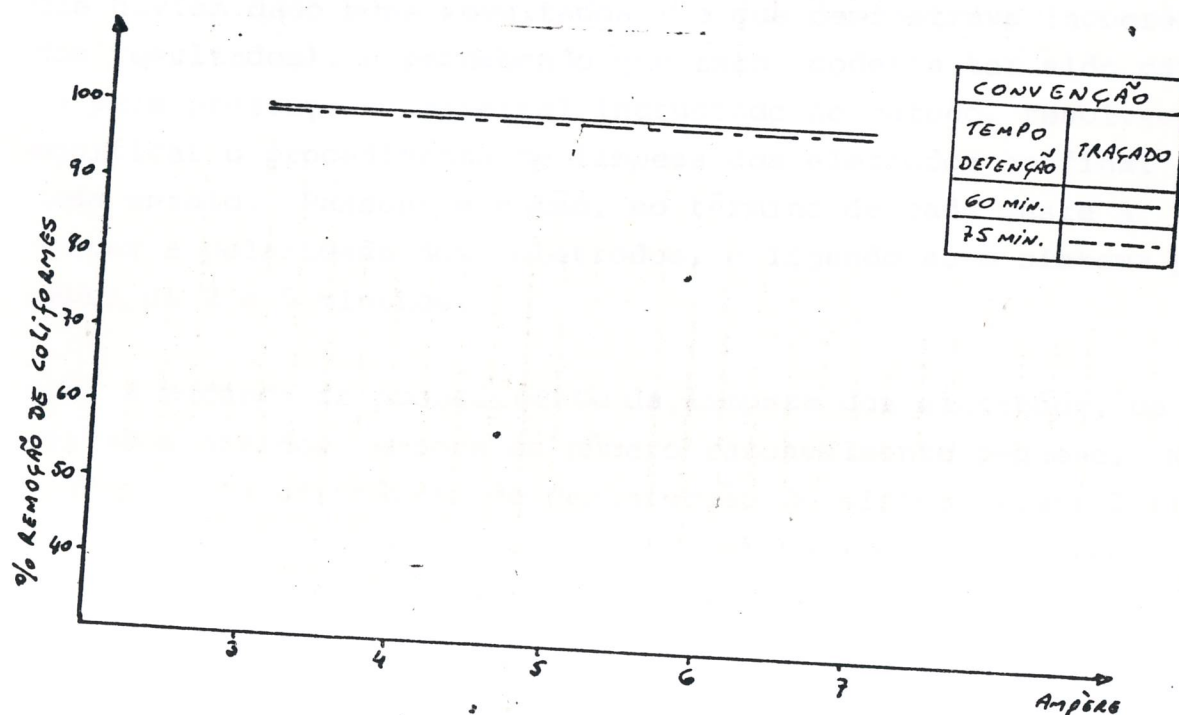


FIGURA 5.1 - EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE COLIFORMES FECALIS EM FUNÇÃO DA INTENSIDADE DE CORRENTE APLICADA

A tabela 5.2 apresenta os resultados relativos a DBO, DQO, Sólidos em suspensão e fósforo. As Figuras 5.2 a 5.9 permitem uma boa visualização dos resultados obtidos e apresentados na tabela 5.2. somente para os tempos de detenção de 60 e 75 minutos.

Em relação aos resultados obtidos, deve-se ressaltar que durante a operação do sistema, ao final de cada ensaio era feita uma limpeza simples dos eletrodos, sendo que por vezes se fazia uma limpeza mais completa dos eletrodos, quando se notava que no catodo havia uma quantidade elevada de material incrustado. Nos ensaios feitos imediatamente após a limpeza mais completa dos eletrodos, notava-se uma eficiência do processo, principalmente em relação aos coliformes fecais era muito superior aos testes posteriores.

Analisando os dados que apontavam baixa eficiência de desinfecção do processo mesmo para intensidades de corrente mais elevadas e tempos de detenção maiores do que os de outros ensaios que haviam dado bons resultados (o que demonstrava incoerência dos resultados), e percebendo que isto poderia ter sido causado pela presença do material incrustado no catodo, resolveu-se modificar o procedimento de limpeza dos eletrodos ao final de cada ensaio. Passou-se então, ao término de cada teste a inverter a polaridade dos eletrodos, e ligando-se o sistema por cerca de 2 a 5 minutos.

Após a mudança de procedimento da limpeza dos eletrodos, os resultados obtidos, embora em número razoavelmente pequeno, mostraram uma eficiência de desinfecção do sistema eletrolítico, que pode ser considerada excelente. Essa mudança de procedimento de limpeza ocorreu após o ensaio de nº 16.

Infelizmente, os ensaios foram suspensos devido à quebra da bomba que recalrava os esgotos da ETE-Pinheiros da SABESP para os laboratórios de pesquisa da CETESB.

Ensaio complementares, inclusive para determinação do consumo efetivo de energia serão realizados posteriormente. Deverão ser repetidos os ensaios com 30 e 45 minutos de detenção.

TABELA 5.1 - RESULTADOS RELATIVOS A CLORO RESIDUAL, E COLIFORMES FECALIS

Ensaio nº	Intensidade de corrente (Amp.)	Voltagem (volts)	Vazão (l/min.)		Tempo Detenção (min.)	Cloro Residual mg/l	p.H.		Coliformes Fecais (NMP/100 ml)		
			Esgoto Bruto	Água Mar			Esgoto Bruto	Efluente Final	Esgoto Bruto	Efluente Final	Eficiência (%)
1	5,0	5,0	0,75	0,25	30	0,10	6,8	6,7	$5,0 \times 10^7$	$8,0 \times 10^6$	84,00
2	6,0	3,0	0,75	0,25	30	-	6,4	7,2	$1,3 \times 10^8$	$8,0 \times 10^6$	93,8462
3	4,0	3,0	0,50	0,17	45	-	6,3	6,6	$2,2 \times 10^7$	$5,0 \times 10^6$	77,2727
4	5,0	3,5	0,50	0,17	45	1,00	6,6	6,9	$2,3 \times 10^7$	$< 2 \times 10^3$	99,9913
5	6,0	4,0	0,50	0,17	45	0,25	6,5	6,8	$3,0 \times 10^7$	$1,7 \times 10^5$	99,4333
6	4,0	3,5	0,37	0,13	60	1,50	6,8	6,6	$5,0 \times 10^7$	< 2	-100,0
7	5,0	4,0	0,37	0,13	60	2,00	6,8	6,3	$3,0 \times 10^7$	< 2	-100,0
8	6,0	4,0	0,37	0,13	60	2,00	6,8	6,5	$2,2 \times 10^7$	80	-100,0
9	7,0	5,5	0,37	0,13	60	0,50	6,6	6,5	$1,7 \times 10^8$	$1,3 \times 10^4$	99,9924
10	8,0	5,0	0,37	0,13	60	0,10	6,7	6,5	$8,0 \times 10^7$	$7,0 \times 10^5$	99,1250
11	3,0	4,0	0,30	0,10	75	-	6,5	6,4	$3,5 \times 10^7$	$6,0 \times 10^6$	82,8571
12	4,0	4,0	0,30	0,10	75	0,10	6,3	6,6	$2,8 \times 10^7$	$3,0 \times 10^5$	98,9286
13	5,0	4,0	0,30	0,10	75	-	6,4	6,5	$1,7 \times 10^7$	< 2	-100,0
14	6,0	4,5	0,30	0,10	75	2,00	6,9	6,5	$2,2 \times 10^7$	2	-100,0
15	7,0	5,0	0,30	0,10	75	2,00	6,9	6,5	$3,0 \times 10^7$	< 2	-100,0
16	4,0	4,0	0,37	0,13	60	1,00	6,8	6,4	$1,3 \times 10^7$	$5,0 \times 10^3$	99,9615
17	5,0	4,0	0,37	0,13	60	2,00	6,8	6,3	$1,7 \times 10^7$	6	-100,0
18	6,0	4,5	0,37	0,13	60	1,50	6,8	6,5	$3,0 \times 10^7$	220	-100,0
19	4,0	3,5	0,37	0,13	60	1,50	6,9	6,4	$1,3 \times 10^7$	< 2	-100,0
20	3,0	3,5	0,30	0,10	75	2,00	6,9	6,5	$5,0 \times 10^7$	230	-100,0
21	4,0	4,0	0,30	0,10	75	2,00	6,7	6,2	$1,3 \times 10^8$	< 2	-100,0
22	5,0	4,0	0,30	0,10	75	2,00	6,9	6,1	$1,1 \times 10^7$	2	-100,0
23	6,0	5,0	0,30	0,10	75	2,00	6,7	6,2	$2,3 \times 10^7$	< 2	-100,0
24	7,0	5,0	0,30	0,10	75	3,00	6,8	6,6	$5,0 \times 10^7$	< 2	-100,0

TABELA 5.2 - RESULTADOS RELATIVOS A DBO, DQO, SST E FÓSFORO

En- saio nº	Intensi- dade corrente (volts)	Volta- gem (volts)	Vazão (l/min.)		Tempo Detença (min.)	DBO			DQO			SST			P		
			Esgoto Bruto	Água Mar		Esgoto Bruto	Efluente Final	Efic. (%)	Esgoto Bruto	Efluente Final	Efic. (%)	Esgoto Bruto	Efluente Final	Efic. (%)	Esgoto Bruto	Efluente Final	Efic. (%)
1	5,0	5,0	0,75	0,25	30	363	136	63	1060	322	70	580	132	77	8,75	4,00	54
2	6,0	3,0	0,75	0,25	30	575	191	67	1070	342	68	503	28	94	9,75	2,75	72
3	4,0	3,0	0,50	0,17	45	345	172	50	980	414	58	336	99	71	10,8	4,90	55
4	5,0	3,5	0,50	0,17	45	322	106	67	837	323	61	303	104	66	6,2	2,40	61
5	6,0	4,0	0,50	0,17	45	372	175	53	801	515	36	359	81	77	10,0	4,20	58
6	4,0	3,5	0,37	0,13	60	115	43	63	258	200	78	78	62	21	3,15	1,53	51
7	5,0	4,0	0,37	0,13	60	577	465	19	-	-	-	259	119	54	8,50	4,63	46
8	6,0	4,0	0,37	0,13	60	369	76	79	573	222	61	339	109	68	4,65	2,15	54
9	7,0	5,5	0,37	0,13	60	335	135	60	502	250	50	206	74	64	9,00	3,05	66
10	8,0	5,0	0,37	0,13	60	312	202	35	512	318	38	210	108	49	15,3	11,5	25
11	3,0	4,0	0,30	0,10	75	388	182	53	930	361	61	1040	174	83	14,3	5,63	61
12	4,0	4,0	0,30	0,10	75	577	177	69	882	355	60	413	117	72	11,3	5,00	56
13	5,0	4,0	0,30	0,10	75	421	115	73	894	313	65	546	87	84	10,3	0,93	91
14	6,0	4,5	0,30	0,10	75	241	154	36	568	404	29	201	72	64	6,5	2,45	62
15	7,0	5,0	0,30	0,10	75	417	60	86	822	265	68	509	96	81	10,3	3,10	70
16	4,0	4,0	0,37	0,13	60	315	128	59	697	319	54	313	100	68	5,7	2,90	49
17	4,0	3,5	0,37	0,13	60	223	112	50	458	295	36	245	120	51	4,9	2,80	43
18	5,0	4,0	0,37	0,13	60	313	147	53	708	337	52	268	93	65	6,9	3,70	46
19	6,0	4,5	0,37	0,13	60	418	138	67	553	354	36	263	129	51	8,25	3,88	53
20	3,0	3,5	0,30	0,10	75	289	132	54	584	295	50	172	104	40	4,60	3,00	35
21	4,0	4,0	0,30	0,10	75	352	98	72	697	267	62	353	105	70	9,25	2,85	69
22	5,0	4,0	0,30	0,10	75	259	76	71	414	231	44	228	59	74	4,35	1,15	74
23	6,0	5,0	0,30	0,10	75	244	127	48	510	281	45	242	104	57	4,65	2,70	42
24	7,0	5,0	0,30	0,10	75	221	97	56	574	344	40	303	124	59	7,75	4,50	42

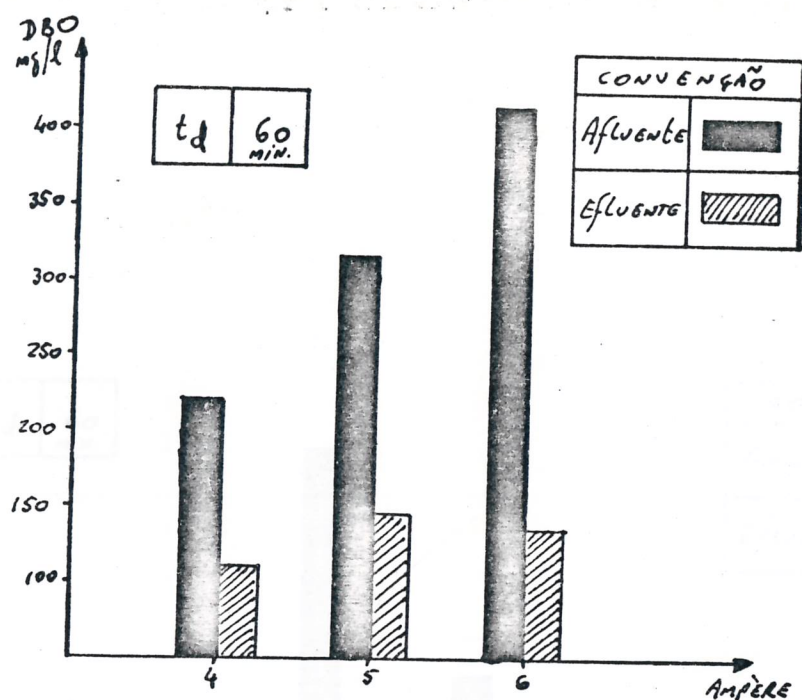


FIGURA 5.2 - DBO AFLUENTE E EFLUENTE, OBTIDOS EM FUNÇÃO DA INTENSIDADE DE CORRENTE APLICADA PARA TEMPO DE DETENÇÃO DE 60 MINUTOS

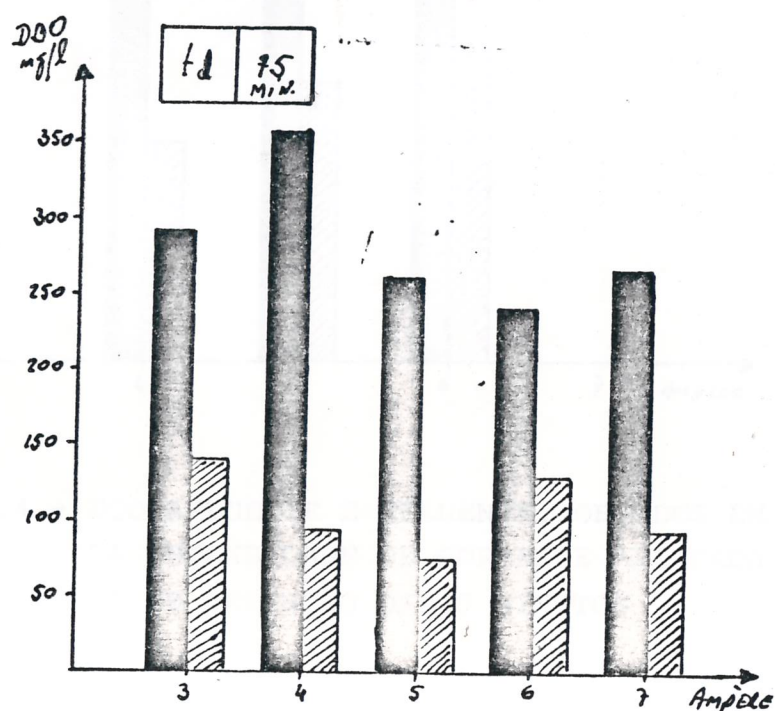


FIGURA 5.3 - DBO AFLUENTE E EFLUENTE, OBTIDOS EM FUNÇÃO DA INTENSIDADE DE CORRENTE APLICADA PARA TEMPO DE DETENÇÃO DE 75 MINUTOS

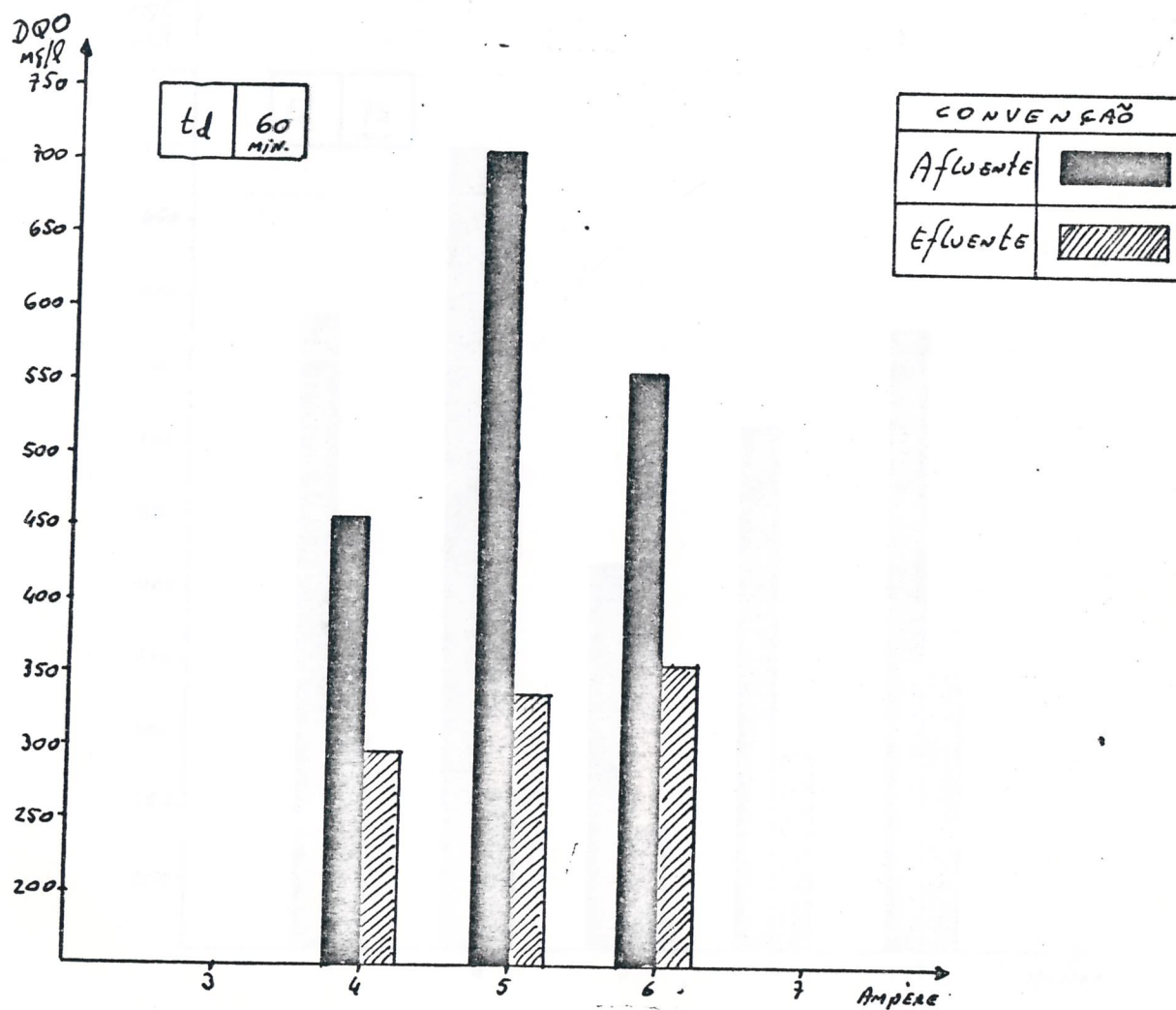


FIGURA 5.4 - DQO AFLUENTE E EFLUENTE, OBTIDOS EM FUNÇÃO DA INTENSIDADE DE CORRENTE APLICADA PARA TEMPO DE DETENÇÃO DE 60 MINUTOS

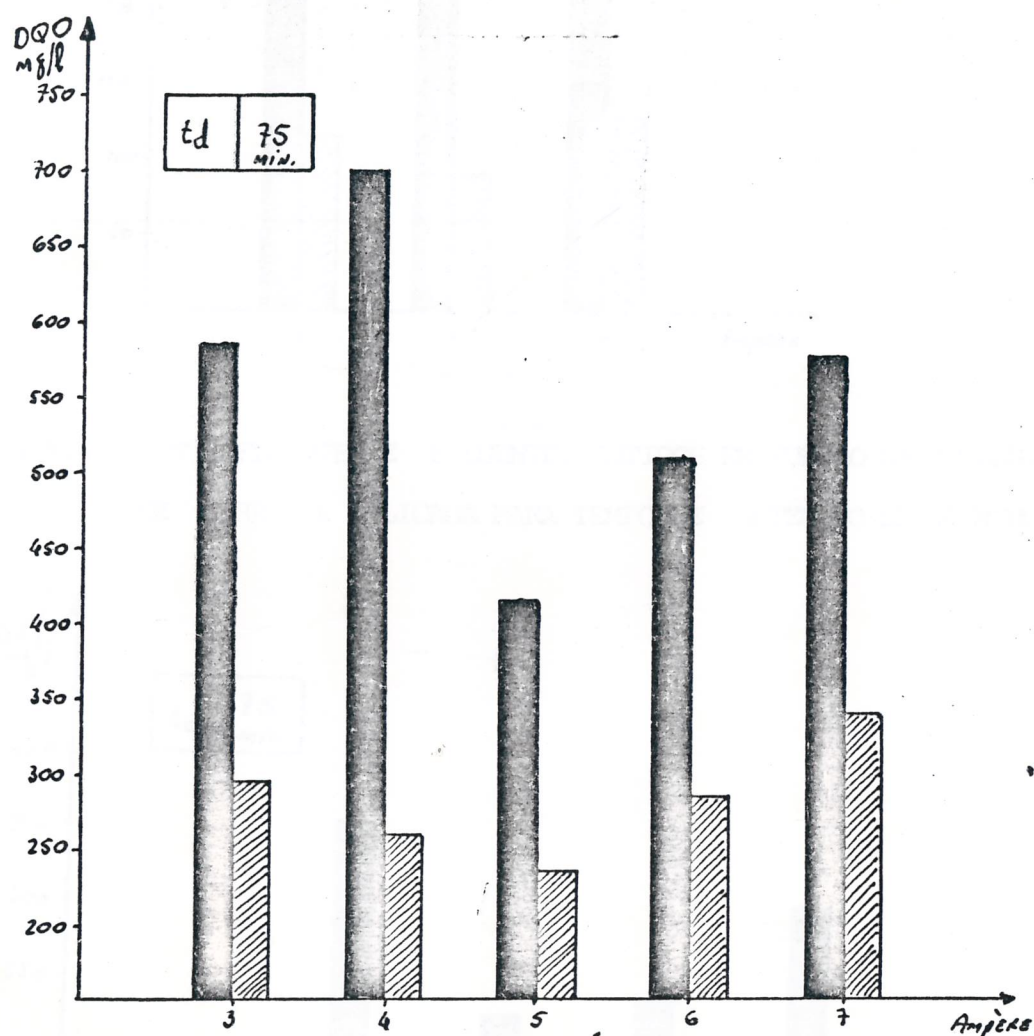


FIGURA 5.5 - DQO AFLUENTE E EFLUENTE, OBTIDOS EM FUNÇÃO DA INTENSIDADE DE CORRENTE APLICADA PARA TEMPO DE DETENÇÃO DE 75 MINUTOS

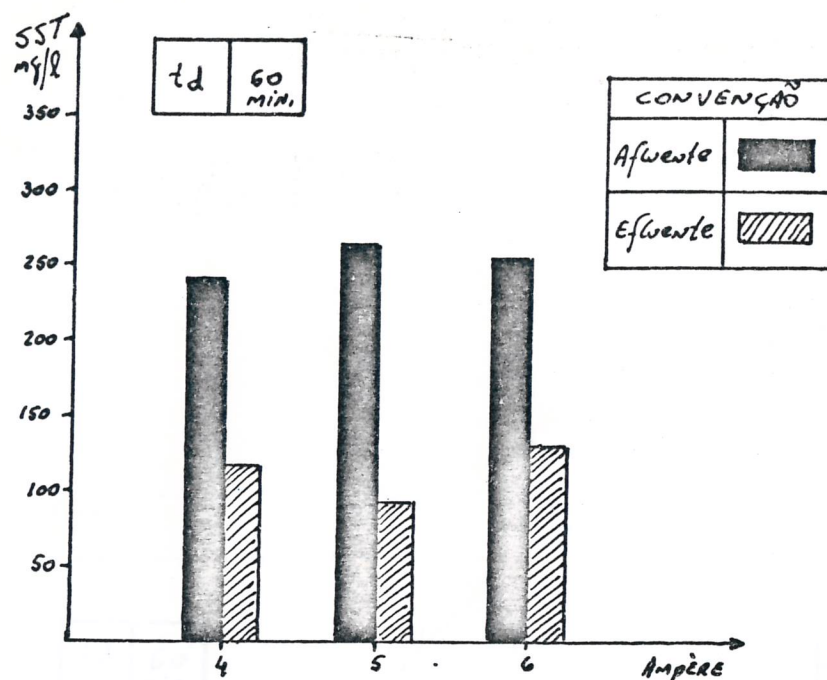


FIGURA 5.6 - SST AFLUENTE E EFLUENTE, OBTIDOS EM FUNÇÃO DA INTENSIDADE DE CORRENTE APLICADA PARA TEMPO DE DETENÇÃO DE 60 MINUTOS

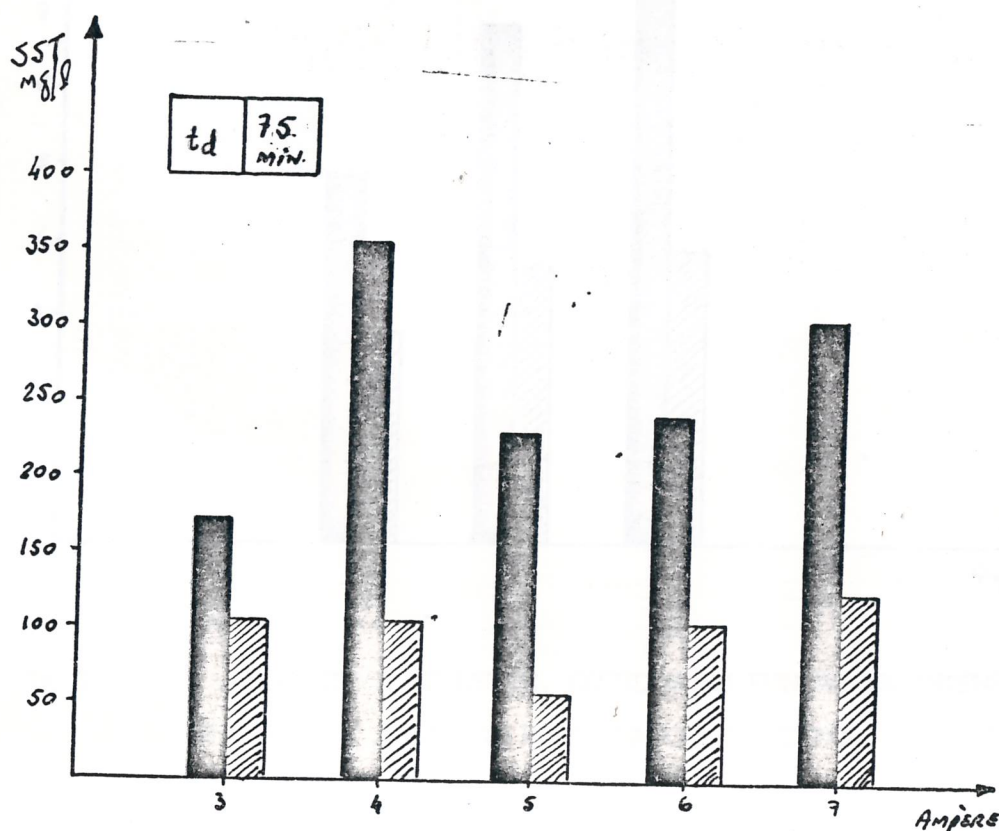


FIGURA 5.7 - SST AFLUENTE E EFLUENTE, OBTIDOS EM FUNÇÃO DA INTENSIDADE DE CORRENTE APLICADA PARA TEMPO DE DETENÇÃO DE 75 MINUTOS.

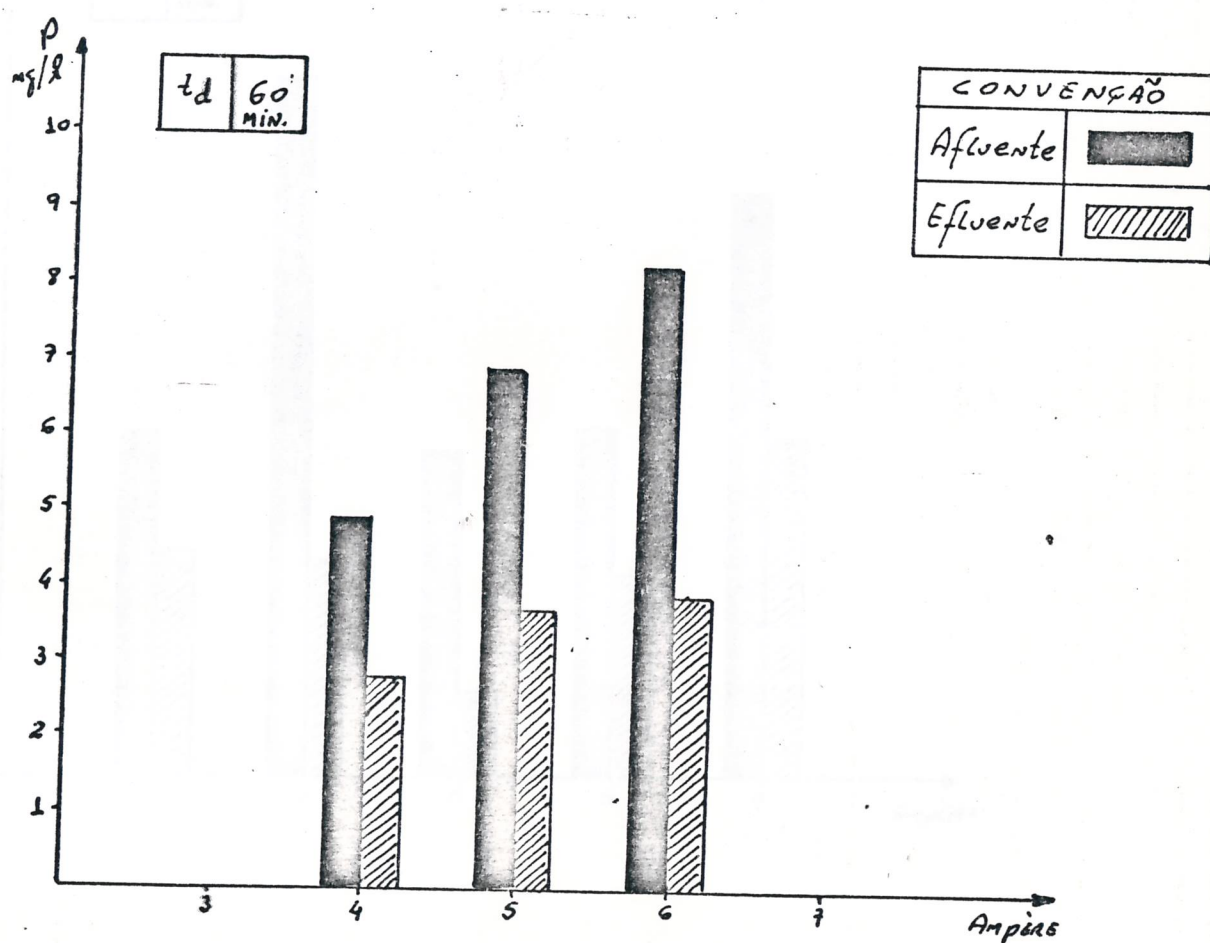


FIGURA 5.8 - P AFLUENTE E EFLUENTE, OBTIDOS EM FUNÇÃO DA INTENSIDADE DE CORRENTE APLICADA PARA TEMPO DE DETENÇÃO DE 60 MINUTOS

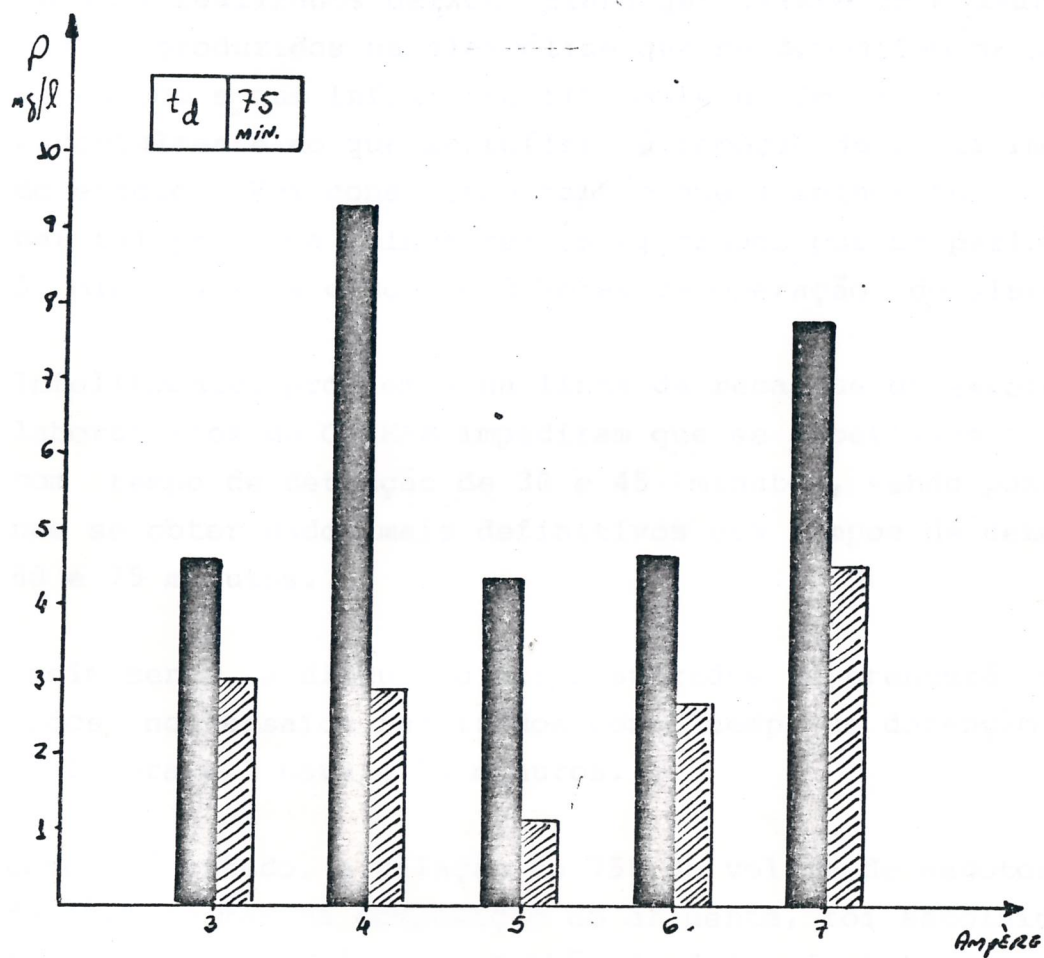


FIGURA 5.9 - P AFLUENTE E EFLUENTE, OBTIDOS EM FUNÇÃO DA INTENSIDADE DE CORRENTE APLICADA PARA TEMPO DE DETENÇÃO DE 75 MINUTOS

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1. ASPECTOS GERAIS DE OPERAÇÃO DO SISTEMA

A observação do comportamento do sistema eletrolítico durante os ensaios realizados deixou claro que existe um acúmulo de materiais produzidos na eletrólise que se depositam na superfície do catodo e que influi negativamente no desempenho do processo especialmente no que se refere à remoção de coliformes fecais do esgoto. Foi constatado também que a melhor forma de solucionar tal problema é inverter os eletrodos por um período de 2 a 5 minutos após cerca de 8 horas de operação do sistema.

Infelizmente, problemas na linha de recalque de esgotos para os laboratórios da CETESB impediram que se repetissem os ensaios com tempo de detenção de 30 e 45 minutos, sendo possível apenas se obter dados mais definitivos com tempos de detenção de 60 e 75 minutos.

Assim sendo, a discussão dos resultados se prenderá àquels obtidos nos ensaios realizados com o tempo de detenção no reator de 1 hora e 1 hora e 15 minutos.

Como já citado, a relação de 75% de volume de esgotos para 25% de água do mar na composição do afluente, foi escolhido em função de ensaios prévios e também de dados de literatura. Porém, em função de observações posteriores e do novo procedimento de limpeza dos eletrodos, porcentagens menores de água do mar deverão também ser ensaiadas.

A energia utilizada no sistema por metro cúbico de esgoto tratado, em função da intensidade de corrente e do tempo de detenção da mistura afluente é apresentada na tabela 6.1. Note-se que o consumo efetivo de energia deverá ser superior à utilizada no sistema, porém o consumo efetivo somente poderá ser determinado após a realização de novos ensaios, uma vez que o medidor de

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

consumo já se encontra instalado no sistema.

Ainda na Tabela 6.1 são apresentadas as densidades de corrente utilizadas em função da intensidade da corrente.

TABELA 6.1 - DENSIDADES DE CORRENTE UTILIZADAS E ENERGIA CONSUMIDA NO SISTEMA EM FUNÇÃO DA INTENSIDADE DE CORRENTE

INTENSIDADE DE CORRENTE AMPÈRES	DIFERENÇA DE POTENCIAL VOLTS	ENERGIA UTILIZADA POR WATTSXHORA	DENSIDADE DE CORRENTE AMPÈRES/m ³	ENERGIA UTILIZADA POR METRO CÚBICO DE VAZÃO DE ESGOTO POR HORA	
				t = 60 min watts.h/m ³	t = 75 min watts.h/m ³
3	3,50	10,5	27	473	583
4	3,75	15,0	36	675	833
5	4,00	20,0	45	901	1111
6	4,50	27,0	54	1216	1500
7	5,00	35,0	63	1577	1944

6.2. REMOÇÃO DE COLIFORMES FECAIS

A remoção de coliformes fecais foi praticamente total para os tempos de detenção de 60 e 75 minutos e com intensidade de corrente igual ou superior a 4 ampères (ou 36 ampères por metro quadrado). Isto significa que com valores superiores a 670 watts.h/m³ de esgoto e tempos de detenção igual ou superior a 1 hora para a mistura esgoto-agua do mar, tem-se um efluente final com qualidade bacteriológica adequada para lançamento em corpos de água receptores, mesmo de porte bem pequeno, que vão desaguar em praias

utilizadas para banho. A realização de novos ensaios, com tempo de detenção menor que 1 hora, poderão, eventualmente, indicar a obtenção de bons resultados na remoção de coliformes fecais dos esgotos com menor consumo de energia.

Estudos em escala piloto, com diferentes alturas de água e densidades de correntes são necessários para se poder otimizar o sistema no que se refere à remoção de coliformes fecais dos esgotos.

Os resultados obtidos em relação à desinfecção de esgotos até o momento indicam que o sistema eletrolítico testado apresenta como grandes vantagens, em relação a outros sistemas de tratamento com posterior desinfecção, o pequeno tempo de detenção e a operação de apenas uma parte do sistema quando a vazão de esgotos é bem inferior à de projeto, que corresponde às férias de verão, para as praias cujo principal uso é o de lazer.

6.3. REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA

A remoção de matéria orgânica, em si, para lançamento dos efluentes com pequena vazão em águas que em bem curto espaço de tempo alcançarão o mar, pode ser considerada como secundária na avaliação do processo de tratamento, sendo os parâmetros mais importantes o bacteriológico e o visual.

Em termos de DBO a eficiência de remoção obtida variou na faixa de 50 a 70%, enquanto para a DBO a eficiência de remoção ficou entre 40% e 60%, não tendo sido estabelecida uma tendência entre as eficiências de remoção de matéria orgânica com qualquer dos parâmetros de controle dos ensaios.

Em sistemas eletrolíticos, onde se utiliza o anodo de ferro ou alumínio, existe a liberação destes íons metálicos, que atuam como coagulantes, resultando em remoção mais eficiente de matéria orgânica.

6.4. REMOÇÃO DE SÓLIDOS EM SUSPENSÃO

O sistema eletrolítico deve ser precedido de grade e caixa de areia, sendo portanto o afluente à câmara eletrolítica isento de sólidos grosseiros e com pouca areia.

Para as finalidades que se está estudando o sistema eletrolítico, a remoção de sólidos em suspensão é muito importante, especialmente em função do aspecto estético do efluente, que não deve causar repugnância por parte dos usuários das praias.

Embora a eficiência de sólidos em suspensão tenha ficado na faixa de 50% a 70%, os sólidos em suspensão remanescentes são os mais finos e não causam prejuízos sensíveis ao aspecto do efluente final, que é um líquido de boa transparência, levemente esbranquiçado.

Não foi observado até agora nenhuma correlação entre a eficiência de remoção de sólidos e qualquer parâmetro de controle dos ensaios realizados.

6.5. REMOÇÃO DE FÓSFORO

A remoção de fósforo variou de 40% a 70%, sem qualquer correlação com os parâmetros de controle dos ensaios.

6.6. CLORO RESIDUAL

Nos ensaios com tempo de detenção de 60 e 75 minutos, com limpeza do cátodo por inversão da corrente elétrica, obteve-se sempre o cloro residual na faixa de 1,5 a 2,0 mg/l. Este resultado acompanhou a remoção de praticamente 100% de coliformes fecais, o que demonstra que a produção de cloro no sistema, nesses ensaios foi suficiente para atender à demanda de cloro dos esgotos e atuar como desinfetante.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Dos ensaios desenvolvidos até o momento, tem-se que o sistema eletrolítico testado, com o afluente composto de 25% de água do mar e 75% de esgotos e com um tempo de detenção de 60 minutos, tem-se praticamente remoção total de coliformes fecais dos esgotos, com um consumo efetivo de 675 watts.h/m³ de esgoto.

Novos ensaios, com tempo de detenção menor e consequentemente menor consumo de energia elétrica são necessários para a otimização do processo e tais ensaios estão em desenvolvimento na CETESB.

É necessário que, a intervalos cerca de 8 horas a corrente elétrica seja invertida por um período de 2 a 5 minutos para a limpeza do catodo.

Recomenda-se o desenvolvimento de estudos em escala piloto e a pesquisa de outros materiais para os eletrodos, de modo a otimizar o processo.

8. BIBLIOGRAFIA

- . ALEM SOBRINHO, P e C.A. Gomez (1981) "Utilização de Eletro flotação para Separação de Algas de Efluentes de Lagoas de Estabilização Aceleradas e para o Tratamento de Esgotos Domésticos". CETESB - São Paulo - 1981 - 62 p.
- . POON, C.P.C.; T.G.Brueckner (1975) "Physicochemical Treatment of Wastewater - seawater mixture by electrolysis". Journal Water Pollution Control Federation, 47, Pp. 66-78.
- . FOYN, E. (1964) "Removal of Sewage Nutrients by Electrolytic Treatment". Verh.Infl.Ver.Limnol. (Ger), XV Pp. 569-579.
- . EALES, R. (1968) "Electrolyzed Seawater Plays Big Role In Sewage Disposal Method" - Chemical Engineering - Pp 172-174.
- . MICHALEK, H.W. - (1972) - "On - Site Generation of Hypochlorite" - Journal Water Pollution Control Federation, 44, p. 1697.

Date Recd.	6/21/87
Invoice	doac → Pedro
Invoice	Alon Sobal.
Amount	1,00
Date to Pay	6/21/87



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