

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE AERAÇÃO ALTER
ATIVO PARA VALOS DE OXIDAÇÃO; DETERMINAÇÃO
DA QUANTIDADE DO LODO MÍNIMA PARA A ESTABILIZAÇÃO
DO LODO NOS VALOS PARA AS CONDIÇÕES BRASILEI
RAS.

ARQUIVO TECNICO

RELATÓRIO PARCIAL - 203
SETEMBRO 1982

5311
V673d(RCET)
008393



11697



008393

CONTROLE DE POLUIÇÃO AMBIENTAL



CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

DTD

SUPERINTENDÊNCIA DE PESQUISA



DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE AERAÇÃO ALTER
NATIVO PARA VALOS DE OXIDAÇÃO; DETERMINAÇÃO
DA IDADE DO LODO MÍNIMA PARA A ESTABILIZAÇÃO
DO LODO NOS VALOS PARA AS CONDIÇÕES BRASILEI
RAS.

RELATÓRIO PARCIAL - 203
SETEMBRO 1982

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



311
673d (RCET)
08393

08393
8393

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

CETESB - COM. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

Este relatório parcial é o terceiro concernente à 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 julho de 1982.

Os sistemas de Valo de Oxidação, muito empregados no Brasil, podem se adequar melhor às nossas condições evitando gastos desnecessários. Estará sendo testado neste estudo um sistema de aeração diferente daqueles aqui utilizados até o momento.

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

Responsáveis pelo Projeto

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

Engº Pedro Alem Sobrinho (Msc, Dr) - Supervisor

ÍNDICE

	Pág.
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2. <u>CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROCESSO DE VALOS DE OXIDAÇÃO</u>	2
3. <u>MONTAGENS, INSTALAÇÕES E ADAPTAÇÕES DO SISTEMA DE TRATAMENTO</u>	3
3.1. VALO DE OXIDAÇÃO	3
3.1.1. Ponto de Alimentação	6
3.1.2. Saída do Efluente do Valo de Oxidação	
3.2. DECANTADOR	7
3.3. SISTEMA DE AERAÇÃO	7
3.4. DESCARTE DE LODO	9
4. <u>ESQUEMA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE VALO DE OXIDAÇÃO COM AERAÇÃO MODIFICADA</u>	10
5. <u>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO</u>	12
5.1. TAXA DE APLICAÇÃO ORGÂNICA NO VALO	12
5.2. TAXA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO DECANTADOR SECUNDÁRIO	12
5.3. OXIGÊNIO NECESSÁRIO	12
5.4. AJUSTE DA TAXA DE RECIRCULAÇÃO DO LODO	14
5.5. DESCARTE DE LODO	14
6. <u>TESTES DE EFICIÊNCIA DO AERADOR</u>	17
6.1. DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO AERADOR, MATERIAL E MÉTODOS	20
6.2. RESULTADOS DOS TESTES DE EFICIÊNCIA DO AERADOR..	22

	Pág.
7. <u>MEDIDA DA VELOCIDADE DO LÍQUIDO NO VALO</u>	27
7.1. MATERIAL E MÉTODOS	27
7.2. RESULTADOS DAS MEDIDAS DAS VELOCIDADES DO <u>LÍ</u> QUIDO NO VALO	29
8. <u>DISCUSSÃO</u>	30
9. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	33

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 GERENCIAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

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 1).

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 2 esclarece essa descrição.

INSTITUTO DE RECURSOS E SANEAMENTO AMBIENTAL
 BIBLIOTECA

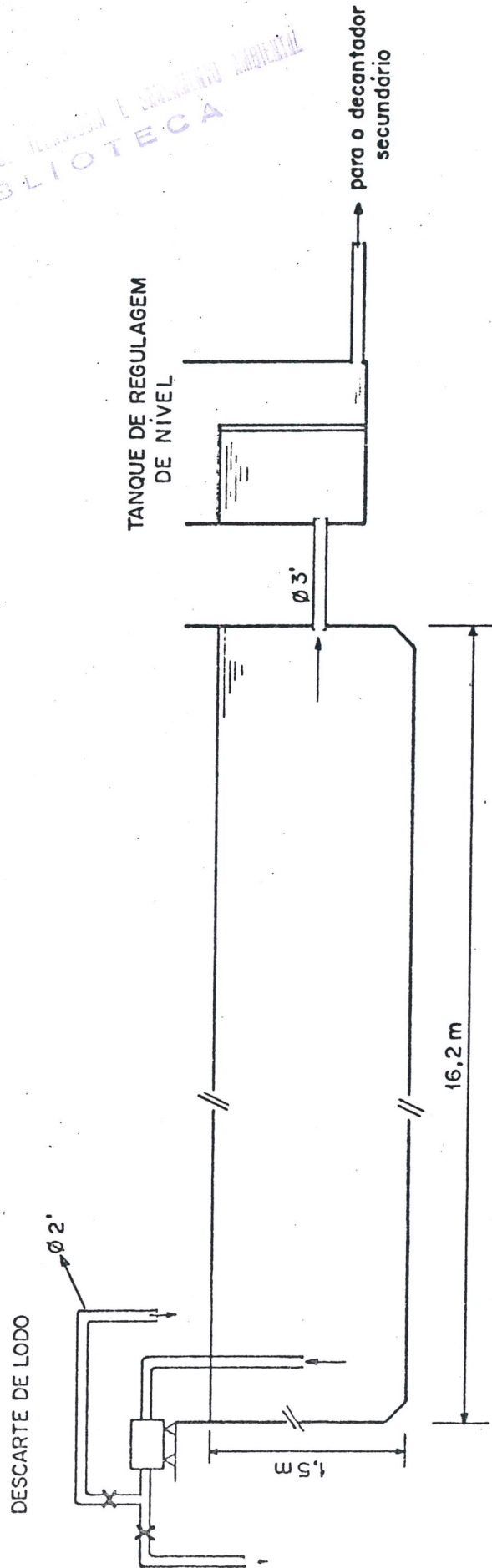


FIGURA 1 - ESQUEMA DO VALO DE OXIDAÇÃO UTILIZADO PARA ESTUDO DO SISTEMA DE AERAÇÃO

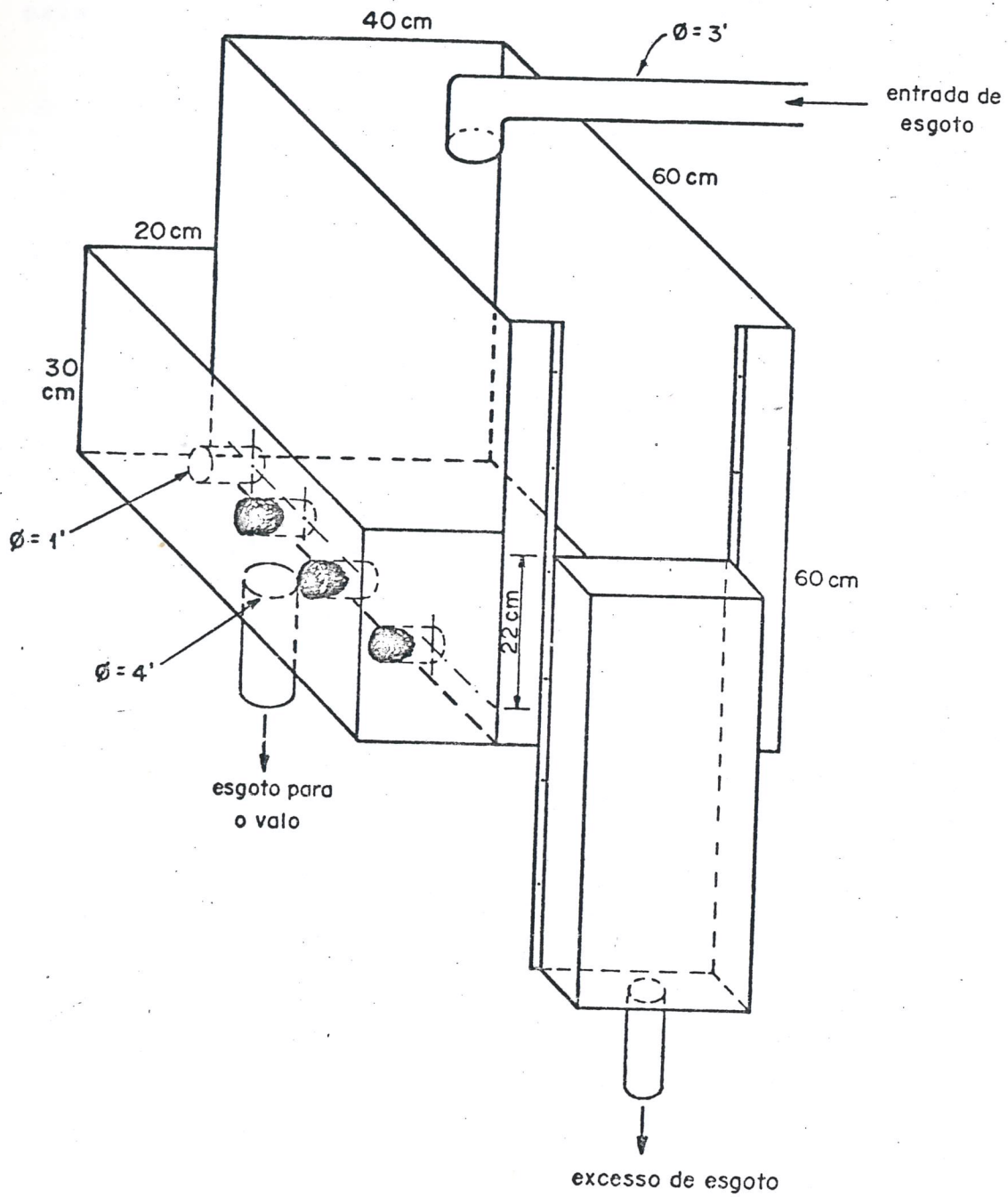


FIGURA 2 - CAIXA UTILIZADA PARA CONTROLE DA VAZÃO DA ALIMENTAÇÃO DO VALO DE OXIDAÇÃO

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 do líquido devido às perdas de carga e à contração da veia líquida quando convergindo por orifícios ou bocais. Na prática C_D varia entre 0,61 e 0,98⁽¹⁾.

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

onde:

Q = vazão (m^3/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 1, 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.

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

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 FLYG T, 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". 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 3, 4 e 5. A disposição que apresentou melhores resultados (fig. 5), foi escolhida para funcionamento do sistema. A avaliação desses resultados é descrita neste relatório.

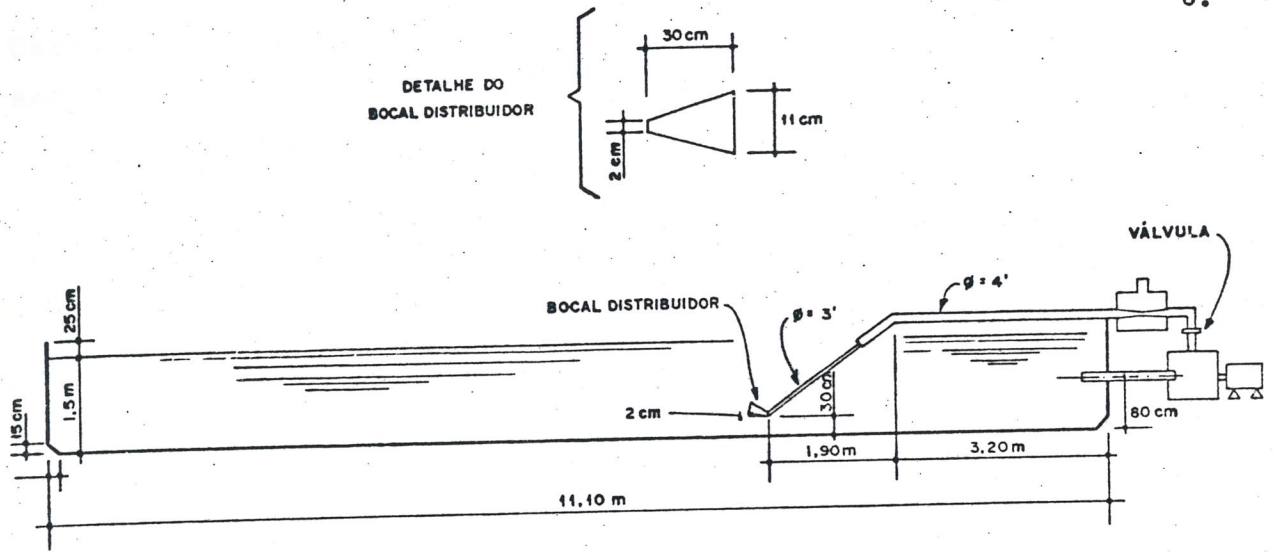


FIGURA 3 - ESQUEMA DA SAÍDA DE AR DO SISTEMA DE AERAÇÃO DO VALO DE OXIDAÇÃO. NESTA CONDIÇÃO FORAM EXECUTADOS OS TESTES 1 e 2

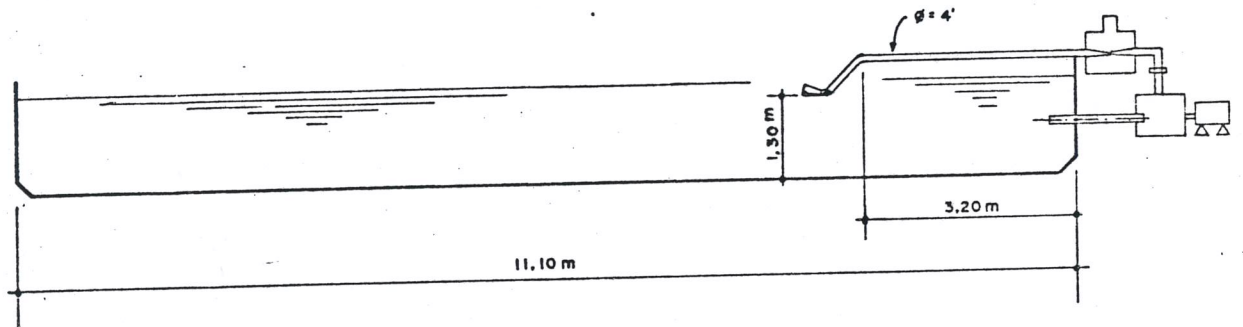


FIGURA 4 - ESQUEMA DA SAÍDA DE AR DO SISTEMA DE AERAÇÃO DO VALO DE OXIDAÇÃO. NESTA CONDIÇÃO FOI EXECUTADO O TESTE 3

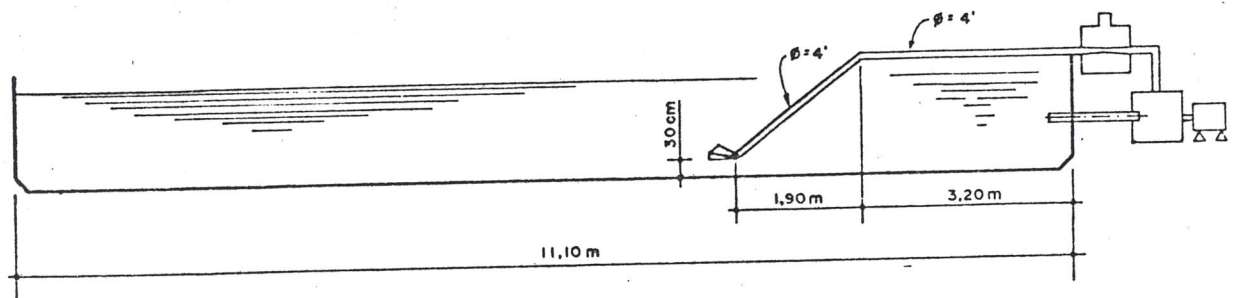


FIGURA 5 - ESQUEMA DA SAÍDA DE AR DO SISTEMA DE AERAÇÃO DO VALO DE OXIDAÇÃO. NESTA CONDIÇÃO FOI EXECUTADO O TESTE 4 E ASSIM PERMANECE O SISTEMA EM APLICAÇÃO COM ESGOTO DOMÉSTICO PARA OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS

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	ampêres
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 1 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 6. O sistema de tratamento constitui-se de:

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

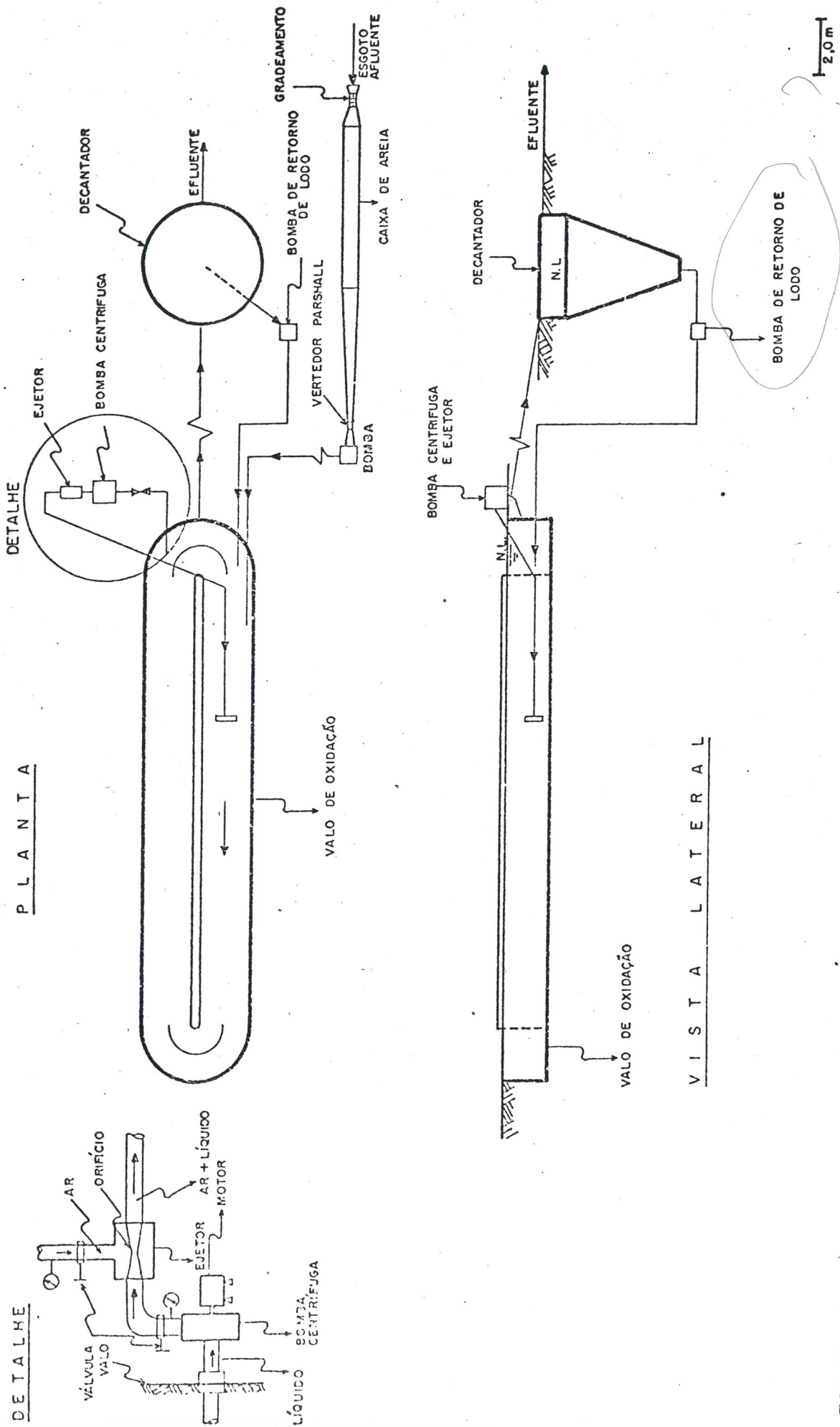


FIGURA 6 -- VALO DE OXIDAÇÃO A SER UTILIZADO NOS TESTES COM O SISTEMA DE AERAÇÃO MODIFICADO.

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 6) que será alimentado com esgoto doméstico.

Os dados iniciais do projeto são:

DBO do esgoto afluente	(So): 0,23 kg/m ³
Volume do valo de oxidação	(V) : 108 m ³
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 .

2,5 g de O_2 por g de DBO removido

Eckenfelder e O'Connor⁽⁵⁾ 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 endôgena. (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 g O₂/g DBO remov. obtêm-se:

$$O_2 \text{ nec.} = 51 \text{ kg } O_2/d$$

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 7, conforme é mostrado abaixo. O descarte de lodo é considerado desprezível.

$$X \cdot (1 + r) \cdot Q_0 = X_r \cdot r \cdot Q_0 + \frac{Q_d \cdot X_r}{\theta_c}$$

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⁽⁵⁾.

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

CETESB - COM. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

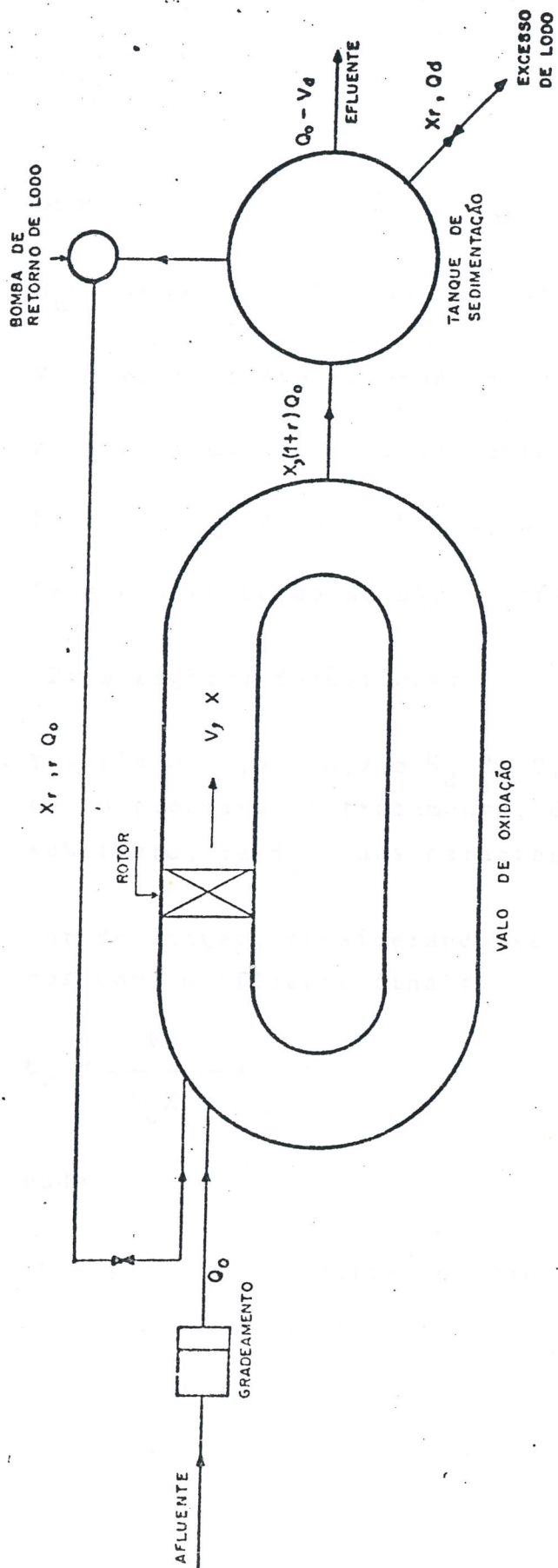


FIGURA 7 - ESQUEMA DO SISTEMA DE TRATAMENTO CONSTITUÍDO DE VALO DE OXIDAÇÃO

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

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:

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

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 (2.):

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

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 reaterar 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, obtêm-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 (5), obtêm-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 (2):

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

A contaminação também afeta a transferência de oxigênio. Ajustes para a qualidade da água podem ser feitas 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⁽²⁾:

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

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. 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 3. 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 cano 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 4.

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 cano de diâmetro maior, como é indicado na figura 5.

O sistema representado na figura 5, 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 Winkler modificado pela azida sódica (3).

Determinação da Potência Consumida

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

Calculou-se, então a potência pela equação (5), aplicável a motores trifásicos⁽⁴⁾.

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

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 àquela transmitida ao líquido. Este resultado é apenas indicativo da potência necessária para o funcionamento de todo o sistema.

6.2. RESULTADOS DOS TESTES DE EFICIÊNCIA DO AERADOR

Tabela 1 - Teste 1

Sistema disposto como na figura 3

$P_r = 14,5$ m.c.a.

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

$C_s = 7,9$ 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 2 - Teste 2

Sistema disposto como na figura 3

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

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

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

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 3 - Teste 3

Sistema disposto como na figura 4

Pr = 14,5 m.c.a

T_{água} = 23,5°C

C_s = 7,9 mg/l

CETESB - UNIV. TECNOLÓGICA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

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
100	4,25	3,65
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

r = 0,9597
a = -0,0042

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabela 4 - Teste 4:

Sistema disposto como na figura 5

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

$$T_{\text{água}} = 19,5^{\circ}\text{C}$$

$$C_s = 8,5 \text{ mg/l}$$

Tempo (min)	OD (mg/l)	Déficit de OD (mg/l)
0	0	8,5
10	0	
20	0,63	7,87
37	2,54	5,96
43	3,31	5,19
48	3,65	4,85
56	4,09	4,41
62	4,43	4,07
68	4,70	3,80
78	5,12	3,38
86	5,75	2,75
97	5,99	2,51
104	6,50	2,00
112	6,62	1,88
119	7,08	1,42
130	7,15	1,35
142	8,20	
151	7,84	0,66
166	8,09	0,41

$$r = 0,9957$$

$$a = -0,0064$$

$$K_{La_4} = 2,3 \times 60 \times 0,0064$$

$$K_{La_4} = 0,8832$$

$$K_{La_4}(20^{\circ}\text{C}) = 0,8832 (1,024)^{20-19,5}$$

$$K_{La_4}(20^{\circ}\text{C}) = 0,8937 \text{ h}^{-1}$$

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

$$R_4 = \frac{0,8937 \times 0,108 \times 9,2}{3,2}$$

$$R_4 = 0,27 \text{ kgO}_2/\text{HP.h}$$

$$R_4 = 6,66 \text{ kgO}_2/\text{HP.d}$$

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 aguapé) percorrer de terminadas extensões do valo, sempre em linha reta.

A figura 8, mostra o esquema do valo de oxidação e abaixo es tão indicados os tempos gastos para percorrer os percursos me didos 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 3, 4 e 5 para os testes de aeração 1, 3 e 4 respectivamente.

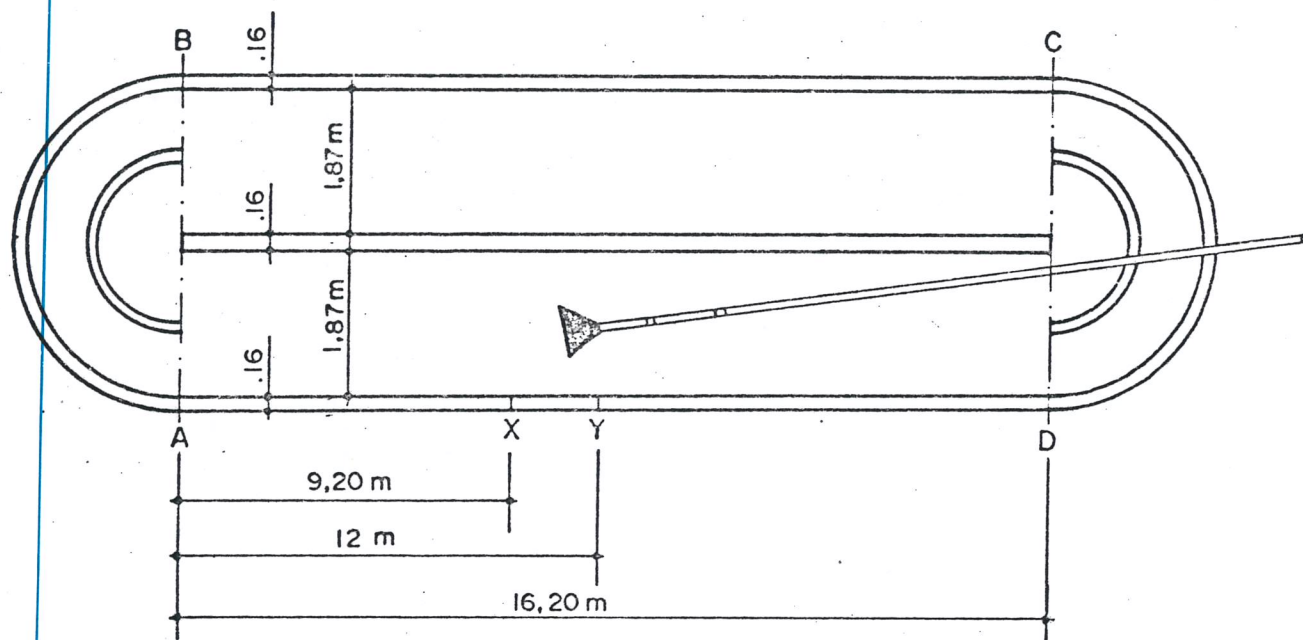


FIGURA 8 - ESQUEMA DO VALO DE OXIDAÇÃO INDICANDO OS PERCURSOS EM QUE FORAM EFETUADAS AS MEDIDAS DE VELOCIDADE DO LÍQUIDO

OBS: Desenho S/Escala

7.2. RESULTADOS DAS MEDIDAS DAS VELOCIDADES DO LÍQUIDO NO VALO

Condição do Teste 1 de Eficiência do Aerador (figura 3)

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

Condição do Teste 3 de Eficiência do Aerador (figura 4) 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 5) 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. DISCUSSÃO

Valores de eficiência de transferência de oxigênio (R) relacionados no "Manual of Practice for Water Pollution Control", indicam R variando entre 1,1 a 1,6 kgO₂/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 dos resíduos da Cooperativa Central de Laticínios do Estado de São Paulo, 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 5 indica R = 0,27 kgO₂/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 para tornar o sistema economicamente viável.

A quantidade de oxigênio necessária ao sistema, foi calculado 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 $2,5 \text{ g O}_2/\text{g DBO}$ removida, que indica $2,1 \text{ kg O}_2/\text{h}$.

Nas melhores condições de teste a quantidade de Oxigênio fornecida é de $0,86 \text{ kgO}_2/\text{h}$.

Portanto, o sistema de aeração poderá não ser suficiente para fornecer o oxigênio necessário ao sistema, ficando este resultado para ser confirmado com base em resultados experimentais pois os cálculos teóricos indicam valores bastante diferentes.

Quanto à viabilidade econômica o sistema de aeração deve ser otimizado para melhor aproveitamento da potência consumida, pois se comparado a outros sistemas de aeração, fornece menor quantidade de O_2 por unidade de potência consumida.

Em valos de oxidação, a velocidade do líquido varia de $0,25$ a $0,35 \text{ m/s}$ 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 $0,07 \text{ m/s}$ na melhor condição de aeração.

Mas verificou-se também a diferença de velocidade do lado do aerador ($0,23 \text{ m/s}$) e do lado oposto ao aerador ($0,07 \text{ m/s}$). Esses resultados indicam que seria necessário mais um aerador do outro lado do valo.

No entanto esta baixa velocidade pode não afetar o bom desempenho do processo, desde que a aeração seja suficiente para manter o OD acima de 2 mg/l e que seja imposta uma velocidade mínima ao líquido.

No caso deste aerador, a posição do dispersor de ar (dispositivo de saída de ar para o líquido) é que impõe a velocidade ao líquido. É preciso que ele esteja em posição tal que favoreça o deslocamento de líquido na direção apropriada. Dependendo de sua posição, grande parte das bolhas de ar podem subir na vertical provocando um fluxo em sentido contrário. Portanto a disposição física do dispersor de ar é também de fundamental importância para a velocidade do líquido no valo.

9. BIBLIOGRAFIA

1. Manual de Hidráulica. José M. de Azevedo Neto. Editora Edgar Blücher Ltda. São Paulo, 1966.
2. Tratamento de Água e Esgoto - Catálogo 4-77 B. FMC - Filsan. São Paulo.
3. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington, U.S.A., 1975.
4. Chemical Engineers' Hand book. Fifth Edition. Mc Graw-Hill. Kogakusha, Ltda, 1973.
5. Wastewater Treatment Plant Design Manual of Practice nº 8. A Joint Committee of the Waste Pollution Control Federation and the American Society of Civil Engineers. USA 1977.

