

ARQUIVO TECNICO

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE AERAÇÃO AL
TERNATIVO PARA VALOS DE OXIDAÇÃO; DETER
MINAÇÃO DA IDADE DO LODO MÍNIMA PARA A
ESTABILIZAÇÃO DO LODO NOS VALOS PARA AS
CONDIÇÕES BRASILEIRAS.

- RELATÓRIO FINAL -

5311
V673d(RCET)
008119



11698

008119

INEAMENTO AMBIENTAL



CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

DTD

SUPERINTENDÊNCIA DE PESQUISA



DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE AERAÇÃO ALTERNATIVO PARA VALOS DE OXIDAÇÃO; DETERMINAÇÃO DA IDADE DO LODO MÍNIMA PARA A ESTABILIZAÇÃO DO LODO NOS VALOS PARA AS CONDIÇÕES BRASILEIRAS.

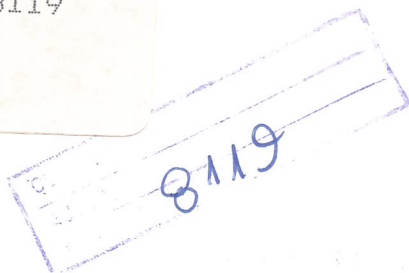
- RELATÓRIO FINAL -

JANEIRO 1983

SOMA
SECRETARIA DE OBRAS
E DO MEIO AMBIENTE
Eng^o Walter Antunes



5311
V673d (RCET)
008119



DIRETORIA

Victor Didrich Leig
Diretor Presidente

Paulo Leite Julião
Diretor Vice-Presidente

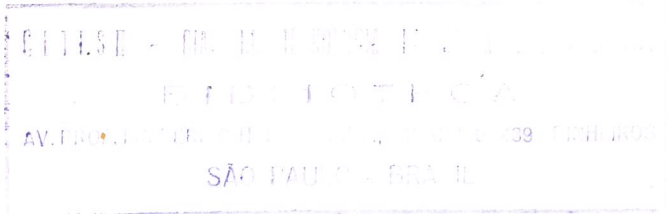
Camal Abdon Salomão Rameh
Diretor de Engenharia e Ação Regional

Carlos Celso do Amaral e Silva
Diretor de Tecnologia e Desenvolvimento

José Rubens Rezende Gonçalves da Motta
Diretor Financeiro

Nelson Nefussi
Diretor de Engenharia do Ar e de Ação Metropolitana

Paulo Lauro Junior
Diretor Administrativo



APRESENTAÇÃO

Este é o relatório final da pesquisa "DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE AERAÇÃO ALTERNATIVO PARA VALOS DE OXIDAÇÃO; DETERMINAÇÃO DA IDADE DO LODO MÍNIMA PARA A ESTABILIZAÇÃO DO LODO NOS VALOS PARA AS CONDIÇÕES BRASILEIRAS" e apresenta o trabalho executado até dezembro de 1982, quando a Estação de Tratamento Experimental do Caxingui, onde estava instalado o sistema, foi desativada.

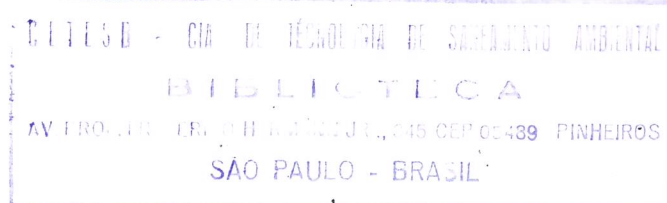
A pesquisa foi iniciada em 1981, pela SPES-CETESB, dentro do Convênio DAEE-CETESB.

Pretendia-se obter informações sobre um sistema de aeração para valo de oxidação, diferente dos que vem sendo utilizados no Brasil.

No entanto, desde o início dos trabalhos houve muitas dificuldades para se conseguir equipamentos adequados e realizar pequenas obras na ETE-Caxingui, necessários à complementação do sistema de tratamento.

Enfrentando-se muitas dificuldades, montou-se um sistema bastante deficiente. Mesmo assim os trabalhos foram iniciados; porém, logo depois, a Estação Experimental foi desativada, pois todos estes problemas a que nos referimos eram sentidos também no funcionamento e manutenção da Estação Experimental como um todo, fato agravado pela pequena área disponível na Estação para isolar os sistemas de tratamento das residências próximas.

Assim, apesar das tentativas, não se conseguiu realizar o trabalho ao nível de se tirar conclusões a respeito da viabilidade desse sistema de aeração.



RESPONSÁVEIS PELO PROJETO

Bel.Quím. Sonia Maria Manso Vieira (Msc) - Coordenadora e Principal Pesquisadora.

Engº Pedro Alem Sobrinho (Msc, Dr) - Supervisor.

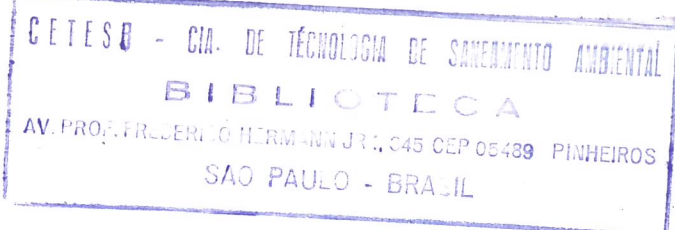
CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

ÍNDICE

	PÁG
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2. <u>CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROCESSO DE VALOS DE OXIDAÇÃO</u> ..	2
2.1. TEORIA DO PROCESSO DE AERAÇÃO PROLONGADA	3
2.2. O VALO	5
2.2.1. Variações da Forma do Valo	5
2.2.2. Dimensionamento dos Valos	5
2.3. TANQUE DE SEDIMENTAÇÃO	12
2.3.1. Dimensionamento do Tanque de Sedimentação.....	13
2.4. SISTEMA DE AERAÇÃO	14
2.4.1. Aeradores Mecânicos de Superfície	15
2.4.2. Aeradores de Ar Difuso	16
2.4.3. Outras Considerações a Respeito do Sistema de Aeração	20
2.5. RETORNO DE LODO	22
3. <u>MONTAGENS, INSTALAÇÕES E ADAPTAÇÕES DO SISTEMA DE TRATAMENTO</u>	23
3.1. VALO DE OXIDAÇÃO	23
3.1.1. Ponto de Alimentação	23
3.1.2. Saída do Efluente do Valo de Oxidação	26
3.2. DECANTADOR	27

	PÁG
3.3. SISTEMA DE AERAÇÃO	27
3.4. DESCARTE DE LODO	29
4. <u>ESQUEMA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE VALO DE OXIDAÇÃO COM AERAÇÃO MODIFICADA</u>	30
5. <u>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO</u>	32
5.1. TAXA DE APLICAÇÃO ORGÂNICA NO VALO	32
5.2. TAXA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO DECANTADOR SECUNDÁRIO	32
5.3. OXIGÊNIO NECESSÁRIO	32
5.4. AJUSTE DA TAXA DE RECIRCULAÇÃO DO LODO	34
5.5. DESCARTE DE LODO	34
6. <u>TESTES DE EFICIÊNCIA DO AERADOR</u>	37
6.1. DETERMINAÇÕES DA VAZÃO DE RECIRCULAÇÃO DA BOM BA E DA VAZÃO DE AR ADMITIDA PELO SISTEMA.....	40
6.2. DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO AERADOR. MATERIAL E MÉTODOS	42
6.3. RESULTADOS DOS TESTES DE EFICIÊNCIA DO AERADOR..	44
7. <u>MEDIDA DE VELOCIDADE DO LÍQUIDO NO VALO</u>	49
7.1. MATERIAL E MÉTODOS	49
7.2. RESULTADOS DAS MEDIDAS DAS VELOCIDADES DO LÍ QUIDO NO VALO	51
8. <u>ENSAIO REALIZADO NO VALO PARA OBTENÇÃO DE PARÂMETROS DE TRATAMENTO DE ESGOTO E ESTUDO DO SISTEMA DE AERAÇÃO</u>	52

	PÁG
9. <u>DISCUSSÃO</u>	62
10. <u>CONCLUSÕES</u>	66
11. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	67



1. INTRODUÇÃO

No tratamento de águas residuárias de pequenas populações, o processo de valos de oxidação tem sido bastante empregado em nosso país, por se constituir num sistema de tratamento eficiente quanto a qualidade do efluente obtido, além de se apresentar como uma solução simples e econômica. Esse sistema foi desenvolvido por Pasveer, na Holanda em 1956, e é baseado essencialmente nos princípios básicos de aeração prolongada. Desde então, esse processo tem sido estudado, e atenção especial é dada ao sistema de aeração, procurando tornar o processo cada vez mais econômico e de fácil aplicação.

Entre os sistemas de aeração empregados destacam-se os aeradores mecânicos de superfície de eixo horizontal (tipo escova) e os de eixo vertical que também tem sido utilizados em valos de oxidação, no caso destes serem muito profundos.

O estudo aqui apresentado é uma tentativa de tornar esse processo mais econômico, substituindo estes aeradores mecânicos de superfície, que são caros e recomendam muita manutenção, por um sistema de aeração composto de bomba centrífuga e sistema de sucção de ar acoplado à linha de recalque e determinar as condições de operação do processo adequadas ao nosso clima, de modo a evitar o superdimensionamento dos sistemas de aeração prolongada que se vem verificando no país.

Para avaliar sua eficiência de aeração e viabilidade econômica, esse sistema será testado, utilizando-se uma lagoa de 108 m³ e 1,5 m de profundidade, existente na Estação de Tratamento Experimental do Caxingui efetuando-se as devidas modificações necessárias para adaptação do sistema.

2. CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROCESSO DE VALO DE OXIDAÇÃO

Os valos de oxidação funcionam essencialmente como os sistemas de aeração prolongada e seguem os mesmos princípios de projeto e operação que estes. O valo serve como um reator de aeração e o circuito contínuo acarreta um excelente sistema de mistura completa. Apresenta também vantagens por ser de simples escavação e construção econômica. Neste sistema, o esgoto bruto, após passar por gradeamento e caixa de areia entra para um valo de pouca profundidade onde o sistema de aeração mantém o líquido agitado e aerado. A profundidade do tanque é em geral de 1,0 m a 1,5 m e pode ser construído em alvenaria ou outro material que seja impermeável à água. Após o valo, pode haver um decantador secundário do qual o lodo decantado retorna para o valo e/ou é enviado para um leito de secagem, enquanto o sobrenadante clarificado é descartado. Em alguns casos, o próprio valo pode servir como decantador, interrompendo-se a aeração. A decantação secundária pode também ser realizada em compartimento adequadamente construído dentro do próprio valo⁽¹⁾.

CETESB - COM. DE RECURSOS E SUPERVISÃO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

2.1 TEORIA DO PROCESSO DE AERAÇÃO PROLONGADA.

No processo de aeração prolongada, o material orgânico é biodegradado e é removido do sistema juntamente com a massa celular, através de decantação.

A estabilização do material orgânico ocorre em duas fases. Numa primeira etapa uma porção do material orgânico é oxidado liberando energia que é utilizada na formação do material celular através do material orgânico remanescente. Numa segunda fase, a de respiração endógena, as novas células formadas sofrem auto-oxidação produzindo CO_2 , H_2O e material biologicamente inerte⁽²⁾.

O grau de auto-oxidação atingido depende da quantidade de alimento disponível e do tempo que os microrganismos tem para metabolizar o material orgânico. Assim, se existe alimento em excesso, ou seja, a relação alimento/microrganismos é alta, a fase endógena praticamente não existe. Se ao contrário, existe escassez de alimento com a relação alimento/microrganismos baixa, a fase endógena predomina e a produção de lodo biológico é mínima.

Então é a relação alimento/microrganismos, ou seja, a relação entre a síntese e a respiração endógena, que distingue entre os vários tipos de processo biológico aeróbio, sendo que o mecanismo básico permanece o mesmo.

No sistema de lodo ativado de alta taxa (taxa de aplicação volumétrica de 1,6 g DBO/l.dia) a quantidade de lodo produzida é alta e seu consumo é pequeno. No sistema convencional de lodo ativado (0,6 a 0,8g DBO/l.dia) ocorre um equilíbrio entre o crescimento celular e seu consumo. No processo de aeração prolongada (0,2 a 0,5 g DBO/l.dia) o lodo produzido é mínimo e seu consumo teoricamente é total. Todo o

material celular produzido na primeira fase sofre auto-oxidação, permanecendo no sistema apenas os sólidos inertes. Isto não acontece na prática pois o tempo requerido para a oxidação total seria muito grande ⁽²⁾. Essa pequena quantidade de lodo produzida é bastante estável.

No sistema de valo de oxidação, a aeração prolongada é efetuada mantendo-se baixa carga orgânica da alimentação, grande quantidade de sólidos em suspensão e alto tempo de detenção. O excesso de lodo gerado é bastante estável, além de ser produzido em pequena quantidade. Devido a essas características, esse lodo pode ser encaminhado a secagem ou destino final sem necessidade de prévia estabilização ⁽³⁾.

Processando-se um valo de oxidação com esgoto doméstico de concentração de matéria orgânica alimentada entre 200 e 250 mg/l de DBO e tempo de detenção hidráulico de 24 hs, que é o normalmente empregado, obtêm-se um efluente com 20 a 25 mg/l de DBO ⁽²⁾.

2.2. O VALO

A forma do valo é em geral oval e alongada, com secção transversal trapezoidal, como indica a figura 1, podendo ter outras formas, inclusive circular. O importante é que forme um circuito fechado. A profundidade atinge entre 0,9 m e 1,5 m sendo por isso um sistema de escavação fácil e econômico.

O valo deve ser preferencialmente recoberto de concreto ou outro material como asfalto, madeira, etc., para evitar problemas de erosão.

2.2.1. Variações da Forma do Valo

Variações da forma do valo foram desenvolvidas na Holanda e tem sido utilizadas na Europa desde 1968 ⁽⁴⁾ tendo sido designadas como tanque de aeração do processo "Carrousel". O sistema "Carrousel" aplica as vantagens dos conceitos de mistura completa e fluxo tubular a valos de oxidação de grande porte. A largura e profundidade do canal na secção do aerador, são aumentadas para se adequarem ao sistema de aeração, que consiste de um aerador mecânico convencional de eixo vertical. A figura 2 mostra alguns esquemas do sistema "Carrousel".

2.2.2. Dimensionamento dos Valos

A dimensão dos valos de oxidação variam em função do seu volume, da sua forma em planta e da secção transversal escolhida.

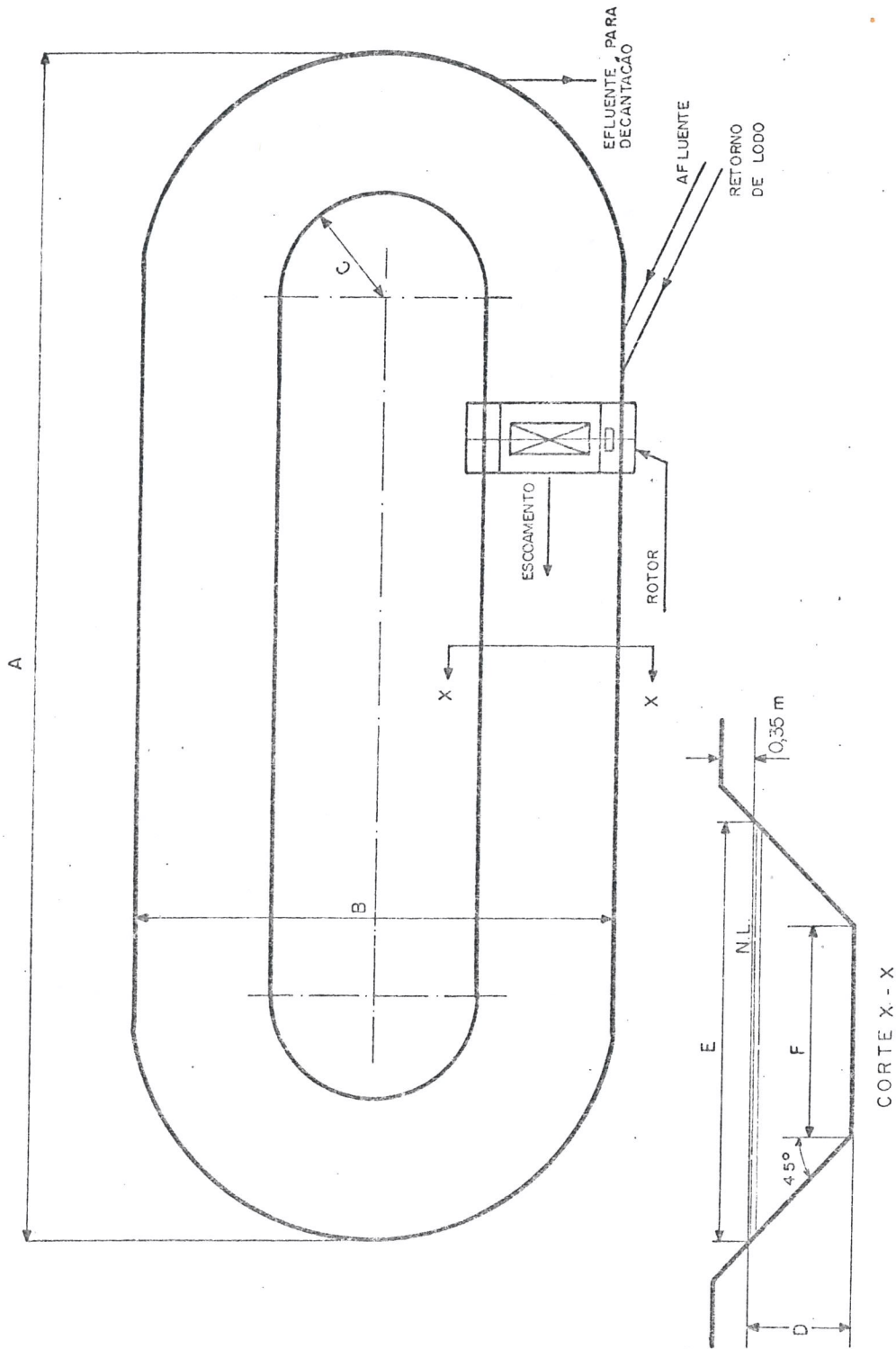


FIGURA 1 - DIMENSÕES DE UM VALO DE OXIDAÇÃO (ESQUEMÁTICO), RELATIVAS À TABELA 2.

7.

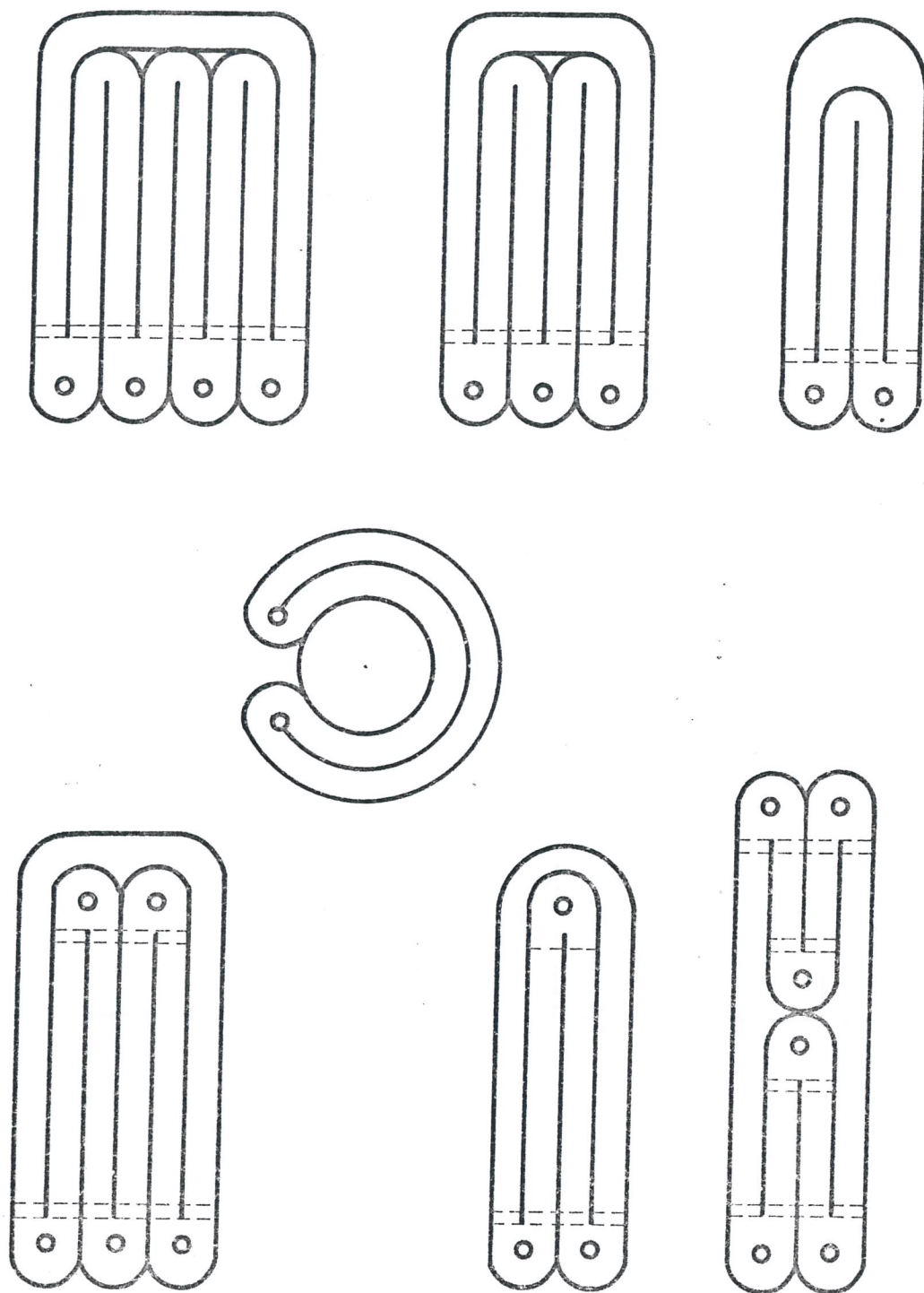


FIGURA 2: CONFIGURAÇÕES DE TANQUES DO SISTEMA "CARROUSEL" (4)

As cargas geralmente adotadas no tratamento de esgoto do m_éstico s_ão dadas na tabela 1⁽¹⁾. A efici_ência de remo_ço_ão de DBO atinge em geral 95 a 98%. Para estas cargas, o tempo de dete_nç_ão para esgotos dom_ésticos, vai variar de 0,7 a 1,5 dias. A carga org_ânica aplicada por unidade de lodo é um me_lhor par_âmetro para ser usado do que a carga volum_étrica ou tempo de dete_nç_ão.

TABELA 1 - Fatores de carga recomendados para sistemas de aera_ço_ão prolongada⁽¹⁾

Processo de aera _ç o _ã o prolongada	Clima Temperado	Clima Quente
1. Carga Org _â nica (kg DBO/kg SSTA.dia) [*]	0,05-0,10	0,10-0,15
2. Carga Org _â nica (kg DBO/kg SSVTA.dia) ^{**}	0,10-0,20	0,2-0,3
3. Carga Volum _é trica (kg DBO/100 m ³ de volume de aera _ç o _ã o.dia)	20-40	40-60

* Admitindo SSTA de 4000mg/l

** Admitindo SSVTA como 50% do SSTA

A carga orgânica aplicada para tratamento de esgoto doméstico, em sistemas contendo decantador secundário à parte, tem sido de 0,05. Essa carga orgânica ou fator de carga aplicado ao lodo é definido como a massa de substrato aplicada por unidade de massa de microrganismos num determinado período de tempo

$$\frac{F}{M} = \frac{Q_o S_o}{X V}$$

onde

$$\frac{F}{M} = \text{fator de carga aplicado ao lodo} \frac{\text{kg DBO}}{\text{kgSSVTA} \cdot \text{dia}}$$

$$Q_o = \text{vazão de alimentação (m}^3/\text{dia)}$$

$$S_o = \text{concentração da DBO na alimentação (kg/m}^3\text{)}$$

$$X = \text{concentração de sólidos suspensos voláteis no tanque de aeração (kg/m}^3\text{)}$$

$$V = \text{volume do tanque (m}^3\text{)}$$

A concentração dos sólidos suspensos no tanque de aeração varia entre 3 e 6 kg/m³ sendo usual trabalhar-se com 4 kg/m³.

Este dimensionamento tem sido empregado para esgotos de baixa concentração orgânica desde 0,16 g/l de DBO até concentrações orgânicas altas de esgotos industriais de 0,64 g/l de DBO⁽⁵⁾.

Quando se trata de valos de oxidação pequenos, outras bases de dimensionamento devem ser adotadas, devido a alta velocidade do fluxo que se atinge. Estas altas velocidades podem causar problemas indesejáveis de ordem econômica devido às operações suplementares que se fazem necessárias.

Para estes casos de valos de pequeno porte com até $220 \text{ m}^3/\text{d}$ (ou $160 \text{ kg DBO}/\text{dia}$) foi construída uma tabela baseada no estudo de uma série de valos pequenos em operação e o cômputo dos resultados está mostrado na tabela 2 e na figura 1⁽⁵⁾.

Nesta tabela encontram-se sugeridas as dimensões do valo em função da carga de DBO aplicada diariamente ao sistema. Os valores foram obtidos para uma concentração de sólidos em suspensão no tanque de aeração (SSTA) da ordem de $4 \text{ kg}/\text{m}^3$.

TABELA 2 - Dimensões usuais para valos de oxidação

Carga Orgânica (lg DBO/dia)	Dimensões do Valo (m) ¹						Rotor ²		
	A	B	C	D	E	F	Comprimento (m)	Velocidade (r.p.m)	Potência (h.p.)
11,6	15,2	8,5	1,8	0,9	2,7	0,9	0,9	65 a	1,5
15,4	20,7	8,5	1,8	0,9	2,7	0,9	0,9	75 a	1,5
19,2	26,2	8,5	1,8	0,9	2,7	0,9	0,9	75 b	2,0
23,2	32,0	8,5	1,8	0,9	2,7	0,9	0,9	70	2,0
27,0	28,7	9,8	2,1	1,1	3,0	0,9	0,9	75	3,0
30,9	32,9	9,8	2,1	1,1	3,0	0,9	0,9	80	3,0
34,6	32,3	10,4	2,1	1,1	3,4	1,2	1,2	74	3,0
38,6	36,0	10,4	2,1	1,1	3,4	1,2	1,2	78	3,0
46,3	42,7	11,0	2,4	1,1	3,4	1,2	1,2	86	5,0
54,0	32,6	12,8	2,4	1,2	4,3	1,8	1,5	80	5,0
61,7	37,5	12,8	2,4	1,2	4,3	1,8	1,5	89	5,0
69,5	38,7	13,4	2,4	1,2	4,6	2,1	1,8	86	7,5
77,2	39,9	13,4	2,4	1,4	4,6	1,8	1,8	90	7,5
84,9	36,9	14,6	2,4	1,4	5,2	2,4	2,1	88	7,5
95,3	37,5	15,2	2,4	1,4	5,5	2,7	2,4	86	7,5
103,5	40,8	15,2	2,4	1,4	5,5	2,7	2,4	89	7,5
110,3	40,8	15,8	2,4	1,4	5,8	3,0	2,7	88	10,0
119,9	43,9	15,8	2,4	1,4	5,8	3,0	2,7	91	10,0
128,0	43,9	16,5	2,4	1,4	6,1	3,4	3,0	89	10,0
136,2	46,6	16,5	2,4	1,4	6,1	3,4	3,0	91	10,0
144,4	44,2	17,7	2,4	1,4	6,7	4,0	3,4	90	10,0
152,5	44,2	18,3	2,4	1,4	7,0	4,3	3,7	89	15,0
160,7	46,3	18,3	2,4	1,4	7,0	4,3	3,7	90	15,0

1. As dimensões são indicadas na Figura 1
2. Todos os rotores são de 0,70 m de diâmetro, operando com imersão de 0,15 m exceto (a), com 0,10 m e (b), com 0,12 m.

2.3. TANQUE DE SEDIMENTAÇÃO

Os valos de oxidação operam como um sistema fechado e os sólidos formados devem permanecer no processo. A operação deve ser tal que favoreça a formação de flocos de boa sedimentabilidade, possibilitando a separação dos sólidos do líquido para retorná-los ao tanque de aeração.

A alimentação deve ser introduzida logo antes do ponto de aeração, e a saída do líquido do tanque de aeração para o decantador deve estar na extremidade oposta à alimentação e aeração, propiciando circuitos longos para o líquido que está sendo introduzido no sistema. A jusante do ponto de aeração tem-se uma zona de turbulência e logo após uma zona de menor movimento onde pode-se observar os flocos do lodo, quando este é de boa qualidade.

Em geral, os problemas de má qualidade do efluente no sistema de valo de oxidação são devidos a operação e projetos inadequados do tanque de sedimentação. Isso porque a maior parte da DBO do efluente é causada pela perda de sólidos suspensos nesse tanque. Essa perda pode ser aumentada pelas más características de decantação dos sólidos. Um lodo com boas características de sedimentação apresenta Índice Volumétrico de Lodo (IVL) entre 70 e 100 ml/g. Quando o oxigênio dissolvido no tanque de aeração é menor que 0,5 mg/l, organismos filamentosos tendem a florescer, gerando a condição de "intumescimento do lodo". O IVL aumenta e os sólidos tendem a ser carregados pelo efluente, aumentando a DBO. O aumento da aeração ou a redução da carga em DBO pode recuperar o sistema, e favorecer o crescimento de bactérias formadoras de flocos⁽¹⁾.

Por estas razões o tanque de sedimentação deve ser considerado como parte integral do sistema. Deve ser dimensionado para efetuar uma boa separação dos sólidos do líquido prove

niente do tanque de aeração e propiciar o retorno dos sólidos sedimentados ao tanque de aeração.

2.3.1. Dimensionamento do Tanque de Sedimentação

A taxa de escoamento superficial para dimensionamento de tanques de sedimentação de processo de lodos ativados tem variado de 12 a 41 m³/m².dia, existindo exemplos de sistemas que operam nos limites dessa faixa sem dificuldades de produzir efluente de boa qualidade (6). No entanto deve-se considerar as características gerais de operação e a velocidade de decantação em cada caso.

O dimensionamento do tanque de sedimentação dos valos de oxidação tem sido baseado no seguinte valor médio para a taxa de escoamento superficial (5)

$$25 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$$

Um tempo de detenção de 3 horas é necessário para manter a alta concentração de sólidos proveniente do valo no tanque de sedimentação.

Como normalmente o processo não possui decantador primário, é recomendável que o tanque de sedimentação contenha um removedor de espuma. Esta deve ser retornada ao tanque de aeração diariamente e quando estiver em excesso no valo deve ser removida do processo.

2.4. SISTEMA DE AERAÇÃO

A maioria dos valos de oxidação tem a secção transversal em forma de trapézio relativamente pouco profunda, formando um circuito fechado. O valo funciona como um reator de aeração.

O líquido percorre o circuito fechado impulsionado através de aerador mecânico ou de bombeamento dispostos em um ou mais pontos do reator.

A função dos sistemas de aeração nos valos é (5):

- a) suprir a energia necessária para produzir mistura completa no conteúdo do valo
- b) fornecer o oxigênio necessário para a atividade biológica.

Os sistemas de aeração mais usados em valos de oxidação são os aeradores mecânicos de superfície tipo escova (ou de eixo vertical para valos mais profundos) e os ejetores de ar difuso (6).

Estes sistemas, além de aerar, bombeiam o líquido que percorre o circuito fechado.

A velocidade do líquido no canal é em geral mantida entre 0,25 e 0,35 m/s (6).

As eficiências de transferência de oxigênio desses aeradores são afetados pelas diversas variáveis do sistema, como por exemplo o projeto do aerador, geometria do tanque, efeitos das paredes laterais do tanque e a relação entre o volume do tanque e o tamanho do aerador.

Alguns testes padrões são executados para se dimensionar adequadamente o sistema de aeração a um determinado projeto de valo. Assim, determina-se a quantidade de oxigênio máxima que pode

ser transferida pelo aerador, que é estabelecida pelos valores de saturação do líquido. Utiliza-se água limpa, elimina-se o oxigênio dissolvido e converte-se os dados obtidos para as condições padrão de 20°C e 760 mm de Hg. Estes testes são descritos no item "Testes de Eficiência do Aerador", pág. 37.

2.4.1. Aeradores Mecânicos de Superfície

Estes aeradores podem ser classificados em três tipos⁽⁶⁾:

- . de fluxo radial e baixa velocidade
- . de fluxo axial e alta velocidade
- . rotores horizontais tipo escova

As vantagens e desvantagens de cada um dependem de sua aplicação.

Esses aeradores em geral se adaptam bem a várias geometrias de tanques e particularmente favorecem grandes tanques onde se pode usar sistemas de aeração de alta potência.

Os aeradores mecânicos de superfície fornecem aeração pontual. A oxigenação da água se passa na vizinhança do aerador. O fluído, partindo do aerador no sentido radial, tem sua velocidade diminuída a medida que se distancia do mesmo. O oxigênio dissolvido do fluído é máximo nas proximidades logo após o aerador, onde a turbulência é máxima, diminuindo gradativamente através do circuito até atingir novamente o aerador.

Os aeradores de fluxo radial e baixa velocidade apresentam várias configurações, como é mostrado na figura 3. Os aeradores de fluxo axial e alta velocidade tem sido utilizados em lagoas de estabilização, pois se aplicados a lodos ativados, ocasionam problemas de ruptura dos flocos dificultando sua sedimentação.

Nos valos mais profundos do sistema "Carrousel" se utilizam aeradores mecânicos de eixo vertical (fluxo axial e alta velocidade).

Em valos de oxidação normais, os aeradores mecânicos mais usados são os rotores horizontais tipo escova, mostrado na figura 4. O mais comum é o tipo gaiola, constituído de 12 barras horizontais de aço onde se encontram pás de 5 a 15 cm de largura distanciadas de 5 cm, tendo 0,70 m de diâmetro operando com imersão de 6 a 25 cm (7).

O rotor é colocado no sentido transversal do valo, no plano horizontal à superfície do líquido formando um ângulo reto com a direção do fluxo.

A rotação do rotor deve estar entre 70 e 110 rpm para evitar a sedimentação dos sólidos e o alto consumo de energia elétrica (7).

Para se utilizar aeradores mecânicos de superfície para diversos processos de aeração e vários resíduos, é preciso conhecer sua capacidade de oxigenação e a potência requerida para essa aeração. Com boas condições de rendimento, é possível obter-se 3.090 g de oxigênio produzido por KW (5).

2.4.2. Aeradores de Ar Difuso

Os aeradores de ar difuso são classificados em (6):

Difusores de Bolha

Difusores tubulares

Difusores de jato (ou ejetores de ar difuso)

Nos valos de oxidação são utilizados os ejetores de ar difuso (figura 5).

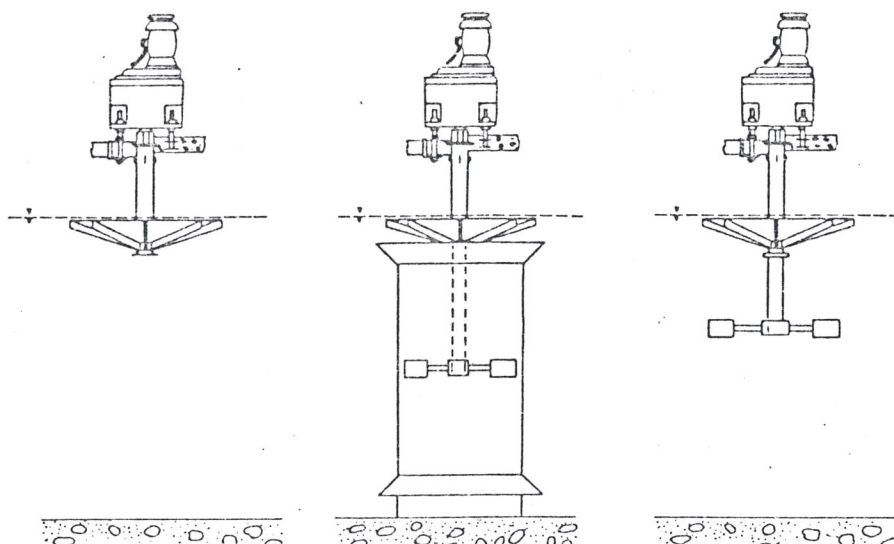


Figura 3 - Aeradores mecânicos de superfície de baixa velocidade⁽⁶⁾.

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

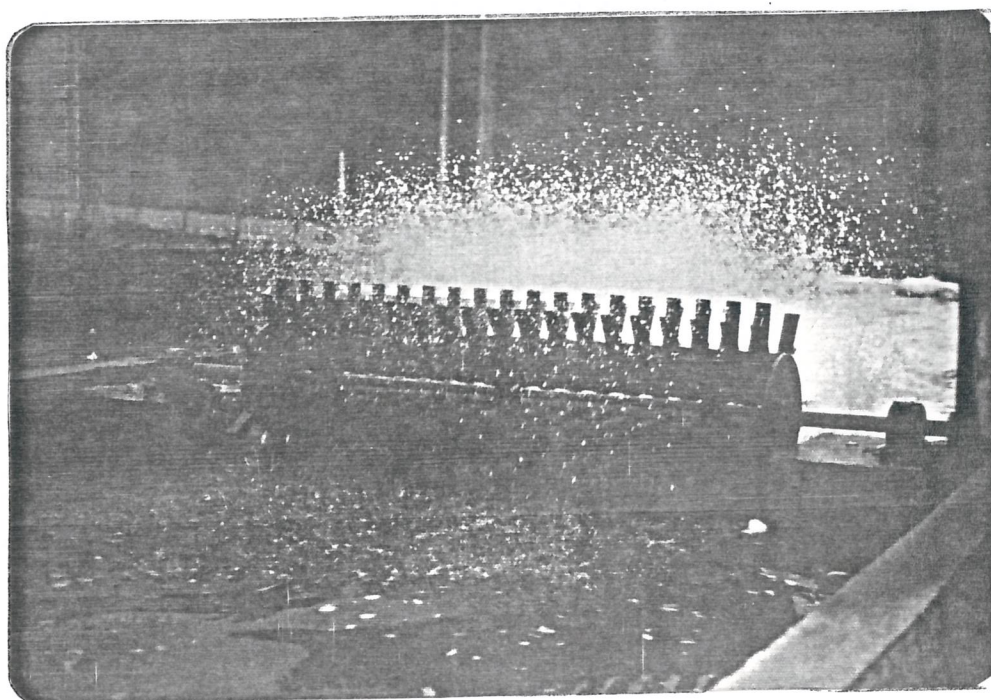


Figura 4 - Aerador mecânico de superfície: rotor tipo escova, utilizado em valos de oxidação.

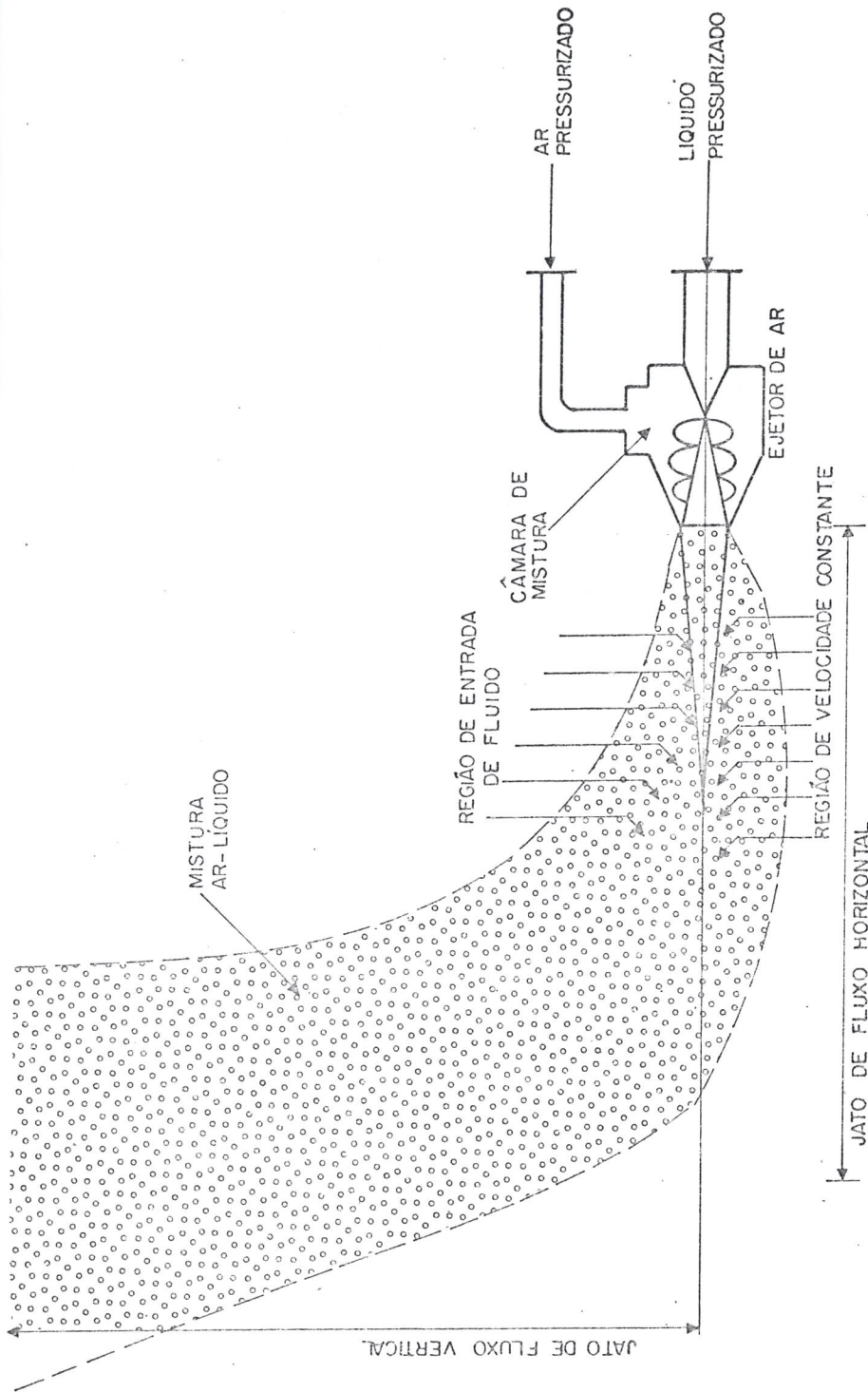


FIGURA 5 : EJETOR DE AR DIFUSO

Nesses sistemas o oxigênio é transferido ao mesmo tempo que se formam as bolhas depois que as bolhas deixam o difusor. A grande extensão da transferência ocorre depois que a bolha deixa o difusor, o que é evidenciado pelo aumento linear da eficiência de transferência x profundidade ⁽⁶⁾.

Os fatores que afetam a transferência de oxigênio (% de oxigênio fornecida através do difusor e absorvida pelo líquido) são ⁽⁶⁾:

1. tamanho das bolhas
2. velocidade do ar difuso
3. localização do difusor
4. velocidade do meio ao redor

Bolhas pequenas com grande área interfacial tem melhor eficiência de transferência. A transferência de oxigênio é função da transferência da massa através da interface do líquido. Para um dado volume de ar, um aumento no tamanho da bolha vai diminuir a quantidade de área superficial para a interface gás-líquido. Se o tamanho da bolha é dobrado, então a área interfacial é dividida à metade.

A tensão superficial, também é um fator importante pois tende a quebrar grandes bolhas.

Aumentando a velocidade do ar difuso pode-se tanto aumentar como diminuir a eficiência de transferência de oxigênio, dependendo do tipo de difusor usado. Para sistemas de bolhas finas, um aumento na velocidade do ar além da velocidade normal de operação, diminui a eficiência de transferência. Para um sistema de bolhas grossas, um aumento na velocidade do ar, aumenta a eficiência de transferência de oxigênio, por causa do aumento da quebra de grandes bolhas.

A disposição do difusor e a velocidade do meio ao redor, es
tão relacionados, nesses sistemas e tem efeito na transferên
cia de oxigênio.

Leary et al (6,8), mostraram que a transferência padrão de oxigênio varia entre 3,9 e 17,1 %, dependendo do tipo de sistema de difusão, da sua localização e da geometria do tanque.

Para os ejetores de ar difuso, West e Paulson (6,9), apresentaram dados que indicam que a eficiência do ejetor de ar depende da submergência e de outras considerações físicas. As velocidades de oxigenação dos ejetores variam de 0,4 até mais de 0,8 kg/MJ (1,1 a 2,3 kg O₂ transf/hp.h).

Para a transferência de oxigênio do ar de alimentação aos ejetores foram encontrados valores tão altos quanto 37% (6), sendo usual a faixa entre 10 e 15%.

Para evitar entupimentos do esguicho recomenda-se o trata
mento primário do resíduo ou algum pré-tratamento mais gros
seiro que elimine as fibras e outros materiais que possam prejudicar o funcionamento do ejetor de ar.

2.4.3. Outras Considerações a Respeito do Sistema de Aera ção

Os valos de oxidação podem apresentar problemas de odores
e de espirramento do líquido.

Odores podem ser causados pelo suprimento inadequado de oxi
gênio do sistema de aeração, ou devido a existência de sulfe
tos ou outros compostos voláteis na alimentação. No caso da

existência de compostos voláteis sugere-se que a alimentação seja distribuída por todo o tanque para minimizar a concentração presente no ponto de alimentação ⁽⁶⁾.

Os efeitos de espirramento, causados quando se utiliza aeradores mecânicos de superfície, podem ser minimizados com projetos geométricos bem executados.

2.5. RETORNO DO LODO

Todo o lodo sedimentado no decantador secundário retorna ao valo. A recirculação situa-se em torno de 100% da vazão de entrada e o mecanismo do retorno de lodo deve ser dimensionado para permitir no mínimo 100% do fluxo de alimentação.

O lodo em geral apresenta concentração de sólidos entre 1 e 2% e a vazão de recirculação é calculada em função desta concentração. Se, por exemplo, os sólidos suspensos no tanque de aeração estão por volta de 6000 mg/l e a concentração dos sólidos no retorno está na faixa indicada acima, o retorno de lodo deve estar por volta de 67% da vazão de entrada⁽⁵⁾.

O valo é operado como um sistema fechado e ocorre um pequeno aumento dos sólidos suspensos devido ao crescimento celular. A medida que os sólidos suspensos se acumulam deve-se efetuar sua remoção do processo. Esta remoção deve ser efetuada quando os sólidos suspensos no tanque de aeração atingirem valores tão altos quanto 8000 mg/l ou quando o oxigênio dissolvido, logo a jusante do aerador cair a 0-0,5 mg/l. Este aumento pode ser percebido acompanhando-se o comportamento dos sólidos no tanque de sedimentação. Num período de 1 a 4 semanas, se o retorno de lodo estiver funcionando a contento, percebe-se a subida dos sólidos suspensos no tanque de sedimentação até o nível da saída do efluente⁽⁵⁾.

Para esgotos domésticos não sedimentados, a produção de lodo em excesso varia de 0,6 a 0,75 kg de lodo por kg de DBO removida⁽¹⁾.

3. MONTAGENS, INSTALAÇÕES E ADAPTAÇÕES DO SISTEMA DE TRATAMENTO

3.1. VALO DE OXIDAÇÃO

Um valo de 108 m^3 , com 1,5 m de profundidade e 72 m^2 de área superficial, construído em material de alvenaria, existente na Estação Experimental do Caxingui, serviu para os experimentos do sistema de aeração em estudo (Figura 6).

Este valo, que anteriormente serviu para estudos de sistemas de lagoas de estabilização, teve os locais de alimentação e saída do efluente modificados e essas adaptações são descritas a seguir.

3.1.1. Ponto de Alimentação

Para alimentar o valo com esgoto bruto proveniente da parte mais baixa da estação, onde se localizam o gradeamento e a caixa de areia, instalou-se uma bomba ABS, tipo ROB 850 T. Para controle da vazão de alimentação, foi construída uma caixa em ferro, que recebe o esgoto bombeado. A caixa foi locada acima do valo, logo após o ponto de saída de ar do sistema de aeração. Esta, recebe o esgoto num compartimento que possui duas saídas; uma dirigida para o valo e outra que devolve o esgoto em excesso.

A saída para o valo constitui-se de um ou mais bocais, situados na base de uma das paredes laterais da caixa. A vazão de saída, varia com o diâmetro desses bocais e com a altura da coluna de líquido. Essa altura é controlada, construindo-se uma parede móvel que pode ser fixada na posição desejada. A figura 7 esclarece essa descrição.

INSTITUTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

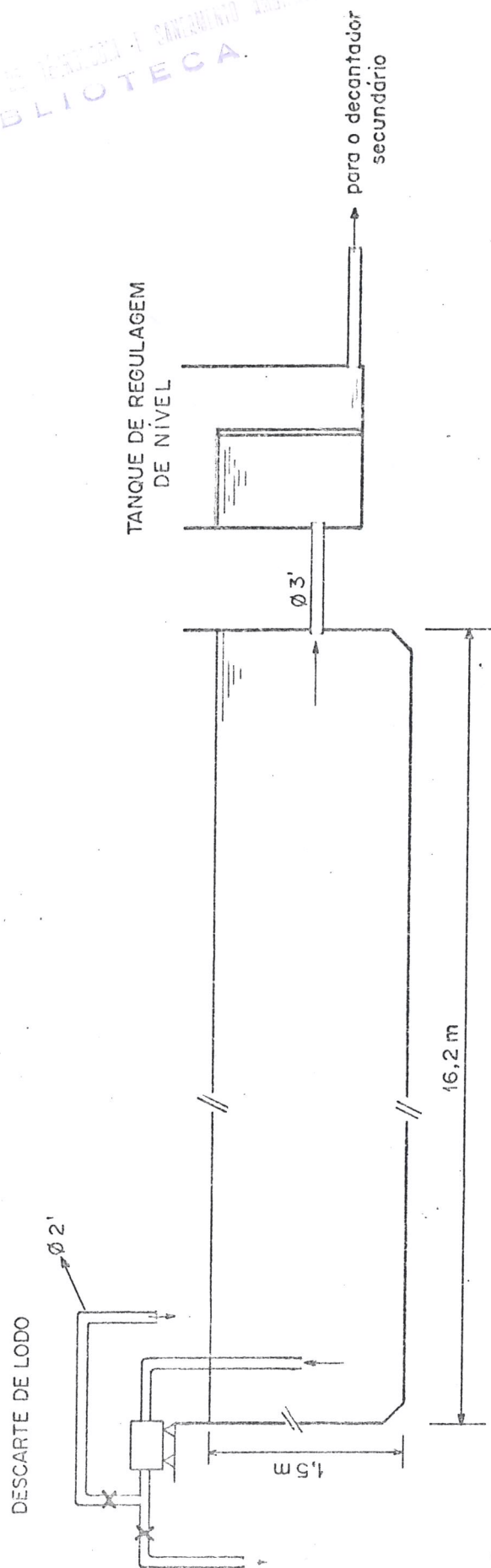


FIGURA 6 - ESQUEMA DO VALO DE OXIDAÇÃO UTILIZADO PARA ESTUDO DO SISTEMA DE AERAÇÃO

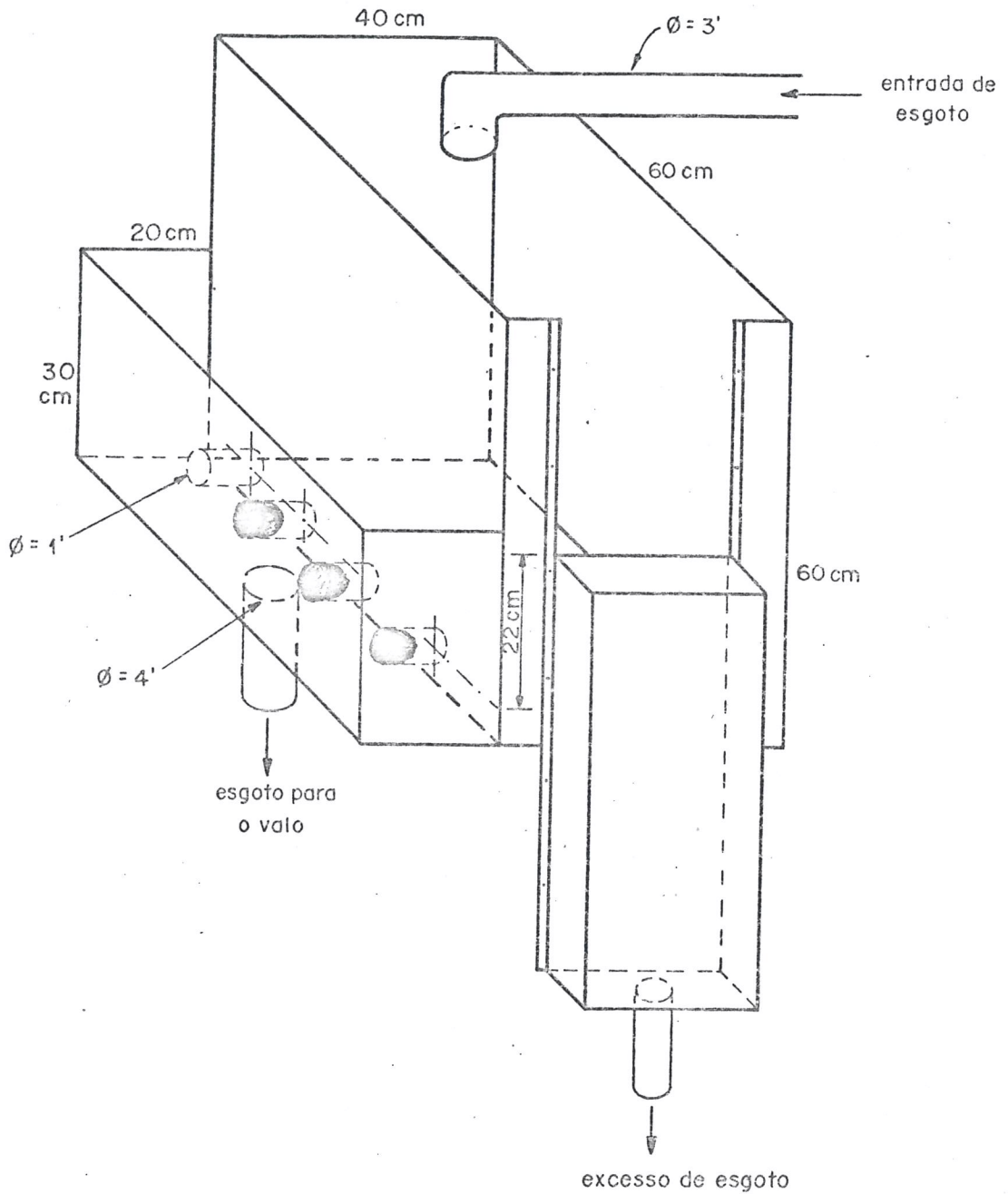


FIGURA 7 - CAIXA UTILIZADA PARA CONTROLE DA VAZÃO DA ALIMENTAÇÃO DO VALO DE OXIDAÇÃO

O cálculo da vazão da saída é efetuado de acordo com a equação abaixo, obtida da expressão do Teorema de Torricelli ($V = \sqrt{2gh}$). O coeficiente de descarga C_d leva em conta a redução da velocidade devido às perdas de carga e à contração da veia líquida quando convergindo por bocais ou orifícios. Na prática C_d varia de 0,61 a 0,98 (10).

$$Q = C_d A \cdot \sqrt{2gh} \quad (1)$$

onde:

$$Q = \text{vazão (m}^3/\text{s)}$$

C_d = coeficiente de descarga

A = área superficial do bocal de saída de líquido (m^2)

g = aceleração da gravidade (m/s)

h = altura da coluna de líquido (m)

3.1.2. Saída do Efluente do Valo de Oxidação.

Foi necessário construir-se um tanque para regulagem do nível de saída de líquido no valo, com saída para o decantador secundário. Esse tanque, mostrado na figura 6, contém uma parede divisória cuja altura controla o nível do líquido. Tentou-se construir esta parede em madeira, que recortada na horizontal, possibilitaria a variação da altura de líquido, de acordo com a altura desta divisória. No entanto, não se conseguiu vedar as arestas desta parede; então, optou-se pela construção em concreto, já que esse sistema de aeração, ao contrário do rotor tipo escova, não exige variação do nível de líquido para controle da eficiência de aeração.

3.2. DECANTADOR

Para utilizar-se o decantador existente na ETE-Caxingui, como decantador secundário desse sistema de tratamento, foi necessário construir-se a canalização, para trazer o efluente do tanque de regulagem do nível de saída do valo ao decantador. Para o retorno de lodo, foi instalada uma bomba FLYGT, modelo CP 3065-150, no fundo do decantador e construída a canalização, com descarga do lodo no mesmo ponto da alimentação. A vazão de recalque obtida foi de 1,42 l/s.

3.3. SISTEMA DE AERAÇÃO

Para aeração do líquido contido no valo, foi instalado o sistema de aeração em estudo, constituído por uma bomba centrífuga e um ejetor para sucção de ar do tipo "Ejetor de Ar Difuso"⁽¹¹⁾. A bomba recalca o líquido do valo e o devolve ao fundo do mesmo, juntamente com ar aspirado através do ejetor. Ao mesmo tempo que o sistema recircula o líquido no valo, introduz ar no sistema.

A profundidade do ponto de saída do líquido misturado com ar e o diâmetro do tubo foram variados, conforme mostram as figuras 8, 9 e 10. A disposição que apresentou melhores resultados (fig.10), foi a escolhida para funcionamento do sistema. A avaliação desses resultados é descrita neste relatório.

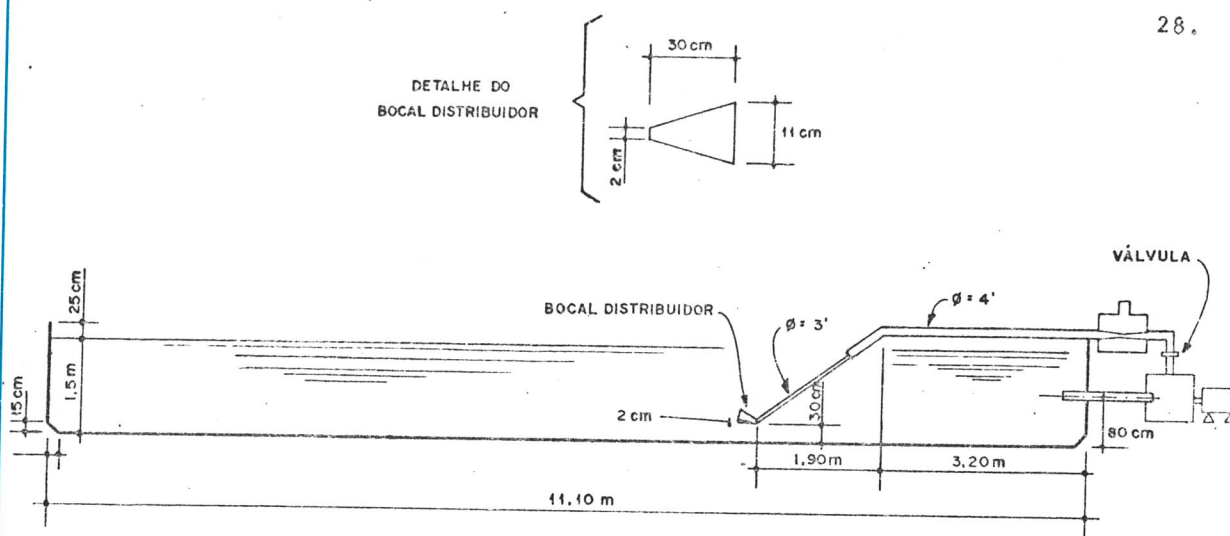


FIGURA 8 - ESQUEMA DA SAÍDA DE AR DO SISTEMA DE AERAÇÃO DO VALO DE OXIDAÇÃO. NESTA CONDIÇÃO FORAM EXECUTADOS OS TESTES 1 e 2

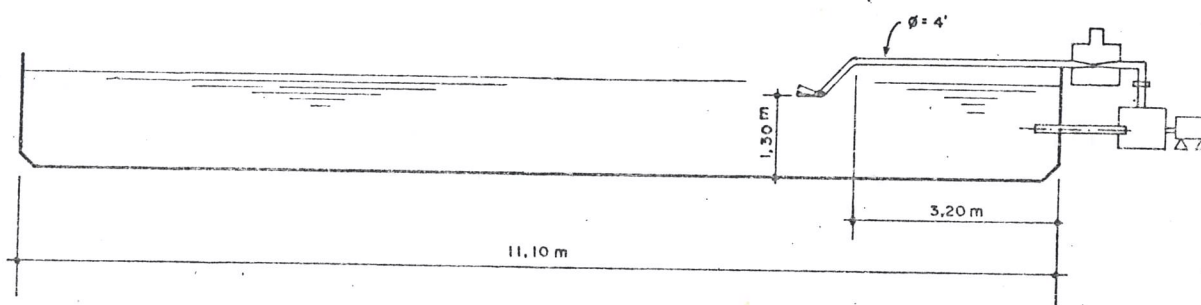


FIGURA 9 - ESQUEMA DA SAÍDA DE AR DO SISTEMA DE AERAÇÃO DO VALO DE OXIDAÇÃO. NESTA CONDIÇÃO FOI EXECUTADO O TESTE 3

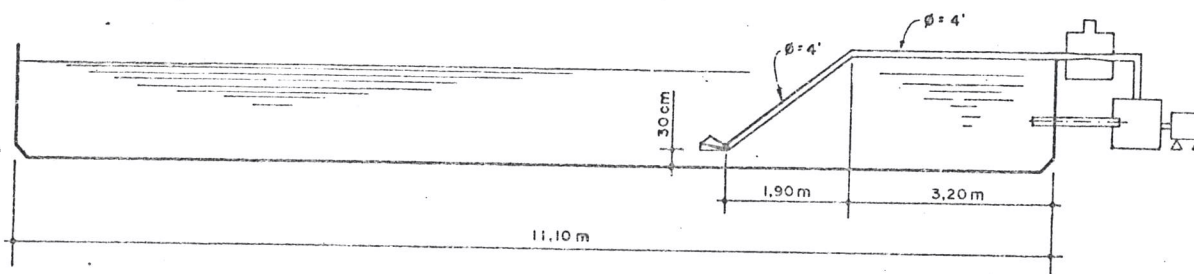


FIGURA 10 - ESQUEMA DA SAÍDA DE AR DO SISTEMA DE AERAÇÃO DO VALO DE OXIDAÇÃO. NESTA CONDIÇÃO FOI EXECUTADO O TESTE 4 E ASSIM PERMANECE O SISTEMA EM APLICAÇÃO COM ESGOTO DOMÉSTICO PARA OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS

Características da Bomba Centrífuga utilizada como sistema de aeração.

Vazão recalçada	310	GPM (70 m ³ /h)
Altura manométrica	25	pés (7,6 mca)
Velocidade	1750	rpm
Corrente	14	ampères
Potência	5	HP
Tensão	220	Volts

3.4. DESCARTE DE LODO

Para descartar o excesso de lodo foi instalada uma bomba centrífuga "Mark", modelo DM 4 de 1 CV e 3500 rpm, no valo de oxidação. Esta bomba retira o líquido com sólidos em suspensão do valo. Parte deste líquido retirado é descartado e o excesso é devolvido ao tanque. A figura 6 mostra o esquema dessa instalação. A regulagem dos registros permite o controle da quantidade de líquido a ser descartado.

4. ESQUEMA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE VALO DE OXIDAÇÃO COM AERAÇÃO MODIFICADA

O conjunto das instalações existentes e adaptadas na ETE-Caxingui para estudo desse sistema de aeração para valo de oxidação, é mostrado esquematicamente na figura 11. O sistema de tratamento constitui-se de:

- . gradeamento
- . caixa de areia e vertedor Parshall
- . bomba de recalque de esgoto afluyente ao valo e caixa de controle de vazão
- . valo de oxidação
- . sistema de aeração
- . decantador secundário

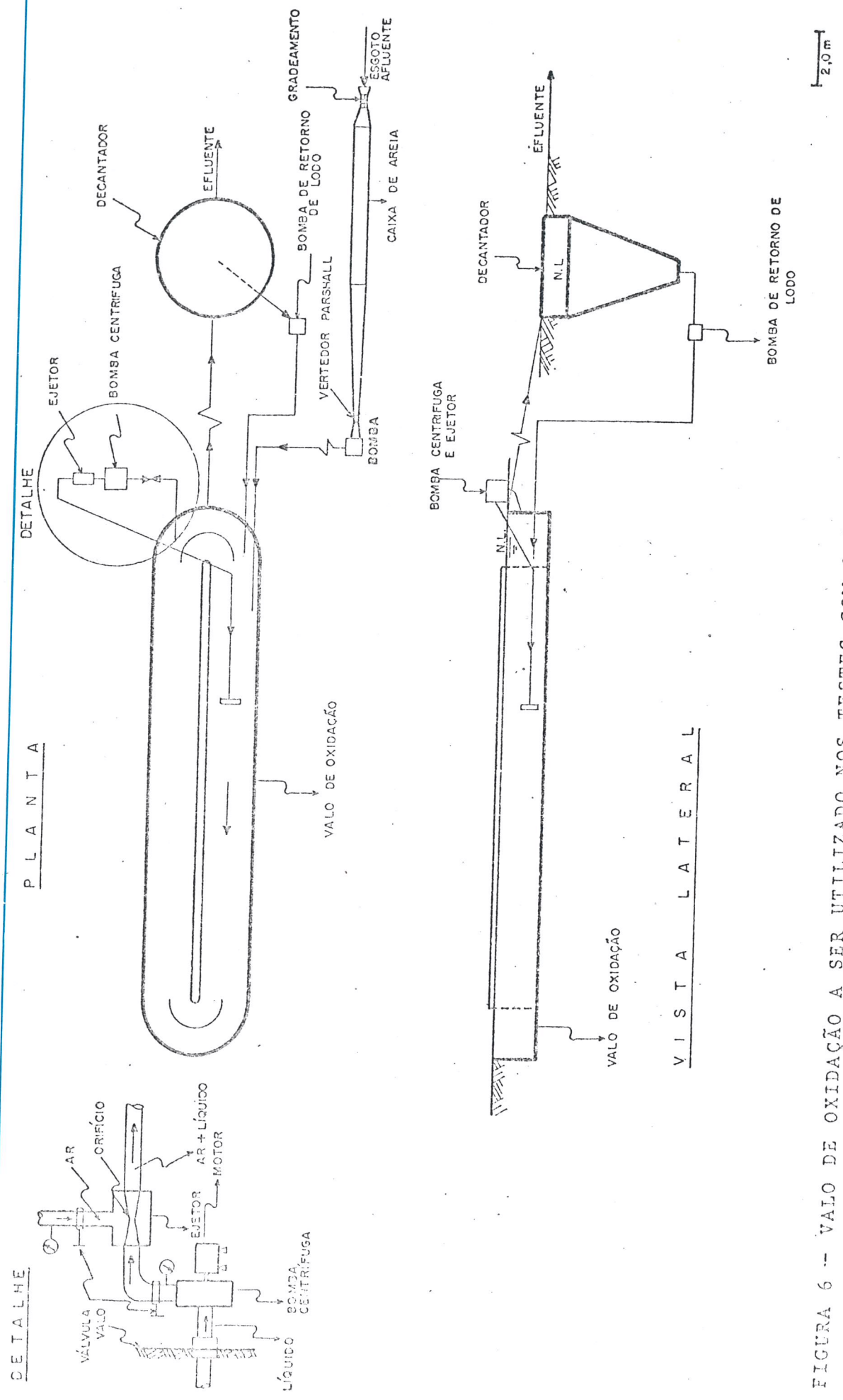


FIGURA 6 -- VALVO DE OXIDACAO A SER UTILIZADO NOS TESTES COM O SISTEMA DE AERACAO MODIFICADO.

5. CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO

5.1. TAXA DE APLICAÇÃO ORGÂNICA NO VALO

Para testar esse sistema de aeração, tem-se um valo e um decantador secundário, de dimensões definidas (figura 11) que será alimentado com esgoto doméstico.

Os dados iniciais do projeto são:

DBO do esgoto afluente (So): 0,23 kg/m³

Volume do valo de oxidação (V) : 108 m³

Profundidade do valo de oxidação (h) : 1,5 m

Fixando-se a taxa de aplicação orgânica (F/M) em 0,05 kg DBO/kg SSTA. dia e o teor de sólidos suspensos (X) necessários como 4,0 kg SSTA/m³, é possível calcular a vazão de esgoto afluente ao valo como segue:

$$\frac{F}{M} = \frac{Q_o \cdot S_o}{V \cdot X}$$

$$Q_o = \frac{F/M \cdot V \cdot X}{S_o}$$

$$Q_o = \frac{0,05 \cdot 108 \cdot 4,0}{0,23}$$

$$Q_o = 93,9 \text{ m}^3/\text{dia}$$

5.2. TAXA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO DECANTADOR SECUNDÁRIO
O decantador secundário disponível para esta operação tem as seguintes dimensões:

Volume do decantador secundário: 59,5 m³

Área superficial do decantador secundário: 25,5 m²

Com a vazão de 93,9 m³/d, a taxa de escoamento superficial no decantador secundário será de 3,7 m³/m². dia, que está fora da faixa normalmente empregada (12 a 41 m³/m²/d). Com a vazão de 282 m³/d (F/M = 0,15) a taxa de escoamento superficial vai a 11 m³/m². d, aproximando-se mais das condições indicadas.

5.3. OXIGÊNIO NECESSÁRIO

O oxigênio é necessário ao processo para degradar o substrato e produzir a energia requerida para a síntese celular e a respiração. Deve ser mantida uma quantidade residual mínima de 0,5 a 2,0 mg/l de OD para prevenir deficiências em oxigênio.

Para a determinação da quantidade de oxigênio necessária ao processo tem sido usada a seguinte relação .

2,5g de O_2 por g de DBO removido

Eckenfelder e O'Connor ⁽⁶⁾ propuseram a seguinte equação para determinação do oxigênio requerido:

$$g O_2 \text{ necessário/d} = (A) (g \text{ DBO remov/d}) + (B)(g \text{ SSTA}) \quad (2)$$

onde A representa a quantidade de oxigênio requerida para a síntese e B é a quantidade de oxigênio requerida para a respiração endógena. (SSTA = sólidos suspensos no tanque de aeração).

Para as constantes A e B, Eckenfelder e O'Connor encontraram os seguintes valores:

$$A = 0,48 \text{ mg } O_2/\text{mg DBO remov.}$$

$$B = 0,08 \text{ mg } O_2/\text{mg sólidos.d}$$

Pode-se calcular então a quantidade de O_2 necessário pela equação acima. Para o sistema em questão tem-se:

$$Q_o = 93,9 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$S_o = 0,23 \text{ kg/m}^3$$

$$93,9 \times 0,23 = 21,6 \text{ kg DBO/d}$$

supondo-se 95% de remoção de DBO tem-se:

$$20,5 \text{ kg DBO remov/dia}$$

Substituindo-se na equação (2) tem-se

$$O_2 \text{ neces} = (0,48 \times 19,4 + 0,08 \times 4 \times 108)$$

$$O_2 \text{ neces} = 43,9 \text{ kg } O_2/\text{d}$$

Utilizando-se a relação $2,5\text{g O}_2/\text{g DBO remov.}$ obtêm-se:

$$\text{O}_2 \text{ nec.} = 51 \text{ kg O}_2/\text{d}$$

5.4. AJUSTE DA TAXA DE RECIRCULAÇÃO DO LODO

O balanço material dos sólidos suspensos em torno do decantador é efetuado, de acordo com as vazões e concentrações indicadas na figura 12, conforme é mostrado abaixo. O descarte de lodo é considerado desprezível.

$$X \cdot (1 + r) \cdot Q_o = X_r \cdot r \cdot Q_o + \frac{Q_d \cdot X_r}{\theta_c}$$

de onde se pode calcular:

$$r = \frac{X}{X_r - X}$$

Este é o cálculo teórico da taxa de recirculação. No tanque de sedimentação pode ocorrer desnitrificação, ocorrendo o aparecimento de sólidos com bolhas de gás no efluente do decantador. Neste caso aumenta-se a taxa de recirculação.

5.5. DESCARTE DE LODO

O descarte de lodo é efetuado de acordo com o tempo de detenção celular, cuja relação com a taxa de aplicação orgânica (F/M) varia com o tipo de resíduo e é função do tempo⁽⁶⁾.

$$\frac{1}{\theta_c} = Y \left(\frac{F}{M} \right) - K_d$$

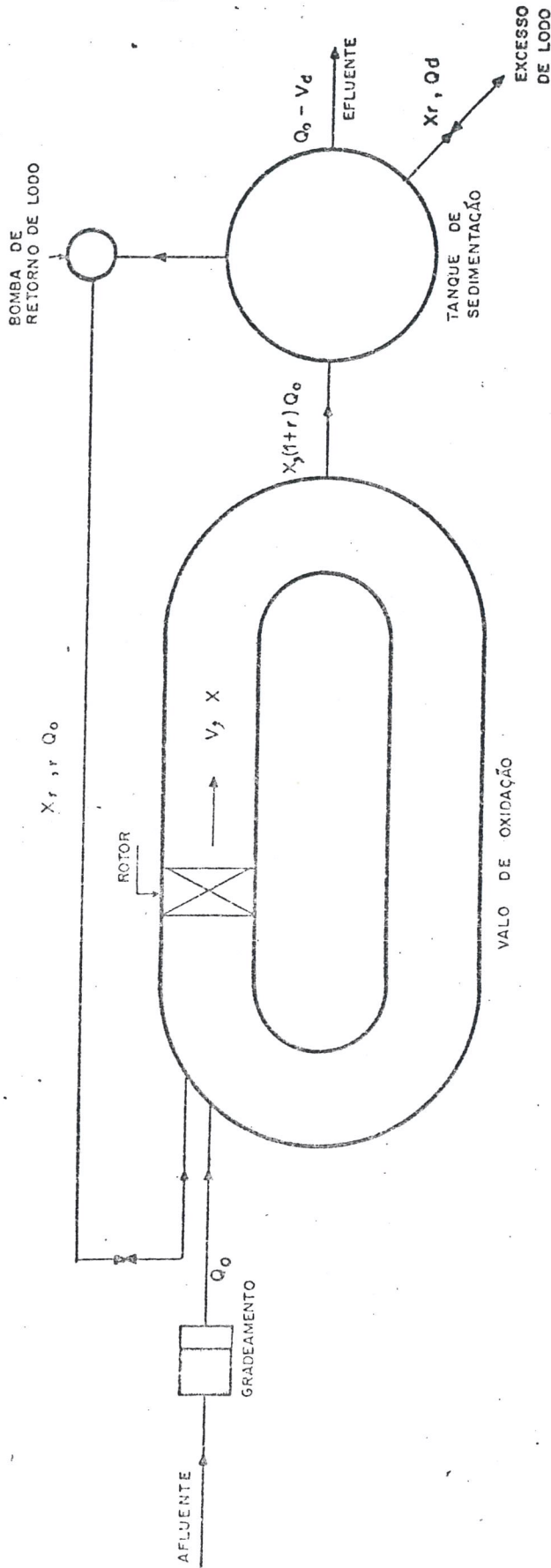


FIGURA 12- ESQUEMA DO SISTEMA DE TRATAMENTO CONSTITUÍDO DE VALO DE OXIDAÇÃO

$$\left(\frac{F}{M}\right)_r = \frac{F}{M} \left(\frac{S_o - S_e}{S_e}\right)$$

onde

θ_c = tempo de detenção celular (dia^{-1})

Y = coeficiente de produção celular $\frac{\text{mg SSVTA prod.}}{\text{mg DBO cons.}}$

K_d = coeficiente de decaimento endógeno (dia^{-1})

S_o = concentração da DBO na alimentação (mg/l)

S_e = concentração da DBO no efluente (mg/l)

Para esgotos domésticos:

Y varia de 0,5 a 0,7 e K_d de 0,04 a 0,1. Essa variação depende do processo de tratamento, da eficiência de remoção de substrato, de θ_c e das características do esgoto.

Por definição, considerando-se desprezíveis os sólidos perdidos com o efluente final:

$$\theta_c = \frac{VX}{Q_d X_r}$$

onde

Q_d = vazão de descarte de lodo (m^3/d)

X_r = concentração de sólidos suspensos voláteis no retorno de lodo (kg/m^3)

Então, a vazão diária de descarte de lodo, é dada por:

$$Q_d = \frac{VX}{\theta_c X_r}$$

Na prática, nos processos de valos de oxidação, o descarte é efetuado periodicamente, como descrito no item 2.5, pág. 22.

6. TESTES DE EFICIÊNCIA DO AERADOR

Para se conhecer a eficiência de um aerador são executados testes no tanque de aeração, nas condições normais de operação utilizando-se água limpa. Determina-se a quantidade de oxigênio que pode ser transferida pelo aerador pelos valores de saturação do líquido, e os valores são corrigidos para as condições padrão.

Como a concentração é função do tempo, então, pode-se escrever (12):

$$\frac{dC}{dt} = K_{La} (C_s - C_t) = K_{La} D_t \quad (3)$$

onde

$\frac{dC}{dt}$ é a velocidade de variação da concentração de oxigênio

K_{La} é o coeficiente de transferência

C_s é a concentração de saturação

C_t é a concentração de oxigênio em qualquer instante t

D_t é o déficit de oxigênio em qualquer instante t

É importante observar que K_{La} depende de muitas variáveis tais como, profundidade do difusor e velocidade do fluxo de ar. Se não ocorrem mudanças nas propriedades do aerador ou no tanque de aeração, o valor de K_{La} é fixo.

O teste consiste em reaerar água limpa desoxigenada, contida no tanque de aeração. A desoxigenação pode ser efetuada adicionando-se sulfito de sódio e um sal de cobalto como catalisador.

Mede-se então o oxigênio dissolvido com o aerador em funcionamento e através de gráficos de déficit de oxigênio em função do tempo em papel semi-log, obtém-se uma linha reta cuja inclinação é igual a K_{La} .

O déficit de oxigênio é a diferença entre a concentração de saturação para a água na temperatura de operação e concentração de OD no instante t .

Integrando-se a equação (3), obtém-se K_{La}

$$\log D_t = \frac{\log C_s}{2,3} - \frac{K_{La}}{2,3} t$$

que é a equação de uma reta.

$-\frac{K_{La}}{2,3}$ é a inclinação da reta (a), então

$$K_{La} = -2,3 a$$

A correção de K_{La} para 20°C pode ser feita usando-se a seguinte equação (12):

$$K_{La} (20^\circ\text{C}) = K_{La} (T) (1,024)^{20-T}$$

A contaminação também afeta a transferência de oxigênio. Ajustes para a qualidade da água podem ser feitos pela determinação experimental deste parâmetro

$$\alpha = \frac{K_{La} \text{ água de teste}}{K_{La} \text{ água pura}}$$

Quando o teste é efetuado com a água contaminada, determina-se em laboratório, o valor de K_{La} com água limpa e com a água contaminada do teste e o valor de α é utilizado no cálculo da transferência de oxigênio.

Desde que K_{La} foi determinado para o sistema, a eficiência de transferência de oxigênio (R) pode ser obtida para o aerador mecânico pelo uso da seguinte equação⁽¹²⁾:

$$R = \frac{K_{La} (20^{\circ}\text{C}) \cdot W \cdot C_s \cdot \frac{1}{\alpha}}{P} \quad (4)$$

onde

R = taxa de transferência de O_2 ($\text{kgO}_2/\text{HP}\cdot\text{h}$)

$K_{La}(20^{\circ}\text{C})$ = coeficiente de transferência de O_2 a 20°C

W = massa de água no sistema (milhão de kg)

C_s = solubilidade de O_2 a 20°C

α = fator de correção devido a contaminação da água.

P = potência efetiva de consumo em HP

6.1. DETERMINAÇÕES DA VAZÃO DE RECIRCULAÇÃO DA BOMBA E DA VAZÃO DE AR ADMITIDA PELO SISTEMA.

Foram instalados dois manômetros na bomba utilizada como sistema de aeração. Para levantamento da curva de vazão em função da pressão de recalque, foi usado o método de cubicagem. Os resultados obtidos são mostrados na tabela 3.

TABELA 3 - Vazão da Bomba em Função da Pressão de Recalque (P_r)

P_r (m.c.a)	Vazão (ℓ/s)
14,5	11,93
15	8,92
16	6,83
17	3,97
18	2,33
19	0

Para determinação da vazão de ar admitida pelo sistema(Q) fez-se o levantamento da pressão exercida pelo fluido na garganta de um tubo convergente-divergente, instalado no tubo de admissão de ar e utilizou-se fórmulas teóricas de escoamento de fluidos compressíveis (13).

Resultado obtido para pressão da bomba = 14,5 m.c.a.∴

Dados:

$$P_o = \text{Pressão de estagnação} = 9514 \text{ kgf/m}^2$$

$$P_g = \text{Pressão na garganta} = 9505 \text{ kgf/m}^2$$

$$A_g = \text{Área da garganta } (\phi = 1/2")$$

$$A_g = 1,26 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\frac{P_g}{P_o} = \frac{9505}{9514} = 0,99905$$

Na tabela de escoamento isoentrópico, $m = 0,05$ (nº de mach)

$$\text{Temperatura ambiente} = 25^{\circ}\text{C} = 298^{\circ}\text{K}$$

$$\text{Fator de compressibilidade} = k = 1,4$$

$$\text{Constante do ar} = 287 \text{ m}^2/\text{s}^2 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$C = \text{velocidade do som} = \sqrt{KRT} = \sqrt{287 \times 1,4 \times 298} = 346 \text{ m/s}$$

$$m = V/C, \text{ portanto}$$

$$V = \text{Velocidade do fluido} = m.C = 0,05 \times 346 = 17,3 \text{ m/s}$$

$$Q = \rho V A_g$$

$$\rho = \rho_o = 0,12 \text{ utm/m}^3 \text{ (densidade do ar)}$$

$$Q = 0,12 \times 17,3 \times 1,26 \times 10^{-4} \text{ utm/seg}$$

$$1 \text{ hora} = 3600 \text{ segundos}$$

$$1 \text{ utm} = 9,8 \text{ kg}$$

$$Q = 0,12 \times 17,3 \times 1,26 \times 10^{-4} \times 3600 \times 9,8$$

$$Q = 9,22 \text{ kg/h}$$

6.2. DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO AERADOR, MATERIAL E MÉTODOS

Os testes de aeração foram executados em três condições diferentes do sistema de aeração e para uma delas variou-se a pressão de recalque da bomba.

Inicialmente, instalou-se o sistema, como é mostrado na figura 8. Executou-se os 2 primeiros testes de aeração, variando-se a pressão de recalque da bomba. O primeiro teste foi executado a 14,5 m.c.a., (condição de maior vazão da bomba) e o segundo teste foi realizado a 16 m.c.a.

Modificou-se então o sistema de aeração para melhorar a eficiência do mesmo, pois observou-se que a quantidade de ar fornecida não seria suficiente para a capacidade do valo de oxidação. O tubo de menor diâmetro existente na saída de ar foi eliminado, e o sistema ficou com a saída de ar mais alta, como mostra a figura 9.

Novo teste foi efetuado e como os resultados não tivessem sido ainda satisfatórios, o sistema foi modificado mais uma vez, colocando-se a saída de ar mais funda mas com tubo de diâmetro maior, como é indicado na figura 10.

O sistema representado na figura 10, foi o que apresentou melhores resultados.

Para remover o oxigênio da água e se proceder a reaeração, eram utilizados 10,4 kg de sulfito de sódio e 90,4 g de cloreto de cobalto para cada teste (108 m³ de água).

O oxigênio dissolvido foi medido pelo método químico de Winckler modificado pela Azida Sódica (14).

Determinação da Potência Consumida

A corrente medida foi de 10 A e a tensão 220 V.

Calculou-se, então, a potência pela equação (4), aplicável a motores trifásicos (11).

$$P = \frac{\sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot y}{1000} \quad (5)$$

onde:

P = potência consumida (HP)

V = tensão (Volts)

I = corrente (Ampères)

y = fator de potência, que varia entre 0,8 e 1 para motores assíncronos. Adotou-se este valor como 0,85.

Obteve-se

$$P = 3,2 \text{ HP}$$

Este valor de potência, utilizado nos cálculos da eficiência de aeração do sistema em estudo, corresponde à potência fornecida ao motor e não aquela transmitida ao líquido. Este resultado é apenas indicativo da potência necessária para o funcionamento de todo o sistema.

6.3. RESULTADOS DOS TESTES DE EFICIÊNCIA DO AERADOR

Tabela 4 - Teste 1

Sistema disposto como na figura 8.

$$P_r = 14,5 \text{ m.c.a}$$

$$T_{\text{água}} = 23,5^{\circ}\text{C}$$

$$C_s = 7,9 \text{ mg/l}$$

Tempo (min)	OD (mg/l)	Déficit OD (mg/l)
0	0	
19	0	
24	0,23	
29	0,37	
34	0,94	6,96
39	1,08	6,82
44	1,70	6,20
49	1,95	5,95
53	2,20	5,70
57	2,37	5,53
61	2,59	5,31
65	2,69	5,21
69	3,10	4,80
73	3,11	4,79
77	3,76	4,14
81	3,88	4,02
85	4,52	3,38
89	4,64	3,26

$$a = - 0,0058$$

$$K_{La_1} = 2,3 \times 60 \times 0,0058$$

$$K_{La_1} = 0,8004 \text{ h}^{-1}$$

$$K_{La_1} (20^\circ\text{C}) = 0,8004 (1,024)^{20-23,5}$$

$$K_{La_1} (20^\circ\text{C}) = 0,7366 \text{ h}^{-1}$$

$$R = \frac{K_{La, (20^\circ\text{C})} \times W \times C_s}{P}$$

$$R_1 = \frac{0,7366 \times 0,108 \times 9,2}{3,2}$$

$$R_1 = 0,23 \text{ kg O}_2/\text{HP.h}$$

$$R_1 = 5,49 \text{ kg O}_2/\text{HP.d}$$

Tabela 5 - Teste 2

Sistema disposto como na figura 8

$$P_r = 16 \text{ m.c.a}$$

$$T_{\text{água}} = 24^{\circ}\text{C}$$

$$C_s = 7,8 \text{ mg/l}$$

Tempo (min)	OD (mg/l)	Déficit OD (mg/l)	
0	0		
10	0		
18	0		
27	0		
35	0		
45	0,39		
55	0,90	6,92	
65	1,46	6,36	
75	1,87	5,95	
80	2,00	5,82	
85	2,31	5,51	
90	2,32	5,50	
95	2,76	5,06	
100	3,03	4,79	r = 0,9905
105	3,03	4,79	
110	3,17	4,65	a = -0,0032
115	3,20	4,62	
120	3,61	4,21	

$$K_{La_2} = 2,3 \times 60 \times 0,0032$$

$$K_{La_2}(20^{\circ}\text{C}) = 0,4366 (1,024)^{20-24}$$

$$K_{La_2}(20^{\circ}\text{C}) = 0,3971 \text{ h}^{-1}$$

$$R = \frac{K_{La}(20^{\circ}\text{C}) \times W \times C_s}{P}$$

$$R_2 = \frac{0,3971 \times 0,108 \times 9,2}{3,2}$$

$$R_2 = 0,12 \text{ kgO}_2/\text{HP.h}$$

$$R_2 = 2,96 \text{ kgO}_2/\text{HP.d}$$

Tabela 6 - Teste 3

Sistema disposto como na figura 9

$$Pr = 14,5 \text{ m.c.a}$$

$$T_{\text{água}} = 23,5^{\circ}\text{C}$$

$$C_s = 7,9 \text{ mg/l}$$

Tempo (min)	OD (mg/l)	Déficit OD (mg/l)	
0	0		
10	0		
25	0		
40	0		
50	1,19	6,71	
55	1,27	6,63	
60	2,20	5,70	
65	1,83	6,07	
70	2,76	5,14	
75	2,81	5,09	
80	3,12	4,78	
85	3,09	4,81	
90	3,46	4,44	
95	3,89	4,01	$r = 0,9597$
100	4,25	3,65	$a = -0,0042$
105	4,39	3,51	
110	4,64	3,26	
115	4,30	3,60	
120	4,64	3,26	
125	4,66	3,24	

$$K_{La_3} = 2,3 \times 60 \times 0,0042$$

$$K_{La_3} = 0,5790$$

$$K_{La_3}(20^{\circ}\text{C}) = 0,5790 (1,024)^{20-23,5}$$

$$K_{La_3}(20^{\circ}\text{C}) = 0,5329 \text{ h}^{-1}$$

$$R = \frac{K_{La}(20^{\circ}\text{C}) \times W \times C_s}{P}$$

$$R_3 = \frac{0,5329 \times 0,108 \times 9,2}{3,2}$$

$$R_3 = 0,16 \text{ kgO}_2/\text{HP.h}$$

$$R_3 = 3,97 \text{ kgO}_2/\text{HP.d}$$

7. MEDIDA DA VELOCIDADE DO LÍQUIDO NO VALO.

7.1. MATERIAL E MÉTODOS

Determinou-se o tempo gasto para um pequeno pedaço de madeira (ou também um pequeno pedaço de caule de aguapê) percorrer de terminadas extensões do valo, sempre em linha reta.

A figura 13, mostra o esquema do valo de oxidação e abaixo estão indicados os tempos gastos para percorrer os percursos medidos e o cálculo das respectivas velocidades.

$$v = \frac{e}{t} \quad (6)$$

onde:

v = velocidade do líquido na superfície do valo de oxidação (m/seg)

e = espaço percorrido (m)

t = tempo (seg)

As medidas foram efetuadas com o sistema de aeração disposto como nas figuras 8, 9 e 10 para os testes de aeração 1, 3 e 4 respectivamente.

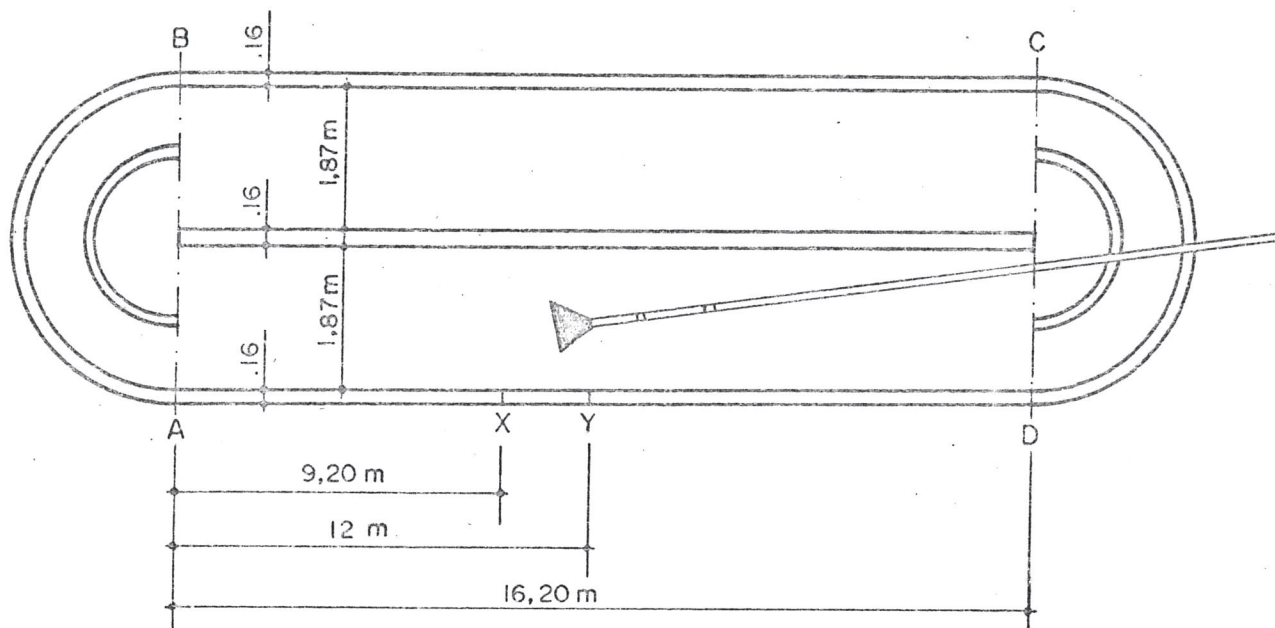


FIGURA 13 - ESQUEMA DO VALO DE OXIDAÇÃO INDICANDO OS PERCURSOS EM QUE FORAM EFETUADAS AS MEDIDAS DE VELOCIDADE DO LÍQUIDO

OBS: Desenho S/Escala

7.2. RESULTADOS DAS MEDIDAS DAS VELOCIDADES DO LÍQUIDO NO VALO

Condição do Teste 1 de Eficiência do Aerador (figura 8)

$$\frac{YA}{t} = \frac{12m}{1'32''} = \frac{12}{92} = 0,13 \text{ m/s}$$

Condição do Teste 3 de Eficiência do Aerador (figura 9) do lado do aerador

$$\frac{DA}{t} = \frac{16,2}{2'50''} = \frac{16,2}{170} = 0,095 \text{ m/s}$$

do lado oposto ao aerador

$$\frac{BC}{t} = \frac{16,2}{5'30''} = \frac{16}{330} = 0,05 \text{ m/s}$$

Condição do Teste 4 de Eficiência do Aerador (figura 10) do lado do aerador:

$$\frac{XA}{t} = \frac{9,20}{40} = 0,23 \text{ m/s}$$

do lado oposto ao aerador

$$\frac{BC}{t} = \frac{16,20}{3'50''} = \frac{16,20}{230} = 0,070 \text{ m/s}$$

8. ENSAIO REALIZADO NO VALO PARA OBTENÇÃO DE PARÂMETROS DE TRATAMENTO DE ESGOTO E ESTUDO DO SISTEMA DE AERAÇÃO

O valo, localizado na ETE-Caxingui, foi enchido com esgoto doméstico bruto em 12/08/82 e aerado durante 12 dias.

O sistema começou a ser operado sem a totalidade dos seus componentes. Sempre houve problemas com as bombas que não eram suficientes nem adequadas e demoravam muito para voltar do conserto. Também havia muita demora na execução de pequenas obras solicitadas. Assim, iniciou-se o ensaio sem completar o sistema.

Durante 10 dias houve formação de espumas em grande quantidade como é mostrado na figura 14. Foi utilizado anti-espumante a base de silicone da Dow Corning - DC Antifoam H-10 (150 ml para 108 m³ de líquido, duas vezes por dia, aproximadamente), que amenizava o problema das espumas.

O valo começou a ser alimentado em 25/08/82. Enquanto havia alimentação, não se observava formação de espumas, mas se por algum motivo de deficiência de equipamentos, a alimentação era interrompida, imediatamente a espuma se formava no valo, atingindo alturas de cerca de 50 cm, em 1 hora aproximadamente.

Foram efetuadas medidas de:

Demanda Bioquímica de Oxigênio Global e Solúvel	(DBO)
Demanda Química de Oxigênio Global e Solúvel	(DQO)
Sólidos em Suspensão Totais	(SS)
Sólidos em Suspensão Voláteis	(SSV)
Nitrogênio Total Kjeldahl	(N _T)
Nitrito	(N _{NO₂})

Nitrato	(N_{NO_3})
Nitrogênio Amoniacal	(N_{NH_3})
Oxigênio Dissolvido	(OD) ³
Substâncias Aniônicas Ativas ao Azul de Metileno (componentes dos detergentes)	(MBAS)
pH	

Os resultados dessas determinações nos respectivos pontos de amostragem são mostradas nas tabelas 8, 9, 10, 11 e 12.

As amostras eram compostas e coletadas de 1 em 1 hora das 8 às 17 horas.

As condições impostas ao sistema foram:

Vazão de Alimentação (Q) = 92 m³/d, com interrupções em alguns dias. De 29/9 a 20/10 a alimentação foi feita com esgoto decantado. Durante 8 dias intercalados (8/9, 16/9, 18/9, 20/9, 22/9, 25/9, 28/9 e 25/10) o valo ficou sem alimentação.

Tempo de Detenção Celular (θ_c), = 5 dias, apenas durante 3 dias. Depois parou-se o descarte de lodo, inicialmente porque a bomba quebrou e quando foi reparada, não foi reiniciado por haver ainda poucos sólidos no sistema.

A vazão de alimentação, controlada pela caixa mostrada na figura 7, foi medida algumas vezes, recebendo-se o volume despejado em 5 seg., em um recipiente de volume conhecido. Os volumes medidos em 5 seg. são mostrados na tabela 13 e com a média desses resultados obteve-se a vazão de alimentação. Calculou-se então o coeficiente de descarga pela equação (1).

Tem-se:

$$h = 0,22 \text{ m} + 0,02 \text{ m}$$



espessura da lâmina vertente

$$D = 2,54 \text{ cm}$$

$$Q = 1,066 \text{ l/seg.}$$

então:

$$C_D = 0,96$$

Não foi possível obter-se um valor de C_D mais preciso, ficando este resultado limitado ao erro contido na medida de vazão.

O retorno de lodo era efetuado com a bomba Flight de que se dispunha, que fornecia vazão aproximadamente constante. Essas vazões eram medidas da mesma maneira que para a vazão de retorno (tabela 13). Essa bomba foi retirada do local algumas vezes para substituir outras que entravam em pane, ficando o sistema alguns períodos sem retorno de lodo e/ou sem alimentação, optando-se, sempre que possível, pela falta de retorno de lodo. Só após 01/11/82 o valo passou a ser operado com alimentação e retorno de lodo constantes. A vazão de recirculação era maior do que 100% da vazão de entrada.

CETESB - CO. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

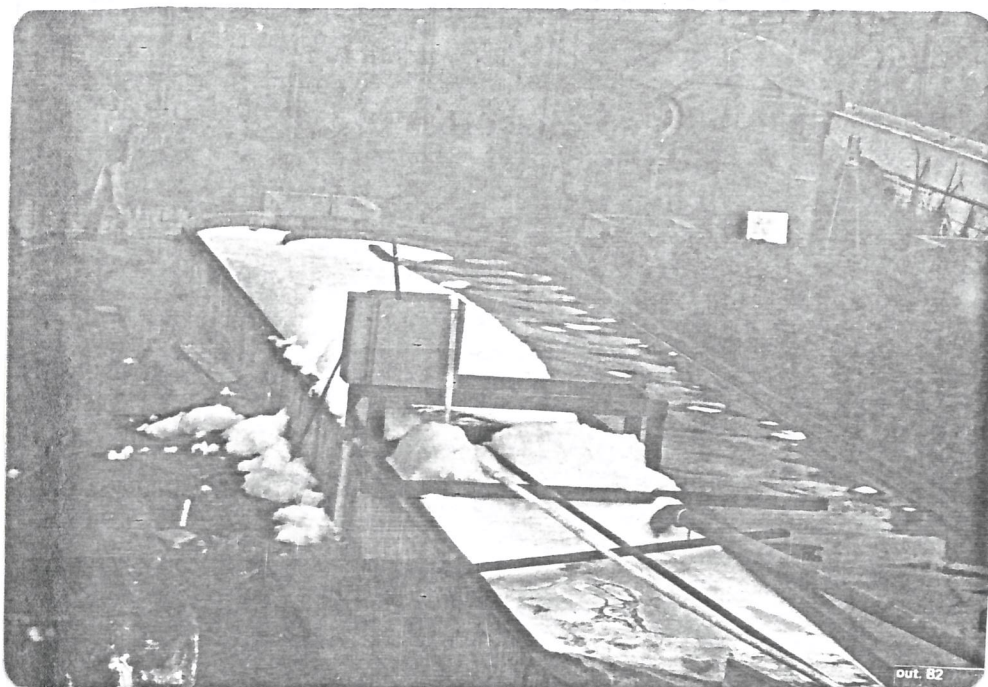


FIGURA 14: Vista do valo de oxidação no início da operação, com esgoto, formando grandes quantidades de es puma.

TABELA 8 - DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS DA ALIMENTAÇÃO

TEMPO DE ENSAIO (dias)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	SS (mg/l)	SSV (mg/l)	PH	N _T (mg/l)	P _T (mg/l)	MBAS (mg/l)
32	307	638						
33	311	494	134			40	11	
42	399	1.170	816			64	20	11,1
47								
48	377	964	604			90	12	14,3
53		635	254	194	6,2			10,1
55	208	375	124	102	6,6	39	12	7,7
60		504	250	192	6,8			10,3
62	156	351	106			26	12	4,7
67								
74		436	130	84	6,7			10,6
76	246	482	128			38	6,5	10,8
82	186	443	100		6,5	44	9,5	16,5
87		674	276		6,7			
89	205	640	236	212	6,3	71	17,5	9,5
96	185	637	268		6,6	52	10,5	7,5
101		912	484		6,4			15,7
103	184	446	152		6,4	35	9,0	15,7
108		489	250		6,4			15,7
110	205	624	240		6,5			7,1
115		376	188		6,5			7,1
117	176	227	130	118	7,1	84	9,5	4,4
MÉDIA DE 47 A 117	212	542	231	150	6,6	51	10,2	10,3

TABELA 9 - DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS DA MISTURA DO TANQUE DE AERAÇÃO

TEMPO DE ENSAIO (dias).	SS (mg/l)	SSV (mg/l)	N NO ₂ (mg/l)	N NO ₃ (mg/l)	PH	MBAS (mg/l)
1	95	88				
4	-	-				8,0
6	15	13				4,1
33	51	46	0,02	0,04		
42	70	63	0,03	0,02		
47	16	16				
48	63	60				
53	84	44				
55	42	-			7,0	
60	58	44			7,0	
62	24	-			7,5	
67	-	-				
74	68	44	0,15	0,17	7,4	
76	24	-	0,02	0,02	7,1	
82	92	-				
87	108	-				
89	24	-	<0,005	0,02	7,1	
96	82	-			6,9	
101	96	-				
103	44	-			6,9	
108	91	-	0,02	<0,02	6,8	
110	116	-			6,8	
115	40	-				
117	20	15	0,05	0,05	6,8	
MÉDIA DE 47 A 117	61	43			6,9	

TABELA 10- DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS DO EFLUENTE DO DECANTADOR SECUNDÁRIO

TEMPO DE ENSAIO (dias)	DBO Global (mg/l)	DBO Sol. (mg/l)	DQO Global (mg/l)	DQO Sol. (mg/l)	SS/SSV (mg/l)	pH	N _T (mg/l)	P _T	MBAS (mg/l)
32	20		98						
33	10		60						
42	19	6	120	69	38		24	4,1	
47	44	27	142	123	21		19	4,6	2,8
48	37	35	136	111	25		20	8	
53			134	84	52/34	7,1			1,7
55	24	25	128	119	46/30	6,9	30	11	1,9
60			129	101	62/40	7,5			1,6
62					10				1,4
67	23	21	137	132	10	7,5	57	11	
74			111	80	40/26	7,3			1,4
76	16	13	90	56	12	5,5	15		2,2
82	26	17	125	98	18	7,0	7,8	8,6	3,4
87			207	123	74	7,2			
89	27	21	223	183	26	6,9	57	14,5	3,1
96	24	20	106	94	34	7,1	26	7,3	2,9
101			123	93	54	7,1			3,4
103					42	6,9	23	6,7	2,9
108			102	83	52	6,9	28	2,8	3,0
110	17	17	114	89	54	7,1			
115			103	86	56	7,0			
117	16	14	52	44	10/4	7,1	43	3,6	1,4
MÉDIA DE 47 A 117	25	21	127	100	37	7,0	31	8,2	2,3

TABELA 11 - DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS DOS SÓLIDOS EM SUSPENSÃO CONTIDOS NO RETORNO DE LODO

TEMPO DE ENSAIO (DIAS)	SS (mg/l)
33	46
42	11
47	27
48	38
53	38
55	20
82	62
87	3.660
89	48
96	30
101	32
103	28
108	57
110	44
115	68
117	16

CETESB - UNIV. DE SÃO PAULO E GOV. DO ESTADO DE SÃO PAULO
BIBLIOTECA

TABELA 12 - DETERMINAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO DIS-
SOLVIDO (OD) NOS PONTOS A, B, C e D DO TANQUE
DE AERAÇÃO, INDICADOS NA FIGURA 13.

(T = ~ 20°C)

DATA	TEMPO DE ENSAIO (DIAS)	OD (mg/l)			
		PONTO A	PONTO B	PONTO C	PONTO D
03/09	22	5,2	4,8	5,0	5,2
03/09	22	5,0*	4,6*	3,6*	4,2*
04/09	23	5,0	5,1	5,1	5,4
09/09	28	5,4	5,0	5,0	5,2
10/09	29	5,0	4,6	4,9	5,1
11/09	30	4,8	4,6	4,7	4,7
13/09	32	4,9	4,3	4,1	4,9
14/09	33	5,3	4,9	4,6	5,0
17/09	36	5,2	5,3	4,2	5,0
21/09	40	4,8	4,2	4,2	4,9
23/09	42	5,0	4,5	4,8	5,1
28/09	47	4,6	4,3	3,8	4,1
02/10	51	4,4	4,0	3,5	3,5
06/10	55	4,6	4,3	4,1	4,4
07/10	56	4,2	3,9	3,1	3,5
11/10	60	4,3	3,9	3,2	4,2
15/10	64	4,0	3,8	3,4	3,5
18/10	67	4,2	3,9	3,5	3,5
10/11	89	3,5	3,8	3,2	3,2
17/11	96	3,2	3,4	2,8	3,3

* Amostras retiradas a 1 m de profundidade. As outras são retiradas a ~ 50 cm

TABELA 13 - VAZÕES DE ALIMENTAÇÃO E DE RETORNO DE LODO, MEDI
 DAS DURANTE O FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO ℓ/5 seg	VAZÃO DE RETORNO DE LODO ℓ/5 seg
	5,5	7,0
	5,6	7,2
	4,8	7,8
	4,9	6,9
	5,1	7,3
	3,7	7,0
	5,4	7,0
	5,5	7,3
	5,4	7,1
	5,5	6,8
	5,8	7,0
	6,0	7,5
	5,4	7,0
	5,8	7,2
	5,6	6,5
		7,0
		6,8
		7,4
		7,8
		7,6
		6,4
MÉDIA	5,3	7,1

9. DISCUSSÃO

Eficiência de transferência de oxigênio

Para avaliar os resultados de eficiência de transferência de oxigênio obtidos, faremos uma comparação com dados de literatura.

Valores de eficiência de transferência de oxigênio (R) relacionados no "Manual of Practice for Water Pollution Control"⁽⁶⁾ indicam R variando entre 1,1 a 1,6 kg O₂/HP.h, tanto para rotores tipo escova como para ejetores de ar difuso.

A determinação da eficiência de transferência de oxigênio de um rotor tipo escova instalado num valo de oxidação em Santa Branca, Vale do Paraíba, para tratamento de resíduos da Cooperativa Central de Laticínios do Estado de São Paulo⁽⁷⁾ forneceu R variando de 0,29 a 0,71 kg O₂/HP.h, dependendo das características do rotor.

Comparando-se esses dados com os resultados obtidos observa-se que os valores de eficiência de transferência de oxigênio desse sistema em estudo estão baixos. O melhor resultado obtido, para o sistema disposto como na figura 10, indica R = 0,27 kg O₂/HP.h.

Esse valor de eficiência de transferência de oxigênio depende de muitas variáveis do sistema de aeração como características físicas e profundidade da saída de ar e depende também da geometria do tanque de aeração.

Das experiências realizadas observou-se que é muito importante a disposição física quando da instalação desse sistema de aeração, para se atingir o melhor rendimento possível de transferência de oxigênio e tornar o sistema eco

nomicamente viável.

No caso desse sistema em estudo, seria necessário substituir a bomba por uma outra com a curva de vazão x altura manométrica mais adequada.

A quantidade de oxigênio necessária ao sistema, foi calculada pela equação proposta por Eckenfelder e O'Connor indicando 1,83 kg O₂/h. Este valor varia de acordo com as constantes A e B determinadas experimentalmente.

Calculou-se também a quantidade de oxigênio necessária pela relação 2,5g O₂/g DBO removida, que indica 2,1 kg O₂ / h.

Nas melhores condições de teste a quantidade de oxigênio fornecida é de 0,86 kg O₂/h.

Velocidade do líquido no valo

Em valos de oxidação, a velocidade do líquido varia de 0,25 a 0,35 m/s e nestes, em geral, o aerador é de superfície.

Para o sistema em estudo, aerado com uma bomba centrífuga cujo jato de ar sai no fundo do valo, a velocidade do líquido na superfície pode ser menor.

As medidas efetuadas indicaram velocidades bem abaixo das referidas. Obteve-se 0,07 m/s na melhor condição de aeração.

Verificou-se também a diferença de velocidade do lado do aerador (0,23 m/s) e do lado oposto ao aerador (0,07 m/s). Esses resultados indicam uma deficiência do aerador com relação a velocidade imposta ao líquido.

Façamos agora uma análise com base nos resultados obtidos com o sistema em funcionamento para tratamento de esgoto doméstico.

Eficiência de remoção de carga orgânica e sólidos em suspensão

Em 178 dias de operação, excetuando-se os 48 primeiros dias, o sistema apresentou 88% de remoção de DBO e 77% de remoção de DQO. A remoção de SS pelo sistema foi de 84% e a de MBAS (agentes tensioativos aniônicos dos detergentes) foi de 78%. Se não houvesse perda de sólidos pelo efluente do decantador secundário, teríamos 90% de remoção de DBO e 82% de remoção de DQO.

No entanto, o sistema não se mostrou eficiente na retenção e crescimento de sólidos, apesar dos bons resultados na remoção de carga orgânica medida por DBO e DQO.

No decantador secundário a perda de sólidos em suspensão era grande. Pelos dados obtidos, não havia decantação pois a concentração de SS no retorno de lodo era praticamente igual a do efluente do decantador secundário (médias de 39 e 37 respectivamente). Apenas uma determinação (08/11/82, amostra 87) apresentou concentração alta de SS (3.660 mg/l).

Observou-se que algumas vezes em que a bomba de retorno de lodo voltava a funcionar, após algum período de pane, a concentração de sólidos aumentava levemente por alguns minutos.

Quando foi possível, mudou-se a entrada de efluente no decantador, para evitar a turbulência que estava sendo provocada. No entanto parece que esta solução não foi suficiente. Seria necessário mudar o sistema de bombeio do

retorno de lodo, de tal forma que este não provocasse turbulência no fundo do decantador. A bomba de que se dispunha era muito grande para entrar pela canaleta central do decantador. Tentou-se substituir esta bomba por outras de que se dispunha, mas não foi possível, pois não eram próprias para recalque de lodo. Como não era possível adquirir uma bomba apropriada, esta foi a solução empregada, que não apresentou bons resultados, tendo provocado grande perda de sólidos pelo decantador secundário, por falta de equipamento apropriado.

No tanque de aeração não se observou aumento dos sólidos em suspensão ao longo do tempo. A concentração de SS variou de 20 a 116 mg/ℓ com média de 61 mg/ℓ enquanto na alimentação essa média era de 231 mg/ℓ. A relação $\frac{SSV}{SS}$ era de aproximadamente 0,73 enquanto na alimentação essa relação era cerca de 0,80. Durante 3 dias foi efetuado o descarte de lodo, fixando-se θ_c em 5 dias.

Quando parou o funcionamento do valo, devido à desativação da estação, esvaziou-se o valo e verificou-se que havia uma pequena camada de lodo no fundo, de 2 a 5 mm.

Pode-se dizer, com base nesses resultados iniciais de funcionamento do valo, e com base nos resultados de velocidade do líquido obtidas anteriormente que o sistema de aeração, como estava dimensionado e montado não era suficiente para imprimir a velocidade necessária à mistura do tanque de aeração.

A concentração de oxigênio dissolvido no tanque de aeração era de cerca de 4,0 mg/ℓ e não se observou nitrificação. A concentração de nitritos e nitratos permaneceu baixa durante todo o tempo de ensaio, exceto no 67º dia. Porém,

com apenas esta única elevação da concentração de N_{NO_2} e NO_3 , não se pode afirmar que houve nitrificação no sistema. Também não se pode dizer que o oxigênio fornecido seria suficiente quando se atingisse as concentrações normais de SSV no tanque (4 g/l). A concentração atingida foi de apenas 61 mg/l.

10. CONCLUSÕES

Como o tempo de funcionamento do sistema foi muito reduzido e durante esse tempo não houve condições para se operar o valo adequadamente, não é possível concluir sobre a eficiência desse sistema de aeração.

Pode-se apenas dizer com base nos dados obtidos nesta condição de montagem e funcionamento que se observou bons resultados de remoção de DBO (88%) e DQO (77%), obtendo-se um efluente com 25 mg/l de DBO e 127 mg/l de DQO; resultados apenas razoáveis de eficiência de transferência de oxigênio em função da potência consumida (0,27 kg O_2 /HP.h), pois a bomba não era adequada, e resultados ruins de velocidade imposta pelo sistema no tanque de aeração (0,07 m/s), também por deficiência da bomba.

11. BIBLIOGRAFIA

1. ARCIEVALLA, SORAB J. "Simple Waste Treatment Methods" Middle East Techn. University, Ankara, 1977.
2. PFEFFER, JOHN T. - "Extended Aeration" Water & Sewage Works. 207-14. june 1966.
3. DA-RIN, BENITO P. "Valos de Oxidação: Operação Contínua sem Decantador Final" 10^o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Manaus, 1979.
4. JACOBS, ALLAN. "A New Loop in Aeration Tank Design". Metcalf & Eddy Engineers, New York Pollution Control Association's Spring Meeting, 1974.
5. Water Supply and Waste Disposal Series. Vol. 6: Oxidation Ditch Sewage Waste Treatment Process. U.S. Department of Transportation, Staff Report 1972.
6. Wastewater Treatment Plant Design. Manual of Practice nº8. A Joint Committee of the Waster Pollution Control Federation and the American Society of Civil Engineers. U.S.A. 1977.
7. GONDIM, José C.C. "Valos de Oxidação Aplicados a Esgotos Domésticos". São Paulo; CETESB, 1976. 137 p.
8. LEARY, R.D.; ERNEST, L.A. and KATZ, W.J. "Full Scale Oxigen Transfer Studies of Seven Diffuser Systems". J. Water Pollution Control Fed. 41(3) 459-73, 1969.
9. WEST, R.W. and PAULSON, W.L. "Jet Aeration in Activated Sludge Systems". J. Water Pollution Control Fed. 41(10) 1726-36, 1969.

10. AZEVEDO NETO, J.M. "Manual de Hidráulica". Editora Edgar Blucher Ltda. São Paulo, 1966.
11. Chemical Engineers' Handbook. Fifth Edition. Mc Graw-Hill Kogakusha Ltd, 1973.
12. Tratamento de Água e Esgoto - Catálogo 4-77 B. FMC-Filsan. São Paulo.
13. SHAPIRO, Asher H. "The Dynamics and Thermodynamics of Compressible Fluid Flow".
14. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington, U.S.A., 1975.

10/5/91

10/5/91