

João Haroldo de Oliveira Pinho

DESEMPENHO OPERACIONAL DA ETE CABANGA-RECIFE-PERNAMBUCO

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba - UFPb, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre (M.Eng.).

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Recursos Hídricos

ORIENTADORES: Prof. Rui de Oliveira
Prof. Annemarie König

Campina Grande - Paraíba
outubro/1993



P654d Pinho, Joao Haroldo de Oliveira.
Desempenho operacional da ETE Cabanga - Recife -
Pernambuco / Joao Haroldo de Oliveira Pinho. - Campina
Grande, 1993.
155 p. : il.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Civil) -
Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias
eTecnologia.

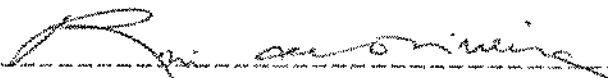
1. Esgotos Domesticos. 2. Digestores Anaerobios. 3.
Lodos Digeridos. 4. Engenharia Civil. 5. Dissertacao. I.
Oliveira, Rui de, Prof. II. Konig, Annemarie, Profa. III.
Universidade Federal da Paraiba - Campina Grande (PB). IV.
Título

CDU 628.3.033(043)

DESEMPENHO OPERACIONAL DA ETE CABANCA-RECIFE-PERMANBUCO

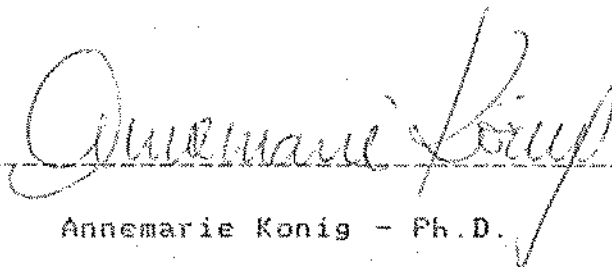
JOÃO HAROLDO DE OLIVEIRA FINHO

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 04 / 10 / 93



Rui de Oliveira - M. Eng. Ph.D.

Orientador



Annemarie König - Ph.D.

Orientadora



Beatriz Susana Ovruski de Ceballos - Mestre

Examinadora Interna



Hênio Normando de S. Melo - Dr. Ing.

Examinador Externo

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

OUTUBRO DE 1993

Dedico este trabalho;

À memória de minha mãe (D. Sazinha);

Ao meu pai João Pinho.

À minha esposa Vilma;

Aos meus filhos Fernando, Aninha, Daniele e Pinho
Neto, pela compreensão dos nossos longos dias de
separação durante este curso.

AGRADECIMENTOS

Aos professores Rui de Oliveira e Annemarie König pela orientação durante todas as fases deste trabalho.

À professora Reatriz Ceballos pela maneira otimista e científica com que contribuiu sempre que era solicitada.

Ao ex-presidente da COMPESA, Engo Luciano Barreto pela confiança em mim depositada, o meu muitíssimo obrigado.

Às Diretorias da COMPESA que sucederam a do Engo Luciano Barreto pela permissão em continuar este trabalho.

Ao meu amigo Antonio Carlos Oliveira Coelho, Diretor de Operações da COMPESA, pelo incentivo e colaboração em todas as etapas.

À Enga. Química Ângela Bacelar, à bióloga Edenilza e à laboratorista Eliane pela colaboração na pesquisa de coliformes e ovos de helmintos.

Aos estagiários de química, Paulo e Jussara, principalmente pelos plantões nos estudos do ciclo diário.

Aos laboratoristas Severino (Garcil) e Janira, ao aux. Joelson (Virgem) e à Química Iêda pela contribuição nas análises físico-químicas.

À todo corpo funcional da Gerencia Metropolitana de Esgotos.

Ao aux. adm. Edmilson pela inestimável ajuda na digitação dos textos e tabelas e ao desenhista José Rodrigues.

Ao amigo Júlio Maia pelo esforço e dedicação com que me auxiliou no dia a dia dos levantamentos em campo.

Aos amigos André, Guga, José e Fernando pelos incentivos e brincadeiras que tornaram amenos os momentos mais difíceis.

Aos laboratórios da EXTRADES e da Universidade Federal da Paraíba, Campus II - Campina Grande, pelos treinamentos e ajuda técnica.

ÍNDICE

	página
CAPÍTULO I: REVISÃO DE LITERATURA.....	1
1.0 - Origem e composição dos esgotos.....	1
1.1 - Variação de vazões nos esgotos domésticos.....	3
1.2 - Aspectos sanitários dos esgotos.....	11
1.3 - Medição de vazão.....	15
1.3.1 - Placas de orifício.....	16
1.3.2 - Bocais.....	17
1.3.3 - Tubos de Venturi.....	17
1.3.4 - Tubos de Dall.....	17
1.3.5 - Cálculo da vazão nos medidores indiretos de perda de carga variável.....	18
1.3.6 - Vertedores.....	18
1.3.7 - Calhas Parshall.....	21
1.3.8 - Medidores especiais.....	24
1.3.9 - Considerações finais.....	25
2.0 - Estações de Tratamento de Esgotos.....	30
2.1 - Evolução histórica.....	32
2.2 - Tipos e graus de tratamento.....	36
2.3 - Pré-tratamento.....	40
2.3.1 - Grades de barras.....	40
2.3.2 - Caixas de areia.....	44

3.0	- Sedimentação Primária.....	49
3.1	- Sedimentação discreta.....	50
3.2	- Sedimentação flocculenta.....	51
3.3	- Projeto de decantadores.....	51
3.3.1	- Parâmetros de projeto.....	51
3.3.2	- Eficiência.....	54
3.3.3	- Tipos de decantadores.....	57
3.3.4	- Considerações sobre decantadores de fluxo radial.....	57
3.3.5	- Produção e destino do lodo cru dos decantadores.....	64
3.3.6	- Problemas operacionais.....	64
3.3.7	- Objetivos do trabalho.....	67

CAPÍTULO II: TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE..... 66

2.0	- Sistemas de Tratamento.....	68
2.1	- O Sistema Cabanga no início da pesquisa.....	70
2.1.1	- Rede coletora.....	70
2.1.2	- Estações elevatórias.....	72
2.1.3	- Estação de tratamento.....	72

CAPÍTULO III: MATERIAIS E MÉTODOS..... 74

3.1	- Descrição do sistema investigado.....	76
3.1.1	- Grades de barras.....	76

3.1.2 - Estação elevatória principal (EE1).....	80
3.1.3 - Calha Parshall.....	81
3.1.4 - Caixas de areia.....	81
3.1.5 - Decantadores primários.....	82
3.1.6 - Estação elevatória de lodo cru.....	84
3.1.7 - Digestores.....	84
3.1.8 - Células de secagem de lodo digerido.....	85
3.1.9 - Emissário sub-aquático.....	86
3.2 - Monitoração do sistema.....	86
3.2.1 - Estudos no ciclo diário.....	88
3.2.2 - Parâmetros monitorados.....	88
3.2.3 - Métodos analíticos.....	89
CAPÍTULO IV: APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS.....	93
4.0 - Volumes de esgoto bruto tratados.....	93
4.1 - Volumes de lodo cru produzidos.....	94
4.2 - Experimentos no ciclo diário.....	98
4.2.1 - Caracterização do afluente.....	98
4.2.2 - Caracterização do líquido efluente da ETE.....	102
4.3 - Monitoração de rotina.....	104
4.3.1 - Caracterização do esgoto bruto.....	107
4.3.2 - Caracterização do esgoto bruto afluente e do efluente da ETE para os diferentes modos de operação, com base na análise de amostras coletadas às 12 horas.....	109
4.4 - Eficiência da ETE Cabanga.....	110
4.5 - Monitoração do corpo receptor.....	119

CAPÍTULO V: DISCUSSÃO.....	122
5.0 - Sobre as condições operacionais.....	122
5.1 - Sobre a eficiência do sistema.....	123
5.2 - Sobre a qualidade do efluente da ETE.....	125
5.3 - Sobre os efeitos do lançamento do efluente líquido no corpo receptor.....	124
CAPÍTULO VI: CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	126
6.0 - Conclusões.....	128
6.1 - Sugestões.....	129
ANEXO I.....	131
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	152

Figura 1.12 - Tubo de Dall.....	28
Figura 1.13 - Características dos vertedores triangulares de paredes delgadas.....	29
Figura 1.14 - Características dos vertedores retangulares de paredes delgadas.....	30
Figura 1.15 - Medidor Parshall.....	31
Figura 1.16 - Curva de sedimentação discreta.....	55
Figura 1.17 - Curva de sedimentação flocculenta.....	55
Figura 1.18 - Propriedades da sedimentação de sólidos suspensos em amostras de esgoto bruto de quatro ETEs.....	55
Figura 1.19 - Remoção de sólidos suspensos em decantadores para diversas taxas de escoamento superficial.....	59
Figura 1.20 - Remoção da DRD ₅ em decantadores para diversas taxas de escoamento superficial.....	59
Figura 1.21 - Principais características de decantador primário de fluxo radial com ponte rotativa....	60
Figura 1.22 - Placas vertedoras em "V" para decantadores....	63
Figura 1.23 - Produção de lodo x Sólidos decantáveis.....	63

CAPÍTULO III: MATERIAIS E MÉTODOS

Figura 3.1 - Fluxograma da ETE Cabanga - Recife.....	79
Figura 3.2 - Planta baixa da ETE Cabanga - Recife.....	91
Figura 3.3 - Batimetria da seção transversal ao longo do emissário da ETE Cabanga com perfil longitudinal.....	92

FIGURAS

CAPÍTULO 1: REVISÃO DE LITERATURA

página

Figura 1.1	- Variações de DQO e DBO ₅ no esgoto bruto do sistema de esgotos de Campina Grande entre os dias 21 e 22 de março de 1989.....	5
Figura 1.2	- Variação sazonal das médias mensais de DBO ₅ e DQO no esgoto bruto de Campina Grande no período entre abril 78 e dezembro.....	5
Figura 1.3	- Variações das vazões de esgoto bruto na ETE de Campina Grande (Pb) entre os dias 04 e 07/01/87.....	9
Figura 1.4	- Variação média diária da vazão num dia útil numa bacia residencial na cidade do Rio de Janeiro.....	9
Figura 1.5	- Variação média diária da vazão num dia útil numa bacia industrial na cidade do Rio de Janeiro.....	10
Figura 1.6	- Variação média diária da vazão num dia útil numa bacia comercial na cidade do Rio de Janeiro.....	10
Figura 1.7	- Placa de orifício concêntrica.....	26
Figura 1.8	- Placa de orifício excêntrica.....	26
Figura 1.9	- Placa de orifício segmentada.....	26
Figura 1.10	- Tubo de Venturi modelo curto.....	27
Figura 1.11	- Tubo de Venturi modelo longo.....	27

TABELAS

CAPÍTULO I: REVISÃO DE LITERATURA	página
Tabela 1.1 - Composição físico-química típica de águas residuárias domésticas.....	2
Tabela 1.2 - Caracterização de esgotos de cidades situadas em regiões tropicais e temperadas do mundo....	4
Tabela 1.3 - Caracterização físico-química do esgoto bruto de Campina Grande (Pb), entre junho de 1977 e dezembro de 1981.....	5
Tabela 1.4 - Médias geométricas dos números de bactérias e vírus no esgoto bruto de Campina Grande (Pb), entre junho de 1984 e fevereiro de 1985.....	6
Tabela 1.5 - Contagens médias de parasitas nos esgotos de Campina Grande (Pb) entre junho de 1977 e dezembro de 1981.....	8
Tabela 1.6 - Regime de descarga em medidores Parshall.....	22
Tabela 1.7 - Desenvolvimento histórico do tratamento de águas residuárias.....	33
Tabela 1.8 - Cronologia dos serviços de esgotos no Brasil..	35
Tabela 1.9 - Redução de DBO_5 e coliformes em processos de tratamento de esgotos.....	37
Tabela 1.10- Características de decantadores primários.....	61
Tabela 1.11- Capacidade de decantadores de fluxo radial....	62

CAPÍTULO II: TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

Tabela 2.1 - Estações de tratamento de esgotos da Região Metropolitana do Recife.....	69
Tabela 2.2 - Distritos esgotados pelo sistema Cabanga.....	75

CAPÍTULO III: MATERIAIS E MÉTODOS

Tabela 3.1 - Parâmetros analisados no ciclo diário e respectivas datas de coleta.....	89
---	----

CAPÍTULO IV: APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Tabela 4.0 - Volumes de esgoto bruto afluyente à ETE Cabanga no período de 8 de abril a 30 de novembro de 1992.....	96
Tabela 4.0.1- Volumes líquidos tratados na ETE no período abril / novembro 1992 e características operacionais dos decantadores nos 3 modos de operação.....	96
Tabela 4.1 - Volumes de lodo cru aduzidos para digestão na ETE Cabanga no período de junho a novembro de 1992.....	97
Tabela 4.2 - Volumes de lodo cru produzidos nos 3 modos de operação no período junho/novembro 1992.....	97

Tabela 4.3 - Volumes esperados de lodo cru produzido na ETE no período junho / novembro 1992, segundo Pessoa e Jordão (1982)~.....	98
Tabela 4.4 - Concentrações médias do afluente obtidas no estudo do ciclo diário.....	102
Tabela 4.5 - Faixas de variação de valores do efluente no ciclo diário para distintos modos de operação da ETE.....	106
Tabela 4.6 - Caracterização do esgoto bruto com amostras coletadas às 12h entre abril e novembro de 1992.....	107
Tabela 4.7 - Eficiências pontuais médias e faixas de variação da ETE Cabanga para 03 (três) modos de operação.....	110
Tabela 4.8 - Eficiência operacional da ETE Cabanga com 01 (um) decantador em operação (amostras coletadas às 12 horas).....	113
Tabela 4.9 - Eficiência operacional da ETE Cabanga com 02 (dois) decantadores em operação (amostras coletadas às 12 horas).....	114
Tabela 4.10- Eficiência operacional da ETE Cabanga com 03 (três) decantadores em operação (amostras coletadas às 12 horas).....	115
Tabela 4.11- Eficiências operacionais (%) da ETE Cabanga com 1, 2 e 3 decantadores para concentrações médias às 12h.....	116

Tabela 4.12- Concentração média e faixa de variação de oxigênio dissolvido no corpo receptor do efluente líquido da ETE Cabanga no período abril-outubro/92.....	121
--	-----

ANEXO I

Tabela 1 - Remoção de patógenos em alguns processos de tratamento de esgotos.....	132
---	-----

Tabelas de 2 a 5:

- Valores obtidos no afluente e efluente nos estudos do ciclo diário.....	133
---	-----

Tabelas de 6 a 11:

- Valores obtidos para esgoto bruto e decantado em cada modo de operação para amostras às 12h.	147
--	-----

Tabelas 12 e 13:

- Oxigênio dissolvido no corpo receptor da ETE na preamar e baixa-mar.....	150
--	-----

RESUMO

Este trabalho mostra os resultados do monitoramento de uma estação de tratamento de esgotos domésticos do tipo primária, constituída de tratamento prévio (grades de barras e caixas de areia), decantadores primários, digestores anaeróbios, queimadores de gases e células de secagem de lodos digeridos.

A estação, em escala real, pertencente a COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento), denominada de ETE CABANGA estava situada no bairro do mesmo nome, zona sul da cidade de Recife, Nordeste do Brasil ($8^{\circ} 10' 52''$ S, $34^{\circ} 54' 0''$ O, e altitude de 2m).

Foram realizadas análises do esgoto bruto e efluente líquido dos decantadores no período abril-novembro de 1992, com acompanhamento dos volumes de lodo cru produzidos entre junho e novembro do mesmo ano. Também foram feitas análises do corpo receptor, no período abril a outubro de 1992, em pontos situados a montante, jusante e no ponto de lançamento do efluente líquido da ETE.

Todas as análises para o esgoto bruto e efluente líquido, eram realizadas nos laboratórios da COMPESA em amostras pontuais coletadas às 12 horas e em amostras coletadas durante o ciclo diário. Para o corpo receptor as amostras foram coletadas em horas de preamar e baixa-mar.

Os parâmetros pesquisados para o esgoto bruto e efluente foram: pH, temperatura, sólidos suspensos, sólidos sedimentáveis, DBO_5 , cloreto, sulfeto total, coliformes fecais e helmintos (*Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura* e *Hymenolepis nana*).

No corpo receptor foram medidos oxigênio dissolvido e DBO_5 .

Mesmo tendo a ETE, durante o monitoramento, se comportado em termos de eficiência conforme o esperado, ela produziu efluente de má qualidade, principalmente quanto aos parâmetros microbiológicos.

Sendo alimentada por um sistema de coleta (rede coletora) que, durante o monitoramento, foi detectado estar conectado com o sistema de drenagem pluvial da cidade e, tendo essa rede coletora elevada quantidade de estações elevatórias, tanto o esgoto bruto, quanto o efluente, apresentaram elevadas concentrações médias de cloreto e sulfeto total, sendo para o esgoto bruto, $2863mgCl^-/l$ e $39mgS^-/l$ para cloreto e sulfeto total, respectivamente.

As condições do corpo receptor quanto aos parâmetros pesquisados no mesmo se mostraram inadequadas para o recebimento do efluente líquido da ETE, apresentando, nas situações mais favoráveis, 72% do nível de saturação para o oxigênio dissolvido a montante do lançamento, enquanto que a DBO_5 média foi de $15mg/l$ neste ponto e nas horas de preamar.

Quanto aos volumes de lodo cru produzidos, estes foram praticamente iguais aos volumes esperados com base na literatura consultada.

ABSTRACT

The full-scale conventional primary sewage treatment plant of Cabanga, Recife (8° 10' 52" S, 34° 54' 0" W, 2m above m.s.l.), Pernambuco state, northeast Brazil was monitored between April and November 1992 in order to evaluate its performance under three different operational conditions. These operational modes were characterized by the use of one, two and three primary settling tanks having hydraulic retention times of 1.38, 2.43 and 3.37 hours (based on maximum daily flow - rate) and mean overflow rates of 19.28, 10.94 and 7.90 m³/m².d, respectively.

Temperature, pH, suspended solids, settleable solids, BOD₅, chloride, total sulphide, faecal coliforms and helminth eggs were analysed in grab samples of both the influent and the effluent of settling tanks.

Cabanga treated a mean daily volume of raw sewage between 9,901 and 14,145m³ corresponding these limits to respectively the dry and rainy seasons.

The 2 settling tanks - operational mode was demonstrated to be the most appropriate at the present status of the sewage treatment plant and results showed that percentual removals for BOD₅, settleable solids, faecal coliforms and helminth eggs agreed with the ranges commonly reported in the literature. Suspended solids removals were less than those expected for primary sedimentation being this attributed to the presence of too many (13) pumping stations in the Cabanga sewerage which can be responsible for solid particles breaking and solubilization.

The effluent quality was bad and its discharge will worsen the receiving body conditions.

CAPÍTULO I : REVISÃO DE LITERATURA

1.0 - Origem e composição dos esgotos

A expressão águas residuárias designa os despejos líquidos resultantes das várias atividades humanas podendo, de acordo com a atividade predominante, ser classificadas em domésticas, industriais, comerciais e agrícolas. (Mara, 1976; Azevedo Netto, 1977a).

As águas residuárias domésticas ou esgotos, são formadas por um conjunto de águas servidas resultantes basicamente de atividades de preparação de alimento, de limpeza da habitação e asseio corporal, assim como de descargas de fezes e urina por via hídrica.

O esgoto é constituído por cerca de 99,9% de água e 0,1% de material sólido sendo que aproximadamente 70% desse são sólidos orgânicos (Tebbut, 1970; citado por Mara 1976). Quando fresco é um líquido turvo e acinzentado, adquirindo coloração mais escura na medida em que vai se tornando séptico.

As quantidades de esgotos e as concentrações de material orgânico biodegradável, responsáveis pelo aumento dos déficits de oxigênio em corpos receptores, e a presença de nutrientes, que aceleram o processo de eutrofização de águas superficiais, são fatores importantes no planejamento das ações para a sua destinação final. A presença de organismos patogênicos de origem fecal como vírus, bactérias, protozoários e helmintos, é outro elemento importante, e faz com que o esgoto seja objeto de preocupação no campo da Saúde Pública, constituindo-se,

portanto, em outro elemento importante.

A composição e a concentração da água residuária doméstica dependem da qualidade e da quantidade da água consumida e da quantidade de material orgânico produzida diariamente pelo indivíduo e, variam com a hora do dia (Figura 1.1), o dia da semana, a estação do ano (Figura 1.2), características locais e do sistema de esgotamento sanitário.

Tabela 1.1 - Composição físico-química típica de águas residuárias domésticas

PARÂMETROS	UNIDADE	CONCENTRAÇÃO DO ESGOTO		
		FORTE	MÉDIA	FRACA
FÍSICOS:				
Sólidos Totais.....	mg/l	1200	700	350
Sólidos Totais dissolvidos	mg/l	850	500	250
Sólidos dissolvidos fixos.	mg/l	525	300	145
Sólidos dissol. voláteis	mg/l	325	200	105
Sólidos Totais suspensos..	mg/l	350	200	100
Sólidos suspensos fixos...	mg/l	75	50	30
Sólidos suspensos voláteis	mg/l	275	150	70
Sólidos sedimentáveis.....	ml/l	20	10	5
QUÍMICOS:				
Demanda bioquímica de oxigênio, 5 dias 20°C.....	mg/l	300	200	100
Carbono orgânico total....	mg/l	300	200	100
Demanda quím. de oxigênio	mg/l	1000	500	250
Nitrogênio total (N)	mg/l	85	40	20
Nitrogênio orgânico (N)...	mg/l	35	15	8
Nitrogênio amoniacal livre (N).....	mg/l	50	25	12
Nitritos (N).....	mg/l	0	0	0
Nitratos (N).....	mg/l	0	0	0
Fósforo total (P).....	mg/l	20	10	6
Fósforo orgânico (P).....	mg/l	5	3	2
Fósforo inorgânico.....	mg/l	15	7	4
Cloretos.....	mg/l	100	50	30
Alcalinidade (CaCO ₃).....	mg/l	200	100	50
Gordura.....	mg/l	150	100	50

FONTE: Adaptado de Metcalf & Eddy (1977)

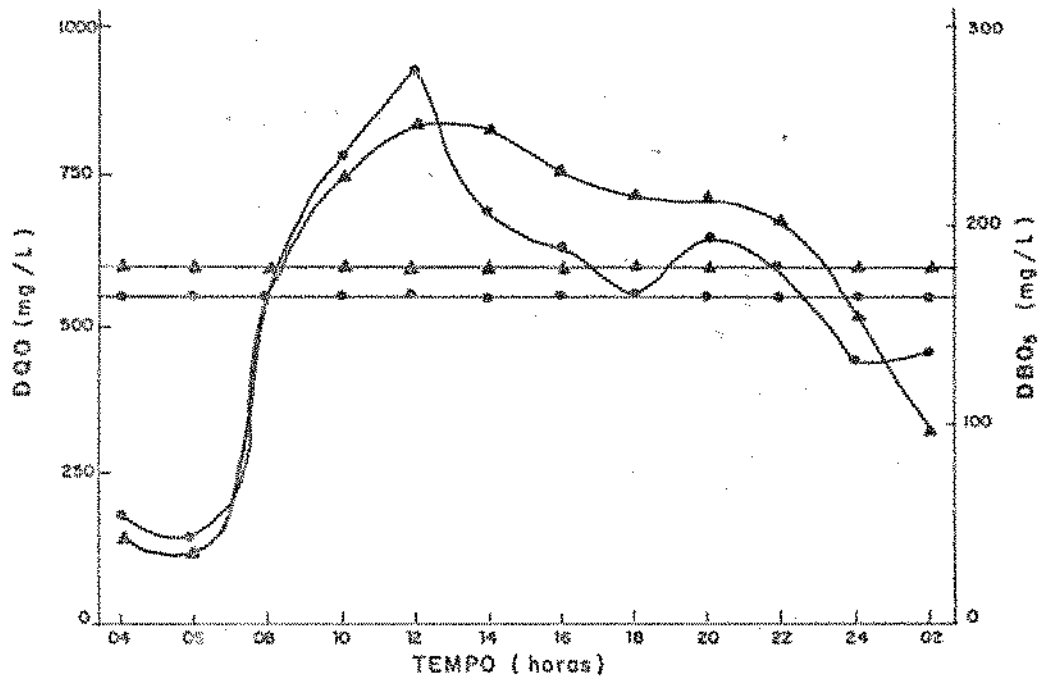


Figura 1.1-Variações de DQO (*) e DBO5(Δ) no esgoto bruto do sistema de esgotos de Campina Grande, entre os dias 21 e 22 de março de 1989. As linhas retas representam as médias aritméticas respectivas.

Fonte: de Oliveira (1989)

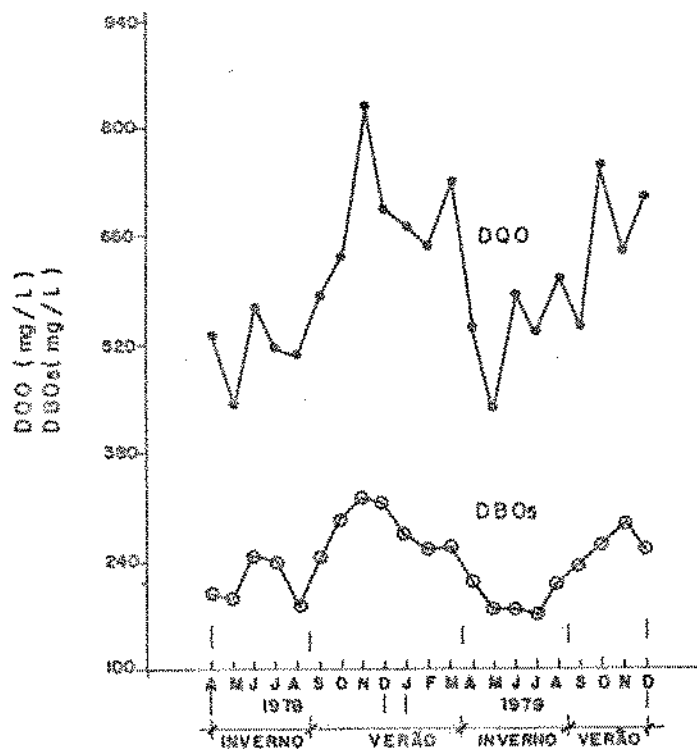


Figura 1.2-Varição sazonal das médias mensais de DBO5 e DQO no esgoto bruto de Campina Grande no período entre Abril 78 e Dez. 79

Fonte: Silva (1982)

As características dos esgotos podem ser agrupadas em físicas, químicas e biológicas e os principais parâmetros relativos à sua composição físico-química típica são apresentados na Tabela 1.1 e representam, de fato, pontos de referência para valores médios anuais. O critério para definir a concentração do esgoto, como forte, média ou fraca, é baseado principalmente na concentração de material orgânico (Mara, 1976) em termos de DBO_5 e DQO .

Tabela 1.2 - Caracterização de esgotos de cidades situadas em regiões tropicais e temperadas do mundo

PARÂMETROS	C O N C E N T R A Ç Ã O (mg/l)					
	Nairobi (Quênia)	Kodun- Gaiyur (Índia)	Lima (Peru)	Herzliya (Israel)	Allentown (EUA)	Yeovil (R.Unido)
DBO_5	448	282	175	285	213	324
Sólidos sus- pensos.....	550	402	196	427	186	321
Sólidos totais dissolvidos	503	1060	1187	1094	502	-
Clorato.....	50	205	-	163	96	315
Nitrogênio amo- niacal.....	67	30	-	76	12	29

FONTE: Mara (1976)

Os dados da Tabela 1.2, reunidos por Mara (1976), ilustram diferenças na composição físico-química entre águas residuárias de cidades situadas em diferentes regiões do mundo. A Tabela 1.3 (Silva, 1982), mostra a caracterização, em termos de parâmetros físico-químicos, do esgoto bruto de Campina

Grande, estado da Paraíba, região nordeste do Brasil com base em valores médios e faixas de variação observados entre junho de 1977 e dezembro de 1981.

Tabela 1.3 - Caracterização físico-química do esgoto bruto de Campina Grande (Pb) entre junho de 1977 e dezembro de 1981

P A R Â M E T R O S	UNIDADE	MÉDIA E FAIXA DE VARIAÇÃO
DBO ₅	mg/l	249 (105 - 350)
DOO	mg/l	592 (399 - 827)
Nitrogênio amoniacal	mgN/l	43,9 (29,2-54,5)
Nitrogênio nítrico	mgN/l	0,29 (0,02-1,65)
Sulfeto	mgS/l	4,05 (2,58-5,77)
Sólidos totais	mg/l	1146 (945 - 1336)
Sólidos totais voláteis	mg/l	404 (250 - 500)
Sólidos suspensos	mg/l	297 (160 - 405)
Sólidos susp. voláteis	mg/l	239 (167 - 292)
Sólidos sedimentáveis	ml/l	8,0 (4,0 - 12,0)
Temperatura	°C	26,5 (24,2 - 28,1)
pH	-	7,66 (7,35 - 8,06)
Cloreto	mgCl ⁻ /l	344 (220 - 427)
Alcalinidade total	mgCaCO ₃ /l	332 (200 - 381)
Condutividade	umho/cm	1650 (1394-1838)
Fósforo total	mgP/l	6,84 (4,50-9,70)
Ortofosfato solúvel	mgP/l	3,38 (2,51-4,38)

FONTE: Silva (1982)

Do ponto de vista sanitário o esgoto pode ser caracterizado pela enumeração de organismos indicadores de poluição fecal, particularmente Coliformes fecais com concentrações típicas da ordem de 10^7 ufc/100ml e Estreptococos fecais com concentrações típicas menores em uma ordem de grandeza. Para Campina Grande, na Paraíba, Silva (1982) determinou concentrações médias de $4,0 \times 10^7$ e 6×10^6 ufc/100ml, respectivamente para Coliformes fecais e Estreptococos fecais. Mais recentemente Dragui et al. (1987), apresentaram uma caracterização microbiológica mais completa, incluindo outras bactérias indicadoras (*Clostridium perfringens*), bactérias patogênicas (*Salmonella* spp, *Campylobacter* spp) e vírus patogênicos (*Enterovirus* e *Rotavirus*) para o esgoto bruto daquela cidade (Tabela 1.4).

Tabela 1.4 - Médias geométricas dos números de bactérias e vírus no esgoto bruto de Campina Grande (Pb), entre junho de 1984 e fevereiro de 1985

O R G A N I S M O						
CF	EF	CP	CA	SAL	ENV	ROV
2×10^7	3×10^6	5×10^4	70	20	10^4	800

CF=Coliformes fecais (ufc/100ml) SAL=*Salmonella* spp.(ufc/100ml)

EF=Estreptococos fecais (ufc/100ml) ENV=*Enterovirus* (Ng/10lit.)

CP=*Clostridium perfringens* (ufc/100ml) ROV=*Rotavirus* (Ng/10lit.)

CA= *Campylobacter* spp (ufc/100ml)

FONTE: Dragui et al. (1987)

Os parasitas intestinais de maior importância epidemiológica e que tem veiculação através do esgoto são o protozoário *Entamoeba histolytica* e os helmintos de várias espécies (Feachen et al., 1983). Os três principais grupos de helmintos no esgoto são nematóides, cestóides e trematóides e sua disseminação está intimamente relacionada à falta de saneamento e ao padrão de higiene pessoal. Embora sejam de distribuição universal, a prevalência de doenças parasíticas é maior nos países em desenvolvimento de regiões tropicais. No Brasil, por exemplo, entre 1965 e 1967, as infecções por *Ascaris lumbricoides* e *Trichuris trichiura* eram, de 64 e 36%, respectivamente, (Vinha, 1960 citado por Silva e Mara, 1979). Do ponto de vista da caracterização do esgoto, não existem concentrações típicas de referência universal uma vez que os valores médios são características da comunidade avaliada que tem seus padrões de higiene próprios.

Silva (1982) apresenta contagens de parasitas para o esgoto de Campina Grande no período junho de 1977 a dezembro de 1981, constatando que *Ascaris lumbricoides* foi o parasita mais abundante, sendo superado apenas pela *Entamoeba histolytica* e só no ano de 1981 (Tabela 1.5).

Tabela 1.5 - Contagens médias de parasitas nos esgotos de Campina Grande (Pb) entre junho de 1977 e dezembro de 1981

PARASITA (No/litro)	P E R Í O D O		
	jun77-mai79	jun79-nov80	jan - dez81
<i>Ascaris lumbricoides</i>	376	588	397
<i>Trichuris trichiura</i>	7	23	10
<i>Hymenolepis nana</i>	2	4	0
<i>Taenia</i> sp.....	0	2	1
<i>Entamoeba histolytica</i>	5	191	1001

FONTE: Adaptado de Silva (1982)

1.1 - Variação de vazões nos esgotos domésticos

As variações de vazão das águas residuárias domésticas estão relacionadas com as variações de demanda da água de abastecimento fornecida à população usuária e com as características do sistema de esgotamento adotado. A variação da demanda da água de abastecimento é função de vários fatores, tais como, clima, hábitos da população, pressão na rede de distribuição, natureza e tamanho da cidade. Um outro fator, que é objeto de rígido controle pelos órgãos responsáveis pelo abastecimento de água, é a medição efetiva dos consumos prediais. A Figura 1.3 mostra as variações das vazões afluentes de esgotos na ETE da cidade de Campina Grande - PB, na qual as vazões máximas ocorreram pouco depois das 12 horas.

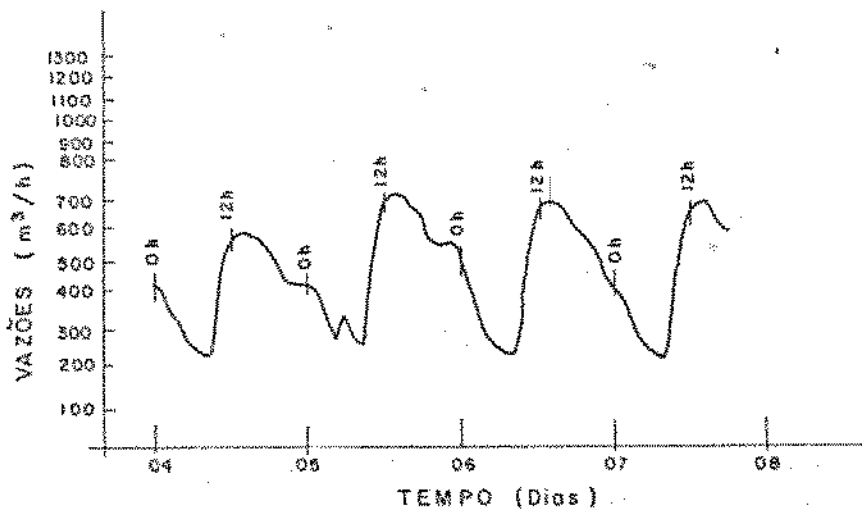


Figura 1.3 - Variações das vazões de esgoto bruto na ETE de Campina Granda (PB) entre os dias 04 e 07/01/87

Fonte: de Oliveira (1989)

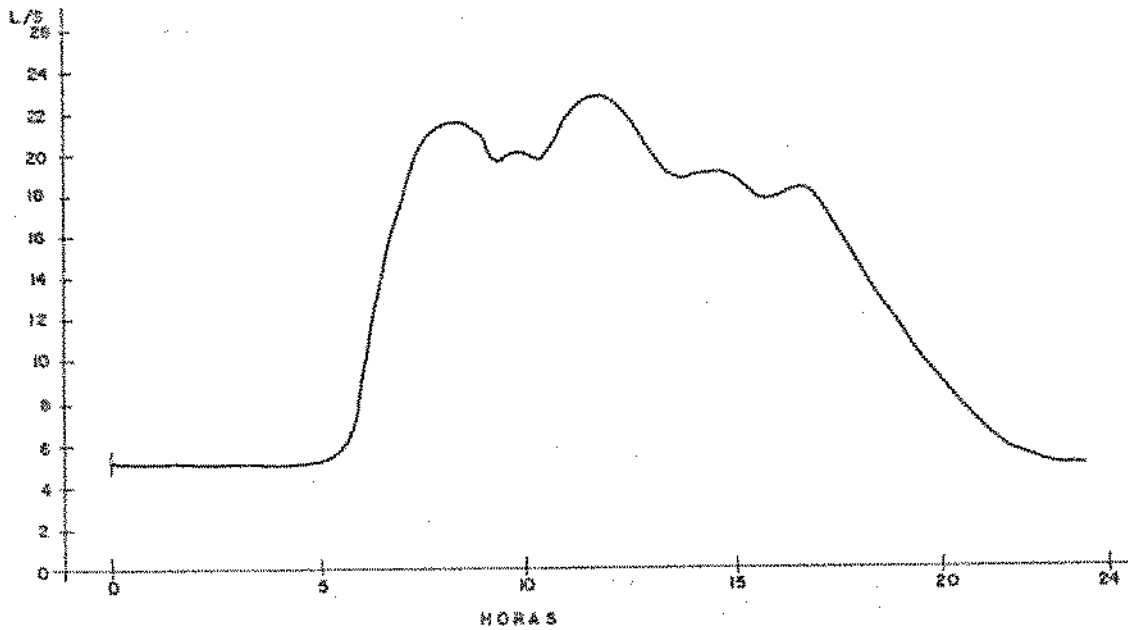


Figura 1.4 - Variação média diária da vazão num dia útil numa bacia residencial na cidade do Rio de Janeiro

Fonte: Adaptado de, de Macedo (1973)

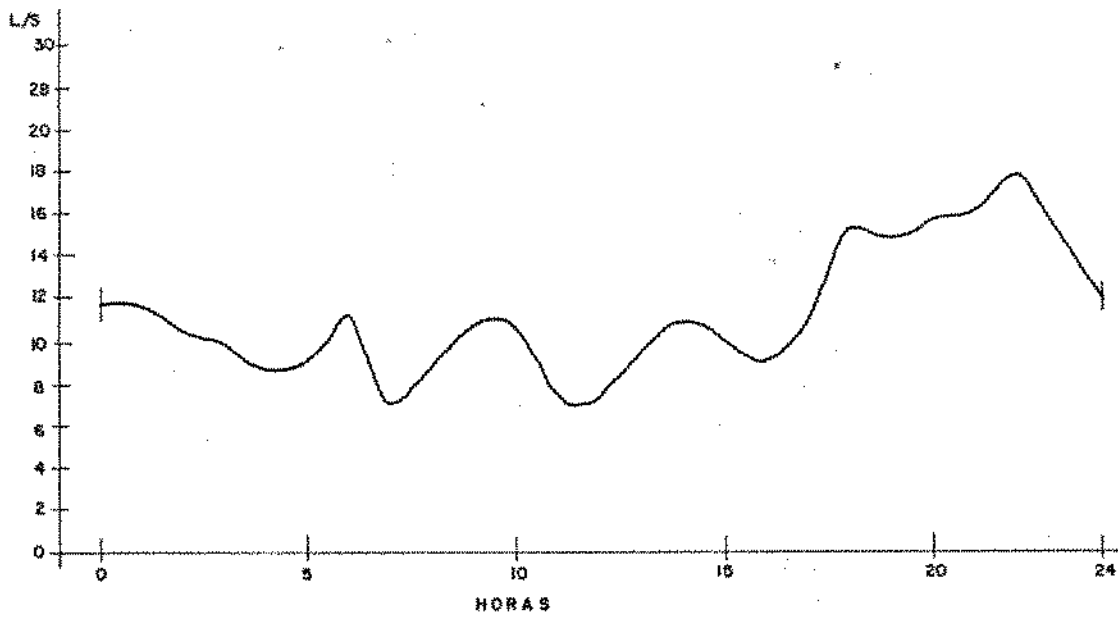


Figura 1.5 - Variação média diária da vazão num dia útil numa bacia industrial na cidade do Rio de Janeiro

Fonte: Adaptado de de Macedo (1973)

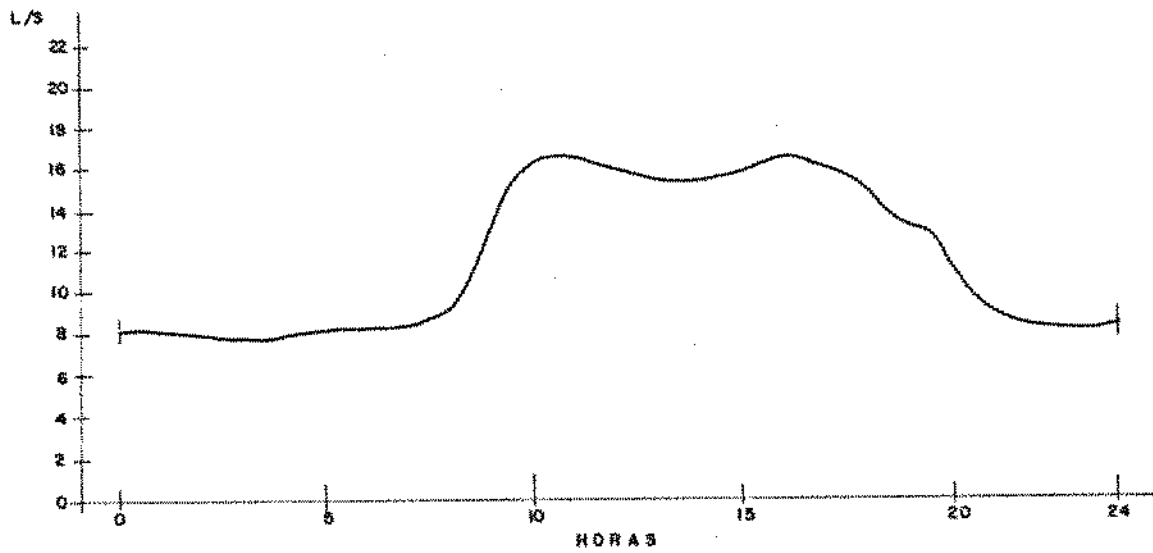


Figura 1.6 - Variação média diária da vazão num dia útil numa bacia comercial na cidade do Rio de Janeiro

Fonte: Adaptado de, de Macedo (1973)

As Figuras 1.4, 1.5 e 1.6, apresentam as variações das vazões de esgotos na cidade do Rio de Janeiro para bacia residencial, industrial e comercial, respectivamente. As mesmas demonstram que, enquanto a bacia residencial apresenta horas de vazões máximas, com valores bastante elevados em relação à média diária, as outras duas mostram vazões mais regulares, principalmente na bacia industrial.

1.2 - Aspectos sanitários dos esgotos

O lançamento de vírus, bactérias, protozoários e helmintos junto com excretas de pessoas doentes no meio ambiente, é o maior responsável por mais de 50 tipos diferentes de doenças infecciosas provocadas por aqueles microrganismos (Feachem et al., 1983).

Os patógenos atingem novo hospedeiro (uma pessoa suscetível) tendo como via de entrada a boca, através de dedos sujos, alimentos e utensílios contaminados e muito frequentemente, águas contaminadas por esgotos domésticos. A diarreia é a sintomatologia de maior frequência e que pode levar à desidratação, a qual, quando não tratada, provoca a morte, principalmente de crianças com menos de 5 anos (Trabulsi, 1989).

Embora tenha a América Latina aumentado a expectativa de vida ao nascer de 51,8 anos no quinquênio 1950-1955, para 66,6 anos no período 1985-1990, ainda morreram, por diarreia, 6 milhões de pessoas num período de 25 anos (1965-1990). Nesse mesmo período, no Brasil foram registradas 1.726.000 mortes por doenças intestinais seguido pelo México com 1.590.000, sendo que os dois

países juntos somaram 55% do total das mortes no período (PAHO,1991). Entre as principais causas responsáveis estão a deficiência ou falta de saneamento básico ocupando os primeiros lugares, (Boletim ABES, 1993).

Uma vez lançados no meio ambiente, os microrganismos patogênicos tendem a morrer, por ser este ambiente bastante agressivo e de condições adversas quando comparado com o trato intestinal do hospedeiro humano ou animal. No entanto, diversos fatores podem colaborar com sua sobrevivência (ou persistência) e até na sua reprodução, particularmente no caso das bactérias. Feachem et al. (1983), citam persistências de sete dias (*Streptococos fecais*, *Escherichia coli*) até três meses (*Salmonella sp.*). Entre os fatores favoráveis à manutenção, crescimento e reprodução de patógenos e microrganismos em geral se destacam:

- umidade;
- pH em torno do neutro;
- temperatura na faixa termofílica (20-38°C),
- nutrientes em concentrações não limitantes;
- sombreamento e/ou turbidez elevada que impedem o efeito bactericida da luz solar;
- sólidos em suspensão, que podem "envolver" os microrganismos protegendo-os de predadores, substâncias tóxicas e desinfetantes.

O conjunto destes fatores é encontrado nos esgotos domésticos e nos pontos de lançamento dos mesmos nos corpos receptores.

Os diversos métodos para tratamento de esgotos baseados em

princípios físicos, físico-químicos e biológicos, promovem apenas uma redução do número de microrganismos e não sua completa eliminação (Tabela I do ANEXO I). Qualquer que seja o processo adotado a redução de patógenos do afluente é conseguida através de:

- Adsorção dos microrganismos aos sólidos em suspensão ou a flocos biológicos (decantação primária e secundária);
- permanência prolongada dos esgotos no interior do reator para provocar morte natural como em lagoas de estabilização, por exemplo (Ceballos, 1970);
- desenvolvimento de condições adversas extremas que provocam morte rápida como na digestão digestão termofílica, por exemplo. (*Ibid.*)

A depender do tipo de tratamento, os efluentes líquidos e lodo produzidos apresentam quantidades e tipos variáveis de patógenos. Os efluentes de lagoas de estabilização contêm vírus e bactérias, enquanto os ovos de helmintos são eliminados por sedimentação. Digestão termofílica, leitos de secagem de lodos e tanques sépticos propiciam a destruição de vírus e bactérias mais facilmente do que de ovos de helmintos (*Ibid.*).

Para se avaliar a eficiência dos sistemas de tratamento na remoção de organismos patogênicos é fundamental o conhecimento da qualidade do afluente e do efluente produzido, afim de analisar a possibilidade do seu reuso em agricultura e aquicultura, e para se estimar os riscos à saúde associados ao lançamento do efluente no meio ambiente.

Desde o princípio do século, no campo da Engenharia Sanitária

e Ambiental, são utilizados como indicadores de contaminação fecal os microrganismos do grupo coliforme. Estes são enterobactérias, não patogênicas, em forma de bastonete, Gram negativas, fermentadoras de lactose (caracteres estes que são usados na sua identificação), que estão nas fezes de pessoas doentes e sadias bem como nas fezes de animais de sangue quente (APHA, 1989).

1.3 - Medição de vazão

Garcez (1960), define vazão em uma seção plana perpendicular à direção da corrente fluida, como sendo o volume ou o peso do fluido que atravessa a seção na unidade de tempo, e é designada pela letra Q. A vazão pode ser obtida pela expressão:

$$Q = V/t \qquad \text{eq.1.1}$$

onde Q é a vazão, V o volume que atravessa a seção no ponto de medição e t o tempo gasto pelo volume ao atravessar a seção.

Os métodos para medição de vazão são divididos em diretos e indiretos.

O método direto não utiliza equipamento específico; mede o volume com recipiente cubado (volume conhecido) e o tempo gasto para encher esse volume. A precisão do método exige, na prática, a adoção de certos cuidados (CETESB, 1981) como:

- o tempo (t) não deve ser menor que 100 segundos;
- obter várias medidas de tempo gasto ao encher o mesmo volume, considerar não menos que 5 medidas;
- quando o recipiente utilizado na obtenção do volume tiver superfície livre do líquido sujeita a efeito dos ventos, não é aconselhável o uso do método.

Quanto ao método indireto, este utiliza medidor de características apropriadas ao tipo do líquido e a seu regime hidráulico de escoamento.

Quanto ao processo pelo qual os medidores de vazão permitem a obtenção do volume num determinado instante, são

classificados em medidores diretos, medidores indiretos e medidores especiais. Os medidores diretos possuem componentes móveis que quantificam o fluido pelos deslocamentos desses componentes (Coelho, 1983).

Os medidores indiretos quantificam algumas grandezas hidráulicas as quais proporcionam a obtenção do volume num determinado instante. São classificados quanto à grandeza hidráulica utilizada em, medidores indiretos de perda de carga constante e área variável, medidores indiretos de perda de carga variável e área constante, e medidores indiretos de altura de lâmina líquida variável.

Para medição de esgoto, são utilizados os medidores indiretos de perda de carga variável quando o regime de escoamento é forçado, e os medidores indiretos de altura de lâmina líquida variável quando o regime de escoamento é livre.

Os medidores indiretos de perda de carga variável mais conhecidos são as placas de orifício, bocais, tubos de Venturi e os tubos Dall.

Os medidores indiretos de altura de lâmina líquida variável são os vertedores e as calhas Parshall.

1.3.1 - Placas de orifício

Consistem, basicamente de uma chapa, em geral de aço inoxidável, na qual existe um orifício. A placa é inserida no conduto no qual se deseja medir a vazão do fluido transportado. Ao passar no orifício o fluido perde energia e esta perda é utilizada no cálculo da vazão. As placas de orifício são

classificadas em concêntricas, excêntricas e segmentadas conforme seu orifício seja concêntrico, excêntrico ou segmento. As Figuras 1.7, 1.8 e 1.9 mostram as vistas de -frente dos três tipos de placas. A placa do tipo segmentada é a mais indicada para medição de esgotos.

1.3.2 - Bocais

Consistem de uma restrição de perfil elíptico, terminando em seção cilíndrica. A restrição é inserida na tubulação causando perda de energia ao fluido quando de sua passagem por ela. Azevedo Netto (1982), cita o bocal de Kennison para medição de vazão nas tubulações que transportam líquidos lodosos. Relata que esses equipamentos são comumente utilizados nas estações de tratamento de esgotos para medição de vazão de lodos e que o Brasil foi um dos primeiros países a adotá-lo.

1.3.3 - Tubos de Venturi

Possuem três partes distintas, a entrada que é uma redução convergente, a garganta ou seção de estrangulamento e a saída que é uma ampliação concêntrica também chamada de difusor. A passagem do fluido pela garganta provoca perda de energia no mesmo. Podem ser fabricados nos modelos curto e longo. As Figuras 1.10, e 1.11 apresentam cortes longitudinais dos modelos curto e longo respectivamente.

1.3.4 - Tubos de Dall

Constituídos de uma tubulação com extremidades em flanges

tendo no seu interior uma peça semelhante ao tubo de Venturi, sendo seu princípio de funcionamento idêntico ao deste. A Figura 1.12 ilustra suas principais características.

1.3.5 - Cálculo da vazão nos medidores indiretos de perda de carga variável

Nesses medidores, também conhecidos por medidores diferenciais ou deprimogênios, o cálculo da vazão é dado por:

$$Q = K \sqrt{H} \quad \text{eq.1.2}$$

onde Q = vazão instantânea (m^3/s), K = constante que inclui o coeficiente de descarga do medidor e H = altura da pressão diferencial(m), (CETESB, 1981).

1.3.6 - Vertedores

Constituídos por um entalhe de forma e acabamento geometricamente bem definidos, praticado numa placa resistente e pelo qual escoa o líquido mantendo a superfície livre (CETESB, 1981). Os vertedores são classificados em exponenciais, triangulares, retangulares e trapezoidais. Neste trabalho serão abordados os triangulares e retangulares. Dentre os vertedores triangulares, os de paredes delgadas são mais precisos, econômicos, fáceis de construir e instalar. A norma L 4.120 da CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo), fixa as especificações para o uso deste medidor. A Figura 1.13 apresenta a vista de frente e perspectiva do mesmo.

CETESB (1981), adota para o cálculo da vazão nestes medidores a equação:

$$Q = C_w \cdot \frac{8}{15} \cdot 2g \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot h_*^{5/2} \quad \text{eq.1.3}$$

onde Q = vazão (m^3/s), C_w = coeficiente de descarga (adimensional), g = aceleração da gravidade (m/s^2), α = ângulo interno entre o lados do entalhe em "V", h_* = carga hidráulica medida a montante do vertedor na região estabilizada (m). A carga hidráulica da equação 1.3 é dada por:

$$h_* = h + K_h \quad \text{eq.1.4}$$

onde K_h é determinado experimentalmente para corrigir erros devidos à tensão superficial e viscosidade. A norma L 4.120, citada anteriormente, recomenda para $\alpha = 90^\circ$, o valor constante de 0,85mm para K_h .

Nas medições de vazão com pouca necessidade de precisão, pode ser usada a fórmula

$$Q = 1,4 \cdot h^{3/2} \quad \text{eq.1.5}$$

onde, h = carga hidráulica medida (m).

Identicamente aos vertedores triangulares abordados, os retangulares de paredes delgadas são muito indicados na prática. Esse tipo apresenta o entalhe retangular e pode ser projetado com

ou sem contração dependendo se a largura é igual ou menor que a largura da superfície livre do líquido a ser medido. A Norma L 4.120 da CETESB também fixa as especificações para o uso desse medidor. A vazão pode ser obtida a partir da fórmula

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} \cdot 2g \cdot b_e \cdot h_e^{3/2} \quad \text{eq.1.6}$$

onde, Q = vazão (m^3/s), C_d = coeficiente de descarga (adimensional), g = aceleração da gravidade (m/s^2), b_e = largura efetiva do entalhe (m), h_e = carga hidráulica medida a montante do vertedor, na região estabilizada (m). A Figura 1.14 apresenta perspectiva e detalhes deste medidor. A largura e a altura efetiva da equação 1.6 são dadas, respectivamente, por:

$$b_e = b + K_b \quad \text{eq.1.7}$$

$$e. \quad h_e = h + K_h \quad \text{eq.1.8}$$

onde, K_b e K_h são expressos em metro e determinados experimentalmente para corrigir erros devidos à tensão superficial e viscosidade do líquido.

Para os vertedores retangulares de paredes delgadas e sem contração, pode ser utilizada a fórmula de Francis:

$$Q = 1,838 \cdot L \cdot H^{1.5} \quad \text{eq.1.9}$$

onde, Q = vazão (l/s), L = largura do vertedor (m) e H = altura da lâmina de água (m).

1.3.7 - Calhas Farshall

A partir de 1920, o engenheiro Ralph L. Farshall da Estação Experimental Agrícola do Colorado, EUA, deu continuidade às investigações de V.M. Cone idealizador do medidor Venturi. Com a introdução de algumas modificações produziu uma estrutura com maiores vantagens sobre o Venturi e a chamou de Conduto Medidor de Venturi Melhorado (Coronel, 1958). Devido ao trabalho desenvolvido por Farshall e por recomendação do Comitê de Rios da Sociedade Americana de Engenheiros Civis e sob aprovação do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos e da Estação Experimental Agrícola do Colorado, a nova estrutura foi denominada oficialmente de Conduto Medidor Farshall (*Ibid.*). A Figura 1.15 apresenta corte longitudinal e vista de cima do medidor. Chamando H_u a altura da lâmina líquida em relação à superfície livre do líquido obtida a $2/3$ do comprimento A do trecho convergente (Figura 1.15), e H_b a altura da lâmina líquida em relação à superfície livre do líquido obtida a uma distância horizontal X medida de jusante para montante, a partir da seção extrema de jusante da garganta (Figura 1.15), chama-se de grau de submersão (S) a relação H_b/H_u . Quando H_b é muito menor que H_u o medidor trabalha com descarga livre, e o valor da vazão é função de H_u . Quando H_b difere pouco de H_u o medidor trabalha afogado.

A Tabela 1.6 dá a caracterização do regime de descarga dos

medidores Parshall.

Tabela 1.6 - Regime de descarga em medidores Parshall

Garganta (W)	Descarga Livre	Afogado
< 0,30m	S<0,60	0,60<S<0,95
0,30m<W<2,5m	S<0,70	0,70<S<0,95
2,50m<W<15,0m	S<0,80	0,80<S<0,95

FONTE: Coronel (1958)

é recomendável que o medidor trabalhe com descarga livre, pois para calcular a vazão basta conhecer H_m para substituir na expressão (*Ibid.*):

$$Q = m \cdot H_m^n \quad \text{eq.1.10}$$

Parshall encontrou para diversos tamanhos de garganta os valores de m e n resultando nas equações:

para $W = 0,076m$, $Q = 0,1765 \cdot H_m^{1,547}$ eq.1.11

para $W = 0,15m$, $Q = 0,3812 \cdot H_m^{1,500}$ eq.1.12

para $0,3m < W < 2,5m$,

$$Q = 0,372 \cdot W^{0,022} \cdot (3,281 \cdot H_m)^{1,577 \cdot W} \quad \text{eq.1.13}$$

para $2,5m < W < 15,0m$,

$$Q = (2,293 \cdot W + 0,474) H_m^{1,2} \quad \text{eq.1.14}$$

onde a vazão (Q) é expressa em m³/s, H_m e W em metro.

Quando o medidor está afogado, há necessidade de correção das fórmulas utilizadas para o cálculo da vazão em descarga livre.

A fórmula a ser utilizada será:

$$Q = m \cdot H_m^n - C \quad \text{eq.1.15}$$

onde, C é função de W, H_m e H_b. As fórmulas obtidas por Farshall para o cálculo de C e expressas no sistema métrico são:

para W = 0,15m,

$$C = \frac{0,0285 \cdot H_m^{2,2}}{\left[\frac{H_m + 3,05}{3,05} - S \right]^{1,44}} - \frac{H_m - 0,056}{87,94} \quad \text{eq.1.16}$$

para 0,3m < W < 2,5m,

$$C = 0,0746 \left\{ \left[\frac{3,28 \cdot H_m}{(1,8/S)^{1,05} - 2,45} \right]^{4,57 - 3,14 \cdot S} + 0,093S \right\} W^{0,815} \quad \text{eq.1.17}$$

para 2,5m < W < 15,0m,

$$C = 69,671 (S - 0,71)^{0,333} \cdot H_m^2 \cdot W \quad \text{eq.1.18}$$

A vazão (Q) é expressa em m³/s, W e H_w em metro.

A Norma CETESB/E 2.150 padroniza as dimensões, estabelece a metodologia de projeto, as condições de utilização e fixa as características mínimas exigíveis para o recebimento de medidores Farshall.

1.3.8 - Medidores especiais

Os medidores especiais por não terem contato direto com o líquido a ser medido seriam os mais indicados na medição de esgotos, não fosse seu custo elevado em relação aos outros tipos de medidores e a necessidade de importação de alguns componentes básicos. Estes tipos de medidores são aplicáveis para fluidos corrosivos que contenham sólidos, esgotos, detergentes, etc.

No campo da Engenharia Sanitária os eletromagnéticos e ultra-sônicos são os mais utilizados. Os eletromagnéticos são pedaços de tubos flangeados nas extremidades e circundados por compartimento impermeável que contém as bobinas de indução. O revestimento interno ou o próprio tubo é fabricado de acordo com as características do líquido a ser medido.

Os ultra-sônicos possuem um sensor acoplado à tubulação sem penetrá-la. Um aparelho transmissor, emite sinal ultra-sônico e através do sensor mede a reflexão nas pequenas partículas em deslocamento. Estes tipos de medidores são bastante sensíveis, e exigem aprimoração técnica para sua boa operação e manutenção, só sendo aconselhável seu uso em instalação de grande porte.

1.3.9 - Considerações finais

A grande maioria dos medidores de vazão disponíveis no mercado não tem aplicação prática quando o objetivo é medir vazões de esgotos domésticos. Isto, é devido à grande quantidade de sólidos presentes e à agressividade do líquido. Nenhum medidor direto é aplicável nessas medições e dos indiretos, alguns requerem cuidados especiais para eliminação de parte dos sólidos. Os medidores especiais, por não manterem contato com o fluido seriam os mais indicados, mas o seu custo elevado e o grande percentual de componentes importados, impedem seu uso, na prática.

Dentre todos os medidores, a calha Parshall e os vertedores ainda são, no Brasil, os mais utilizados para medição de esgotos domésticos. Os vertedores triangulares de paredes delgadas e ângulo de 90° , por serem os mais baratos e de fácil manutenção são os mais indicados.

Todos os medidores podem ser acoplados a equipamentos que transmitem sinais à distância capazes de indicar, registrar e/ou totalizar os valores das medidas obtidas.

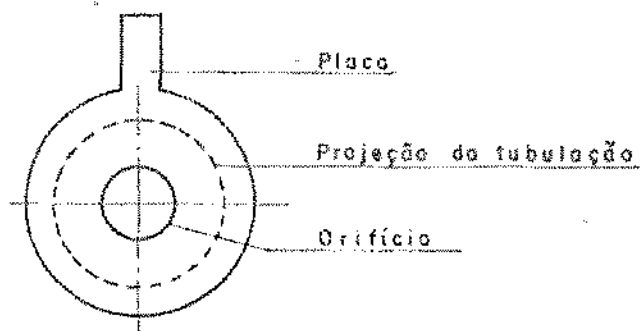


Figura 1.7- Placa de orifício concêntrica
 Fonte CETESS (1981)

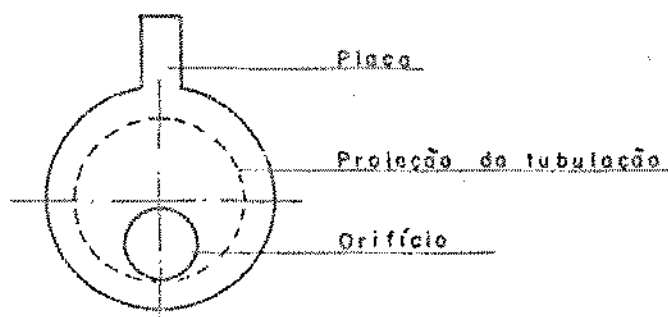


Figura 1.8 - Placa de orifício excêntrica
 Fonte CETESS (1981)

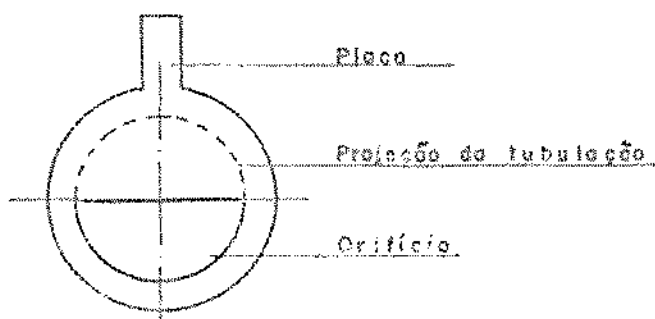


Figura 1.9 - Placa de orifício segmentada
 Fonte CETESS (1981)

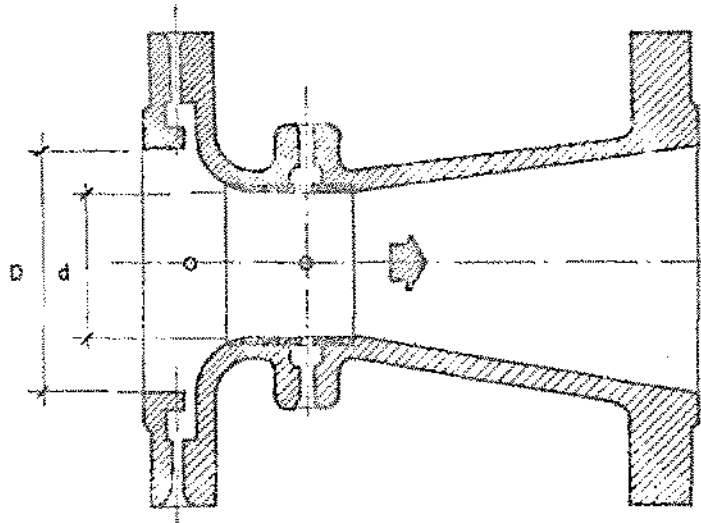


Figura 1.10- Tubo de Venturi modelo curto
 Fonte CETESB (1981)

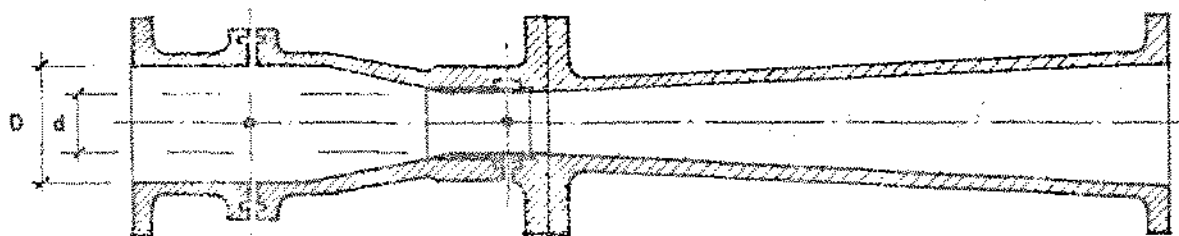


Figura 1.11- Tubo de Venturi modelo longo
 Fonte CETESB (1981)

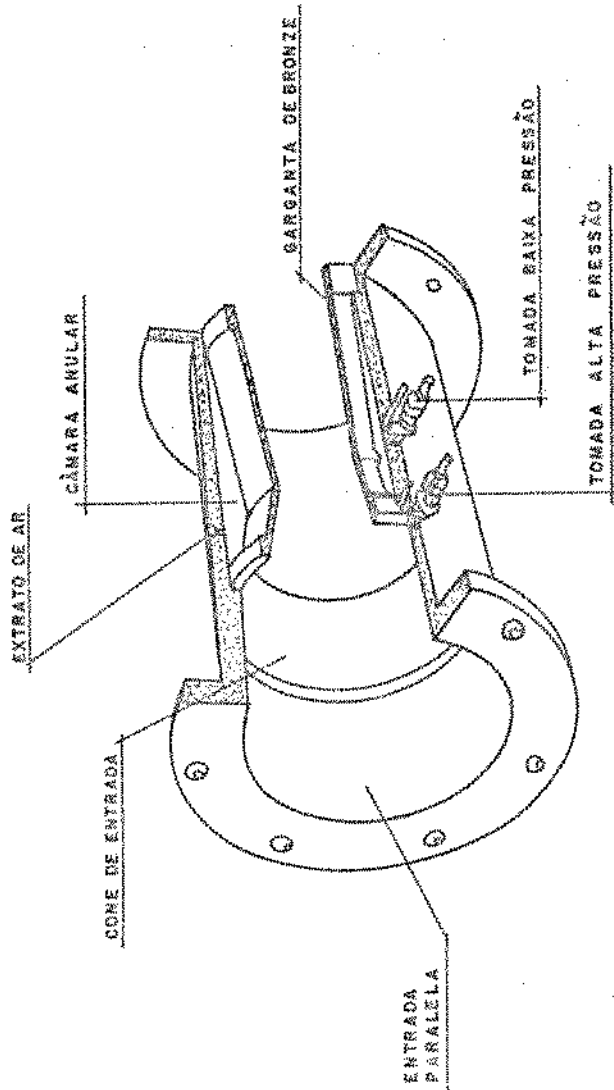


Figura 1.12 - Tubo de Dall
 Fonte: Coelho (1983)

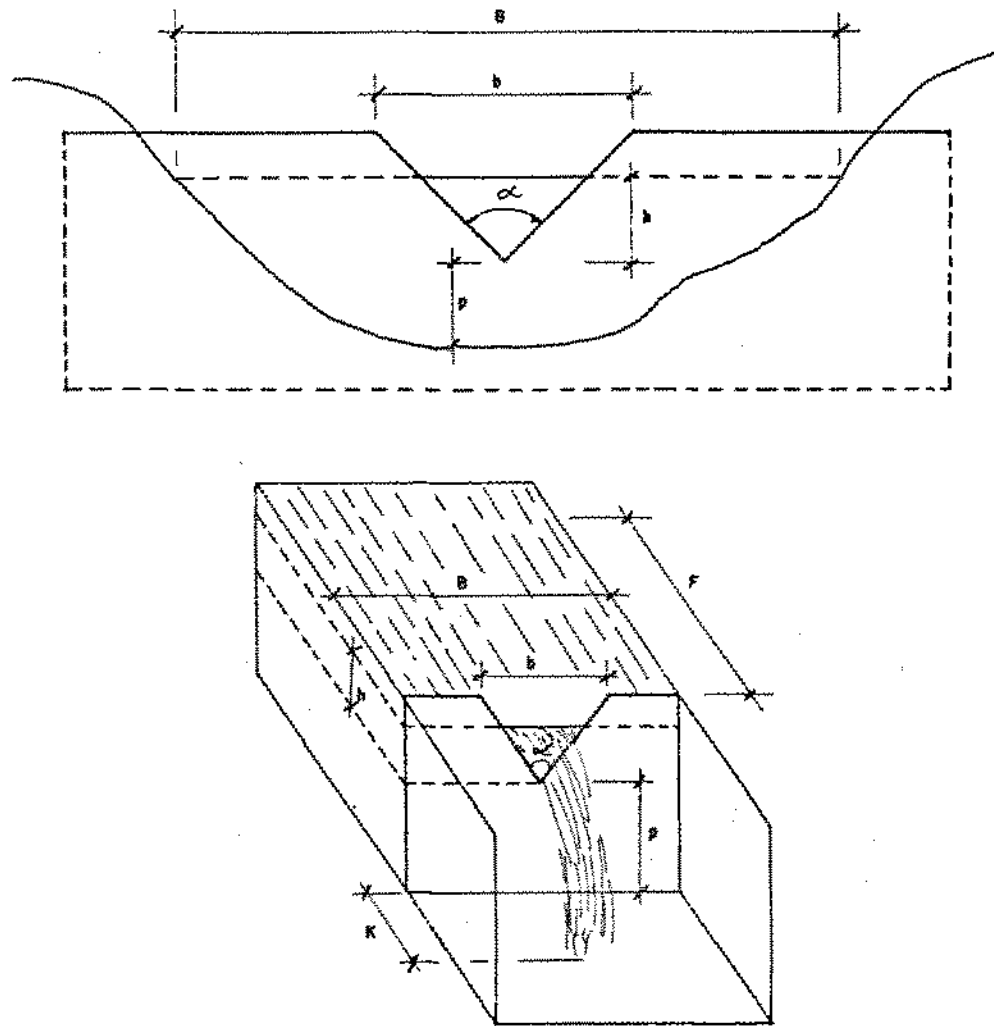


Figura 1.13 - Características dos vertedores triangulares de paredes delgadas
Fonte: CETESB (1981)

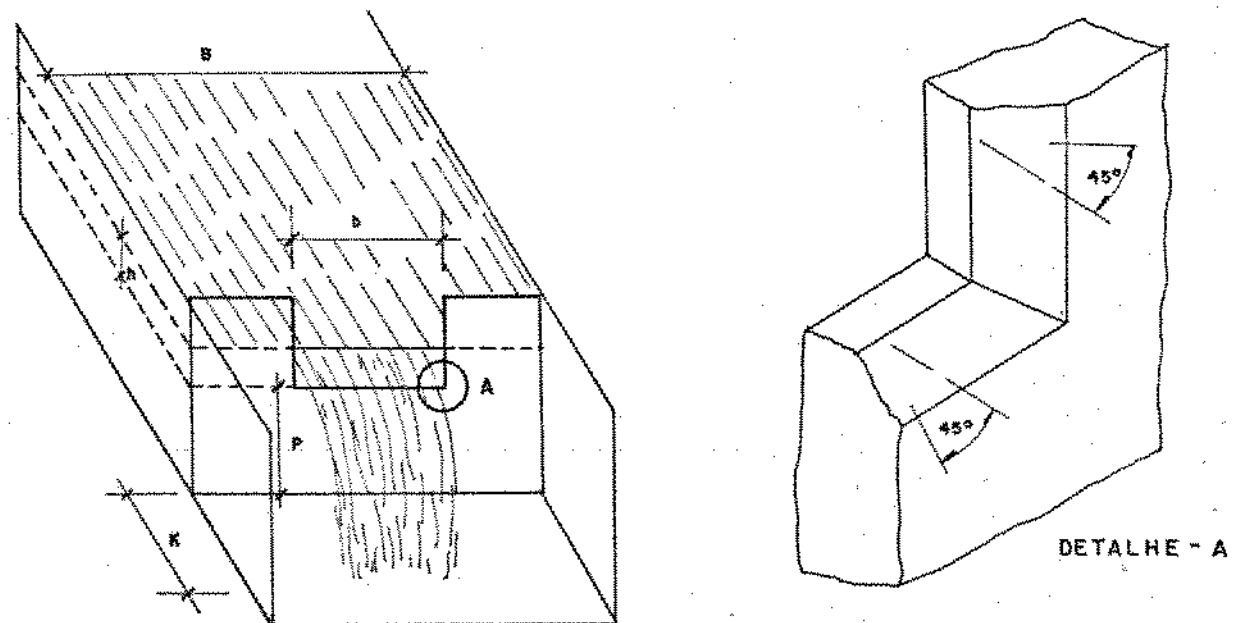


Figura 1.14 - Características dos vertedores retangulares de paredes delgadas
Fonte : CETESB (1981)

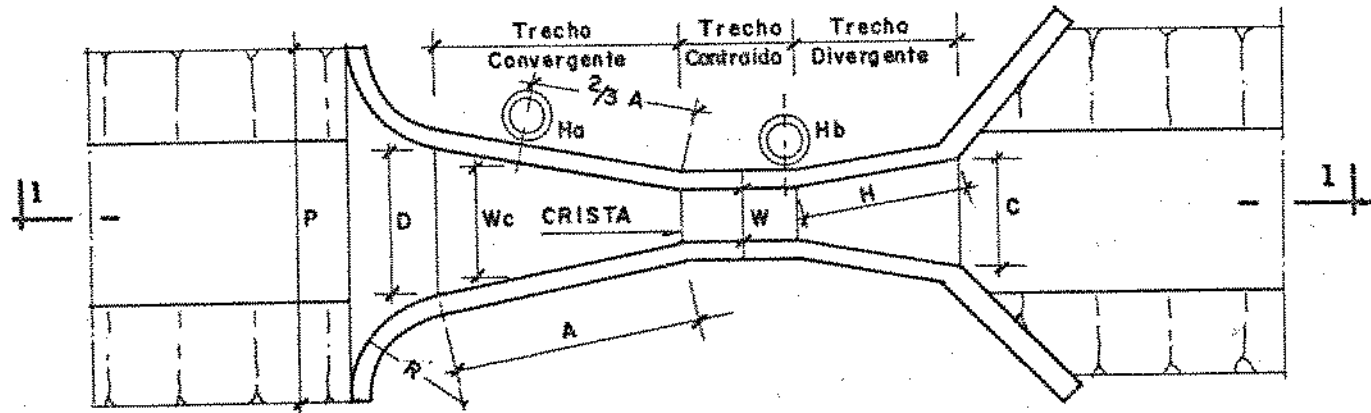
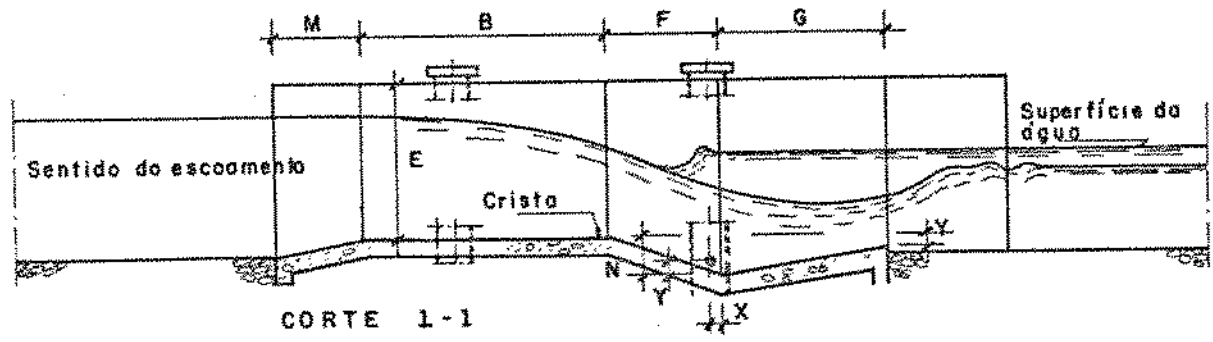


Figura 1.15- Medidor Parshall
 Fonte : CETESB (1981)

2.0 - Estações de Tratamento de Esgotos

A introdução de sistemas de esgotos nas cidades foi o fator de maior relevância no desencadeamento da poluição generalizada de corpos receptores. As soluções individuais para disposição final dos dejetos só em alguns casos permitiam que os esgotos "in natura" atingissem os cursos de água. Com o advento de sistemas públicos, a concentração desses despejos sem tratamento, ou com tratamento inadequado, provocou a poluição mais acentuada e continua desses corpos. Branco (1972), relata que a antiga Babilônia já possuía esses sistemas de esgotamento, mas foi no Império Romano, desde o século VII A.C. que passaram a ter largo emprego. Os romanos, ao mesmo tempo em que construíram aquedutos primorosos para abastecimento de água potável, construíram também galerias de igual beleza para transportar e afastar seus dejetos. Os dez séculos de estagnação, ou mesmo de retrocesso cultural, caracterizados pela Idade Média tiveram importância significativa para o saneamento.

2.1 - Evolução histórica

Muito embora o esgotamento e afastamento dos esgotos domésticos remontem a tempos antigos, o tratamento destes é relativamente recente, tendo sido iniciado por volta de 1860 com o dispositivo de Mouras para tratar anaerobicamente o material sólido separado das águas residuárias. A Tabela 1.7 apresenta os principais fatos do desenvolvimento dos processos de tratamento de águas residuárias.

Tabela 1.7 - Desenvolvimento histórico do tratamento de águas residuárias

DATA	DESENVOLVIMENTO
A.C.	- Irrigação com águas residuárias em Atenas
1550	- Utilização de águas residuárias em agricultura na Alemanha
1700	- Utilização de águas residuárias em agricultura na Inglaterra
1742	- Precipitação química de águas residuárias na Inglaterra
1860	- Dispositivo de Mouras para tratar anaerobicamente os sólidos das águas residuárias
1865	- Primeiros experimentos sobre microbiologia de digestão de lodos na Inglaterra
1868	- Primeiros experimentos sobre filtração intermitente de águas residuárias na Inglaterra
1876	- Primeira fossa séptica nos Estados Unidos
1882	- Primeiros experimentos sobre aeração de esgotos na Inglaterra
1884	- Primeiros experimentos sobre aeração nos Estados Unidos
1887	- Estação Experimental Lawrence criada pelo Comitê de Saúde Pública de Massachusetts para o estudo da água de abastecimento, e águas residuárias
1887	- Primeira estação de tratamento por precipitação química nos Estados Unidos
1889	- Filtração em leitos de contato na estação experimental Lawrence
1891	- Digestão de lodos em lagoas na Alemanha
1895	- Coleta de metano em fossas sépticas e sua utilização para iluminação de uma fábrica na Inglaterra
1898	- Distribuidores giratórios para filtros biológicos
1904	- Primeiros tanques desarenadores nos Estados Unidos
1904	- Fossa (hidrolítica) séptica Travis de dois pisos na Inglaterra
1904	- Tanque Imhoff patenteado na Alemanha
1906	- Cloração de água residuária para desinfecção demonstrado por Phelps nos Estados Unidos
1908	- Primeira instalação municipal de um filtro biológico nos Estados Unidos
1908	- Formulação de leis sobre desinfecção nos Estados Unidos
1911	- Primeiros tanques Imhoff nos Estados Unidos
1911	- Digestão separada de lodos nos Estados Unidos
1912a	- Aeração de águas residuárias em tanques contendo pedra
1913	na Estação Experimental de Lawrence
1914	- Experimentos por Ardern e Lockett que levaram ao desenvolvimento do processo de lodos ativados
1916	- Primeira estação municipal para o tratamento por lodos ativados construída nos Estados Unidos
1925	- Aerador de contato desenvolvido por Buswell nos EEUU

FONTE: Adaptado de Metcalf & Eddy (1977)

A Inglaterra e os Estados Unidos foram os pioneiros na investigação científica de processos para o tratamento de águas residuárias domésticas. O primeiro devido à construção dos sistemas de esgotamento provocada pela epidemia de cólera nos meados do século XIX. Os Estados Unidos, até a segunda metade do século passado, não davam tanta atenção ao tratamento de águas residuárias uma vez que as doenças associadas a elas não eram representativas epidemiologicamente. Somente no início do século XX os incômodos do lançamento de esgotos em corpos receptores e as condições de saúde, trouxeram um aumentado interesse no gerenciamento de águas residuárias.

No Brasil, segundo Mello (1991), o sistema de esgotamento sanitário urbano mais em uso até a metade do século XIX, foi o do "Tigre". Assim eram chamadas as barricas e tonéis de madeira que ficavam acumulando as matérias fecais no interior das edificações.

"Quando repletos, esses depósitos eram carregados pelos escravos que jogavam o conteúdo fora, nas praias, mangues, rios ou quintais. Com ou sem chapéu (como se dizia dos tampados ou não) a passagem dos "Tigres" era anunciada por gritos de "Viral Viral! Abra o olho" e causava sempre grande constrangimento aos transeuntes, não só pelo mal cheiro que exalavam, mas, dependendo do estado de conservação dos depósitos, pelo risco de se desfazerem acidentalmente na via pública, sujando as ruas e as pessoas. Acerca da denominação, a expressão "Tigre" está ligada tanto ao barril, quanto a quem o transporta sendo associada, neste último caso à coragem do seu condutor".

Mello, V.P.; História do Saneamento de Pernambuco, Água vai! COMPESA-Companhia Pernambucana de Saneamento, Recife, 1991, p.95.

A Tabela 1.8 apresenta os fatos históricos que marcaram a evolução cronológica dos serviços de esgotos no Brasil.

Com o advento do PLANASA - Plano Nacional de Saneamento, em

abril de 1971, ficou estabelecida a descentralização, para os estados da federação, das ações de projeto, construção, operação e manutenção dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário (Silva, 1982).

Tabela 1.8 - Cronologia dos serviços de esgotos no Brasil

DATA	ACONTECIMENTOS
1853	- Ato legislativo relativo à concessão do serviço de esgotos no Rio de Janeiro
1857	- Execução da rede de esgotos
a	do
1864	Rio de Janeiro
1873	- Execução da rede de esgotos do Recife-Pernambuco
1876	- Iniciada a construção da rede de esgotos de São Paulo
1889	- Execução da rede de esgotos de Santos - São Paulo
1892	- Construção da rede de esgotos de Campinas - São Paulo e da ETE compreendendo tanques sépticos e leitos percoladores
1893	- Criação da Repartição de Águas e Esgotos de São Paulo (R.A.E.), depois D.A.E.
1896	- Construção da rede de esgotos de Belo Horizonte - Minas Gerais
1897	- Execução de um sistema de depuração pelo solo, dos efluentes dos hospitais de Limeira - São Paulo
1898	- Aparece o "Saneamento de Santos", primeira publicação de Saturnino de Brito sobre esgotos
1900	- Invenção do tanque fluxível por Saturnino de Brito
1910	- Tratamento de esgotos de Santos pelo processo eletrolítico
1911	- Adoção do sistema separador absoluto para São Paulo
1923	- Realização do I Congresso Brasileiro de Higiene
1927	- Projeto e início de construção do grande emissário de esgotos de São Paulo
1928	- Execução da moderna instalação de tratamento de esgotos de Santo Ângelo - São Paulo
1937	- Construção da Estação Experimental de Tratamento de Esgotos do Ipiranga - São Paulo
1940	- Primeira legislação estadual contra a poluição das águas, São Paulo
1952	- Executado o milésimo quilômetro de rede de esgotos de São Paulo
*1959	- Entra em operação a estação depuradora de esgotos da Cabanga em Recife - Pernambuco
*1971	- Criação do PLANASA - Plano Nacional de Saneamento

FONTES: Adaptado de Azevedo Netto, (1959)

* - Publicações diversas

A implementação do Plano Nacional de Saneamento, mudou a forma política quanto ao trato das questões sanitárias do Brasil. O PLANASA conseguiu em curto espaço de tempo, elevar o país a posições mais condizentes com seu tamanho e suas riquezas. Foi uma decisão política que promoveu a melhoria da qualidade de vida do povo brasileiro. Proporcionou a que cada estado da federação buscasse as formas mais adequadas, técnica e economicamente, de promover o Saneamento Básico das Comunidades.

Agora, é fundamental que os órgãos gestores dos serviços implantados propiciem a operação e manutenção dos mesmos, impedindo seu sucateamento e, conseqüentemente, a volta ao estágio inicial em que se encontrava o Saneamento Básico do país.

O estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil, possui 21 estações de tratamento de esgotos operadas pela COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento. Destas, 15 são lagoas de estabilização, 01 lodo ativado, 01 valo de oxidação, 01 tanque Imhoff, 01 tratamento primário, 01 filtro biológico, 01 lodo ativado com oxidação total. À exceção da estação de tratamento primário, todas as outras foram projetadas e construídas devido à implantação do PLANASA.

2.2 - Tipos e graus de tratamento

O grau de tratamento necessário a ser dado às águas residuárias depende das especificações de qualidade atribuídas ao curso de água receptor (Imhoff, 1966). A capacidade receptora do curso de água, e sua utilização atual e futura, também estabelecem o grau de condicionamento a ser dado ao efluente da

rede coletora de esgotos. Os condicionamentos aos quais são submetidas as águas residuárias, são em geral conhecidos como processos de tratamento, que podem ser classificados em processos físicos, químicos e biológicos. Os processos físicos convencionais são basicamente o gradeamento, a filtração direta sem ação biológica, a sedimentação, flutuação e flotação. Qualquer outro processo em que predominem os fenômenos físicos, também constitui um processo físico de tratamento, podendo ser citados ainda a remoção de umidade do lodo, incineração do lodo e diluição dos esgotos (Pessoa e Jordão, 1982). Nos processos químicos a utilização de produtos químicos, é o principal motivo da sua pouca aplicação (*Ibid.*). Além disso, Imhoff (1966), afirma que praticamente todos os compostos encontrados nos esgotos são instáveis e se decompõem rapidamente. Em geral os processos químicos só são utilizados quando os outros processos não são eficientes para determinar as modificações de certas características da água residuária (Pessoa e Jordão, 1982). Os processos químicos mais comumente adotados no tratamento de esgotos são a floculação, precipitação química, oxidação química, desinfecção química e correção de pH.

Nos processos biológicos (ou bioquímicos), os fenômenos predominantes são consequência da ação de microrganismos presentes nos esgotos. A respiração e alimentação desses microrganismos conduzem à transformação dos componentes complexos existentes nos esgotos, em compostos simples como sais minerais, gás carbônico e água (*Ibid.*). Os processos biológicos podem ser subdivididos em aeróbios, os quais se baseiam na respiração

aeróbia, e anaeróbios, baseados tanto na fermentação como na respiração anaeróbias. Os principais processos biológicos aplicáveis ao tratamento de esgotos domésticos são lodos ativados e suas variantes, filtração biológica e lagoas de estabilização, enquanto que aos lodos, são aplicáveis a digestão aeróbia ou anaeróbia.

Os resultados alcançados nas estações de tratamento de esgotos estão relacionados à natureza dos afluentes recebidos, aos processos utilizados e às condições de operação das estações (Azevedo Netto, 1977b). A eficiência alcançada é, em geral, expressa por percentuais de redução de DBO_5 , sólidos em suspensão e organismos indicadores.

Os tratamentos prévios (pré-tratamento), objetivam a remoção de sólidos grosseiros, detritos minerais, materiais flutuantes e carregados, óleos e graxas. Em geral, as estações de tratamento de esgotos possuem grades de barras e caixas de areia como tratamento prévio.

O tratamento primário é constituído do tratamento prévio e outras unidades que visam a remoção de sólidos sedimentáveis e de boa parte dos sólidos suspensos, baseando-se particularmente na decantação.

Os tratamentos secundários possuem, além das unidades componentes dos processos primários, algum processo biológico aeróbio e uma segunda decantação (decantação final ou secundária).

O tratamento terciário só é utilizado em situações especiais, quando um elevado grau de depuração é desejado, principalmente

, se o objetivo maior é o reuso das águas receptoras ou a remoção de nutrientes para evitar sua eutrofização (*Ibid.*) O tratamento terciário pode ser realizado por lagoas de maturação, desinfecção, remoção de nutrientes, remoção de complexos orgânicos ou por combinações dessas formas de tratamento (Pessoa e Jordão, 1982).

A Tabela 1.9 apresenta alguns processos de tratamento e as suas reduções quanto à DBO₅ e coliformes.

Tabela 1.9 - Redução de DBO₅ e Coliformes em processos de tratamento de esgotos

PROCESSO	REDUÇÃO DE DBO ₅ (%)	REDUÇÃO DE COLIFORMES (%)
*Crivos finos.....	5-10	-
Cloração de efluentes brutos.....	5-15	90-95
Tratamento primário....	25-40	40-60
Filtração biológica....	70-95	80-90
*Tanques de precipitação química.....	50-85	60-90
Lodos ativados.....	85-95	90-96
Lagoas de estabilização facultativas.....	75-95	80-99
Lagoas anaeróbias.....	50-80	85-90
Lagoas aeradas.....	50-80	85-90
Valos de oxidação.....	90-97	90-96
Tratamentos terciários.	95-99	90-99

FONTES: Adaptado de : * Pessoa e Jordão (1982) e
Azevedo Netto, (1977b)

, 2.3 - Pré-tratamento

As unidades de pré-tratamento, quando analisadas separadamente são operações unitárias, normalmente, baseadas em processos físicos. Quando analisadas em conjunto, constituem o tratamento preliminar ou prévio. Para a remoção de cada tipo de resíduo há a necessidade da construção de unidades específicas.

2.3.1 - Grades de barras

Na remoção dos sólidos grosseiros são em geral utilizadas grades de barras que podem ser projetadas para funcionar em conjunto com trituradores em estações mais sofisticadas. As grades de barras são dispositivos constituídos por barras metálicas paralelas de igual espaçamento (distância entre barras), com a finalidade de remover material grosseiro flutuante ou carregado. A sua limpeza pode ser manual ou mecânica, sendo classificadas, quanto ao espaçamento em (Azevedo Netto, 1977c):

- grades grosseiras - espaçamento de 4,0 a 10,0cm
- grades médias - espaçamento de 2,0 a 4,0cm
- grades finas - espaçamento de 1,0 a 2,0cm.

O espaçamento é função do tipo de material que se deseja reter. Por exemplo, quando a remoção do lodo, no decantador primário, é mecanizada, deve ser utilizado um espaçamento em torno de 20 mm (Imhoff, 1966). Isto tende a minimizar os problemas causados por trapos, plásticos e outros materiais aos equipamentos de raspagem de lodo, coletor de espuma, etc. O autor relata, porém, que grades finas, além de aumentar a quantidade de material retido, chegando a triplicá-la em relação à grosseira,

propiciam a retenção de matéria fecal e outros resíduos malcheirosos. A inclinação das barras, em relação à horizontal, é função do tipo de limpeza adotada. Para grades com limpeza manual esta inclinação varia de 45° a 75° e para limpeza mecanizada as grades são verticais ou ligeiramente inclinadas, não menos que 70° em relação à horizontal (Pessoa e Jordão, 1982). Em geral, quando a limpeza é manual, são adotadas inclinações de 45° ou 60°, com a horizontal, para grades finas, e 30° ou 45° para as grades grosseiras (*Ibid.*). As barras são em geral de seção retangular de 5 a 15mm de espessura por 30 a 60mm de largura (Azevedo Netto, 1977c). As dimensões principais da grade são estabelecidas para que se obtenha uma seção de escoamento com velocidade adequada. Os valores da velocidade do esgoto devem ser verificados para vazões mínima, média e máxima. Azevedo Netto (1977c) recomenda, para grade limpa, velocidade mínima de 0,40 m/s e velocidade máxima de 0,75 m/s. Pessoa e Jordão (1982), sugerem velocidades de 0,6 m/s e 1 m/s, respectivamente. A velocidade não deve ser tão elevada a fim de evitar arraste de material retido e não deve ser tão baixa a ponto de permitir decantação prévia de sólidos no canal de acesso.

Definidos o formato, dimensão e espaçamento das barras, resta o cálculo da largura do canal no qual a grade será instalada. A área do canal (S), será a soma das áreas ocupadas pelas barras com a área útil dos espaçamentos. De acordo com Azevedo Netto (1977c),

$$S = A_u \cdot \frac{a + t}{a} \quad \text{eq.1.17}$$

onde, S = área do canal até o nível do esgoto, A_u = área útil para a velocidade adotada, a = espaçamento entre as barras, t = espessura das barras.

Ainda segundo o mesmo autor, a área (S) também pode ser dada pela equação,

$$S = \frac{A_u}{\frac{a}{a+t}} \quad \text{eq.1.20}$$

na qual a relação $a/(a+t)$, é chamada eficiência da grade (E). A equação 1.20 passa a ser:

$$S = A_u/E \quad \text{eq.1.21}$$

Uma vez fixada a velocidade de passagem na grade (V), a área útil pode ser expressa por:

$$A_u = Q/V \quad \text{eq.1.22}$$

e a seção do canal pode ser calculada.

Para a perda de carga na grade, de forma a manter-se a velocidade de projeto e perfil hidráulico, pode ser admitida a obstrução de até 50% da lâmina de esgoto no canal da grade (Pessoa e Jordão, 1982). As fórmulas de Kirshmer, Fellenius, Escande e Spangler permitem o cálculo da perda de carga devida à passagem do esgoto através das grades, entretanto, todas referem-se à resistência oferecida pelas barras quando limpas, o

que não ocorre em estações de tratamento de esgotos. Azevedo Netto (1977c), sugere o uso da fórmula de Metcalf & Eddy pela sua simplicidade, sendo a perda de carga dada pela expressão:

$$h = 1,43 (V^2 - V_0^2) / 2g \quad \text{eq.1.23}$$

onde, h = perda de carga (m), V = velocidade através das barras (0,5 a 0,75 m/s), V_0 = velocidade a montante da grade = $V.E$ (E = eficiência), g = aceleração da gravidade (m/s^2). Neste caso, também será calculada a perda de carga para o caso em que a grade fique "50% suja", ou seja, para um valor V_1 (velocidade para grade 50% suja) igual a $2V$.

Azevedo Netto (1977c), cita que, nos Estados Unidos, para as grades com aberturas da ordem de 2,5cm, a quantidade de material retido varia de 0,015 a 0,030 litros por metro cúbico de águas residuárias. Relata também que em bairros da cidade de São Paulo foram encontrados valores que variaram de 0,010 a 0,025 litros por metro cúbico de esgoto. Pessoa e Jordão (1982), mencionam que é prática comum adotar o valor de 0,040 litros de material por metro cúbico de esgoto para grades de espaçamento médio.

Em estações de grande porte o material gradeado pode ser incinerado, digerido ou triturado. Quando enterrado, deve ser recoberto com camada de areia de no mínimo 30cm para evitar exalação de odores.

2.3.2 - Caixas de areia

Para remoção do material pesado, em geral denominado de areia, seja ele constituído por pedrisco, cascalho, silte, carvão, metal e areia propriamente dita, são comumente utilizados dispositivos denominados de caixas de areia. O acesso desse material à rede coletora se dá por várias formas, dentre as quais destacam-se as avarias devidas a abatimento com conseqüente infiltração da água do sub-solo e arraste de areia (assoreamento), águas pluviais e despejos industriais. A remoção da areia é de importância vital para as instalações de recalque e tratamento, pois ela, além de provocar a abrasão nos equipamentos e tubulações, pode vir a obstruir canalizações, orifícios e até mesmo ocupar volumes consideráveis nas unidades dos sistemas de elevação, transporte e tratamento. Nos sistemas de esgotamento de águas residuárias domésticas o desarenamento visa à remoção de partículas de tamanho igual ou superior a 0,2mm (Azevedo Netto, 1977c). Na prática, o material retido varia de 0,1mm a 0,4mm de diâmetro (Pessoa e Jordão, 1982). A eficiência das caixas de areia está relacionada à velocidade de escoamento dos esgotos através delas, sendo recomendada a velocidade em torno de 0,30 m/s. Velocidades em torno de 0,15 m/s causam a deposição de matéria orgânica provocando odores desagradáveis devido à sua decomposição (*Ibid.*). Azevedo Netto (1977c), afirma que velocidades acima de 0,40 m/s causam o arraste indesejável de partículas de areia. A limpeza da caixa de areia pode ser mecânica ou manual sendo função do porte do sistema a ser protegido. Quando a limpeza é manual, há necessidade de

paralização do funcionamento da caixa, o que é conseguido conduzindo o esgoto para uma caixa de reserva, ou paralizando todo o sistema, sendo que esta última alternativa só deve ser adotada em casos extremos. A grande vantagem da limpeza mecanizada é a sua continuidade, sem necessidade de paralização de unidades e sem contato direto dos operadores com o material removido. Existem caixas de areia cujo funcionamento é auxiliado por aeração mas neste trabalho será abordado o dimensionamento de unidades sem esse recurso. As partículas de areia são do tipo que não flocculam nem se aglomeram umas às outras, sedimentam independentemente e com velocidade constante de acordo com as leis de Stokes, Hazen e Schulz (Pessoa e Jordão, 1982). De acordo com esses autores, para as partículas com diâmetros iguais ou maiores que 0,2mm, a velocidade de sedimentação é em torno de 2 cm/s. Chamando de L o comprimento da caixa, V_1 a velocidade do fluxo e t_1 o tempo gasto para a partícula percorrer o comprimento L, a velocidade do fluxo pode ser descrita, pela seguinte expressão:

$$V_1 = \frac{L}{t_1} \quad \text{eq.1.24}$$

Chamando de H a altura do líquido na caixa, V_2 a velocidade de decantação da partícula e t_2 o tempo gasto para a partícula sedimentar ao percorrer a altura H, a velocidade de decantação pode ser expressa por:

$$V_2 = \frac{H}{t_2} \quad \text{eq.1.25}$$

Como t_1 deve ser igual a t_2 para que a partícula seja retida e considerando $V_1 = 30$ cm/s, das equações 1.24 e 1.25 obtém-se:

$$L = 15H \quad \text{eq.1.26}$$

Para compensar os efeitos da turbulência, um acréscimo de 50% é adotado e, portanto:

$$L = 22,5H. \quad \text{eq.1.27}$$

Azevedo Netto (1977c) recomenda, na prática:

$$L = 25H. \quad \text{eq. 1.28}$$

A largura da caixa de areia é determinada a partir dos valores de vazão (Q) e altura (H) do líquido. Se a seção de escoamento for retangular:

$$Q = SV \quad \text{eq. 1.29}$$

ou,

$$Q = b.H.V_1 \quad \text{eq. 1.30}$$

sendo b a largura da caixa, ou ainda,

$$b = Q/H.V_1 \quad \text{eq. 1.31}$$

Quanto à taxa de aplicação (relação entre a vazão e a área em planta da caixa), Azevedo Netto (1977b) recomenda taxas entre 600 e 1200 m³/m²/dia o que corresponde a velocidades de sedimentação entre 25 e 50 m/h. Metcalf & Eddy (1976) observaram que quando, por alguma razão local, a areia presente na água residuária tiver peso específico menor que 2,65 g/ml, a velocidade de sedimentação será reduzida e nova correlação entre L e H, deverá ser determinada.

O controle da velocidade do esgoto na caixa de areia é primordial para sua boa operação e deverá ser mantida em torno de 0,30 m/s. Alguns dispositivos têm sido usados nesse controle, dentre eles os vertedores tipo Sutro e os canais, destacando-se as calhas Parshall. As desvantagens no uso dos vertedores são a perda de carga exigida e o acúmulo de material grosseiro nas lâminas vertedoras. As calhas Parshall tem sido mais difundidas, pois além de permitirem a auto-limpeza, podem ser projetadas sem perda de carga hidráulica proporcionando, ainda, a medição mais confiável de vazão.

Quanto à quantidade de material retido, Azevedo Netto (1977b), cita que, nos Estados Unidos, as quantidades retiradas estão compreendidas entre 10 e 90 litros de material por 1.000 m³ de águas residuárias. Cita ainda que em dois bairros da cidade de São Paulo (Jardim América e Ipiranga) foram obtidos valores de 29 e 15 litros de material por 1.000 m³ de esgoto, respectivamente. Afirma também que, seguramente, nos meses de elevada precipitação pluviométrica esses valores seriam de 30 a

40 litros por 1.000 m³ de esgotos. A quantidade de material retido possui estreita correlação com o tipo de esgotamento adotado (unitário, separador ou misto), tipo de área servida (industrial, residencial ou comercial), percentual de ruas pavimentadas, hábitos da população e sobretudo com a operação e manutenção da rede coletora.

Quanto ao destino final, caso exista elevada quantidade de matéria orgânica junto com a areia, o material deve ser enterrado. Se a quantidade de material orgânico é irrelevante, pode ser aproveitado para aterros e, mesmo, quando submetido a lavagem, na reposição do material drenante das células de secagem de lodos digeridos (Azevedo Netto, 1977b; Pessoa e Jordão, 1982).

40 litros por 1.000 m³ de esgotos. A quantidade de material retido possui estreita correlação com o tipo de esgotamento adotado (unitário, separador ou misto), tipo de área servida (industrial, residencial ou comercial), percentual de ruas pavimentadas, hábitos da população e sobretudo com a operação e manutenção da rede coletora.

Quanto ao destino final, caso exista elevada quantidade de matéria orgânica junto com a areia, o material deve ser enterrado. Se a quantidade de material orgânico é irrelevante, pode ser aproveitado para aterros e, mesmo, quando submetido a lavagem, na reposição do material drenante das células de secagem de lodos digeridos (Azevedo Netto, 1977b; Pessoa e Jordão, 1982).

3.0 - Sedimentação Primária

Segundo Anderson (1981), sedimentação é um processo de separação que utiliza o efeito da gravidade e consiste em permitir o fluxo de um líquido com velocidade suficientemente lenta através de tanque apropriadamente projetado, de forma que quantidade significativa de sólidos pode sedimentar dentro dele. Existem quatro tipos de sedimentação:

- a) sedimentação discreta - ocorre com partículas discretas, que não alteram seu tamanho, forma ou densidade. A velocidade de cada partícula é mantida constante durante o processo;
- b) sedimentação flocculenta - neste tipo o material flocculento sedimenta a uma taxa crescente devido ao aumento de sua massa provocado por colisões e aglutinamentos com outros flocos. Partículas que não seriam sedimentáveis individualmente podem aglomerar-se com outras partículas e formar sólidos sedimentáveis;
- c) sedimentação em zona - caracterizada pela concentração de partículas flocculentas numa ordem tal que há a formação de uma estrutura onde cada partícula mantém estreito contato com a outra. As partículas contidas pela estrutura são forçadas a sedimentar com igual taxa, havendo uma interface bastante distinta entre os sólidos que sedimentam e o sobrenadante;
- d) sedimentação por compressão - neste tipo de sedimentação, que ocorre caracteristicamente em camadas de lodo, os sólidos pressionam mecanicamente camadas inferiores, resultando em vagaroso deslocamento de líquido em outras direções.

Em um tanque de sedimentação primária ocorrem a sedimentação discreta e floculenta, com a predominância da segunda, em um tanque operando sob condições normais (Anderson, 1981).

3.1 - Sedimentação discreta

Para Hazen (1904), citado por Pontes (1986), sob as mesmas condições, os fatores que influenciam na sedimentação discreta são o tamanho, forma e densidade das partículas em suspensão e a viscosidade e densidade do meio líquido. O mesmo Hazen (1904), citado por Anderson (1981), propôs o conceito de que um tanque ideal de sedimentação, operando sob fluxo contínuo com partículas discretas em suspensão deve ter:

- condições tranquilas na zona de sedimentação;
- fluxo uniforme através da zona de sedimentação;
- concentração uniforme de sólidos em toda a profundidade de entrada do fluxo na zona de sedimentação;
- sólidos entrando na zona de lodo sem ser afetados pela correnteza do fluxo.

Ele mostrou que a remoção de partículas discretas era dependente da razão entre a vazão e a área superficial do tanque. Esta razão é conhecida como taxa de escoamento superficial ou taxa de carga superficial, usualmente expressa em $m^3/m^2 \cdot dia$. A remoção de partículas discretas independe da profundidade do tanque e período de detenção (Anderson, 1981). Quando os sólidos em suspensão, sedimentam de forma discreta em um tanque com escoamento horizontal, os seus trajetos individuais são representados graficamente por uma linha reta (Figura 1.16).

3.2 - Sedimentação flocculenta

Quando as partículas colidem e aglutinam-se formando o floco, este vai aumentando sua velocidade de descida conforme aumente sua massa. A remoção de sólidos suspensos depende do período de detenção e da taxa de escoamento superficial. O trajeto do floco passa a ser definido por uma curva (Figura 1.17).

Os resultados da floculação parecem decrescer conforme decresça a concentração de sólidos suspensos nos esgotos (Anderson, 1981). É geralmente aceito que o percentual de remoção de sólidos suspensos em um tanque de sedimentação primária depende sobretudo da concentração de sólidos suspensos no afluente, do período de detenção e da taxa de escoamento superficial. De acordo com Hespanhol (1977), a possibilidade de aglutinação é maior quando se tem:

- grande concentração de partículas de grandes diâmetros;
- grande diferença entre os diâmetros das partículas;
- partículas com peso elevado;
- temperatura elevada implicando em baixa viscosidade.

3.3 - Projeto de decantadores

3.3.1 - Parâmetros de projeto

Segundo Imhoff (1966), os decantadores de esgotos urbanos podem ser dimensionados ou com base no tempo de detenção ou com base na taxa de escoamento superficial.

Para o IWPC (1980), o critério de projeto para tanque de sedimentação primária se baseia na vazão máxima afluente. A taxa

de escoamento superficial ou carga superficial é expressa em termos da vazão máxima a ser tratada por dia em m^3 por m^2 de superfície do tanque, ou seja:

$$\text{Carga superficial} = \frac{\text{vazão máxima (m}^3\text{/dia)}}{\text{área superficial do tanque (m}^2\text{)}} \quad \text{eq.1.32}$$

$(m^3/m^2 \cdot \text{dia})$

Hespanhol (1977) afirma que taxas de escoamento superficial acima de $40m^3/m^2 \cdot \text{dia}$ não permitem redução razoável da DBO_5 e reduzem a remoção de sólidos suspensos.

O tempo nominal de detenção é baseado na vazão máxima a ser tratada em m^3/dia e é dado em horas podendo ser expresso por:

$$\text{Período de detenção (h)} = \frac{24 \cdot V_{\text{máx.}} \text{ (m}^3\text{)}}{Q_{\text{máx.}} \text{ (m}^3\text{/dia)}} \quad \text{eq.1.33}$$

onde $V_{\text{máx.}}$ = capacidade total dos tanques e $Q_{\text{máx.}}$ = vazão máxima.

O período de detenção deverá ser longo o bastante para favorecer o grau de sedimentação desejado, floculação e mudanças biológicas benéficas. Mas a sua magnitude pode levar a gastos excessivos de capital e propiciar a septicidade do esgoto antes de sua saída do tanque, com efeitos adversos ao tratamento subsequente e a possibilidade da produção de odores desagradáveis. A Figura 1.18 mostra que em quatro estações de tratamento de esgotos, onde eram monitoradas as propriedades de sedimentação de sólidos suspensos em esgoto bruto, praticamente todo o material sedimentado era decantado dentro de 2 horas.

No projeto de tanques de sedimentação com remoção mecânica de

lodo, o período de detenção para máxima vazão, é normalmente usado como sendo de 2 horas. Um longo período de detenção é justificável quando o esgoto afluente possui, em média, quantidade de sólidos suspensos acima do usual (> 300mg/l), ou os sólidos sedimentam lentamente, ou onde o esgoto tem um alto conteúdo de água residuária industrial capaz de causar carga de choque no processo de tratamento biológico subsequente.

Um tanque de sedimentação apresenta quatro zonas distintas:

- a) zona de entrada, na qual há dissipação da energia cinética do esgoto afluente do tanque;
- b) zona de sedimentação onde se processa a sedimentação das partículas;
- c) zona de saída, onde o efluente é coletado e onde podem ocorrer turbulências devido ao arraste provocado pelos vertedores de saída;
- d) zona de armazenamento do lodo.

Para que o problema da turbulência seja minimizado na saída dos decantadores, a taxa de escoamento nos vertedores é de fundamental importância. Esta é expressa como função da vazão máxima a ser tratada (m^3/dia), por comprimento total (m) dos vertedores de saída, sendo dada pela expressão:

$$\text{Taxa de escoamento} = \frac{\text{Vazão máxima (m}^3\text{/dia)}}{\text{Comprimento total dos vertedores de saída(m)}}$$

.....eq.1.34

De acordo com IWPC (1980), se a taxa excede a $450m^3/m.dia$

na vazão máxima, a velocidade do esgoto ao se aproximar do vertedor será excessiva podendo causar o arraste de lodo para fora do tanque juntamente com espuma que passará por baixo da cortina de espuma. Caso a taxa de escoamento nos vertedores, para a vazão máxima, seja menor que $100\text{m}^3/\text{m.dia}$ não haverá auto-limpeza dos vertedores.

3.3.2 - Eficiência

Na prática, a eficiência de um tanque de sedimentação primária é avaliada com base na redução percentual dos sólidos suspensos, pois a concentração destes tem relevância para o tratamento subsequente. Deve ser observado, no entanto, que a concentração de sólidos suspensos no esgoto afluente tem influência decisiva sobre o valor do percentual de remoção (ver Figura 1.18). Anderson (1981), apresenta uma fórmula relacionando sólidos suspensos afluentes, sólidos suspensos efluentes e período de detenção:

$$\frac{S_e}{S_i} = \frac{1}{a_1 \cdot t^n \cdot \log S_i} \quad \text{eq. 1.35}$$

onde, $n = \frac{\log S_i}{a_2}$ eq. 1.36

S_e = Sólidos suspensos efluentes (mg/l), S_i = Sólidos suspensos afluentes (mg/l), a_1 = Constante aproximadamente igual a 1,1; a_2 = Constante aproximadamente igual a 10, t = período de

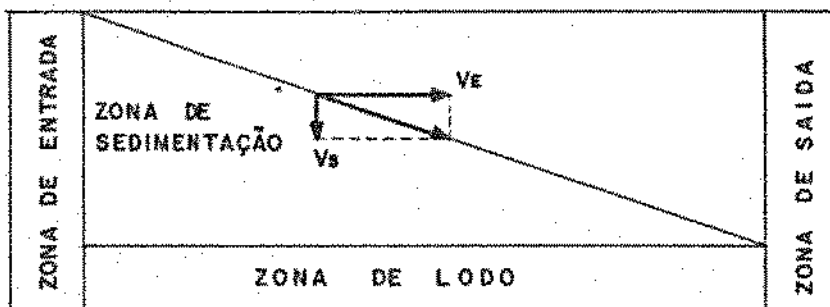


Figura 1.16 - Curva de sedimentação discreta

VE Veloc. de escoamento
 Vs Veloc. de sedimentação

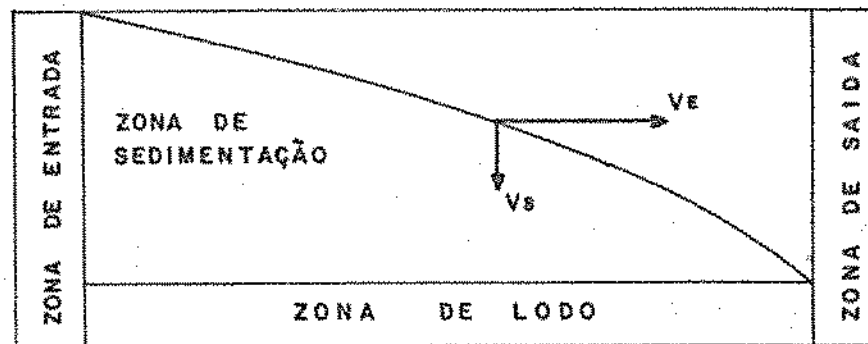


Figura 1.17 - Curva de sedimentação flocculenta

VE Veloc. de escoamento
 Vs Veloc. de sedimentação

52

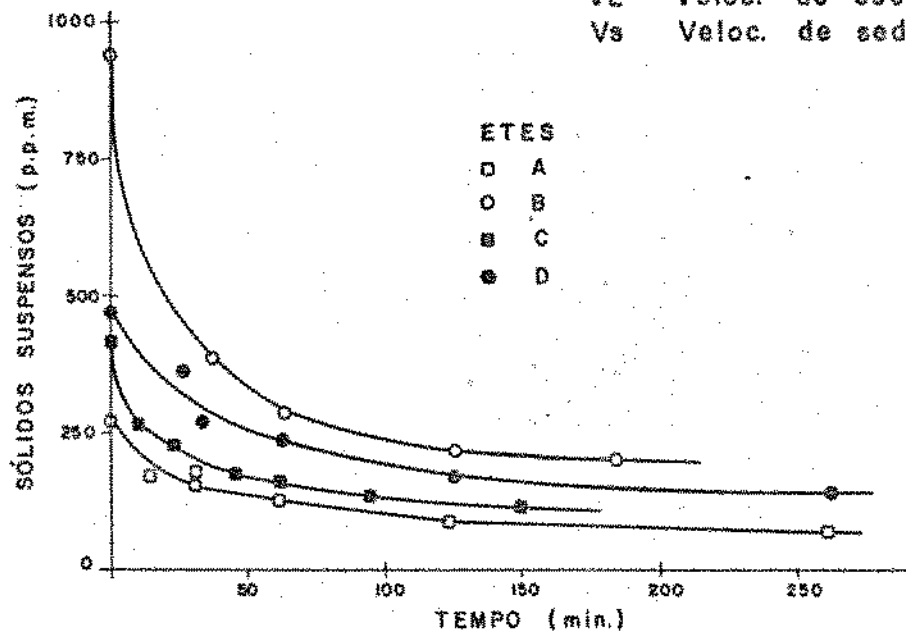


Figura 1.18 - Propriedades da sedimentação de sólidos suspensos em amostras de esgoto bruto de quatro ETES

Fonte: IWPC (1980)

detenção.

O autor cita também a fórmula

$$E = 0,82 \cdot e^{-0,00004q} \quad \text{eq.1.37}$$

onde q = taxa de escoamento superficial ($m^3/m^2 \cdot dia$), E = fração removida de sólidos suspensos.

A Figura 1.19 apresenta a remoção de sólidos suspensos em decantadores para diversas taxas de escoamento superficial. Outros parâmetros que podem ser utilizados para a avaliação da eficiência, são DBO_5 e DQO . A Figura 1.20 apresenta a remoção de DBO_5 em decantadores para diversas taxas de escoamento superficial. Segundo Pessoa e Jordão (1982), na decantação primária são esperadas as seguintes reduções:

Sólidos decantáveis - 70 a 80%

Sólidos em suspensão - 40 a 60%

DBO_5 - 25 a 35%

Experiências do Water Pollution Research Laboratory citadas por IWPC (1980), mostraram que a quantidade de lodo produzido era controlada pela dureza da água de abastecimento. O aumento do volume de lodo foi atribuído a presença dos "builders" nos detergentes sintéticos.

A existência de bombeamento a montante dos tanques de sedimentação tende a desintegrar os sólidos sedimentáveis produzindo esgoto menos propenso à sedimentação (*Ibid.*).

Na decantação primária a remoção de patógenos é, de acordo com Feachem et al. (1983), de 50 a 90% para *Escherichia coli* e de

30 a 80% para ovos de *Ascaris lumbricoides*. A Tabela 1 do ANEXO I deve ser consultada para fins de comparação dessas eficiências com as de outros métodos de tratamento.

3.3.3 - Tipos de decantadores

Para Pessoa e Jordão (1982), os decantadores podem ser classificados quanto:

- a) a forma: retangular, quadrado e circular;
- b) ao fundo: pouco inclinado ou chato, inclinado, com poços de lodo;
- c) ao sistema de remoção de lodos: mecanizado, carga hidráulica;
- d) ao sentido do fluxo: horizontal e vertical;
- e) à tração nos decantadores circulares: de tração central e de tração periférica.

Os tanques de fluxo horizontal podem ser alimentados por tubulações ou por canais. Os de fluxo horizontal radial e de fluxo vertical são alimentados por tubulações. Os decantadores de fluxo horizontal são os mais utilizados; quando retangulares seu escoamento é longitudinal, quando circulares seu escoamento é radial. A Tabela 1.10 apresenta algumas características físicas e operacionais para decantadores primários.

3.3.4 - Considerações sobre decantadores de fluxo radial

A Figura 1.21 mostra esquematicamente as principais características deste tipo de decantador primário. Com o advento do tratamento de esgoto pelo processo de lodos ativados e o desenvolvimento de eficientes raspadores mecânicos de lodo para

decantadores circulares, os decantadores de fluxo radial começaram a ser usados na sedimentação primária (IWPC, 1980). Os principais parâmetros de projeto são a carga superficial e o tempo de detenção. A carga superficial não deve exceder o valor de $45 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$ na vazão máxima. O tempo de detenção é normalmente de cerca de 2h para vazão máxima, podendo ser reduzido para 1,5h quando a vazão exceder 3 vezes a vazão de períodos de estiagem. A Tabela 1.11 dá as capacidades para decantadores de fluxo radial com diâmetros na faixa de 12 a 30m e com inclinação no fundo variando de $7\frac{1}{2}^\circ$ a $22\frac{1}{2}^\circ$.

O diâmetro é função da capacidade do raspador, variando de 5 a 15m para raspador montado em ponte fixa e até 50m para raspador em ponte rotativa. Para valores acima deste é necessário projeto especial para o decantador e raspador.

A profundidade útil não deve ser menor do que 1,5m sendo usual considerar a profundidade entre um sexto e um décimo do diâmetro.

A declividade do fundo (piso) depende basicamente do modelo de raspador adotado, mas a inclinação de $7\frac{1}{2}^\circ$ é comum. A declividade deve ser tal que impeça esforço desigual no raspador quando este draga o lodo para o poço central.

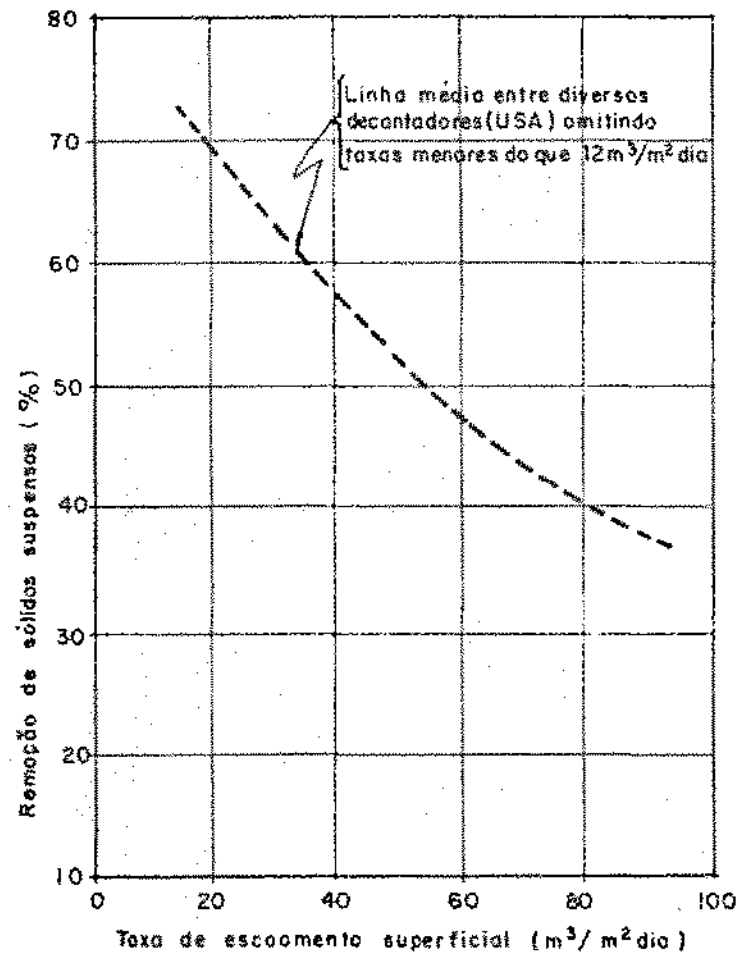


Figura 119-Remoção de sólidos suspensos em decantadores para diversas taxas de escoamento superficial

Fonte: Hespanhol (1977)

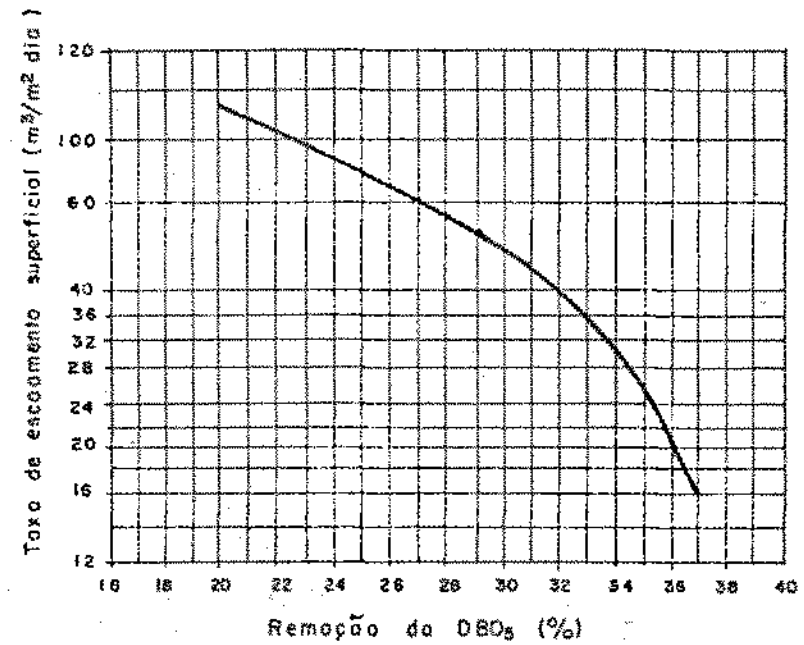
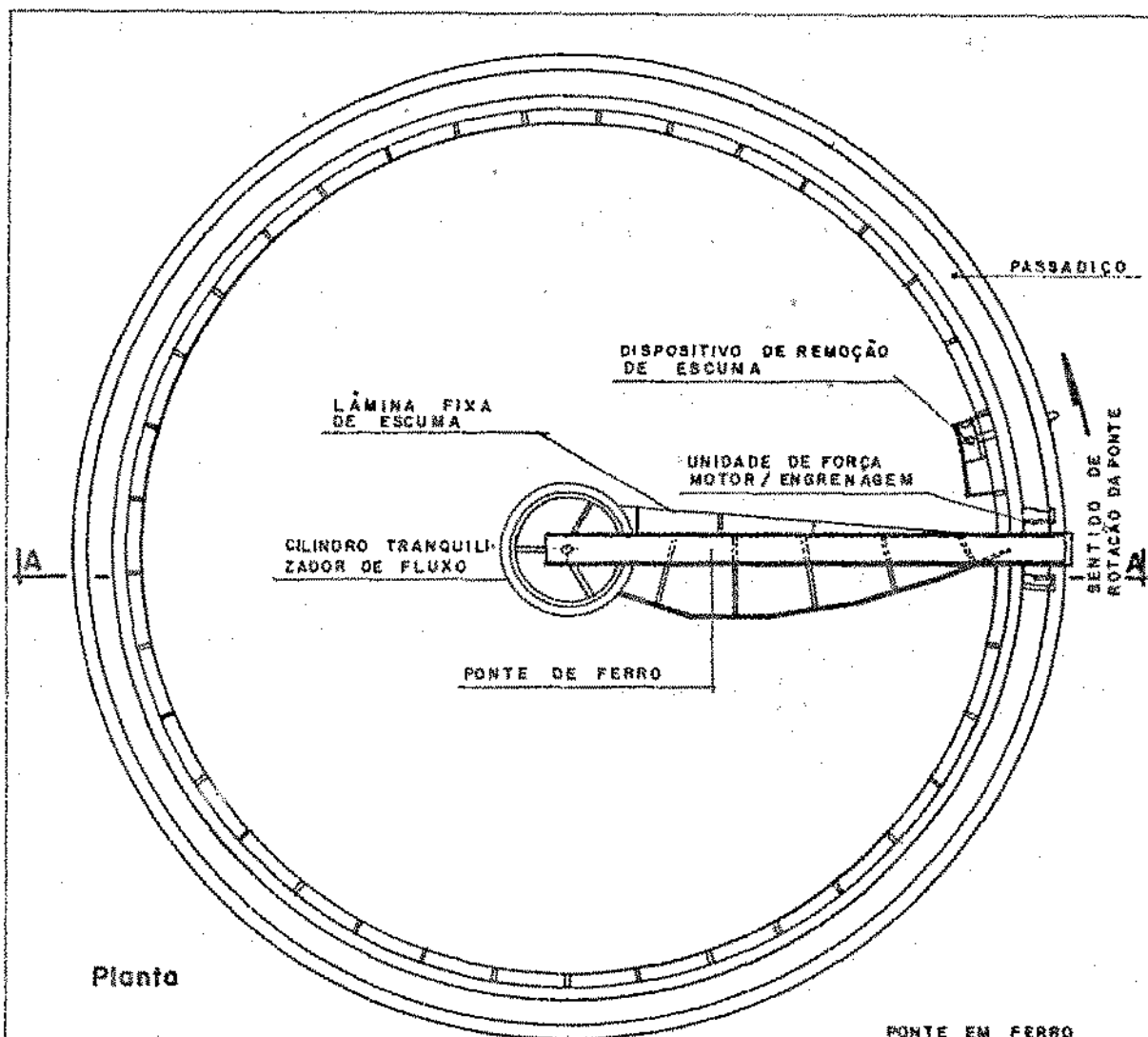
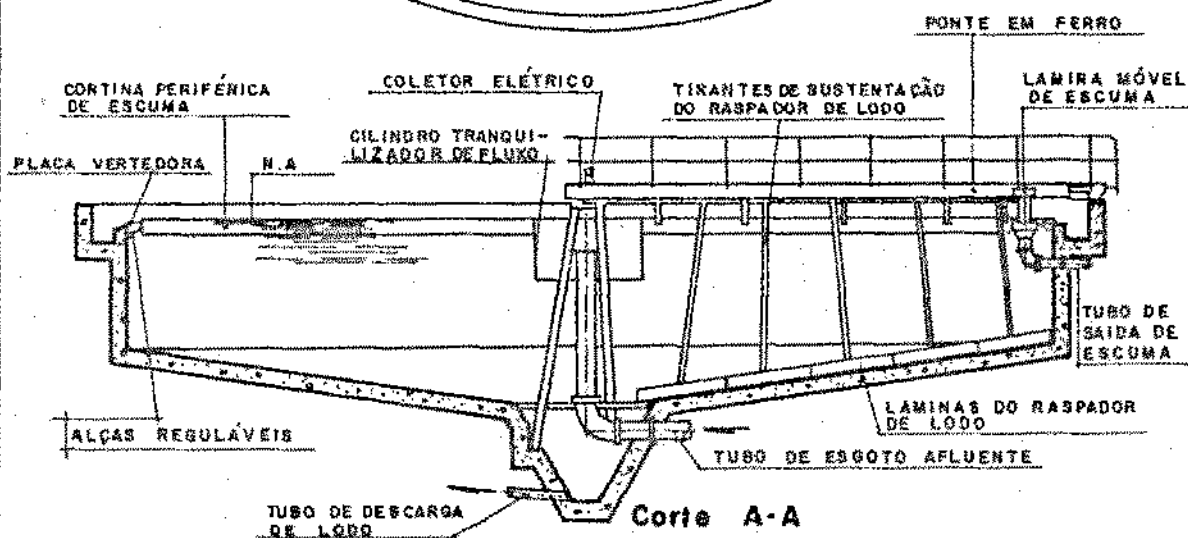


Figura 120-Remoção da DBO_5 em decantadores para diversas taxas de escoamento superficial

Fonte: Hespanhol (1977)



Planta



Corte A-A

Figura 1.21 - Principais características de decantador primário de fluxo radial com ponte rotativa

Fonte: Adaptado de IWPC (1980)

Tabela 1.10 - Características de decantadores primários

CARACTERÍSTICAS	TIPO DE DECANTADOR		
	FLUXO HORIZONTAL	FLUXO RADIAL	FLUXO ASCENDENTE
FORMA---	Retangular em planta	Circular em planta	Quadrado ou Circular em planta
Carga superficial (m ³ /m ² .dia)	30 - 45	45 para vazão máxima	28,8 (para velocidade = 1,2m/h)
Período de detenção (horas)	2 (retirada mecânica de lodo)	1,5 - 2	2 - 3
Taxa de escoamento nos vertedores de saída (m ³ /m.dia)	300-400	>100	54(p/ tanques c/ 7,5 m ² e tratando 1620m ³ /dia na vazão máxima)
Parte inferior	Largura 1 1 ----- = - a - Comprim. 2 4 para pequenos tanques	em torno de 7 ^{1/2} (graus)	60° de inclinação se piramidal 45° de inclinação se circular
Parte superior (m ²)	Igual a parte inferior	Igual a parte inferior	5 - 9
Diâmetro (m)	-	5-15 (Ponte fixa) até 50(Ponte rotativa)	-
Profundidade (m)	> 1,5	> 1,5 1/6 - 1/10 do diâmetro	-

FONTE: Adaptado de IWPC (1980)

Normalmente, o tubo de alimentação do decantador vem por baixo do piso do tanque até o centro, muda de direção dirigindo-se para cima e termina em uma "boca de sino" um pouco abaixo do nível do esgoto. Em volta desta há um cilindro difusor que dissipa a energia e melhor distribui o esgoto afluente. O diâmetro do cilindro difusor é variável, mas conforme

IWPC(1980), ele é cerca de 10 a 20% do diâmetro do tanque e a área superficial que engloba é da ordem de 1 a 4% daquele.

Tabela 1.11 - Capacidade de decantadores de fluxo radial

DIÂMETRO DO TANQUE (m)	VOLUME POR METRO DE ALTURA DE PAREDE (m ³)	VOLUME DA PORÇÃO CÔNICA (m ³)			
		DECLIVIDADE DO FUNDO (°)			
		7 ^{1/2} /e	10	15	22 ^{1/2} /e
12	113	30	40	61	94
15	177	58	78	118	183
18	254	101	135	205	316
21	346	160	214	325	502
24	452	238	319	485	750
27	572	339	454	690	1067
30	707	465	623	947	1464

FONTE: IWPC (1980)

Em geral a saída é feita através de vertedor periférico protegido por cortina de espuma para descarga em um canal também periférico paralelo ao vertedor. É importante que o vertedor seja nivelado em todo o seu comprimento. Para aumento da taxa de escoamento superficial, o vertedor pode ser projetado com várias placas de forma a ter entalhes em forma de "V" conforme a Figura 1.22. A vazão por entalhe deve ser limitada a 30 a 40m³/dia com altura do esgoto no entalhe restrita a 35mm. O aumento ou decréscimo do número de "castelos" altera a vazão por entalhe.

A velocidade dos raspadores de fundo deve se situar entre 1,8 e 2,5m/min (IWPC, 1980).

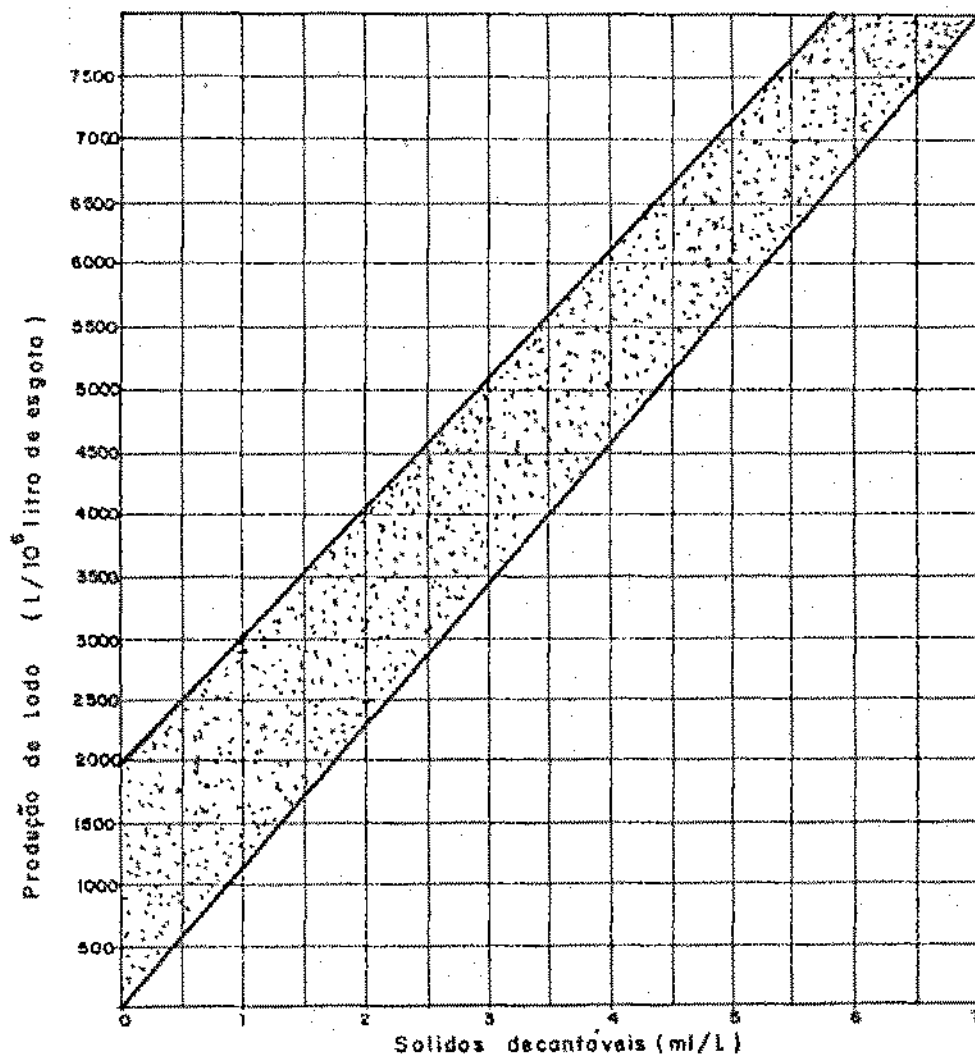


Figura 1.23 - Produção de lodo x Sólidos decantáveis

Fonte: Adaptado de Pessoa e Jordão (1982)

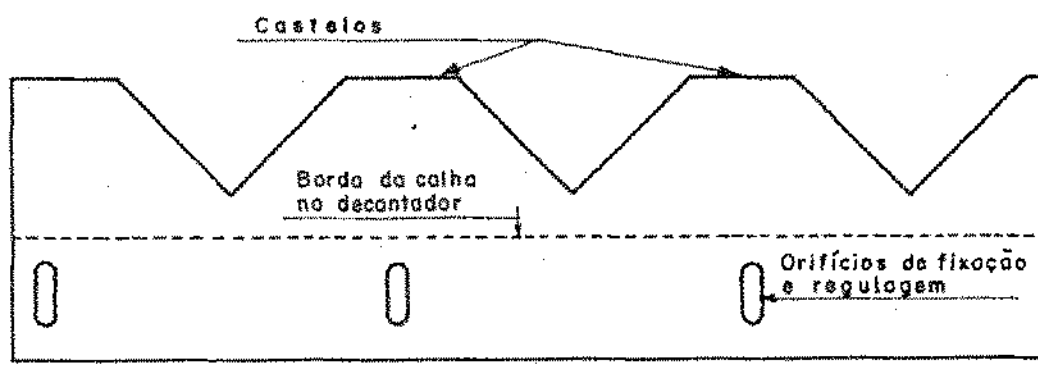


Figura 1.22 - Placas vertedoras em "V" para decantadores

3.3.5 - Produção e destino do lodo cru dos decantadores

Pessoa e Jordão (1982), citam que a concentração de sólidos o lodo retirado do decantador primário se situa entre 3 e 6%. O lodo produzido é encaminhado para a digestão com concentração de sólidos em torno de 5%. A Figura 1.23, permite estimar o volume de lodo em função dos sólidos decantáveis.

3.3.6 - Problemas operacionais

Cada tipo de tratamento de águas residuárias apresenta seus problemas operacionais característicos. Aqui serão abordados somente os problemas mais frequentes na sedimentação primária.

A - Se o lodo aflora à superfície em todos os tanques devido à gaseificação evidenciada pela ascensão de borbulhamento junto com o lodo, pode ser devido a uma ou mais das seguintes causas:

- (a) frequência inadequada de descarga de lodo;
- (b) o lodo não está sendo completamente removido do tanque durante as descargas;
- (c) o esgoto está chegando séptico do sistema de esgotamento;
- (d) retorno de lodo digerido ou sobrenadante dos tanques de digestão;
- (e) presença, nos tanques, de zonas em que esgoto ou lodo estão estagnando e tornando-se sépticos.

B - Se o afloramento do lodo ocorre em tanque, individualmente, pode ser devido a:

- (a) distribuição não uniforme do esgoto afluyente ou sobrecarga;

- (b) defeito no sistema de raspagem do lodo tal como uma lâmina que se tenha desprendido;
 - (c) o lodo está ficando depositado no fundo do tanque devido à falta de regulagem dos raspadores;
 - (d) o lodo está ficando aderido às paredes do poço de lodo do tanque, não sendo descarregado e tornando-se séptico.
- C - A ocorrência de elevada concentração de sólidos suspensos nos efluentes de todos os tanques de sedimentação, pode ser devida a:
- (a) sobrecarga;
 - (b) acumulação de lodo nos tanques;
 - (c) presença de água residuária industrial no esgoto.
- D - Se a elevada concentração é característica de tanque individual, possivelmente é devido à distribuição inadequada do esgoto entre os tanques ou a curtos-circuitos nessas unidades.
- E - Uma excessiva quantidade de material flutuante no esgoto sedimentado pode ser devida a:
- (a) equipamentos de remoção de espuma defeituosos;
 - (b) a cortina de espuma está muito perto do vertedor de saída;
 - (c) dispersão da espuma devida a ventos fortes;
 - (d) jornada dos raspadores muito rápida;
 - (e) presença anormal de águas residuárias industriais no esgoto.
- F - As obstruções das tubulações de lodo podem ser devidas a:
- (a) projeto defeituoso das tubulações;

- (b) produção de lodo anormalmente espesso devido a descargas não frequentes;
- (c) presença de areia ou trapos de estopa no lodo;
- (d) objetos que caem dentro dos tanques e obstruem parcialmente a saída do lodo ou se depositam no interior das tubulações.

G - Os decantadores primários com remoção mecânica de lodo precisam ser esvaziados periodicamente, usualmente uma vez por ano, quando devem ser verificados:

- (a) remoção de areia depositada no fundo e no poço de lodo;
- (b) limpeza e recuperação das lâminas e cabos dos raspadores;
- (c) as cortinas de espuma e distribuição, bem como os vertedores de saída;
- (d) caixa retentora de espuma e seus acessórios;
- (e) quando possuem rodízios, os seus recobrimentos, que são em geral de borracha;
- (f) no caso de pontes giratórias, todas as suas estruturas;
- (g) instalações elétricas;
- (h) estrutura física dos tanques.

H - Quanto à manutenção, algumas ações devem ser conduzidas a intervalos regulares, são os casos:

- (a) os vertedores de entrada e saída bem como o canal efluente devem ser limpos diariamente;
- (b) o equipamento de remoção de espuma deve ser limpo, quando necessário, com mangueira de água sob pressão;
- (c) escolhos de gorduras e escumas que se acumulam na cortina de entrada, paredes e cortinas de escumas removidas no

mínimo mensalmente;

(d) lubrificação e manutenção dos equipamentos mecânicos devem obedecer às especificações dos fabricantes;

(e) metais que trabalham acima do nível da água devem ser repintados a cada três anos e aqueles que ficam abaixo, repintados a cada cinco ou dez anos.

3.3.7 - Objetivos do trabalho

- 1 - Avaliar a eficiência do tratamento primário efetuado na ETE de Cabanga através de diversos parâmetros monitorados no afluente e efluente;
- 2 - Caracterizar o esgoto bruto afluente e o efluente final para obter dados que permitam introduzir melhorias na ETE, seja através da transformação do sistema já existente, seja por substituição do mesmo, afim de ajustar a eficiência ao preconizado pelo Planejamento dos Sistemas de Esgotos Sanitários da Região Metropolitana do Recife (1968) que é uma eficiência de 86% de remoção da DBO_5 para a ETE Cabanga.
- 3 - Comparar o desempenho da ETE com aquele citado pela literatura principalmente quanto aos aspectos sanitário e risco de eutrofização relacionados à descarga do seu efluente no corpo receptor.

CAPÍTULO II : TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

2.0 - Sistemas de Tratamento

A primeira estação de tratamento de esgotos do Recife, denominada à época de Estação Depuradora da Cabanga, entrou em operação no dia 6 de junho de 1959. Em 1972, começava a operar a segunda estação de tratamento de esgotos denominada de Estação de Tratamento de Esgotos de Feixinhos. Em 1981 foi iniciada a operação da Estação de Tratamento de Esgotos do Janga, a terceira e última estação de tratamento de esgotos de grande porte construída no estado de Pernambuco. Destas estações, apenas a de Cabanga passou por reforma e ampliação que tiveram início em 1966 e foram concluídas em 1972, sendo sua capacidade nominal à época da pesquisa de 80.000 m³/dia.

O planejamento do esgotamento sanitário da Região Metropolitana do Recife (RMR), obedeceu à concepção adotada pelo Engg Francisco Saturnino Rodrigues de Brito, que era de dividir as áreas a serem saneadas em "Distritos". Cada Distrito possuía uma ou mais elevatórias e de uma delas o efluente total do Distrito era recalcado para um Distrito adjacente a jusante e, assim por diante, até a reunião de todas as águas efluentes dos Distritos em uma estação de tratamento de esgotos (ETE). A Tabela 2.1 resume as características das estações de tratamento de esgotos implantadas na Região Metropolitana do Recife. As eficiências previstas de redução da DBO₅ para as três maiores

ETEs foram, de acordo com Coelho, (1991):

ETE Cabanga - 40%, ETE Feixinhos - 80%, ETE Janga - 97%.

Tabela 2.1 - Estações de tratamento de esgotos da Região Metropolitana do Recife

ESTACÃO DE TRATAMENTO	INÍCIO DE OPERAÇÃO	PROCESSO	CORPO RECEPTOR	E.E. AFLUENTES	CAPAC. ATUAL (m ³ /dia)	POPUL. ATENDIDA(hab)
CABANGA	1959	SEDIMENTAÇÃO PRIMÁRIA	ESTUÁRIO RIO TEJIPIÓ	13	80.000	-
FEIXINHOS	1972	FILTRO BIOLÓGICO	RIO BEBERIBE	10	36.000	-
JANGA	1981	LODOS ATIVADOS	ESTUÁRIO RIO TIMBÓ	14	54.000	-
IGNEZ ANDREAZZA (*)	1984	LODOS ATIVADOS	ESTUÁRIO RIO TEJIPIÓ	01	-	12.320
FELIPE CAMARÃO(*)	1985	LAGOAS AERADAS	RIO JIQUIÁ	02	-	3.040
BARRA DE JANGADA(*)	1986	VALO DE OXIDAÇÃO	RIO JABOATÃO	02	-	8.000
MURIBECA I (*)	1986	TANQUES IMHOFF	RIACHO MARIANA	01	-	8.000
HELDER CÂMARA (*)	1986	LAGOAS AERADAS	LAGOA OLHO D'ÁGUA	01	-	7.400
RODA DE FOGO (*)	1992	FILTROS ANAERÓBIOS	CANAL DO ENGENHO DO MEIO	04	-	ÁREA DE INVASÃO

(*) - Conjuntos Residenciais

FONTE: Dados fornecidos pela Gerencia Metropolitana de Esgotos do Recife - COMPESA, 1992.

2.1 - O sistema Cabanga no início da pesquisa

2.1.1 - Rede coletora

O Plano Diretor de Esgotamento Sanitário da Região Metropolitana do Recife, concluído em 1980, manteve o zoneamento de implantação da rede de esgotos conforme preconizava o Planejamento dos Sistemas de Esgotos Sanitários da RMR (1968):

Bacia Central com 1.146ha;

Bacia Beberibe com 2.595ha;

Bacia Capibaribe - Tejipió com 9.999ha.

A ETE Cabanga seria responsável pelo tratamento do efluente da rede coletora da Bacia Central. Até a data deste trabalho, o Plano Diretor não foi implantado e nem atualizado, fazendo com que o sistema Cabanga continue operando uma área de cerca de 1718ha com aproximadamente 149km de rede coletora (excluído o Distrito 15). O diâmetro dos coletores varia de 150mm até seções especiais para o coletor tronco (C-1), de forma ovóide, com altura máxima de 1,70m e diâmetro da cúpula de 1,20m. A Tabela 2.2 mostra os Distritos esgotados pelo sistema Cabanga e suas principais características.

Um mês após o início da pesquisa, dois aspectos chamaram a atenção no esgoto afluente da ETE:

(a) presença de grande quantidade de areia e

(b) elevado teor de cloreto.

Inspeção em campo mostrou que os coletores tronco da rede coletora, apresentavam elevado grau de assoreamento possuindo 13 extravazores que mantinham ligação com a rede de

águas pluviais e/ou rios que banham a cidade.

Os extravazores os quais permitiam o fluxo numa direção ou noutra, dependendo da altura da maré, estavam assim localizados:

- 1q) primeiro poço de visita do coletor tronco C-1 em frente ao Teatro Santa Isabel;
- 2q) Praça da Torre (descida da ponte na rua Conde de Irajá);
- 3q) Praça Sérgio Loreto em poço de visita do coletor tronco C-1;
- 4q) Rua Carlos Pena Filho no bairro do Jiquiá;
- 5q) Rua do Nogueira em poço de visita do coletor C-3.1 no bairro de São José;
- 6q) Estrada dos Remédios, no poço de visita que recebe o efluente do Distrito 7;
- 7q) no poço de visita que dá acesso à estação elevatória do Distrito 5;
- 8q) Av. Dantas Barreto cruzamento com a rua Passos da Pátria no bairro de São José;
- 9q) Rua João Lira no bairro de Santo Amaro;
- 10q) Praça Joaquim Nabuco em poço de visita do coletor tronco C-1
- 11q) Travessa do Raposo próximo à estação do metrô;
- 12q) Rua São José do Ribamar cruzamento com rua Santa Cecília no bairro de São José;
- 13q) Av. Norte cruzamento com av. Cruz Cabugá no bairro de Santo Amaro.

Foram feitos relatórios para as unidades competentes sendo dado início à limpeza mecânica dos coletores tronco e fechamento dos extravazores.

2.1.2 - Estações elevatórias

Das contribuições das 13 estações elevatórias pertencentes ao SISTEMA DE CABANGA, 3 não puderam ser consideradas na pesquisa. A elevatória responsável pelo esgotamento do Distrito 15, o qual inclui mais duas EE menores, estava com seu emissário danificado e portanto, não contribuía para a ETE Cabanga. Das 10 restantes, 3 se encontravam paralizadas, por terem seus conjuntos elevatórios fora de operação e 4 outras, embora tendo cada uma 3 conjuntos instalados, somente 1 estava em condições de funcionamento. Em resumo, somente 23% das estações elevatórias se encontravam em razoáveis condições de funcionamento.

Outra situação de anormalidade encontrada foi o horário de funcionamento adotado para todas as elevatórias. Estas funcionavam apenas no horário comercial, das 8h às 12h e das 14h às 18h, sendo que aos sábados, domingos e feriados eram completamente paralizadas. Foi implantado um programa de automação das estações elevatórias e, em caráter emergencial, alguns funcionários foram deslocados para as elevatórias principais de forma a manter a operação contínua das mesmas.

Na elevatória principal de todo o sistema (EE1), responsável pela alimentação da ETE Cabanga, foi implantado o acompanhamento de funcionamento dos conjuntos elevatórios, permitindo a monitoração dos volumes de esgoto aduzidos para tratamento.

2.1.3 - Estação de tratamento

Devido ao regime de funcionamento das estações elevatórias, o volume aduzido à ETE, além de muito variável era bastante

reduzido. A elevatória principal do sistema Cabanga (EE1), localizada na área da ETE, funcionava poucas horas aos sábados domingos e feriados e todos os dias à noite era paralizada.

Das duas grades de barras, apenas uma estava em funcionamento e parte da sua rampa de apoio estava danificada permitindo a passagem de material gradeado para dentro da elevatória principal e, conseqüentemente, para as unidades de tratamento.

Das duas caixas de areia, uma estava em operação razoável e na outra faltava o motor do transportador.

Dos quatro decantadores, dois se encontravam parados (os de números 02 e 04).

Na estação elevatória de lodo cru (lodo dos decantadores primários) para os digestores, dos dois conjuntos elevatórios, previstos em projeto, só um se encontrava instalado.

Nos digestores não havia produção de lodo para os leitos de secagem e um dos conjuntos recirculadores de lodo no digestor primário estava com o seu eixo partido.

Nos queimadores de gases faltavam os diafragmas e as chaminés de queima.

Das 15 células de secagem de lodo digerido (leitos de secagem), nenhuma tinha condições de operação.

Para o início efetivo da avaliação do funcionamento da estação de tratamento foram promovidas, pela Gerencia Metropolitana de Esgotos da COMPESA, através da Divisão de Esgotos Cabanga, entre outros, os seguintes melhoramentos:

(a) funcionamento contínuo, inclusive à noite, da EE1 e ETE;

- (b) as duas grades de barras e as duas caixas de areia foram postas em regime normal de operação;
- (c) dos quatro decantadores, três (1,2 e 4) foram recuperados;
- (d) o segundo conjunto elevatório (reserva) de lodo cru foi recuperado e as bombas recirculadoras de lodo entraram em regime normal de operação;
- (e) foi feita concorrência para aquisição dos diafragmas dos queimadores e providenciada a recuperação e instalação das chaminés;
- (f) as células necessárias às descargas de lodos foram recuperadas;
- (g) revisão da rede elétrica da ETE com completa recuperação da iluminação do pátio externo e melhoramento das instalações elétricas do laboratório de análises.

Tabela 2.2 - Distritos esgotados pelo sistema Cabanga (PE)

DISTRITO	ÁREA (ha)	REDE (m)	BAIRROS SERVIDOS
D-1	229,2	29.086,93	Santo Antonio e São José
D-2	146,3	16.048,83	Afogados
D-2A	78,0	5.632,65	Jiquiá
D-3	104,5	7.282,97	Recife
D-4	135,3	13.009,24	Boa Vista
D-5	342,6	14.194,29	Boa Vista
D-6	131,4	15.233,77	Boa Vista e Graças
D-6A	42,2	5.450,00	Boa Vista
D-7	334,6	31.053,33	Torre e Madalena
D-9	173,7	11.201,46	Santo Amaro
T O T A L	1717,8	148.993,47	*****

FONTE: Planejamento dos Sistemas de Esgotos Sanitários da Área Metropolitana do Recife (1968) e Gerencia Metropolitana de Esgotos do Recife (1993) - Informação Pessoal

CAPÍTULO III : MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Descrição do sistema investigado

O sistema investigado, (entre 08/04 e 27/11/92) foi a Estação de Tratamento de Esgotos da Cabanga, situada no bairro do mesmo nome, zona sul da cidade de Recife, capital do Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. A ETE pertence à COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento), e sua operação e manutenção eram de responsabilidade da Divisão de Esgotos Cabanga da Gerência Metropolitana de Esgotos do Recife subordinada à Superintendência Regional de Operação do Litoral, no âmbito da Diretoria de Operações.

O processo de tratamento era primário, com tratamento preliminar do afluente. A Tabela 2.1 mostra algumas características da estação e a Tabela 2.2 as características das áreas contribuintes.

O projeto original da ETE foi elaborado em 1948 pelo Engg. Antonio Figueiredo de Lima, à época, Diretor Geral do D.S.E. (Departamento de Saneamento do Estado) e possui as seguintes unidades:

(a) - Tratamento preliminar

- . 02 (duas) grades de barras mecanizadas;
- . 02 (duas) caixas de areia mecanizadas;

(b) - Tratamento primário

- . 04 (quatro) decantadores;
- . 02 (dois) digestores anaeróbios;

- . 15 (quinze) células para secagem do lodo digerido;
- . 02 (dois) queimadores de gás
- . 01 (um) depósito de gás

(c) - Disposição final

- . Emissário sub-aquático em ferro fundido de 900mm de diâmetro e 180m de extensão para descarga no estuário do rio Jiquiá.

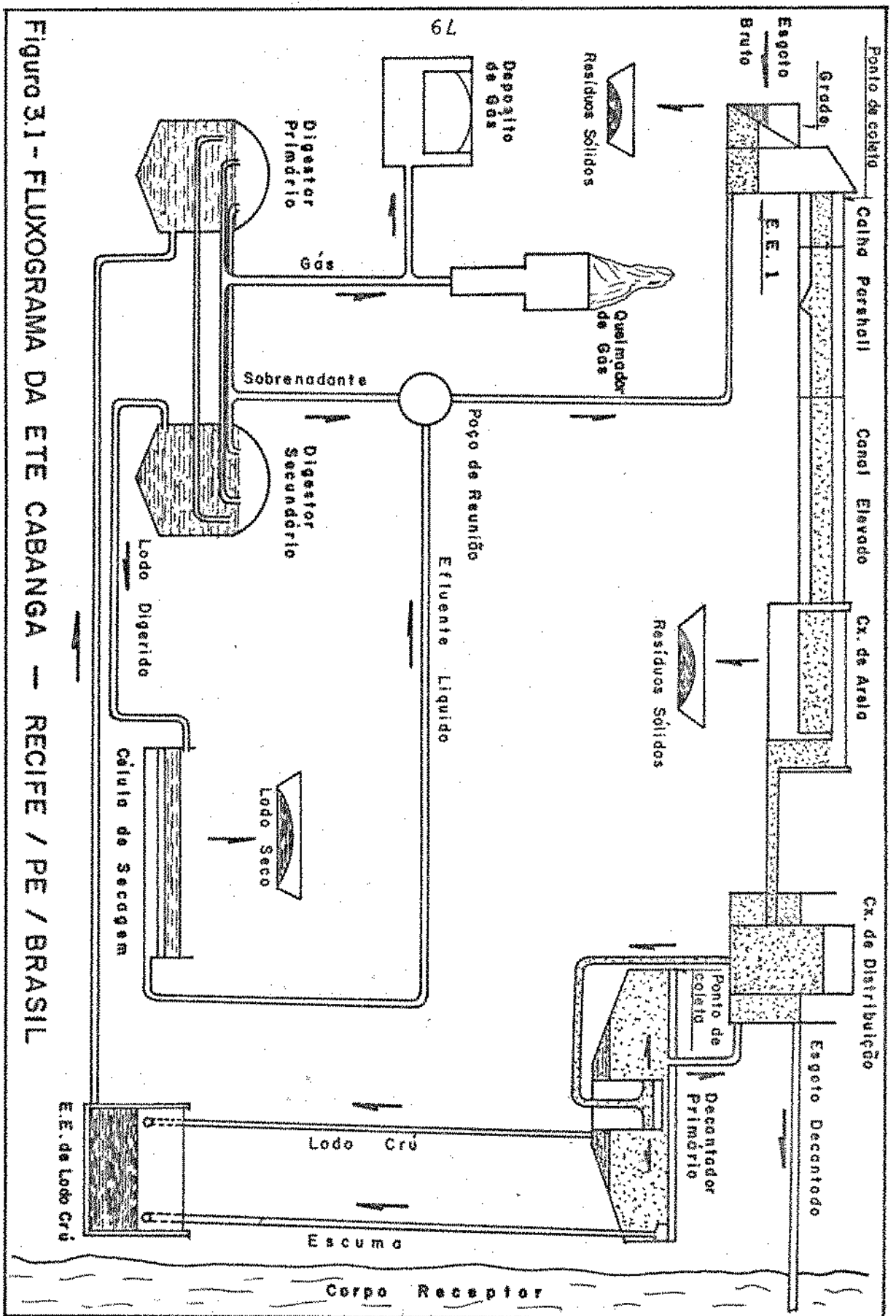
A Figura 3.1 mostra o fluxograma da estação de tratamento. O esgoto afluyente da ETE era recalcado da estação elevatória (EE1) instalada a jusante do gradeamento. A elevatória descarregava em canal elevado em ponto situado a montante de duas estruturas (uma em concreto armado e outra em madeira) construídas com a finalidade de dissipar energia visando a regularização do nível do esgoto no ponto de medição do N.A. na calha Parshall instalada a jusante das mesmas. Depois de passar pela medição (calha Parshall), o esgoto seguia no canal elevado por cerca de 82m descarregando nas caixas de areia. Nessas unidades a areia era removida e o esgoto desarenado encaminhado através de tubulações para a caixa de distribuição. A caixa de distribuição, de forma cilíndrica, possuía dois cilindros concêntricos sendo que o cilindro interno recebia o esgoto efluente da caixa de areia e era o responsável pela distribuição do esgoto aos quatro decantadores. O esgoto efluente da caixa de distribuição tinha acesso aos decantadores através de tubulação que descarregava nos mesmos por meio de uma coluna central com aberturas laterais. Dos decantadores saíam dois efluentes, o efluente líquido clarificado que retornava ao cilindro externo da caixa de distribuição e daí

era lançado no estuário do rio Jiquiá pelo emissário sub-aquático, e o efluente lodoso, resultado da decantação, encaminhado através de tubulação, para a elevatória de lodo cru. Dos decantadores também saía efluente resultante da coleta de espuma o qual era lançado naquela elevatória. A elevatória de lodo cru recalçava o lodo e a espuma dos decantadores, para o digestor primário, e aqueles, depois de passarem pela primeira fase de digestão eram encaminhados para o digestor secundário. Bombas recirculadoras homogeneizavam o lodo em digestão nos 2 (dois) digestores. Na digestão eram produzidos gases que deveriam ser destinados aos queimadores, mas eram liberados para a atmosfera. Na reforma da ETE foi construído um depósito de gás o qual encontrava-se desativado, servindo como reservatório de água utilizada na limpeza das tubulações de descarga de lodo digerido para as células de secagem. A digestão do lodo cru tinha como produto principal o lodo digerido, encaminhado periodicamente para as células de secagem. Ainda na digestão era produzido sobrenadante que juntamente com o efluente líquido das células de secagem era encaminhado para a elevatória de esgoto (EE1). O lodo seco era retirado das células de secagem manualmente.

As características de cada unidade são descritas nos itens subsequentes.

3.1.1 - Grades de barras

Localizadas na estrutura física da EE1 tendo as seguintes características:



Figuro 3.1 - FLUXOGRAMA DA ETE CABANGA -- RECIFE / PE / BRASIL

Tipo:

Dorr-Oliver-tipo "S"

Canal:

largura.....1,20m

N.A.máximo.....1,80m

N.A.de operação (médio).....1,20m

Grades:

espaçamento.....2,54cm

espessura.....1,91cm

largura total.....1,20m

O afluente era proveniente do último poço de visita do coletor tronco C-1. Este poço estava localizado em frente à estação elevatória de esgoto (EE1). Os produtos do gradeamento eram o material sólido grosseiro e esgoto gradeado. O material grosseiro era acondicionado em caçambas e transportado para aterro sanitário localizado fora do município do Recife, e o efluente líquido seguia para o poço úmido da estação elevatória EE1.

3.1.2 - Estação elevatória principal (EE1)

Possuia 5 (cinco) conjuntos elevatórios de eixos verticais cujas bombas trabalhavam afogadas, tendo as seguintes características:

Bombas:

fabricante.....Worthington

tipo.....centrífuga

modelo.....16-MCV-1

vazão nominal.....440 l/s
altura de sucção.....2,136 m
altura de recalque.....19,514 m

Motores:

fabricante.....General Electric
potência.....75 CV
rotação.....710 rpm

3.1.3 - Calha Parshall

Estava localizada no início do canal elevado, tinha a montante 2 dissipadores de energia conforme descrito no item 3.1. Construída em concreto, possuía poço tranquilizador no qual se encontrava instalada bóia do aparelho transmissor capaz de emitir sinais para mesa de comando existente no prédio da administração da ETE. Esta mesa pode indicar, registrar e/ou totalizar a vazão afluyente da ETE, mas se encontrava desativada. A calha apresentava as seguintes características:

garganta.....1,22 m (quatro pés)
capacidade máxima.....1.921,5 l/s
capacidade mínima.....36,79 l/s.

O efluente era dirigido para as caixas de areia.

3.1.4 - Caixas de areia

Foram construídas em concreto armado com válvulas independentes de entrada e possuíam as seguintes características:

Tanque:

forma prismática com fundo circular

diâmetro do fundo.....8,75 m
profundidade.....0,71 m
área.....60,10 m²
volume.....31,85 m³

Equipamentos de remoção da areia:

tração.....do tipo central
raspador.....chapas paralelas de arraste para
a periferia
transportador.....de movimento alternativo

Parâmetros de projeto por cada unidade:

vazão média diária.....50.000 m³
taxa de escoamento superficial 1.000 m³/m²/dia
velocidade do fluxo.....0,30 m/s

material removido

diâmetro mínimo.....0,2 mm
densidade.....2,65
matéria orgânica.....3%
quantidade máxima.....1.600 l/dia

O material removido era acondicionado em caçambas e retirado para aterro, tanto dentro como fora dos domínios da estação. O efluente líquido era encaminhado para a caixa de distribuição e daí para os decantadores em operação.

3.1.5 - Decantadores primários

Cada um dos 4 (quatro) decantadores primários, de fluxo horizontal radial, possuía raspagem mecânica de lodos e 391 vertedores entalhados em forma de "V" confeccionados em módulos

reguláveis de placas de nylon de 1/4" de espessura, para o efluente clarificado. As características principais de cada decantador eram as seguintes:

Tanque:

forma.....cilíndrica
diâmetro.....26 m
profundidade média.....1,73 m
área.....530,93 m²
volume.....918,51 m³

Equipamento de raspagem do lodo:

tipo de tração.....periférica
raspadores.....duas lâminas curvas

Parâmetros de projeto:

vazão média diária.....20.000 m³
taxa de escoamento superficial.37,67 m³/m²/dia

Cada decantador era equipado com cilindro tranquilizador circundando as aberturas da coluna central, cortina de espuma e caixa coletora de espuma.

Os produtos da operação dos decantadores primários eram:

lodo cru.....resultado da decantação do esgoto,
era encaminhado por descarga
hidráulica, para a elevatória de
lodo cru.

efluente líquido.....líquido clarificado vertido nas
placas vertedoras, recolhido em
canal circular periférico do
decantador e encaminhado para anel

externo da caixa de distribuição de onde saía para o emissário sub-aquático (ver Figura 3.1).

escuma.....material sobrenadante recolhido por equipamento fixo à ponte rotativa, lançado em caixa a ele destinada, daí transportado para a elevatória de lodo cru.

3.1.6 - Estação elevatória de lodo cru

Constituída de uma caixa, executada em concreto, de seção retangular de 1,54 m X 4,45 m, na qual podiam ser instaladas até duas bombas submersas. Esta elevatória funcionava a céu aberto devido à emanção de gases por ocasião das descargas de lodo dos decantadores. Era responsável pela adução do lodo para a digestão. A vazão de bombeamento era de aproximadamente 23 l/s. Até meados de 1980, essa elevatória era um dos problemas crônicos da estação, pois possuía 3 (três) unidades de bombas importadas, sendo uma para triturar o lodo, fabricada pela DORR-OLIVER, e 2 (duas) tipo pistão para recalcar o lodo, fabricadas por Ralph B. Carter Company. A partir de 1980 com o advento das bombas submersíveis para materiais lodosos, foram usadas nessa unidade bombas da marca Flygt, modelo CP 3126 MT-404 e que deram bons resultados.

3.1.7 - Digestores

A digestão era constituída de duas unidades que separavam o

processo em duas fases (primária e secundária). Eram tanques construídos em concreto armado, de forma cilíndrica com fundo cônico e cúpula em forma de abóbada, equipados com dispositivos de homogeneização do lodo em digestão. Cada tanque tinha as seguintes características:

diâmetro interno.....12,20m
altura da parte cilíndrica (útil). 8,23m
volume útil..... 962m³

Os produtos da digestão eram:

líquido sobrenadante - encaminhado à EE1;
lodo digerido - destinado às células de secagem;
gás - lançado à atmosfera

3.1.8 - Células de secagem de lodo digerido

A ETE possuía 15 células de secagem de lodo, dispostas lado a lado, dotadas de camada drenante executada em tijolo, areia, pedra e tubos perfurados. O lodo seco produzido era doado a instituições públicas ou a particulares. Cada célula apresentava as seguintes características:

Tanque:

forma prismática retangular
seção (área superficial).....22,55m x 9,13m

Camada drenante:

tijolo e areião.....0,15m
brita 1/16" a 1/4".....0,075m
brita 1/4" a 7/8".....0,050m
brita 3/4" a 2".....o necessário.

A remoção do lodo seco era feita manualmente para a frente dos leitos ou diretamente para as viaturas. O período de secagem era em média de 15 a 20 dias. O efluente líquido, resultante da percolação da água através da camada drenante, era encaminhado, juntamente com o sobrenadante dos digestores, para EE1.

3.1.9 - Emissário sub-aquático

Responsável pelo lançamento e dispersão sub-aquáticos no corpo receptor, do efluente líquido produzido pela decantação primária da ETE.

Sua extremidade provida de furos constituía o sistema difusor para diluição e mistura do efluente na região de descarga no corpo receptor (Figura 3.2).

3.2 - Monitoração do sistema

A ETE Cabanga sofreu conforme descrito no Capítulo II (item 2.1.3) algumas modificações antes de ser iniciado o trabalho de monitoramento. Em abril de 1992 foi iniciada a coleta de dados. Os pontos de amostragem foram, inicialmente:

- (a) - início do canal elevado de água bruta, a montante dos dissipadores;
- (b) - caixa de distribuição;
- (c) - efluente do decantador 1;
- (d) - efluente do decantador 2;
- (e) - efluente do decantador 3.

Até o dia 4 de junho de 1992, a amostra coletada como esgoto decantado (efluente líquido) da estação era do efluente do

decantador 3. A partir de 9 de junho do mesmo ano a amostra para esgoto decantado era composta pelos efluentes dos decantadores em operação.

A vazão aduzida à estação foi estimada com base nos tempos de funcionamento dos conjuntos elevatórios e suas respectivas capacidades de bombeamento, aferidas a cada semana, através de medidas na calha Parshall. Na estação elevatória era preenchido formulário apropriado que permitia avaliar o número de horas trabalhadas por dia e por conjunto elevatório. O produto entre o número de horas trabalhadas por dia e a vazão efetiva de cada bomba fornecia os volumes diário e mensal de esgoto.

Os volumes de lodo cru produzido foram obtidos a partir do tempo de funcionamento da bomba responsável pelo recalque do lodo. A estimativa da vazão da bomba de lodo cru foi feita pelo método direto. No interior do poço de lodo foi definido um volume correspondente à altura de 1,0m e cronometrado o tempo gasto pela bomba para bombear esse volume. Assim, foi definida a vazão efetiva de 23 l/s e implantada uma planilha de anotação de tempos de bombeamento de lodo cru para o digestor primário.

Todas as amostras eram analisadas nos laboratórios da COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento), sendo o laboratório da Estação da Cabanga responsável pelos parâmetros físico-químicos e os laboratórios da Estação de Feixinhos e o Central da Compesa pelas análises bacteriológicas e parasitológicas, respectivamente.

No corpo receptor foram escolhidos 3 (três) pontos de coleta (A, B e C), e de cada um deles eram retiradas amostras na

superfície e a 1,0m de profundidade nas marés de baixa-mar e preamar, nas horas de alturas mínimas e máximas respectivamente. A Figura 3.3 mostra o levantamento planimétrico do corpo receptor e os pontos de coleta, assim como a seção transversal (batimetria) em plano coincidente com o trajeto do emissário sub-aquático da estação.

3.2.1 - Estudos no ciclo diário

Além das análises de rotina e com o objetivo de verificar as variações das características do esgoto bruto e efluente dos decantadores em operação, foram realizados 6 (seis) estudos no ciclo diário (24 h). A Tabela 3.1 apresenta as datas em que foram realizados estes estudos e os parâmetros envolvidos em cada um deles. As análises foram realizadas com amostras coletadas a cada 2 (duas) horas com início às 8h e término às 6h.

3.2.2 - Parâmetros monitorados

Os parâmetros monitorados foram pH, temperatura, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), sólidos suspensos, sólidos sedimentáveis, cloreto (Cl^-), sulfeto total ($S=$), coliformes fecais e helmintos. O pH, temperatura, cloreto, sólidos suspensos e sólidos sedimentáveis foram pesquisados de abril a novembro de 1992. A DBO_5 , oxigênio dissolvido e coliformes fecais de abril a outubro de 1992. O sulfeto total de agosto a novembro e os helmintos de maio a outubro de 1992.

Tabela 3.1 - Parâmetros analisados no ciclo diário e respectivas datas de coleta

PARÂMETRO	D A T A S (1992)					
	12/5	26/5	14/7	8/10	15/10	27/10
pH.....	X	N.P	X	X	X	X
Temperatura.....	X	X	X	X	X	X
Sólidos suspensos.....	N.P	N.P	X	X	X	X
Sólidos sedimentáveis.....	X	X	X	X	X	X
DBO ₅	X	X	X	X	X	X
Cloreto.....	X	X	X	X	X	X
Sulfeto (*).....	N.P	N.P	N.P	X	X	X
Coliforme fecal.....	N.P	N.P	N.P	X	X	X
Helmintos.....	N.P	N.P	X	X	N.P	X

N.P - Parâmetro não pesquisado na data

Os ovos de helmintos pesquisados foram *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura* e *Hymenolepis nana*

* - Só analisado para esgoto bruto.

3.2.3 - Métodos analíticos

As análises físico-químicas e bacteriológicas foram feitas de acordo com APHA (1989). Devido ao alto teor de cloreto das amostras na determinação de cloreto pelo método de Mohr, a solução titulante de nitrato de prata (AgNO₃) foi utilizada com concentração 0,141N ao invés de 0,0141N.

A DBO₅ foi determinada pelo método dos frascos padrões de

DBO₅, sendo o oxigênio dissolvido (OD) determinado pelo método de Winkler, modificação azida. As estufas incubadoras para ensaios de DBO₅ foram as de marca FANEM (modelo 347F, faixa de 0 - 60°C), e QUIMIS (modelo 315 D-26, faixa de 0 - 60°C).

O pH foi determinado através do uso de eletrodo combinado acoplado a um medidor marca DIGIMED, modelo DMPH-2.

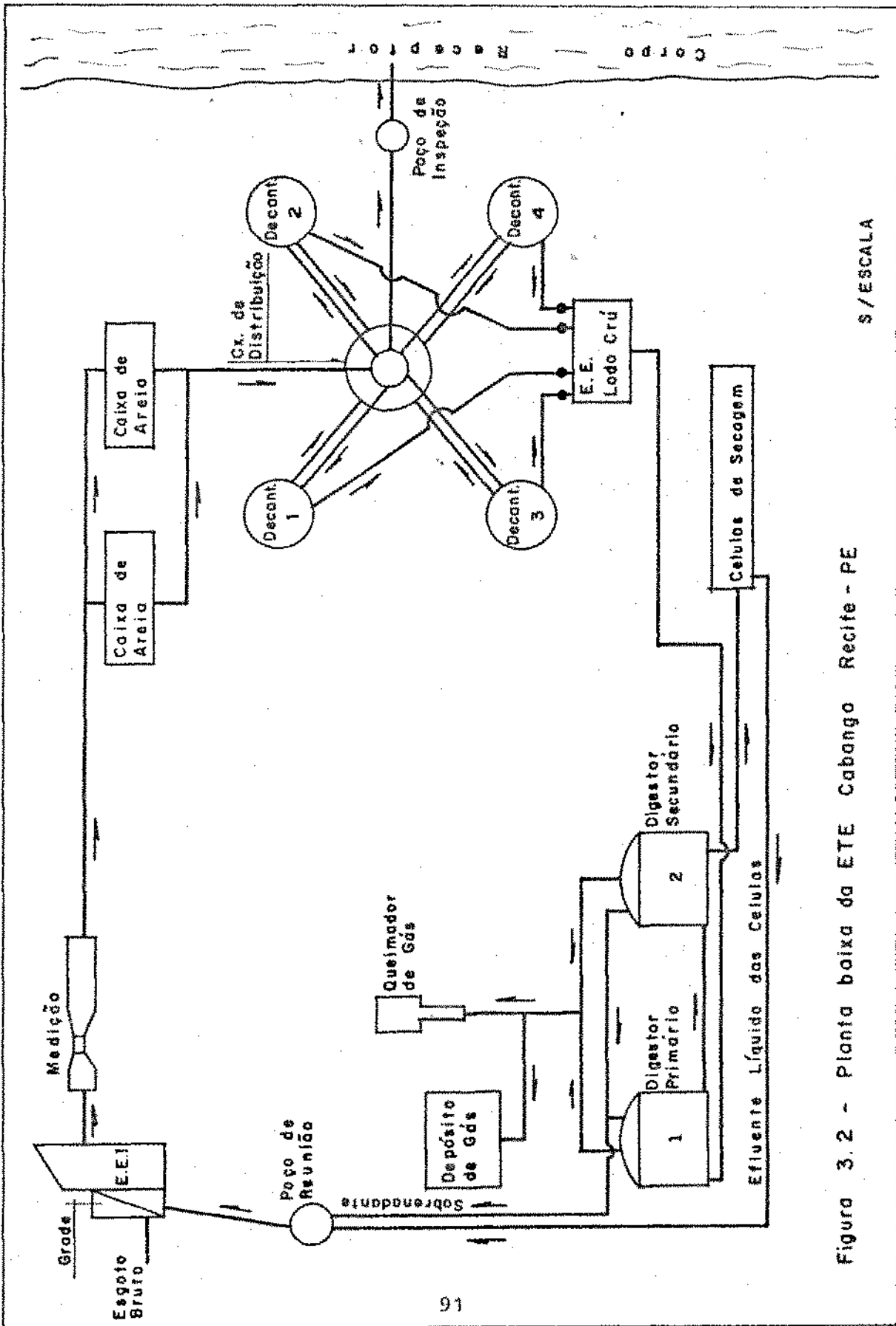
A temperatura foi medida, com termômetro de filamento de mercúrio, na hora da coleta.

Na determinação do sulfeto total, pelo método do azul de metileno, a leitura da absorbância a 664 nm foi feita no espectrofotômetro PERKIL-ELMER COLEMAN 6/8, modelo JUNIOR III.

As pesagens para determinação de sólidos suspensos (método gravimétrico) foram realizadas numa balança METTLER modelo H-10.

Os Coliformes fecais foram pesquisados pela Técnica de Tubos Múltiplos e pela Técnica de Membrana de Filtração, sendo a primeira utilizada de abril a agosto e a segunda a partir de setembro.

Os ovos de helmintos foram pesquisados pelo método de Baillengers (WHO, 1989).



S/ESCALA

Figura 3.2 - Planta baixa da ETE Cabango Recife - PE

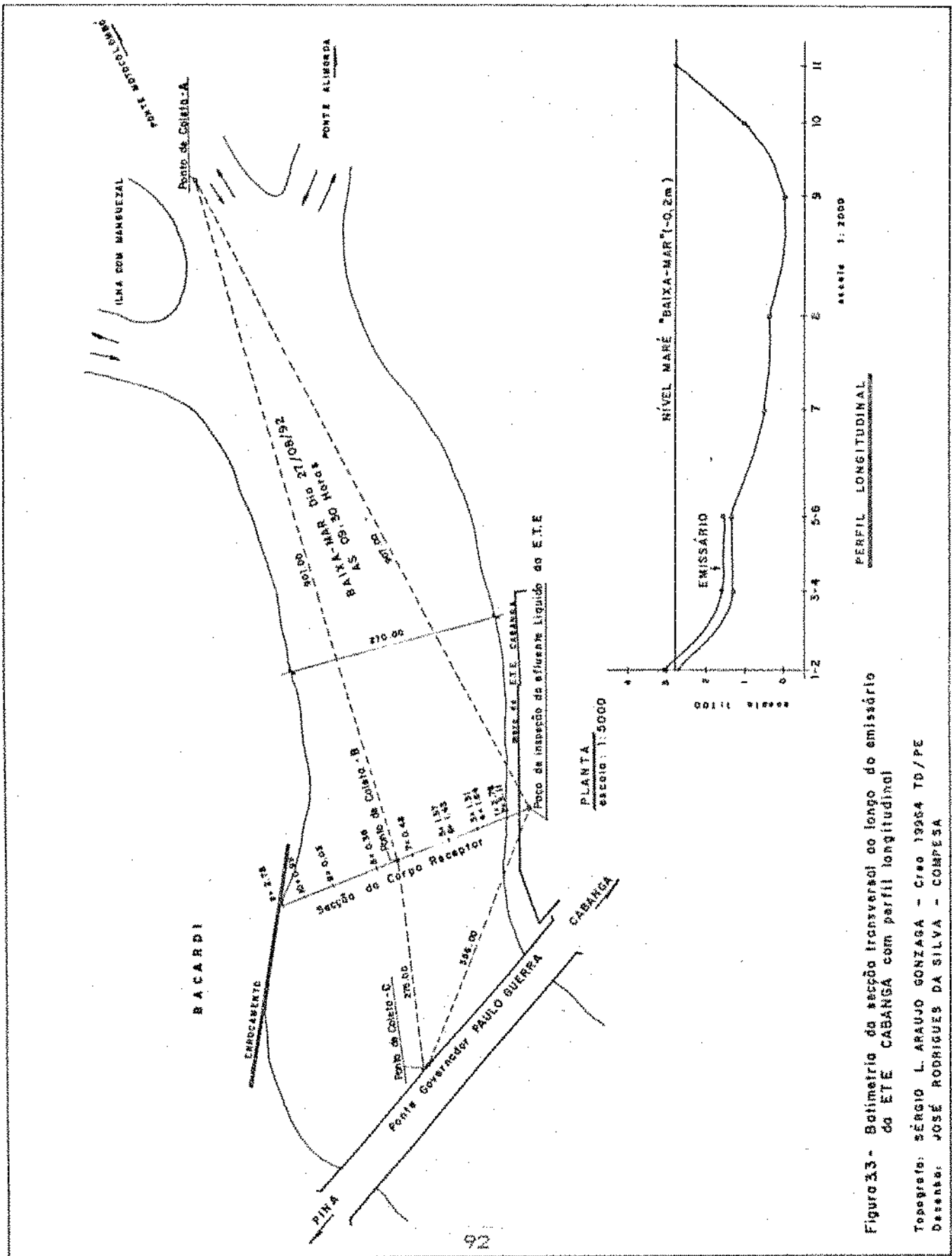


Figura 33 - Batimetria da seção transversal ao longo do emissário da ETE CABANGA com perfil longitudinal

Topógrafo: SÉRGIO L. ARAUJO GONZAGA - CREA 13264 TD/PE
Desenhista: JOSÉ RODRIGUES DA SILVA - COMPESA

CAPÍTULO IV: APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

4.0 - Volumes de esgoto bruto tratados

No período de 08 de abril a 30 de novembro de 1992, o esgoto bruto afluente teve um volume médio mensal de 345.213m^3 correspondendo a uma vazão média diária de $11.697\text{m}^3/\text{dia}$. A maior vazão média diária ($14.145\text{m}^3/\text{dia}$) ocorreu no mês de julho e a mínima ($9.901\text{m}^3/\text{dia}$) em outubro, provavelmente porque o mês de julho foi o de maior precipitação atmosférica (367,2mm) e o mês de outubro o de menor (42,6mm), de acordo com os dados do 3º DISME do INMET. A Tabela 4.0 apresenta os volumes mensais de esgoto bruto afluente da ETE e suas respectivas médias diárias.

A Tabela 4.0.1 mostra os volumes líquidos tratados na ETE operando com 1, 2 e 3 decantadores, bem como as características operacionais e os períodos de cada modo de operação.

Os valores obtidos para a taxa de escoamento superficial nos três modos de operação e com base nas vazões médias diárias afluentes ($19,28$; $10,94$ e $7,90 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$), foram muito inferiores aos valores citados por Hespanhol (1977) e Pessoa e Jordão (1982), que são de 40 e $30 - 60 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, respectivamente. Se também forem comparados os valores obtidos com o valor estabelecido no projeto da ETE para a vazão média diária afluente ($37,67 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$), os mesmos estavam muito aquém deste, sendo a maior taxa de escoamento superficial obtida ($19,28 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$) para 1 decantador em operação, praticamente a metade daquela prevista em projeto.

Com relação aos tempos de detenção obtidos nos três modos de

operação e para a vazão média diária afluyente (2,15 , 3,00 e 5,25 horas), foi verificado que o tempo de detenção para 1 decantador em operação (2,15 horas) foi o que mais se aproximou do valor de 2 horas, calculado pela vazão máxima diária afluyente, citado pela literatura (IWPC, 1980). Em todos os modos de operação os tempos de detenção hidráulica foram bastante superiores ao tempo de detenção (1,1h), calculado pela vazão média, previsto no projeto da ETE.

A partir das vazões médias medidas em cada modo de operação (Tabela 4.0.1), foram calculadas as vazões máximas diárias teóricas (15.973, 18.130 e 19.650 m³/dia) que resultaram nos tempos de detenção (1,38 , 2,43 e 3,37 horas) para os três modos de operação e diferentes do tempo citado (IWPC, 1980), à exceção do modo de operação com dois decantadores. O cálculo das vazões teóricas citadas foi feito admitindo a contribuição de esgotos como sendo da ordem de 70% da vazão total, e um coeficiente de reforço de 1,8 (COMPESA, 1980).

Analogamente, as taxas de escoamento superficial (30,1, 17,1 e 12,34m³/m².dia) calculadas com base nas vazões máximas diárias teóricas continuaram abaixo dos valores citados pela literatura (Hespanhol, 1977; Pessoa e Jordão, 1982).

4.1 - Volumes de lodo cru produzidos

De junho a novembro de 1992 foi medido o volume de lodo cru produzido pelos decantadores. A Tabela 4.1 mostra os volumes de lodo cru produzidos na ETE, tendo sido o maior volume mensal (2.129m³) produzido em novembro e o menor (1.149m³) em junho.

A Tabela 4.2 apresenta os volumes de lodo cru produzidos e os

períodos para os diferentes modos operacionais. À exceção da operação com 2 decantadores quando o volume médio diário de lodo produzido foi de 52m^3 , os outros dois modos apresentaram produções médias diárias (39m^3) iguais nos períodos em que estiveram em operação. Isto pode ter sido devido a que nos períodos em que a ETE funcionou com 2 decantadores ocorreu um valor médio de sólidos sedimentáveis no esgoto bruto ($2,3\text{ml/l}$) superior aos valores médios obtidos para estes sólidos nos dois outros modos de operação ($1,7$ e $1,2\text{ml/l}$ para 1 e 3 decantadores, respectivamente) conforme mostram as Tabelas 5, 7 e 9 do ANEXO I.

A Tabela 4.3 apresenta, de acordo com Pessoa e Jordão (1982), os volumes esperados de lodo cru produzido na ETE para os diferentes modos de operação. O cálculo desses volumes se baseou na vazão do esgoto afluyente e na quantidade de sólidos sedimentáveis presente no mesmo, tendo sido obtidos a partir da Figura 1.23. Os volumes de lodo cru obtidos no monitoramento com 1 e 3 decantadores (39m^3), estão mais próximos daqueles esperados com base na literatura (31 e 36m^3). Para 2 decantadores o volume esperado era de 40m^3 e o obtido foi de 52m^3 .

É provável que o aumento do lodo produzido no modo de operação com 2 (dois) decantadores esteja relacionado com a limpeza mecânica do coletor tronco C-1, que ocorreu de forma mais efetiva a partir de outubro de 1992.

Tabela 4.0 - Volumes de esgoto bruto afluente à ETE Cabanga no período de 8 de abril a 30 de novembro de 1992

M E S E S	V O L U M E S	
	Diário (m ³ /dia)	Mensal (m ³)
Abril	13.119	301.736
Mai	10.338	320.482
Junho	13.195	395.839
Julho	14.145	438.486
Agosto	11.808	366.056
Setembro	10.831	324.925
Outubro	9.901	306.937
Novembro	10.242	307.247
M É D I A	11.697	345.213

Tabela 4.0.1 - Volumes líquidos tratados na ETE no período abril/novembro 1992 e características operacionais dos decantadores nos 3 modos de operação

MODOS DE OPERAÇÃO	PERÍODO	DIAS	VOL. TOTAL TRATADO (m ³)	VOL. MÉDIO DIÁRIO (m ³)	T.E.S	T.D.H
1 - DEC	14/8 a 29/10	79	808.861	10.239	19,28	2,15
2 - DEC	08 a 27/4 13/7 a 13/8 30/10 a 30/11 15 a 18/6	90	1.045.956	11.622	10,94	3,80
3 - DEC	28/4 a 14/6 19/6 a 12/7	72	906.891	12.596	7,90	5,25

DEC - Decantador

T.E.S - Taxa de escoamento superficial (m³/m².dia)

T.D.H - Tempo de detenção hidráulica (horas)

Tabela 4.1 - Volumes de lodo crú aduzidos para digestão na ETE Cabanga no período de junho a novembro de 1992

M E S E S	V O L U M E S	
	Diário (m ³ /dia)	Mensal (m ³)
Junho	40	1.149
Julho	38	1.173
Agosto	41	1.259
Setembro	38	1.161
Outubro	40	1.254
Novembro	69	2.129

Tabela 4.2 - Volumes de lodo crú produzidos nos 3 modos de operação no período junho/novembro 1992

MODO DE OPERAÇÃO	PERÍODO	DIAS	VOL. TOTAL DE LODO(m ³)	VOL. MÉDIO DIÁRIO(m ³)
1 Decantador	14/8 a 29/10	79	3.067	39
2 Decantadores	15 a 18/6 13/7 a 13/8 30/10 a 30/11	68	3.547	52
3 Decantadores	01/6 a 14/6 19/6 a 12/7	38	1.470	39

Tabela 4.3 - Volumes esperados de lodo cru produzido na ETE no período junho/novembro 1992, segundo Pessoa e Jordão (1982) (Ver Figura 1.23)

MODO DE OPERAÇÃO	ESGOTO BRUTO AFLUENTE MÉDIO DIÁRIO (m ³)	S.SEDIMENTAVÉIS CONC.MÉDIA (ml/l)	VOL. DIÁRIO DE LODO ESPERADO (m ³)
1 Dec.	10.239	1,7	31
2 Dec.	11.476	2,3	40
3 Dec.	14.481	1,2	36

4.2 - Experimentos no ciclo diário

4.2.1- Caracterização do afluente

A Tabela 2 do ANEXO I, apresenta os valores médios (Med), os valores mínimos (Mín), máximos (Máx) e os números de dados amostrais (n) dos parâmetros analisados em amostras de esgoto bruto afluente coletadas a cada duas horas ao longo do ciclo diário, num total de seis experimentos, entre maio e outubro de 1992.

Com relação ao pH do esgoto bruto, tanto a amplitude de variação ao longo do período experimental (6,5-7,6) quanto aquela dos valores médios no ciclo diário (6,8-7,3) não foram significativas. Analogamente, a temperatura da água residuária afluente, experimentou faixas de variação relativamente restritas sendo 26 a 30°C para o período experimental e 28 a 29°C para o ciclo diário.

As concentrações de sólidos em suspensão no esgoto bruto afluente da Estação da Cabanga devem estar relacionadas ao regime de funcionamento da EEI. Os maiores valores tenderam a ocorrer nos inícios de funcionamento das bombas e os menores depois de estabelecido o regime de bombeamento nos períodos de maior diluição do esgoto. A faixa de variação observada nos experimentos foi muito ampla (31-554mg/l) enquanto que a variação das médias horárias (149-293mg/l) foi menos acentuada.

As concentrações médias horárias de sólidos sedimentáveis foram muito pequenas (0,3-1,4ml/l) predominando as menores médias no período noturno. A faixa de variação dos valores medidos nas amostras coletadas entre maio e outubro, apesar de mais ampla (0-5ml/l) indicou a ocorrência de índices normais. As baixas concentrações de sólidos sedimentáveis podem ser consequência do modo de alimentação da ETE, por bombeamento, o que, de acordo com Anderson (1981), é responsável pela desintegração desses sólidos que são assim lançados em suspensão.

A DBO₅ do afluente variou entre os limites de 100 e 364mg/l nos experimentos do ciclo diário ao longo do período já referido, situando-se as concentrações médias horárias entre 152 e 412mg/l.

As concentrações de cloro variaram amplamente entre um mínimo de 532mgCl⁻/l e um máximo de 12.436mgCl⁻/l encontrando-se as concentrações médias na faixa (2.637-7.143mgCl⁻/l). As grandes variações observadas não refletem necessariamente as mudanças do conteúdo de cloro por conta da contribuição em si mas sim a influência das marés conforme citado.

Embora não apresentando variações tão significativas os

valores de sulfeto total foram bastante expressivos.

As concentrações médias horárias (45-70mgS=/l) foram muito altas sendo mesmo superiores àquelas encontradas por Ferreira et al. (1993) em sistemas de tratamento com alimentação intermitente em duas cidades da Paraíba. As concentrações de sulfeto total observadas no esgoto afluyente da ETE Cabanga refletem o seu alto grau de septicidade devido à sua acumulação em sucessivos pcos úmidos de estações elevatórias ao longo da rede. Existem 13 EE que contribuem para a ETE Cabanga e isto, aliado a prováveis paralizações das mesmas ao longo do dia concorreu para a elevação das concentrações de sulfeto total.

As faixas de concentração de coliformes fecais foram amplas sendo $0,5 \times 10^7 - 33 \times 10^7$ ufc/100ml e $1,6 \times 10^7 - 13 \times 10^7$ ufc/100ml respectivamente para as concentrações detectadas em amostras pontuais do esgoto ao longo do período experimental e para as concentrações médias horárias definidas no ciclo diário. A relação entre os limites superior e inferior em ambas as faixas é de uma ordem exponencial estando isso, assim como a magnitude das concentrações, de acordo com dados da literatura (de Oliveira, 1990; Silva, 1982; Feachen et al., 1983).

Os números mínimos de ovos de helmintos por litro detectados foram de 8, 0 e 0 respectivamente para *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura* e *Hymenolepis nana* sendo seus números máximos 333, 83 e 41. As faixas de concentrações médias de respectivamente (55-166), (0-38) e (0-14) indicam que *Ascaris lumbricoides* foi o helminto predominante no esgoto afluyente da

ETE Cabanga. As maiores concentrações de helmintos no afluente ocorreram no intervalo de 18 às 22h. Em todas as amostras coletadas no afluente ao longo do ciclo diário, foram detectados ovos de *Ascaris lumbricoides*, isto não ocorreu para os outros dois helmintos pesquisados. Ovos de *Trichuris trichiura* não foram detectados nos horários de 14 e 16h e apenas no horário das 10h apresentou número mínimo de ovos por litro diferente de zero (16 ovos). As concentrações de ovos de *Hymenolepis nana* foram nulas em 50% dos horários pesquisados, e em todos esses horários, ao longo do período experimental a concentração mínima foi nula.

A partir das médias horárias obtidas foram estabelecidas médias para o ciclo diário completo e para o intervalo 10-14 horas, para os parâmetros DBO₅, sólidos suspensos, sólidos sedimentáveis e coliformes fecais que são básicos para a classificação da água residuária em termos de sua carga poluidora.

As médias mostradas na Tabela 4.4 são bastante semelhantes entre si e comparáveis àquelas definidas para o horário das 12 horas, também apresentadas na mesma. Isso confirma observações feitas logo no início da fase experimental indicando que dados obtidos em amostras coletadas no intervalo 10-14 horas e, particularmente às 12h, eram representativas da média diária para o afluente do sistema. Essa tendência baseou a escolha do horário das 12h para a coleta de amostras na monitoração de rotina da ETE Cabanga.

Tabela 4.4 - Concentrações médias do afluente obtidas no estudo do ciclo diário

PARÂMETRO	Unidade	Valores Médios		
		Ciclo diário	10-14h	12h
DBO ₅	mg/l	322	336	349
Sol. suspensos	mg/l	202	192	177
Sol. sedimentáveis	ml/l	0,8	0,9	1,0
Coliformes fecais	ufc/100ml	$4,4 \times 10^7$	$3,2 \times 10^7$	$2,8 \times 10^7$

4.2.2 - Caracterização do efluente líquido

As Tabelas 3, 4 e 5 do ANEXO I apresentam os valores médios (Med), os mínimos (Min), os máximos (Max) e os números de dados amostrais (n) dos parâmetros analisados em amostras dos efluentes líquidos dos decantadores em operação.

O comportamento do pH do efluente da ETE foi semelhante nos três modos de operação. Todos os valores medidos em amostras pontuais coletadas nos diferentes horários se situaram na faixa (6,7 - 7,7) assim como as respectivas médias horárias.

A temperatura do efluente experimentou uma variação na faixa (26 a 30°C) ao longo de todo período experimental.

As concentrações de sólidos em suspensão foram quantificadas para a ETE operando com um e dois decantadores. Com um decantador, essas concentrações variaram entre 65 e 304mg/l. Os valores médios no ciclo diário (médias horárias) variaram de 120 a 260mg/l. Para dois decantadores a faixa de variação observada foi (4 a 61mg/l) para o único experimento realizado. Não foi

observada qualquer relação entre as variações ocorridas nas concentrações de sólidos em suspensão no efluente e as ocorridas no afluente.

A concentração de sólidos sedimentáveis no esgoto efluente da ETE operando com 1, 2 ou 3 decantadores apresentou baixíssimos valores. As faixas de variação da concentração para os valores obtidos nas três modalidades de operação foram, para o ciclo diário (0 a 0,5ml/l) e para os valores médios (0 a 0,2ml/l). Quando operando com três decantadores, a ETE não produziu concentrações diferentes de zero.

A DBO_5 do efluente apresentou as seguintes faixas de variação:

- (a) ETE operando com um decantador (117 a 340mg/l) e (149 a 275mg/l) para as medidas individuais e valores médios horários ao longo do experimento, respectivamente.
- (b) ETE operando com dois decantadores (79 a 327mg/l) para o único experimento realizado.
- (c) ETE operando com três decantadores (100 a 520mg/l) e (115 a 375mg/l) para amostras pontuais ao longo do experimento e valores médios horários, respectivamente.

Considerando todos os experimentos juntos, os valores da DBO_5 variaram na faixa (79 a 520mg/l) em amostras pontuais do efluente enquanto que as médias horárias variaram na faixa (79 a 375mg/l).

As concentrações de cloreto no efluente, que no sistema Cabanga são bastante influenciadas pela variação dos níveis das marés, variaram de 1.220 a 11.516mg/l, considerando-se todos os

valores medidos ao longo do período experimental, e de 1.220 a 8.917mg/l quando se consideram as médias horárias.

As concentrações de Coliformes fecais para o efluente, no estudo do ciclo diário, foram determinadas somente para um decantador em operação, sendo a faixa de variação das médias horárias ($1,6 \times 10^7$ a $3,9 \times 10^7$ ufc/100ml) e ao longo do período experimental ($0,9 \times 10^7$ a $6,9 \times 10^7$ ufc/100ml). Nos três experimentos realizados não foi possível observar uma correspondência entre as variações das concentrações no efluente e no esgoto bruto. Com a análise das médias das concentrações de entrada e saída, ao longo do ciclo diário, foi possível definir somente que a concentração média efluente tende a representar cerca de três quartos da concentração afluenta, não havendo assim, tendência de redução significativa de Coliformes fecais no tratamento com um decantador.

Para os helmintos foram determinadas as concentrações no efluente para um e dois decantadores em funcionamento. As concentrações de ovos de *Ascaris lumbricoides*, quando analisado o conjunto dos valores obtidos com um ou dois decantadores em operação, apresentaram variação de 0 (zero) a 175 ovos/litro ao longo do período experimental e 0 (zero) a 104 ovos/litro como faixa de variação das médias horárias. O número de ovos por litro detectado para *Trichuris trichiura* quando observados os valores relativos à ETE operando com um e com dois decantadores foi de 0 (zero) para valor mínimo e 50 para valor máximo no ciclo diário, sendo de 0 (zero) e 33 os números mínimo e máximo para as concentrações médias horárias. Não foram detectados no estudo do

ciclo diário ovos de *Hymenolepis nana* no efluente líquido da ETE, para os modos de operação com um ou dois decantadores.

A Tabela 4.5 sumariza as faixas de variação dos valores obtidos no efluente da ETE para os parâmetros analisados no estudo do ciclo diário, sendo representados por Min e Max os valores mínimo e máximo ao longo do período experimental e por Mmin e Mmax os valores médios horários mínimo e máximo.

A análise comparativa das médias do ciclo diário e do período 10-14 horas com os valores para as 12 horas, similar àquela feita para o esgoto bruto afluente (Tabela 4.4) confirmou as conclusões feitas com relação à escolha do horário de coleta de 12 horas para a monitoração de rotina.

Tabela 4.5 - Faixas de variação de valores do efluente no ciclo diário para distintos modos de operação da ETE

PARÂMETROS	1 DECANTADOR				2 DECANTADORES				3 DECANTADORES			
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
pH	6,8	7,5	7,0	7,3	7,0	7,6	7,0	7,6	6,7	7,7	6,7	7,7
Temperatura (°C)	27	30	27	30	26	28	26	28	28	30	29	30
Sólidos suspensos (mg/l)	65	304	120	1260	4	61	4	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
Sólidos sedimentáveis (ml/l)	0	0,5	0	10,2	0	0,1	0	0,1	0	0,2	0	0
DBO ₅ (mg/l)	117	340	149	1275	79	327	79	327	100	520	115	375
Cloreto (mgCl ⁻ /l)	1720	11516	14586	18917	1220	15538	1220	15538	1439	15246	1685	14043
Coliformes fecais (ufc/100ml)	0,8x10 ⁷	16,9x10 ⁷	11,6x10 ⁷	13,9x10 ⁷	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
<i>Ascaris lumbricoides</i> (ovos/l)	8	175	10	104	0	50	0	50	NQ	NQ	NQ	NQ
<i>Trichuris trichiura</i> (ovos/l)	0	50	0	33	0	25	0	25	NQ	NQ	NQ	NQ
<i>Hymenolepis nana</i> (ovos/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	NQ	NQ	NQ	NQ

NQ - Não quantificado

4.3 - Monitoração de rotina

Observações feitas no início da fase experimental permitiram definir o horário das 12 horas como sendo aquele no qual amostras pontuais eram representativas da média do ciclo diário. Assim, para fins de monitoração de rotina foi definido esse horário como preferencial para a coleta de amostras do esgoto bruto afluente, do efluente da ETE e do esgoto bruto na caixa de distribuição (Figura 3.1). Os dados obtidos de amostras coletadas às 12 horas foram utilizados para a caracterização do esgoto bruto afluente assim como dos efluentes da ETE nos diferentes modos de operação.

4.3.1 - Caracterização do esgoto bruto

O número de dados amostrais (n), a faixa de variação (Min - Max) e o valor médio (Med) para todos os parâmetros analisados em amostras de esgoto bruto coletadas às 12 horas, no período abril a novembro de 1992, são mostrados na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Caracterização do esgoto bruto com amostras coletadas às 12h entre abril e novembro de 1992

PARÂMETROS	n	Med	Min	Max
pH	55	6,8	6,6	7,3
Temperatura (°C)	50	28	26	31
Sólidos suspensos (mg/l)	51	173	4	608
Sólidos sedimentáveis (ml/l)	59	2,1	0,2	18
DBO ₅ (mg/l)	53	274	93	720
Cloreto (mgCl ⁻ /l)	47	2863	720	8437
Sulfeto total (mgS ²⁻ /l)	42	39	6	94
Coliformes fecais (ufc/100ml)	35	4,8x10 ⁷	0,05x10 ⁷	16x10 ⁷
<i>Ascaris lumbricoides</i> (ovos/l)	25	102	33	233
<i>Trichuris trichiura</i> (ovos/l)	30	9	0	66
<i>Hymenolepis nana</i> (ovos/l)	24	4	0	41

O pH teve valor médio de 6,8 com variação de 6,6 a 7,3 sendo esta relativamente restrita.

A temperatura variou de 26 a 31°C (valor médio de 28°C) sendo os valores mínimos registrados no mês de julho (período chuvoso) e os máximos nos meses de outubro e novembro (estiagem).

Os sólidos suspensos, identicamente ao que ocorreu no estudo no ciclo diário, apresentou ampla faixa de variação (4-608mg/l), e sua concentração média foi de 173 mg/l. Isto pode ter sido causada por fatores como o efeito diluidor de águas de infiltração assim como pelo regime de bombeamentos intermitentes e sucessivos ao longo do sistema, conforme já explicado na análise do estudo anteriormente referido.

No período estudado pode ser observado que os sólidos sedimentáveis a exemplo dos sólidos suspensos, também apresentaram larga faixa de variação (0,2-10ml/l) e valor médio de 2,1ml/l.

O valor médio para cloreto no esgoto bruto foi de 2863mgCl⁻/l sendo a faixa de variação de 720 a 8437mgCl⁻/l. A grande faixa de variação verificada está ligada à variação do nível das marés.

O sulfeto variou de 6mgS⁻/l a 94mgS⁻/l e teve como valor médio 39mgS⁻/l caracterizando elevada septicidade do esgoto bruto, comportamento esse já observado e analisado na caracterização do esgoto afluente no estudo de variação no ciclo diário.

A DBO₅ média (274mg/l) do esgoto bruto permite classificá-lo como tendendo a forte de acordo com as classificações de Mara (1976) e Metcalf & Eddy (1977). As medidas variaram entre 93 e 720 mg/l o que representa uma faixa bastante ampla. Essas medidas foram obtidas em amostras coletadas a montante dos dissipadores de energia logo após a descarga da EE1 (Figura 3.1). Durante o período experimental também foram analisadas 40 amostras de esgoto bruto coletadas às 12 horas na caixa de distribuição de

esgoto para os decantadores (Figura 3.1) tendo a DBO_5 média dessas amostras (278mg/l) sido comparável àquela obtida com as amostras coletadas no ponto anterior. A faixa de variação (140 - 822mg/l) foi ligeiramente superior.

As concentrações mínima ($0,05 \times 10^7$ ufc/100ml), máxima (16×10^7 ufc/100ml) e média ($4,8 \times 10^7$ ufc/100ml) de Coliformes fecais foram típicas de águas residuárias domésticas de acordo com dados da literatura (Silva, 1982 ; Dragui et al., 1987).

Ascaris lumbricoides foi o helminto mais abundante apresentando um número médio de 102 ovos/l e faixa de variação de 33 a 233 ovos/l. *Trichuris trichiura* e *Hymenolepis nana* apresentaram concentrações médias de 9 e 4 ovos/l, concentrações mínimas nulas e máximas de 66 e 41 ovos/l, respectivamente.

4.3.2 - Caracterização do esgoto bruto afluente e do efluente da ETE para os diferentes modos de operação, com base na análise de amostras coletadas às 12 horas

Caracterização do esgoto bruto.

A análise dos dados obtidos para o esgoto bruto na operação da ETE nos três diferentes modos (Tabelas 6, 8 e 10 do ANEXO I) mostrou valores similares para os parâmetros pH, temperatura, cloreto, sulfeto total e Coliformes fecais. As diferenças mais importantes foram observadas para DBO_5 (232, 308 e 289mg/l, respectivamente), sólidos em suspensão (165, 207 e 144mg/l, respectivamente) e sólidos sedimentáveis (1,7, 2,3 e 1,2ml/l, respectivamente), representando, no entanto, valores próximos

daqueles obtidos para todo o período experimental.

O parasita *Ascaris lumbricoides* foi o mais abundante com concentrações médias de 98, 134 e 76 ovos/l, respectivamente para os três modos de operação, seguido por *Trichuris trichiura* com 5, 19 e 0 ovos/l, respectivamente.

Caracterização do efluente líquido

pH, temperatura, DBO₅, Coliformes fecais e sólidos sedimentáveis apresentaram valores semelhantes para os modos de operação com um (Tabela 7 do ANEXO I), dois (Tabela 9 do ANEXO I) e três (Tabela 11 do ANEXO I) decantadores. As concentrações médias de sólidos suspensos foram de, respectivamente, 120, 144 e 96mg/l.

O comportamento dos helmintos não foi significativamente distinto de um modo de operação para outro.

As Tabelas de 6 a 11 do ANEXO I mostram os valores dos parâmetros analisados para o esgoto bruto e o esgoto decantado com a ETE operando com 1, 2 e 3 decantadores.

4.4 - Eficiência da ETE Cabanga

Para a avaliação de eficiência da ETE foram considerados os parâmetros DBO₅, sólidos suspensos, sólidos sedimentáveis, Coliformes fecais e ovos de helmintos. A eficiência foi avaliada, para cada modo de operação, de três maneiras distintas:

- (a) eficiências pontuais médias para coletas realizadas às 12h. Inicialmente era calculada a eficiência de cada parâmetro tomando por base seu valor no afluente e efluente em cada coleta realizada às 12 horas. Em seguida era calculada a média de todas as eficiências obtidas no período estudado.
- (b) eficiências pontuais médias para coletas realizadas ao longo do ciclo diário em vários horários incluindo aquelas realizadas às 12h. Calculadas identicamente ao acima exposto e para todos os horários em que houveram coletas simultâneas de amostras no afluente e efluente incluindo o horário das 12 horas.
- (c) eficiências com base nas concentrações médias dos parâmetros para esgoto bruto e efluente em amostras coletadas às 12h. Calculadas tomando-se a média dos valores obtidos no afluente e efluente ao longo do período e para cada parâmetro estudado.

A Tabela 4.7 mostra as eficiências pontuais médias para amostras coletadas às 12h e para todos os horários de coleta no ciclo diário nos três modos de operação.

A comparação das eficiências pontuais médias para as 12 horas e para o ciclo diário em cada modo de operação mostrou não existirem diferenças significativas entre elas. A definição de um único horário de coleta com amostras representativas da média do ciclo diário é uma simplificação muitas vezes adotada na rotina de laboratórios que monitoram sistemas de tratamento.

Tabela 4.7 - Eficiências pontuais médias e faixas de variação da ETE Cabanga para 03 (Três) modos de operação

PA- Râ- NE- TROS	EFICIÊNCIAS PONTUAIS MÉDIAS (%)											
	UM DECANTADOR				DOIS DECANTADORES				TRÊS DECANTADORES			
	12 H O R A S	1 	TODOS OS H O R Á R I O S	1 	12 H O R A S	1 	TODOS OS H O R Á R I O S	1 	12 H O R A S	1 	TODOS OS H O R Á R I O S	1
DBO ₅	32,90	120	31,10	135	41,10	121	40,60	145	41,50	111	39,00	15
	(14-55,1)		(12,9-55,1)		(16,9-68,7)		(10,1-68,7)		(9,6-64,3)		(7,1-82,3)	
SÓLIDOS SUSPENSOS	31,00	131	32,50	130	49,10	191	54,40	110	40,70	110	51,50	12
	(2,6-70,5)		(2,6-70,5)		(11,5-81,3)		(11,5-81,3)		(5,3-95,6)		(5,3-95,6)	
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS	91,10	123	92,40	146	89,40	122	94,10	147	100	121	98,00	14
	(72,2-100)		(33,3-100)		(45-100)		(45-100)		(100-100)		(66,7-100)	
COLIFORMES FECAIS	57,50	110	47,00	120	50,10	161	56,00	111	43,40	131	40,50	1
	(10,7-87,4)		(10,7-87,4)		(20-90)		-		(43,3-43,8)		(27,3-46,7)	
ASCARIS LUMBRICOIDES	67,20	191	71,60	120	60,50	110	66,00	121	55,20	161	61,00	11
	(25,3-100)		(25,3-100)		(39,8-92,6)		(20-100)		(33,6-81,1)		(33,6-95,6)	
TRICHURIS TRICHIURA	90,00	151	84,00	113	70,20	161	78,60	112		1	52,00	1
	(50-100)		(39,8-100)		(50-100)		(50-100)		NQ		(50-55,6)	
HYMENOLEPIS NANA	83,30	131	90,00	151	100	121	100	121		1		1
	(50-100)		(50-100)		(100-100)		(100-100)		NQ		NQ	

OBS: N: Número de amostras; NQ: Não quantificado

As Tabelas 4.8, 4.9 e 4.10 mostram, respectivamente, concentrações médias dos parâmetros analisados para esgoto bruto, efluente, e as eficiências obtidas com base nas concentrações médias daqueles parâmetros para coletas às 12h.

Tabela 4.8 - Eficiência operacional da ETE Cabanga com 01 (Um) decantador em operação e valores médios do ER e efluente (amostras coletadas às 12 horas)

P A R Â - M E T R O S	ESGOTO BRUTO	EFLUENTE	EFICIÊNCIA (%)
DBO ₅	232	152	30,2
Sólidos suspensos	165	120	27,3
Sólidos sedimentáveis	1,7	0,2	88,2
Coliformes fecais	$6,9 \times 10^7$	$3,4 \times 10^7$	51,0
<i>Áscaris lumbricoides</i>	88	49	44,3
<i>Trichuris trichiura</i>	5	4	20,0
<i>Hymenolepis nana</i>	3	3	0

Vazão média diária tratada no período - 10.239 m³/dia

Área total dos decantadores - 530,93 m²

Volume total dos decantadores - 918,51 m³

UNIDADES:

DBO₅ - mg/l

Coliformes Fecais - ufc/100ml

S.S. - mg/l

Helminhos - Número de Ovos/Litro

S.Sed. - ml/l

Tabela 4.9 - Eficiência operacional da ETE Cabanga com 02 (Dois) decantadores em operação e valores médios do EB e efluente (amostras coletadas às 12 horas)

P A R Â - M E T R O S	ESGOTO BRUTO	EFLUENTE	EFICIÊNCIA (X)
DBO ₅	308	172	44,2
Sólidos suspensos	207	144	30,4
Sólidos sedimentáveis	2,3	0,3	87,0
Coliformes fecais	5,3 X 10 ⁷	4,1 X 10 ⁷	22,6
<i>Áscaris lumbricoides</i>	134	53	60,5
<i>Trichuris trichiura</i>	19	7	63,2
<i>Hymenolepis nana</i>	5	ND	100

ND - Não detectado

Vazão média diária tratada no período - 11.622 m³/dia

Área total dos decantadores - 1.061,86m²

Volume total dos decantadores - 1.837,02m³

UNIDADES:

DBO₅ - mg/l

Coliformes Fecais - ufc/100ml

S.S. - mg/l

Helmintos - Número de Ovos/Litro

S.Sed. - ml/l

Tabela 4.10 - Eficiência operacional da ETE Cabanga com 03 (Três) decantadores em operação e valores médios do EB e efluente (amostras coletadas às 12 horas)

P A R Â - M E T R O S	ESGOTO BRUTO	EFLUENTE	EFICIÊNCIA (X)
DBO ₅	289	165	43,0
Sólidos suspensos	144	96	33,0
Sólidos sedimentáveis	1,2	0	100
Coliformes fecais	5 X 10 ⁷	2,9 X 10 ⁷	42,0
<i>Ascaris lumbricoides</i>	76	32	58,0
<i>Trichuris trichiura</i>	ND	1	**
<i>Hymenolepis nana</i>	NQ	NQ	-

ND - Não detectado

NQ - Não quantificado

Vazão média diária tratada no período - 12.596m³/dia

Área total dos decantadores - 1.592,79m²

Volume total dos decantadores - 2.755,53m³

UNIDADES:

DBO₅ - mg/l

Coliformes Fecais - ufc/100ml

S.S. - mg/l

Helminhos - Número de Ovos/Litro

S.Sed. - ml/l

Tabela 4.11 - Eficiências operacionais (%) da ETE Cabanga com 1, 2 e 3 decantadores para concentrações médias às 12h

PARÂMETRO	UNIDADE	NÚMERO DE DECANTADORES		
		1 DEC.	2 DEC.	3 DEC.
DBO ₅	mg/l	30	44	43
Sól. suspensos	mg/l	27	30	33
Sól. sedimentáveis	ml/l	88	87	100
Col. fecais	ufc/100ml	51	23	42
<i>Ascaris lumbricoides</i>	ovos/l	44	61	58
<i>Trichuris trichiura</i>	ovos/l	20	63	**
<i>Hymenolepis nana</i>	ovos/l	0	100	NQ

NQ - Não quantificado

A Tabela 4.11 resume as eficiências obtidas (com base nas concentrações médias) para a ETE funcionando com 1, 2 e 3 decantadores. Ficou evidente que, durante a fase experimental, a melhor eficiência da ETE para os parâmetros DBO₅ e helmintos foi obtida com a mesma operando com 2 decantadores. O mesmo não foi observado para os Coliformes fecais que neste modo de operação tiveram sua mais baixa remoção (23%).

Para os sólidos em suspensão, a eficiência operacional analisada com base nas concentrações médias do afluente e efluente para amostras coletadas às 12h aumentou à medida que também aumentou o número de decantadores em operação.

Com relação aos sólidos sedimentáveis houve um ligeiro decréscimo (1%) quando a ETE passou de 1 para 2 decantadores e um acréscimo acentuado (13%) na eficiência quando os 3 decantadores

entraram em operação, elevando de 87% com 2 decantadores para 100% com 3 decantadores.

A comparação das três formas de avaliação da eficiência da ETE, em cada modo de operação, permite observar que para os parâmetros DBO₅ e sólidos sedimentáveis as eficiências obtidas foram praticamente iguais.

Para os Coliformes fecais nos modos de operação com 1, 2 e 3 decantadores as três formas de avaliação são também muito próximas, sendo a remoção sempre inferior a 60%.

Com relação aos outros parâmetros, as eficiências calculadas pelas concentrações médias no período tendem a ser inferiores àquelas calculadas através das eficiências pontuais médias.

Em todas as três formas de avaliação das eficiências a remoção da DBO₅ nos três modos de operação esteve dentro ou foi superior à faixa (25 - 35%) citada por Pessoa e Jordão (1982).

As eficiências de remoção de sólidos suspensos nos três modos de operação e calculadas pelas concentrações médias às 12 horas (Tabela 4.11), se mantiveram abaixo do limite inferior da faixa (40 a 60%) citada por Pessoa e Jordão (1982). Quando calculadas com base nas eficiências pontuais, a eficiência de remoção de sólidos suspensos para 1 decantador em operação foi ligeiramente superior a 30% e próxima a 50% para 2 e 3 decantadores. No primeiro modo foi menor que o limite mínimo da faixa citada pelos autores referidos e nos outros dois se situou na média da faixa.

Em todas as formas de avaliação da eficiência e em todos os modos de operação a remoção de sólidos suspensos foi inferior às previstas pelo modelo gráfico, relacionando a eficiência à taxa

de escoamento superficial, para diversos decantadores nos Estados Unidos (Hespanhol, 1977). Por esse modelo a eficiência esperada deveria se situar em torno de 70%. Também uma eficiência próxima a 70% era esperada pelo modelo matemático de Anderson (1981), que relaciona a eficiência de remoção com a concentração de sólidos suspensos afluente e com o tempo de detenção hidráulica, sendo superior às aqui determinadas. Isto pode ser devido a existência de estações elevatórias contribuintes do sistema Cabanga, as quais, conforme citado no Capítulo I (item 3.3.2) tendem a provocar a desintegração dos sólidos sedimentáveis produzindo esgoto menos propenso à sedimentação.

A remoção dos sólidos sedimentáveis foi, em todas as formas de avaliação da eficiência e nos três modos de operação, superior a faixa (70 - 80%) citada por Pessoa e Jordão (1982), atingindo 100% com a ETE operando com 3 decantadores.

Para os Coliformes fecais, a operação da ETE com 1 decantador apresentou tendência de maior remoção nas três formas de avaliação da eficiência (Tabelas 4.7 e 4.11). Isso pode ser atribuído ao menor tempo de permanência do esgoto no decantador o que reduz a possibilidade de multiplicação desses microrganismos nestas unidades. Mesmo estando estas reduções (máximo de 57%) dentro da faixa (40 - 60%) citada por Azevedo Netto (1977a), elas não melhoraram significativamente a qualidade bacteriológica do esgoto afluente, restando ainda presentes no efluente líquido números elevados de bactérias indicadoras evidenciando alta probabilidade do lançamento de patógenos no corpo receptor.

A avaliação da remoção de helmintos com base nas concentrações médias das 12 horas (Tabela 4.11), mostrou que a máxima eficiência foi obtida com 2 decantadores em operação (*Ascaris lumbricoides* - 61%; *Trichuris trichiura* - 60%; *Hymenolepis nana* - 100%), o que não aconteceu quando aquelas remoções foram avaliadas pelas eficiências pontuais médias (Tabela 4.7), sendo neste caso a operação com um decantador o melhor resultado para *Ascaris lumbricoides* (67,2%) e *Trichuris trichiura* (90%) e com 2 decantadores para *Hymenolepis nana* (100%). Para o *Ascaris lumbricoides* que foi o helminto mais predominante no esgoto bruto, conforme observações anteriores, os valores de redução obtidos nas três formas de avaliação da eficiência e nos três modos de operação estavam dentro da faixa (30 - 80%) citada por Feachem et al. (1983).

As maiores eficiências obtidas para a remoção dos helmintos ocorreram com os menores tempos de detenção hidráulica e podem ser devidas a que esses tempos impedem a evolução de condições muito sépticas nos decantadores com a formação de gases na camada de lodo que quando eliminados provocariam a resuspensão de sólidos e microrganismos já sedimentados.

4.5 - Monitoração do corpo receptor

O corpo receptor do efluente líquido da ETE Cabanga é formado pelos estuários dos rios Jiquiá, Pina, Jordão, Tejipió e um braço do Capibaribe, sendo influenciado diretamente pela variação das marés. Segundo a Tábua de marés para o ano de 1992 elaborada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação do Ministério da Marinha,

de abril a novembro daquele ano, o nível da maré variou de -0,2m a 2,5m e alcançou o nível médio anual de 1,14m. Os níveis máximos ocorreram nos meses de agosto e setembro e os mínimos em julho, agosto e setembro.

Os parâmetros monitorados no corpo receptor foram o oxigênio dissolvido e a DBO_5 . Para o primeiro parâmetro foram coletadas amostras na superfície e 1,0m abaixo nos locais A (montante), B (descarga) e C (jusante) com referência ao local de descarga do emissário subaquático da ETE e mostrados na Figura 3.2. Para o segundo parâmetro as amostras foram coletadas somente no ponto B a 1,0m abaixo da superfície do corpo receptor. As amostras foram coletadas em horas de preamar e baixa-mar para os dois parâmetros, sendo que para o oxigênio dissolvido foram coletadas 32 amostras em horas de preamar e 34 em horas de baixa-mar. Para a DBO_5 foram coletadas 15 amostras em horas de preamar e 21 em horas de baixa-mar.

A DBO_5 teve concentração média de 15mg/l e variação de 5 a 21mg/l nas horas de preamar e 27 mg/l com faixa de variação de 11 a 49mg/l nas horas de baixa-mar. Provavelmente o maior volume de água existente nas horas de preamar tenha contribuído para a diluição dos efluentes lançados provocando a diferença nos valores da DBO_5 do corpo receptor quando em preamar e baixa-mar.

A Tabela 4.12 mostra as concentrações médias de oxigênio dissolvido nas horas de preamar e baixa-mar nos locais a montante, jusante e descarga do efluente líquido, obtidas a partir das Tabelas 12 e 13 do ANEXO I.

Nas horas de baixa-mar o oxigênio dissolvido apresentou

concentrações nulas na sua faixa de variação seja na superfície ou abaixo dela. A concentração nula apresentada na faixa de variação no local de descarga a 1,0m abaixo da superfície em hora de preamar ocorreu apenas uma vez (17/09/92).

Em geral, seja nas horas de preamar ou baixa-mar, em todas as amostras coletadas no local de descarga do emissário subaquático da ETE há um ligeiro decréscimo na concentração de oxigênio com relação ao ponto de montante com exceção da hora de baixa-mar e quando a amostra é coletada na superfície.

Tabela 4.12 - Concentração média e faixa de variação de oxigênio dissolvido no corpo receptor do efluente líquido da ETE Cabanga no período abril-outubro/92

M A R É	OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/l)					
	NA SUPERFÍCIE			1,0m ABAIXO DA SUPERFÍCIE		
	MONTANTE	DESCARGA	JUSANTE	MONTANTE	DESCARGA	JUSANTE
BAIXA-	3,7	4,2	3,6	2,7	2,1	2,7
MAR	(0-13,4)	(0-11)	(0-12,2)	(0-12,2)	(0-7,8)	(0-11)
PREA-	5,5	4,9	5,1	4,6	4,2	4,8
MAR	(2,6-13,6)	(2,4-10,6)	(3-12)	(2-12,4)	(0-9,6)	(2-11,6)

Pode ser verificado também que nas amostras coletadas na superfície do ponto de descarga a concentração média de oxigênio dissolvido não difere muito entre as amostras coletadas na preamar e baixa-mar (4,9mg/l e 4,2mg/l), o mesmo não ocorreu para as amostras coletadas 1,0m abaixo da superfície (preamar: 4,2mg/l e baixa-mar: 2,1mg/l).

CAPÍTULO V: DISCUSSÃO

5.0 - Sobre as condições operacionais

A ETE da Cabanga tratou, volumes médios diários de esgotos entre 9.901 e 14.145 m³ que é uma faixa bem inferior à vazão de projeto de 80.000 m³/dia. Isto conduziu à operação da estação sob taxas de escoamento superficial de respectivamente, 19,28 ; 10,94 e 7,90 m³/m².dia para 1, 2 e 3 decantadores, que são taxas muito menores que o limite máximo de 40 m³/m².dia citado por Hespanhol (1977) e à faixa 30 - 60 m³/m².dia recomendada por Pessoa e Jordão (1982). Os tempos de detenção hidráulica calculados com base na vazão média foram 2,15 ; 3,80 e 5,25 horas para 1, 2 e 3 decantadores respectivamente, sendo em todas as situações superiores ao tempo de detenção de projeto (1,1 horas). Os correspondentes tempos de detenção calculados para as vazões máximas diárias estimadas (1,38 ; 2,43 e 3,37 horas) foram, com exceção do segundo caso, bastante diferentes das 2 horas recomendadas pelo IWPC (1980) para tanques de sedimentação com remoção mecânica de lodo. No primeiro caso o tempo de detenção representou apenas 70% do tempo recomendado e no último caso ele foi cerca de 70% maior.

Dois importantes pontos devem ser ainda destacados com relação às condições operacionais da estação particularmente dos decantadores. O primeiro diz respeito à vazão do efluente líquido por vertedor de saída (em torno de 30m³/dia) que embora tenha sido mantida na faixa recomendada (30 - 40m³/dia) pelo IWPC (1980) fluia com uma lâmina vertedora de 40mm estando acima do

valor recomendado de 35mm (*Ibid.*). O outro aspecto operacional de importância foi a velocidade dos raspadores de lodo cru (4m/min.) que era o dobro da velocidade de 2m/min. sugerida pela literatura (*Ibid.*).

5.1 - Sobre a eficiência do sistema

O modo de operação com um decantador foi, de um modo geral, a menor eficiência particularmente na remoção de DBO_5 e sólidos suspensos. Com relação à DBO_5 a remoção se situou na faixa (25 - 35%) citada na literatura (Pessoa e Jordão, 1982). A eficiência da remoção de sólidos em suspensão com base em qualquer dos métodos utilizados na sua avaliação foi inferior ao limite mínimo da faixa (40 - 60%) citada por Pessoa e Jordão, 1982. Nos dois outros modos de operação (2 e 3 decantadores) a remoção de DBO_5 , avaliada por todos os métodos de análise utilizados, foi superior à faixa citada na literatura (*Ibid.*) enquanto que, embora havendo uma tendência de aumento, a remoção de sólidos em suspensão somente se situou na parte inferior da faixa de remoção já citada (*Ibid.*) levando em conta os resultados mais otimistas. As remoções de sólidos em suspensão em todos os modos de operação foram sempre inferiores àquelas previstas pelos modelos citados por Haspanhol (1977) e Anderson (1981) podendo isto ser atribuído à existência de sucessivas estações elevatórias no sistema contribuinte da Cabanga que tendem a provocar a desintegração de materiais sólidos presentes no esgoto.

Os sólidos sedimentáveis foram, de um modo geral, removidos

com percentuais superiores àquelas citados na literatura (70 - 80%) tendo sido atingida a remoção máxima na operação com três decantadores.

Os percentuais de remoção de coliformes fecais variaram entre 40 e 60% pelo método das eficiências pontuais e entre 23 e 51% pelo método das concentrações médias às 12 horas. Esses percentuais não podem ser considerados significativamente diferentes desde que, normalmente, exige-se no mínimo a redução de uma ordem exponencial (90%) para que a remoção seja significativa. De qualquer modo as reduções observadas tenderam a se situar dentro da faixa (40 - 60%) citada por Azevedo Netto (1977) para a decantação primária.

Os resultados obtidos através de todos os métodos de análise usados permitiram verificar que as eficiências de remoção de *Ascaris lumbricoides* estiveram dentro da faixa (30 - 80%) citadas por Feachem et al. (1983) para decantação.

A monitoração do funcionamento da ETE da Cabanga mostrou que os modos de operação com 2 e 3 decantadores permitiram a obtenção de eficiências de remoção até mesmo superiores às faixas comumente observadas particularmente para a DBO_5 . O modo de operação com dois decantadores aumentou significativamente a remoção de DBO_5 comparativamente ao modo de operação com um decantador promovendo também o aumento de remoção de sólidos em suspensão. O uso de três decantadores, por outro lado, não promoveu melhora significativa do desempenho do sistema com relação ao modo de operação com dois decantadores. Assim, o segundo modo de operação parece ser o mais recomendável à

presente operação da Estação de Tratamento de Esgotos da Cabanga.

Deve ser enfatizado que mesmo atendendo e até superando as faixas de remoção comumente citadas na literatura o desempenho da ETE Cabanga é compatível com o desempenho esperado de um tratamento convencional primário baseado na sedimentação primária. Comparado àqueles de tratamento de níveis secundário e terciário o desempenho da ETE aqui estudada é, sem dúvida, pouco satisfatório.

5.2 - Sobre a qualidade do efluente da ETE

Como consequência do baixo desempenho de estações de tratamento primário o efluente produzido por uma ETE como Cabanga não tem, normalmente, qualidade satisfatória para lançamento em corpos receptores ou para reutilização em irrigação ou aquicultura. Além de elevada concentração média de material orgânico biodegradável ($DBO_5 = 165\text{mg/l}$) e sólidos em suspensão superiores a 100mg/l pode ser deduzido que o efluente líquido da ETE também continha elevadas concentrações de nutrientes como nitrogênio e fósforo.

Do ponto de vista microbiológico o efluente líquido da estação da Cabanga pode ser classificado de muito má qualidade. As concentrações médias de coliforme fecais, comparáveis àquelas de águas residuárias brutas, nos três modos de operação, indicam probabilidade da presença de organismos patogênicos relativamente tão altas como no afluente. A presença de ovos de helmintos foi, em si, a comprovação da presença desses organismos patogênicos. A

ETE não cumpriu o papel que deveria no rompimento da cadeia de transmissão de doenças de veiculação hídrica.

5.3 - Sobre os efeitos do lançamento do efluente líquido no corpo receptor

A resolução nº 20 de 18 de junho de 1986 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), não dispõe com clareza acerca de águas de estuários como é o caso do corpo receptor da ETE Cabanga. A CPRH (Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e da Administração dos Recursos Hídricos) não havia, até o final da elaboração desta dissertação, classificado o corpo receptor quanto à citada resolução, ou outra, considerando os múltiplos usos de suas águas. Torna-se, portanto, difícil uma análise mais objetiva do corpo receptor do efluente líquido da ETE. Os poucos dados levantados no corpo receptor demonstram que suas condições não são muito boas, particularmente na região de descarga do efluente. A concentração média de oxigênio dissolvido a montante do lançamento (Ponto A, Figura 3.3), na superfície e na preamar, que são as condições mais favoráveis foi de somente 70% do nível de saturação. A DBO₅ média no ponto de lançamento a 1 metro de profundidade na preamar foi de 15mg/l.

Certamente, além da veiculação de organismos patogênicos, o lançamento contínuo de um efluente como o da ETE Cabanga no corpo receptor contribuirá bastante para o comprometimento da qualidade de suas águas mesmo considerando o efeito benéfico que as marés devem exercer. A massa de DBO₅ lançada diariamente no corpo

receptor foi em torno de 2 t e a de sólidos suspensos 1,4 t o que determina um elevado consumo de oxigênio e provável acúmulo de lodo. Embora não tenham sido determinadas formas de nutrientes como nitrogênio e fósforo deve ser reconhecido que, o tratamento primário por não ser eficiente nas suas remoções, produz um efluente que lançado ao corpo receptor contribuirá com uma considerável concentração de elementos eutrofizantes. A presença de sulfeto no efluente, em torno de $32\text{mgS}^{-2}/\text{l}$, representa risco de toxicidade para vida aquática e de evolução de odores no corpo receptor e nas circunvizinhanças.

CAPÍTULO VI: CONCLUSÃO E SUGESTÕES

6.0 - Conclusões

A análise dos resultados do monitoramento da Estação de Tratamento de Esgotos da Cabanga permitiu concluir:

- (a) o modo de operação com dois decantadores foi o melhor para o presente estado operacional do sistema;
- (b) as eficiências de remoção da ETE para os principais parâmetros foram, de um modo geral, compatíveis com as faixas comumente citadas na literatura para sedimentação primária;
- (c) a remoção de sólidos suspensos esteve, normalmente, aquém dos limites esperados para o tipo de tratamento praticado, tendo sido isto atribuído à configuração do sistema Cabanga que conta com um número elevado de estações elevatórias (13), as quais tendem a promover a desintegração de materiais sólidos do esgoto tornando-os pouco propensos à sedimentação;
- (d) o elevado número de estações elevatórias, o baixo nível de automatização das mesmas, e a operação deficiente podem ser responsabilizados pelo elevado grau de septicidade do esgoto afluyente caracterizado por altas concentrações de sulfeto total;

(e) o efluente líquido da ETE Cabanga apresentou má qualidade, caracterizada pela presença de elevada concentração de material orgânico biodegradável, sólidos suspensos, sulfeto total, bactérias indicadoras de poluição fecal em números comparáveis aos do esgoto afluyente e ovos de helmintos, concorrendo para a manutenção da cadeia de transmissão de doenças relacionadas às fezes assim como para o agravamento da qualidade do corpo receptor;

(f) o monitoramento baseado em amostras coletadas às 12 horas, assim como a análise do desempenho do processo de tratamento com base no método das eficiências pontuais representam simplificações desejáveis no controle das estações de tratamento do tipo Cabanga.

6.1 - Sugestões

Com base na experiência do monitoramento da ETE Cabanga podem ser sugeridas as seguintes ações:

. Operacionais

- (a) implantar o regime de funcionamento contínuo das elevatórias, estudando as alternativas de instalação de comandos automáticos e/ou contratação de funcionários para a melhoria da operação das mesmas;
- (b) realizar, de forma sistemática, a limpeza dos poços úmidos das estações elevatórias;

- (c) desenvolver programa de limpeza mecânica dos coletores tronco da rede coletora;
- (d) passar para a supervisão da Divisão de Esgotos Cabanga (DEG) todas as estações elevatórias que contribuem para a ETE Cabanga;
- (e) cadastrar todos os extravazores existentes na rede coletora e promover seus tamponamentos;
- (f) estudar o aumento da quantidade de entalhes nos vertedores dos decantadores e a redução da velocidade dos raspadores de lodo dos mesmos;
- (g) verificar a existência do refluxo das marés para dentro das estações elevatórias através dos seus extravazores.

. Pesquisas

- (a) estudar as reais condições de utilização do lodo digerido como fertilizante, condicionador de solo ou mesmo como fonte de calor devido à sua queima;
- (b) monitorar cada unidade de tratamento visando a melhoria do seu desempenho;
- (c) promover outros monitoramentos nas diversas ETEs da COMPESA;
- (d) verificar a possibilidade de conduzir mais esgoto para a ETE de Cabanga, pois a mesma, funcionava durante a fase de pesquisa, com menos de 25% da sua capacidade de projeto;
- (f) monitorar o decaimento de patógenos no corpo receptor

A N E X O I

TABELAS DIVERSAS

Tabela 1 - Remoção de patógenos em alguns processos de tratamento de esgotos

ORGA- NISMOS	AMOSTRAS	SEDIMENTAÇÃO PRIMÁRIA	FILTRO BIOLÓGICO*	L O D O ATIVADO *	LAGOA DE ESTA- BILIZAÇÃO **	TANQUES SÉPTICOS	DESCARGA NO MAR	DIGESTÃO ANAERÓBIA***
<i>Enterovirus</i>	influyente	$10^3-10^5/l$	$10^2-10^3/l$	$10^2-10^3/l$	$10^2-10^3/l$	$0-10^2/l$	Podem sobre-	Podem sobre-
	efluente	$10^2-10^3/l$	$10^2-10^4/l$	$10-10^4/l$	$0-10/l$	$0-10^2/l$	viver por	viver por
	% remoção	0-30	90-95	90-99	99,99-100	50	diversas se-	leais de três
	lodo final	contaminado	contaminado	contaminado	-	contaminado	lanas	meses
<i>Salmonella</i>	influyente	$10^2-10^4/l$	$10^2-10^4/l$	$10^2-10^4/l$	$10^2-10^4/l$	$0-10^2/l$	Podem sobre-	Podem sobre-
	efluente	$10^2-10^3/l$	$10^2-10^3/l$	$10-10^2/l$	$0-1/l$	$0-10^2/l$	viver por	viver por
	% remoção	50-90	90-95	90-99	99,99-100	50-90	poucas sema-	diversas se-
	lodo final	contaminado	contaminado	contaminado	-	contaminado	lanas	meses
Vibriocólera	influyente	$10-10^3/l$	$10-10^2/l$	$10-10^2/l$	$10-10^2/l$	$0-10^2/l$	Improável	Podem sobre-
	efluente	$1-10^2/l$	$1-10^2/l$	$0,1-10^2/l$	$0/l$	$0-10^2/l$	sobreviverem	viver por 1
	% remoção	50-90	90-95	90-99	100	50-90	por mais de	ou 2 semanas
	lodo final	contaminado	contaminado	contaminado	-	contaminado	11 dias	
E. coli	influyente	$10^4-10^6/l$	$10^4-10^3/l$	$10^4-10^3/l$	$10^4-10^3/l$	$10^2-10^3/l$	Podem sobre-	Podem sobre-
	efluente	$10^3-10^3/l$	$10^2-10^4/l$	$10-10^4/l$	$0-10^4/l$	$0-10^2/l$	viver por	viver por
	% remoção	50-90	90-95	90-99	99,99-99,99999	50-90	poucas sema-	diversas se-
	lodo final	contaminado	contaminado	contaminado	-	contaminado	lanas	lanas
<i>Ascaris lumbricoides</i> (ovos)	influyente	$10-10^3/l$	$10-10^2/l$	$10-10^2/l$	$10-10^2/l$	$0-10^4/l$	Podem sobre-	Sobreviverão
	efluente	$1-10/l$	$0-10^2/l$	$0-10^2/l$	$0/l$	$0-10^2/l$	viver por	por muitos
	% remoção	30-80	70-100	70-100	100	50-90	muitos meses	meses
	lodo final	contaminado	contaminado	contaminado	-	contaminado		
Ancylostoma (ovos)	influyente	$10-10^3/l$	$10-10^2/l$	$10-10^2/l$	$10-10^2/l$	$0-10^4/l$		Os ovos so-
	efluente	$10-10^2/l$	$10-10^2/l$	$10-10^2/l$	$0/l$	$0-10^2/l$?	breviverão
	% remoção	50	50-90	50-90	100	50-90		
	lodo final	contaminado	contaminado	contaminado	-	contaminado		

* Lodo ativado e filtro biológico com sedimentação primária e secundária, digestão e secagem do lodo.

** Lagoas com 3 células e tempo mínimo de retenção de 25 dias

*** Digestão sem aquecimento

FONTE: Adaptado de Feachen et. al. (1983)

Tabela 2 - Valores obtidos para esgoto bruto no ciclo diário nos experimentos de maio, julho e outubro/92

PARÂMETRO	DA- DO	H O R A					
		8	10	12	14	16	18
pH	n	5	5	5	5	5	5
	Med	7,0	7,0	6,8	6,8	6,9	7,1
	Min	6,6	6,9	6,7	6,5	6,6	6,9
	Max	7,1	7,1	7,0	7,1	7,1	7,1
Temperatura (°C)	n	6	6	6	6	6	6
	Med	28	29	29	29	29	29
	Min	27	27	27	27	27	27
	Max	29	30	30	30	30	30
Sólidos suspensos (mg/l)	n	6	4	4	4	4	4
	Med	293	219	177	179	170	149
	Min	58	166	78	106	50	57
	Max	554	254	239	212	300	313
Sólidos sedimen- táveis (ml/l)	n	6	5	6	6	6	6
	Med	1,2	0,6	1,0	1,0	1,4	0,9
	Min	0	0	0	0,2	0	0
	Max	3	1,8	3,5	2	4	5
DBO ₅ (ml/l)	n	6	5	6	6	4	5
	Med	325	373	349	287	384	412
	Min	140	183	163	216	300	247
	Max	582	720	668	430	510	560
Cloroeto (mgCl ⁻ /l)	n	6	6	6	6	6	6
	Med	5767	4014	2637	4055	3553	4056
	Min	980	670	760	2719	1853	966
	Max	11876	10237	6878	4779	5978	1096

Continua...

Tabela 2 - (Continuação)

PARÂMETRO	DA- DO	H O R A					
		8	10	12	14	16	18
Sulfeto total (mgS ⁻² /l)	n	3	3	3	3	3	3
	Med	70	54	60	45	50	53
	Min	55	42	46	34	38	37
	Max	95	68	77	60	71	70
Coliforme fecal (ufc/100ml)	n	2	3	3	3	3	3
	Med	1,6x10 ⁷	1,9x10 ⁷	2,8x10 ⁷	5x10 ⁷	5,4x10 ⁷	2,8x10 ⁷
	Min	1,3x10 ⁷	0,5x10 ⁷	2,4x10 ⁷	3,5x10 ⁷	4,7x10 ⁷	1,1x10 ⁷
	Max	1,9x10 ⁷	3,8x10 ⁷	3,5x10 ⁷	6,3x10 ⁷	6,7x10 ⁷	5,4x10 ⁷
<i>Ascaris lumbricoides</i> (ovos/l)	n	3	3	3	3	3	3
	Med	94	91	75	55	89	166
	Min	16	58	50	16	33	41
	Max	150	133	100	125	125	333
<i>Trichuris trichiura</i> (ovos/l)	n	3	3	3	3	3	3
	Med	8	38	14	0	0	28
	Min	0	16	0	0	0	0
	Max	25	66	25	0	0	83
<i>Hymenolepis nana</i> (ovos/l)	n	3	3	3	3	3	3
	Med	0	0	8	0	0	14
	Min	0	0	0	0	0	0
	Max	0	0	25	0	0	41

Continua...

Tabela 2 - (Continuação)

PARÂMETRO	DA- DO	H O R A					
		20	22	0	2	4	6
pH	n	5	5	5	5	5	5
	Med	7,1	7,2	7,2	7,2	7,2	7,3
	Min	6,8	6,9	6,9	7,1	7,1	7,1
	Max	7,2	7,4	7,4	7,4	7,3	7,6
Temperatura (°C)	n	6	6	6	6	6	6
	Med	29	29	28	28	28	28
	Min	27	27	26	26	26	26
	Max	30	30	30	30	29	30
Sólidos suspensos (mg/l)	n	3	3	4	4	3	3
	Med	197	227	167	162	205	277
	Min	56	130	31	43	174	215
	Max	459	282	260	300	239	363
Sólidos sedimen- táveis (ml/l)	n	6	6	6	6	6	6
	Med	0,9	0,5	0,7	0,3	0,3	0,4
	Min	0	0	0	0	0	0
	Max	2	1,0	2	1,0	0,7	0,8
DBD ₅ (ml/l)	n	4	4	4	4	3	5
	Med	311	309	293	350	152	319
	Min	231	240	174	191	112	100
	Max	400	400	520	560	203	864
Cloreto (mgCl ⁻ /l)	n	6	6	6	6	6	6
	Med	4943	3953	3756	5575	7140	7143
	Min	532	611	1045	2286	5558	1850
	Max	12436	9417	7818	8397	9177	11000

Continua...

Tabela 2 - (Continuação)

PARÂMETRO	DA- DO	H O R A					
		20	22	0	2	4	6
Sulfeto total (mgS ⁻ /l)	n	3	3	3	3	3	3
	Med	58	63	65	65	70	62
	Min	40	78	62	39	36	33
	Max	75	53	69	87	98	117
Coliforme fecal (ufc/100ml)	n	3	3	3	3	3	3
	Med	13 x10 ⁷	6,9x10 ⁷	4,3x10 ⁷	3,9x10 ⁷	2,9x10 ⁷	1,8x10 ⁷
	Min	2 x10 ⁷	1,7x10 ⁷	1,5x10 ⁷	3,4x10 ⁷	1,7x10 ⁷	0,9x10 ⁷
	Max	33x10 ⁷	15x10 ⁷	8,2x10 ⁷	4,3x10 ⁷	4,1x10 ⁷	2,7x10 ⁷
<i>Ascaris lumbricoides</i> (ovos/l)	n	3	3	3	3	3	3
	Med	102	125	80	93	71	94
	Min	66	25	8	12	25	25
	Max	125	250	133	166	125	133
<i>Trichuris trichiura</i> (ovos/l)	n	3	3	3	3	3	3
	Med	5	28	5	11	1	11
	Min	0	0	0	0	0	0
	Max	16	50	16	33	4	33
<i>Hymenolepis nana</i> (ovos/l)	n	3	3	3	3	3	3
	Med	8	1	0	5	0	0
	Min	0	0	0	0	0	0
	Max	16	4	0	16	0	0

Tabela 3 - Valores obtidos para esgoto decantado no ciclo diário nos experimentos de 12 e 26 de maio/92 com 3 decantadores em operação

PARÂMETRO	DA- DO	H O R A					
		8	10	12	14	16	18
PH	n	1	1	1	1	1	1
	Med	7,7	7,5	6,7	6,8	7,0	6,9
	Min	7,7	7,5	6,7	6,8	7,0	6,9
	Max	7,7	7,5	6,7	6,8	7,0	6,9
Temperatura (°C)	n	2	2	2	2	2	2
	Med	29	30	30	30	30	30
	Min	29	29	29	29	29	29
	Max	29	30	30	30	30	30
Sólidos sedimen- táveis (ml/l)	n	2	2	2	2	2	2
	Med	0	0	0	0	0	0
	Min	0	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0	0
DBO ₅ (mg/l)	n	2	1	2	2	2	2
	Med	250	220	183	220	255	285
	Min	190	220	130	140	210	270
	Max	310	220	235	300	300	300
Cloreto (mgCl ⁻ /l)	n	2	2	2	1	2	2
	Med	3834	3360	2572	2089	3952	3795
	Min	2799	2621	2345	2089	3213	3550
	Max	4868	4099	2798	2089	4691	4040

Continua...

Tabela 3 - (Continuação)

PARÂMETRO	DA- DO	H O R A					
		20	22	0	2	4	6
pH	n	1	1	1	1	1	1
	Med	7,0	7,3	7,2	7,1	7,3	7,4
	Min	7,0	7,3	7,2	7,1	7,3	7,4
	Max	7,0	7,3	7,2	7,1	7,3	7,4
Temperatura (°C)	n	2	2	2	2	2	2
	Med	30	30	29	30	30	30
	Min	29	29	28	29	29	29
	Max	30	30	29	30	30	30
Sólidos sedimen- táveis (ml/l)	n	2	2	2	2	2	2
	Med	0	0	0	0	0	0
	Min	0	0	0	0	0	0
	Max	0	0,1	0,2	0,1	0	0
DBO ₅ (mg/l)	n	2	2	2	2	2	2
	Med	225	175	195	375	153	115
	Min	220	170	110	230	140	100
	Max	230	190	280	520	165	130
Cloroeto (mgCl ⁻ /l)	n	2	2	2	2	2	2
	Med	3134	2887	1685	2424	2828	4043
	Min	2424	2128	1439	1813	2227	2839
	Max	3843	3646	1931	3035	3429	5246

Tabela 4 - Valores obtidos para esgoto decantado no ciclo diário no experimento de 14 de julho com dois decantadores em operação

PARÂMETRO	DA- DO	H O R A					
		8	10	12	14	16	18
pH	n	1	1	1	1	1	1
	Med	7,1	7,0	7,0	7,0	7,1	7,3
	Min	7,1	7,0	7,0	7,0	7,1	7,3
	Max	7,1	7,0	7,0	7,0	7,1	7,3
Temperatura (°C)	n	1	1	1	1	1	1
	Med	28	27	27	27	27	27
	Min	28	27	27	27	27	27
	Max	28	27	27	27	27	27
Sólidos suspensos (mg/l)	n	1	1	1	1	1	1
	Med	4	7	39	21	39	22
	Min	4	7	39	21	39	22
	Max	4	7	39	21	39	22
Sólidos sedimen- táveis (ml/l)	n	1	1	1	1	1	1
	Med	0,1	0	0	0	0	0
	Min	0,1	0	0	0	0	0
	Max	0,1	0	0	0	0	0
DBO ₅ (mg/l)	n	1	1	1	1	1	1
	Med	206	327	203	104	79	99
	Min	206	327	203	104	79	99
	Max	206	327	203	104	79	99

Continua...

Tabela 4 - (Continuação)

PARÂMETRO	DA- DO	H O R A					
		8	10	12	14	16	18
	n	1	1	1	1	1	1
Clorato (mgCl ⁻ /l)	Med	2419	1899	1220	1799	2479	2199
	Min	2419	1899	1220	1799	2479	2199
	Max	2419	1899	1220	1799	2479	2199
	n	1	1	1	1	1	1
<i>Ascaris lumbricoides</i> (ovos/l)	Med	46	50	25	ND	ND	ND
	Min	46	50	25	ND	ND	ND
	Max	46	50	25	ND	ND	ND
	n	1	1	1	1	1	1
<i>Trichuris trichiura</i> (ovos/l)	Med	ND	25	ND	ND	ND	ND
	Min	ND	25	ND	ND	ND	ND
	Max	ND	25	ND	ND	ND	ND
	n	1	1	1	1	1	1
<i>Hymenolepis nana</i> (ovos/l)	Med	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Min	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Max	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Continua...

Tabela 4 - (Continuação)

PARÂMETRO	DA- DO	H O R A					
		20	22	0	2	4	6
pH	n	1	1	1	1	1	1
	Med	7,3	7,4	7,5	7,3	7,6	7,4
	Min	7,3	7,4	7,5	7,3	7,6	7,4
	Max	7,3	7,4	7,5	7,3	7,6	7,4
Temperatura (°C)	n	1	1	1	1	1	1
	Med	27	27	26	26	26	26
	Min	27	27	26	26	26	26
	Max	27	27	26	26	26	26
Sólidos suspensos (mg/l)	n	1	1	1	1	1	1
	Med	21	57	30	61	NQ	NQ
	Min	21	57	30	61	NQ	NQ
	Max	21	57	30	61	NQ	NQ
Sólidos sedimen- táveis (ml/l)	n	1	1	1	1	1	1
	Med	0	0	0	0	0	0
	Min	0	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0	0
DRO ₅ (mg/l)	n	1	1	1	1	1	1
	Med	127	131	150	133	170	194
	Min	127	131	150	133	170	194
	Max	127	131	150	133	170	194

Continua...

Tabela 4 - (Continuação)

PARÂMETRO	DA- DO	H O R A					
		20	22	0	2	4	6
	n	1	1	1	1	1	1
Cloreto	Med	2059	1919	1220	1419	5538	3105
(mgCl ⁻ /l)	Min	2059	1919	1220	1419	5538	3105
	Max	2059	1919	1220	1419	5538	3105
	n	1	1	1	1	1	1
<i>Ascaris</i>	Med	16	8	8	8	25	20
<i>Iumbricoides</i>	Min	16	8	8	8	25	20
(ovos/l)	Max	16	8	8	8	25	20
	n	1	1	1	1	1	1
<i>Trichuris</i>	Med	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>trichiura</i>	Min	ND	ND	ND	ND	ND	ND
(ovos/l)	Max	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	n	1	1	1	1	1	1
<i>Hymenolepis</i>	Med	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>nana</i>	Min	ND	ND	ND	ND	ND	ND
(ovos/l)	Max	ND	ND	ND	ND	ND	ND

.NQ - Não quantificado

.ND - Não detectado

Tabela 5 - Valores obtidos para esgoto decantado no ciclo diário nos experimentos de 8, 15 e 27 de outubro de 1992 com um decantador em operação.

PARÂMETRO	DA- DO	H O R A					
		8	10	12	14	16	18
pH	n	3	3	3	3	3	3
	Med	7,3	7,2	7,2	7,2	7,0	7,0
	Min	7,2	7,2	7,0	7,0	6,8	7,0
	Max	7,4	7,3	7,2	7,2	7,2	7,1
Temperatura (°C)	n	3	3	3	3	3	3
	Med	28	29	29	30	30	29
	Min	28	28	29	30	29	28
	Max	29	29	30	30	30	29
Sólidos suspensos (mg/l)	n	3	3	3	3	3	3
	Med	221	260	248	203	149	123
	Min	167	211	170	130	93	65
	Max	301	293	304	284	225	194
Sólidos sedimen- táveis (ml/l)	n	3	2	3	3	3	3
	Med	0,1	0	0,1	0	0	0,1
	Min	0	0	0	0	0	0
	Max	0,2	0	0,4	0	0	0,4
DBO ₅ (mg/l)	n	3	3	3	3	1	2
	Med	149	189	192	215	206	259
	Min	144	117	120	196	206	246
	Max	155	256	272	234	206	271

Continua...

Tabela 5 - (Continuação)

PARÂMETRO	DA- DO	H O R A					
		8	10	12	14	16	18
Cloreto (mgCl ⁻ /l)	n	2	3	3	3	3	3
	Med	8917	8791	4586	5945	5512	5352
	Min	6318	7698	1720	4117	4697	4757
	Max	11516	9697	7158	7878	6138	6858
Coliforme fecal (ufc/100ml)	n	3	3	3	3	3	3
	Med	3,6x10 ⁷	1,6x10 ⁷	2,1x10 ⁷	2,4x10 ⁷	3,9x10 ⁷	3,3x10 ⁷
	Min	2,1x10 ⁷	2,2x10 ⁷	1,3x10 ⁷	1,9x10 ⁷	2,6x10 ⁷	2,1x10 ⁷
	Max	5,9x10 ⁷	4,3x10 ⁷	3,6x10 ⁷	3,4x10 ⁷	4,8x10 ⁷	5,7x10 ⁷
<i>Ascaris lumbricoides</i> (ovos/l)	n	2	2	2	2	2	2
	Med	48	25	77	21	21	194
	Min	33	25	37	16	16	33
	Max	62	25	116	25	25	175
<i>Trichuris trichiura</i> (ovos/l)	n	2	2	2	2	2	2
	Med	6	4	ND	2	ND	33
	Min	ND	ND	NQ	ND	NQ	16
	Max	12	8	NQ	4	NQ	50
<i>Hymenolepis nana</i> (ovos/l)	n	2	2	2	2	2	2
	Med	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Min	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Max	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Continua...

ND - Não detectado

NQ - Não quantificado

Tabela 5 - (Continuação)

PARÂMETRO	DA- DO	H O R A					
		20	22	0	2	4	6
pH	n	3	3	3	3	3	3
	Med	7,0	7,1	7,1	7,1	7,2	7,3
	Min	7,0	6,9	7,0	7,0	7,1	7,1
	Max	7,1	7,2	7,2	7,2	7,3	7,5
Temperatura (°C)	n	3	3	3	3	3	3
	Med	28	28	28	28	27	28
	Min	28	28	27	28	27	27
	Max	29	29	29	28	28	28
Sólidos suspensos (mg/l)	n	2	3	3	3	3	3
	Med	219	120	175	166	190	212
	Min	136	156	77	136	149	134
	Max	302	203	293	215	221	271
Sólidos sedimen- táveis (ml/l)	n	3	3	3	3	3	3
	Med	0	0,2	0,1	0	0	0
	Min	0	0	0	0	0	0
	Max	0,1	0,5	0,3	0	0	0
DBO ₅ (mg/l)	n	1	1	2	2	1	1
	Med	203	203	275	178	161	164
	Min	203	203	209	136	161	164
	Max	203	203	340	220	161	164

Continua...

Tabela 5 - (Continuação)

PARÂMETRO	DA- DO	H O R A					
		20	22	0	2	4	6
	n	3	3	3	3	3	3
Cloreto (mgCl ⁻ /l)	Med	6471	7351	7524	7318	7992	8305
	Min	4259	4379	3979	4079	6278	7458
	Max	10077	11057	10337	9617	9400	9200
	n	3	3	3	3	3	3
Coliforme fecal (ufc/100ml)	Med	2,8x10 ⁷	3,2x10 ⁷	3,7x10 ⁷	2,7x10 ⁷	2,6x10 ⁷	2x10 ⁷
	Min	0,8x10 ⁷	1,2x10 ⁷	1,9x10 ⁷	1,6x10 ⁷	2x10 ⁷	1,8x10 ⁷
	Max	5,3x10 ⁷	6,3x10 ⁷	6,9x10 ⁷	4,4x10 ⁷	3,2x10 ⁷	2,3x10 ⁷
	n	2	2	2	2	2	2
<i>Ascaris lumbricoides</i> (ovos/l)	Med	29	63	38	17	10	10
	Min	16	25	25	8	8	8
	Max	41	100	50	25	12	12
		n	2	2	2	2	2
<i>Trichuris trichiura</i> (ovos/l)	Med	8	ND	8	2	ND	6
	Min	8	NQ	8	ND	NQ	4
	Max	8	NQ	8	4	NQ	8
	n	2	2	2	2	2	2
<i>Hymenolepis nana</i> (ovos/l)	Med	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Min	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Max	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND - Não detectado

NQ - Não quantificado

Tabela 6 - Esgoto bruto para amostras às 12h - 1 decantador

PARÂMETROS	n	Med	Min	Max
pH	23	6,9	6,7	7,3
Temperatura (°C)	23	29	27	30
Sólidos suspensos (mg/l)	13	165	80	271
Sólidos sedimentáveis (ml/l)	22	1,7	0,2	3,5
DBO ₅ (mg/l)	22	232	163	391
Cloreto (mgCl ⁻ /l)	22	2836	740	6878
Sulfeto total (mgS ⁻ /l)	22	38	12	82
Coliformes fecais (ufc/100ml)	18	6,9x10 ⁷	1,6 x10 ⁷	16x10 ⁷
<i>Ascaris lumbricoides</i> (ovos/l)	13	88	33	233
<i>Trichuris trichiura</i> (ovos/l)	13	5	0	16
<i>Hymenolepis nana</i> (ovos/l)	13	3	0	25

Tabela 7 - Esgoto decantado p/ amostras às 12h - 1 decantador

PARÂMETROS	n	Med	Min	Max
pH	22	7,0	6,0	7,3
Temperatura (°C)	23	29	27	30
Sólidos suspensos (mg/l)	13	120	28	298
Sólidos sedimentáveis (ml/l)	22	0,2	0	0,6
DBO ₅ (mg/l)	22	162	97	272
Cloreto (mgCl ⁻ /l)	22	4450	1240	9517
Sulfeto total (mgS ⁻ /l)	22	31	5	75
Coliformes fecais (ufc/100ml)	18	3,4x10 ⁷	1,1 x10 ⁷	16x10 ⁷
<i>Ascaris lumbricoides</i> (ovos/l)	13	49	0	116
<i>Trichuris trichiura</i> (ovos/l)	13	4	0	16
<i>Hymenolepis nana</i> (ovos/l)	13	3	0	16

Tabela 8 - Esgoto bruto para amostras às 12h -2 decantadores

PARÂMETROS	n	Med	Min	Max
pH	21	6,9	6,8	17,0
Temperatura (°C)	13	28	26	30
Sólidos suspensos (mg/l)	15	207	42	1410
Sólidos sedimentáveis (ml/l)	25	2,3	0,2	110,5
DBO ₅ (mg/l)	21	308	99	1720
Cloreto (mgCl ⁻ /l)	18	2892	720	15638
Sulfeto total (mgS ⁻ /l)	15	37	6	94
Coliformes fecais (NMP/100ml)	11	5,3x10 ⁷	0,8 x10 ⁷	16x10 ⁷
<i>Ascaris lumbricoides</i> (ovos/l)	11	134	66	166
<i>Trichuris trichiura</i> (ovos/l)	11	19	0	66
<i>Hymenolepis nana</i> (ovos/l)	11	5	0	41

Tabela 9 - Esgoto decantado p/amostras às 12h-2 decantadores

PARÂMETROS	n	Med	Min	Max
pH	21	7,1	6,8	17,3
Temperatura (°C)	13	28	26	31
Sólidos suspensos (mg/l)	15	144	25	1247
Sólidos sedimentáveis (ml/l)	25	0,3	0	10,6
DBO ₅ (mg/l)	21	172	40	1385
Cloreto (mgCl ⁻ /l)	18	4375	1899	17700
Sulfeto total (mgS ⁻ /l)	15	33	5	80
Coliformes fecais (NMP/100ml)	11	4,1x10 ⁷	2,4 x10 ⁷	16x10 ⁷
<i>Ascaris lumbricoides</i> (ovos/l)	11	53	16	100
<i>Trichuris trichiura</i> (ovos/l)	11	7	0	25
<i>Hymenolepis nana</i> (ovos/l)	11	0	0	4

Tabela 10 - Esgoto bruto para amostras às 12h -3 decantadores

PARÂMETROS	n	Med	Min	Max
pH	11	6,9	6,6	17,2
Temperatura (°C)	13	28	26	31
Sólidos suspensos (mg/l)	10	144	38	322
Sólidos sedimentáveis (ml/l)	12	1,2	0,2	4,8
DBO ₅ (mg/l)	13	289	120	580
Cloreto (mgCl ⁻ /l)	7	2876	1025	6437
Sulfeto total (mgS ⁻ /l)	NQ			
Coliformes fecais (NMP/100ml)	4	5X10 ⁷	0,05x10 ⁷	16X10 ⁷
<i>Ascaris lumbricoides</i> (ovos/l)	6	76	33	175
<i>Trichuris trichiura</i> (ovos/l)	6	0	0	0
<i>Hymenolepis nana</i> (ovos/l)	NQ			

Tabela 11 - Esgoto decantado p/amostras às 12h-3 decantadores

PARÂMETROS	n	Med	Min	Max
pH	11	7,1	6,7	17,7
Temperatura (°C)	13	28	26	31
Sólidos suspensos (mg/l)	10	96	15	257
Sólidos sedimentáveis (ml/l)	12	0	0	0
DBO ₅ (mg/l)	13	165	51	340
Cloreto (mgCl ⁻ /l)	7	3457	1040	6169
Sulfeto total (mgS ⁻ /l)	NQ			
Coliformes fecais (NMP/100ml)	4	2,9x10 ⁷	0,07x10 ⁷	9x10 ⁷
<i>Ascaris lumbricoides</i> (ovos/l)	6	32	8	63
<i>Trichuris trichiura</i> (ovos/l)	6	1	0	8
<i>Hymenolepis nana</i> (ovos/l)	NQ			

NQ - Não quantificado

Tabela 12 - Oxigenio dissolvido (mg/l) no estuario do Rio Jiquia em ponto a montante, jusante e na descarga da ETE Cabanga

MARE CHEIA (PREAHR)								
SUPERFICIE					1,0 METRO ABAIXO			
MES	DATA	MONTANTE	DESCARGA	JUSANTE	MONTANTE	DESCARGA	JUSANTE	
ABRIL	10	5,4	3,8	4,4	4,4	3,8	4,2	
	23	7,6	7,2	7	4,8	6,6	6,4	
MAYO	11	4	4,6	5	4,2	4,6	4,2	
	31	4	3,6	5,4	4	3,2	4,2	
JUNHO	11	3,2	4	4	3,4	1,6	3,6	
	16	3,6	4,4	4,4	4,6	4,4	4,8	
	23	3	3,6	4	2,4	3,4	2	
	25	3,6	4,6	4,4	3	3,4	3,6	
	28	4,6	4,2	5	4,6	4,4	4,6	
JULHO	5	4	4	4	3,6	4,4	4	
	7	2,6	3	3	2,6	3,4	3,2	
	9	2,6	3,2	3,2	2	3,2	3,4	
	12	3,8	3,4	4	3,6	4	4	
	19	3,8	4,4	4,4	4,2	4,8	4,6	
	21	4,6	4,8	4,6	4,4	4,6	4,4	
	23	4,2	3,4	3,2	2,8	3,4	3,4	
26	5,4	4,6	5,8	5	5,2	5,2		
AGOSTO	4	5	2,8	4,8	4,6	4,8	4,6	
	6	7,6	5,7	7	3,4	3,8	4,8	
	9	9,4	7,2	7,2	6,2	4,8	5	
	18	4,6	4,8	4,6	4,6	4,2	4,8	
	20	4,6	5,2	5	4,6	4,6	5	
	23	8,8	6,4	8,2	5,8	5,2	10,2	
SETEMBRO	1	4,8	5	4,8	4,2	4,6	4,8	
	3	3,8	2,4	4	3,6	3,6	3,8	
	6	10,2	9,4	3,6	3,8	3,6	5,6	
	15	3,4	3	3,2	3,2	2,6	3,2	
	17	4,6	2,6	3,8	3,2	0	3,4	
	20	4,4	2,8	4,4	4,2	2,4	6	
OUTUBRO	4	12,4	9,2	12	11,2	9,2	11,6	
	6	13,6	10,6	11,6	12,4	9,6	5,4	
	13	8,6	9,6	3,8	7,6	3	6	
MEDIA		5,49	4,92	5,11	4,57	4,19	4,81	
MAX. e MIN. (2,6-13,6) (2,4-10,6) (3,0-12,0) (2,0-12,4) (0,0-9,6) (2,0-11,6)								

Tabela 13 - Oxigenio dissolvido (mg/l) no estuario do Rio Jiquia em pontos
a montante, jusante e descarga da ETE Cabanga

MARE VAZIA (BAIXA-MAR)								
SUPERFICIE			1,0 METRO ABAIXO					
MES	DATA	MONTANTE	DESCARGA	JUSANTE	MONTANTE	DESCARGA	JUSANTE	
ABRIL	15	0,8	3,3	3	0,6	2	2,4	
	29	3	5,2	2,2	0	1	0	
MAIO	6	6,2	4,6	4,4	6	4,6	3,2	
	11	4,6	4,6	5	6,2	5,4	4,8	
	31	0	0,6	1,4	0	0	0,4	
JUNHO	11	0	0	0,6	0	0	0	
	14	0	1	1,4	0	0	0	
	16	0	1	1,4	0	0	0	
	18	1,2	1	2	1	0,6	1,8	
	25	2,6	1,4	2,2	1,8	1,4	4,6	
	28	1,2	1,4	1,2	0	0	0	
JULHO	30	0,6	0,8	0,6	0	0	0	
	5	2,4	4,6	4,4	3,6	3,4	4,2	
	12	0	1,6	1,4	0	0	0	
AGOSTO	19	4,8	5,8	6,2	4,4	3,2	3,2	
	30	2	3,2	2,8	1,2	0	2,2	
	19	3,8	4,4	4,4	4,2	4,8	4,6	
	2	1,8	1,6	1,6	2	2,2	2,4	
SETEMBRO	11	4,2	4	6	4	1,4	2,6	
	13	2,8	3	3,4	0	0,2	1,4	
	16	13	9,8	6,2	11,4	5,4	8,8	
	25	4,8	6,4	4,8	0	0	0,4	
	27	11	6,8	6,8	10,6	5,8	7,2	
	30	8	8,4	8	7	5,2	7,8	
	8	5	5,4	0	0	0	0	
	10	6	6	0	2,6	0	0	
OCTUBRO	13	2,4	8,2	7	0,2	1,4	2,6	
	22	1,6	1,2	1,8	1	0	1,4	
	24	0	2,4	2	0	0	1,8	
	27	8,4	7,2	5,8	7,6	6	5,8	
	29	13,4	11	12,2	12,2	7,8	11	
	1	5	2	3,4	3,8	2,2	3,4	
	8	2,6	3,6	4	0	0	1,6	
NOVEMBRO	11	2	4,8	4,6	1	4	2,4	
MEDIA		3,68	4,15	3,59	2,72	2,1	2,71	
MAX. e MIN. (0,0-13,4) (0,0-11,0) (0,0-12,2) (0,0-12,2) (0,0-7,8) (0,0-11,0)								

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, J.A. (1981). Primary Sedimentation of Sewage. *Water Pollution Control*, 80 (3), pp. 413-420.
- APHA (1989). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters*, 17 th edition. New York: American Public Health Association.
- Azevedo Netto, J.M. (1959). *Cronologia dos Serviços de Esgotos, com especial menção ao Brasil*. Revista DAE, Ano 20 nº 33, pág. 15-19. Rio de Janeiro, RJ.
- Azevedo Netto, J.M. (1977a). Sistemas de Esgotamento. Sistema Unitário. Inconvenientes. Sistema Separador. Partes Constitutivas De Um Sistema de Esgotos Sanitários. Em: *Sistemas de Esgotos Sanitários* (Editora CETESB, São Paulo, SP) Cap. 2, Pag. 9-14.
- Azevedo Netto, J.M. (1977b). Tratamento de Águas Residuárias. Objetivos. Extensão do Tratamento. Classificação dos processos biológicos esquemas de instalações depuradoras. Em: *Sistemas de Esgotos Sanitários* (Editora CETESB, São Paulo, SP). Cap. 19, pag. 251 - 259.
- Azevedo Netto, J.M. (1977c). Tratamentos Preliminares: Gradeamento. Remoção de areia e Detritos Pesados. Remoção de Sólidos Leves: Flotação. Em: *Sistemas de Esgotos Sanitários*. (Editora CETESB, São Paulo, SP). Cap. 20, pag. 261 - 289.

- Azevedo Netto, J.M. e Alvarez, G.A. (1982). *Manual de Hidráulica*, 7ª edição, Vol. II. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, SP.
- Boletim ABES, (1993). Suplemento da Revista BIO, Ano 2, nº 4, Rio de Janeiro, RJ.
- Branco, S.M. (1972). *Poluição*. Editora Ao Livro Técnico, Rio de Janeiro, RJ.
- Ceballos, B.S.O. (1990). Microbiologia Sanitária. Em: *Lagoas de Estabilização e Aeradas mecanicamente: Novos Conceitos*, pag. 89 - 147 (Ed. S.R.Mendonça), Editora UFFb, João Pessoa, PB.
- CETESB. (1991). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Macromedicação em Sistemas de Abastecimento de Água - Vol. II*. São Paulo, SP.
- Coelho, A.C. (1983). *Medição de Água e Controle de Perdas*. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental e Banco Nacional da Habitação, Rio de Janeiro, RJ.
- Coelho, A.C.O. (1991). *Avaliação do Estado Atual dos Sistemas de Abastecimento de Água e Tratamento de Esgotos da COMFESA*. Palestra proferida no Seminário Saneamento e Meio Ambiente, Carpina, PE.
- COMFESA. (1980). *Esgotamento Sanitário da R.N.R. Reformulação parcial do projeto Capibaribe - Tejipió*. ACQUA-PLAN, Recife, PE.
- Coronel, S.T. (1958). *Hidráulica*. Norgis Editores, S.A. México, D.F.

- De Macedo, E.S. (1973). *Previsão Racional de Hidrogramas nos Esgotos Sanitários. VII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária*. Salvador, BA.
- De Oliveira, R. (1989). *Principais Parâmetros Utilizados no Monitoramento de Lagoas*. Em: *Curso: Lagoas de Estabilização e Aeradas Mecanicamente*. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa, PB.
- De Oliveira, R. (1990). *The Performance of Deep Waste Stabilization Ponds in Northeast Brazil*. Ph.D. Thesis, University of Leeds, U.K.
- Feachen, R.G.; Bradley, D.J.; Garelik, H. and Mara, D.D. (1980). *Sanitation and Disease: Health Aspects of Excreta and Wastewater Management*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Ferreira, I.V.L.; de Oliveira, R; König, A.; e Ceballos, B.S.O. (1993). Estudo do comportamento de formas de enxofre em dois sistemas de lagoas de estabilização em escala real. *Encarte da Revista Bio*, Ano II, nº 2, pag. 22-26.
- Garcez, L.N. (1960). *Elementos de Mecânica dos Fluidos*. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, SP.
- Hazen, A. (1904). *On Sedimentation*. ASCE 53.
- Hespanhol, I. (1977). *Decantação. Decantadores Primários e Secundários. Tanques Sépticos. Tanque Imhoff. Decantadores Dortmund*. Em: *Sistemas de Esgotos Sanitários* (Editora CETESB, São Paulo, SP). Cap. 21, pag. 291 - 324.

- Imhoff, K. (1966). *Manual de Tratamento de Águas Residuárias*. Tradução da 2ª edição Alemã por Max Lothar Hess, editora Edgard Blücher Ltda e editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- IWPC (1980). Unit Process: Primary Sedimentation. In: *Manuals of British Practice in Water Pollution Control*, London, U.K.
- Mara, D.D. (1976). *Sewage Treatment in Hot Climates*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Mello, V.P. (1991). *História do Saneamento de Pernambuco, Água Vai!*. Companhia Pernambucana de Saneamento, Recife, PE.
- Metcalf e Eddy (1977). *Tratamiento y depuración de las aguas residuales*. Barcelona, Editorial Labor, S.A.
- Oragui, J.I., Curtis, T.P., Silva, S.A. and Mara, D.D. (1987). The removal of excreted bacteria and viruses in deep waste stabilization ponds in northeast Brazil. *Water Science and Technology*, 19(3-4), pp. 569-573.
- Pan American Health Organization (PAHO) (1991). Mortality due to Intestinal Infection Diseases in Latin American and Caribbean, 1965-1990. *Epidemiological Bulletin*, 12(3):1-6.
- Pessoa, C.A. e Jordão, E.P. (1982). *Tratamento de Esgotos Domésticos Vol. I, 2ª edição*. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, RJ)
- Planejamento dos Sistemas de Esgotos Sanitários da Região Metropolitana do Recife (1968)*. Departamento de Saneamento do Estado de Pernambuco e SUDENE, Recife, PE.