



NORMA TÉCNICA

D3.560

Dez/1989
28 PÁGINAS

Manual de avaliação de desempenho de lagoas de estabilização: manual técnico

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Avenida Professor Frederico Hermann Jr., 345
Alto de Pinheiros CEP 05459-900 São Paulo SP
Tel.: (11) 3133 3000 Fax.: (11) 3133 3402

[http: // www.cetesb .sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br)

D3.560

MANUAL TÉCNICO

MANUAL DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

DEZ/89

SUMÁRIO

Página

INTRODUÇÃO	2
CAPÍTULO 1 - SIMBOLOGIA	2
CAPÍTULO 2 - CONSIDERAÇÕES RELATIVAS A PROCESSOS	3
CAPÍTULO 3 - CONCEITUAÇÕES RELATIVAS À OPERAÇÃO E DE SEMPENHO	5
CAPÍTULO 4 - MODALIDADES DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO	7
CAPÍTULO 5 - AMOSTRAGEM	9
CAPÍTULO 6 - AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO	12
BIBLIOGRAFIA	25

REVENO
GCHDA

INTRODUÇÃO

Este manual é aplicável à lagoas de estabilização anaeróbias e facultativas, abrangendo também a utilização destes dois tipos de lagoas em série.

Principais Problemas Operacionais:

Cumprе salientar ainda que os "Principais Problemas Operacionais e suas Correções" encontram-se no manual "Operação e Manutenção de Lagoas de Estabilização".

CAPÍTULO 1

SIMBOLOGIA

Os principais parâmetros de projeto das lagoas de estabilização, suas notações e respectivas unidades podem ser vistos na Tabela 1.

TABELA 1 - Parâmetro, símbolo e unidade

PARÂMETRO	SÍMBOLO	UNIDADE
Vazão máxima	Q max	L/s
Vazão média	Q méd	L/s
Vazão mínima	Q min	L/s
Vazão afluente	Q _a	L/s
Vazão efluente	Q _e	L/s
DBO ₅ afluente	S _o	mg/L
DBO ₅ efluente	S _e	mg/L
DBO total afluente	S _{ot}	mg/L
DBO total efluente	S _{et}	mg/L
Carga orgânica superficial de DBO	C _{os}	kg/ha.d
Carga orgânica volumétrica de DBO	C _{ov}	kg/m ³ .d
Tempo de detenção	t	d (dias)
Temperatura	T	°C
Eficiência de remoção da DBO	E	%
Área	A	m ²
Comprimento	a	m
Largura	b	m
Altura (profundidade)	h	m
Volume	V	m ³
População contribuinte	P	hab.

CAPÍTULO 2

CONSIDERAÇÕES RELATIVAS A PROCESSOS

No Brasil há condições bastante favoráveis de clima e de áreas disponíveis para o uso de lagoas, principalmente para cidades de pequeno e médio porte.

Há, na verdade, uma quantidade razoável de lagoas em operação no país, nos estados das regiões centro, (distrito federal); sul (São Paulo, Santa Catarina, Paraná, Rio Grande do Sul; leste (Minas Gerais, Rio de Janeiro, Bahia, Espírito Santo); como na região nordeste (Paraíba, Ceará, Pernambuco). Seu número já ultrapassa de uma centena.

No tratamento por lagoas, os baixos custos construtivos e operacionais aliados ao seu bom desempenho, torna este sistema muito favorável para as condições brasileiras.

De acordo com a forma predominante pela qual se dá a estabilização da matéria orgânica a ser tratada, as lagoas costumam ser classificadas em:

a) Anaeróbias

Nas quais predominam processos de fermentação anaeróbia; imediatamente abaixo da superfície não se consegue medir oxigênio dissolvido;

b) Facultativas

Nas quais ocorrem, simultaneamente, processos de fermentação anaeróbia, oxidação aeróbia, e reação fotossintética; uma zona de atividade anaeróbia, é sobreposta por uma zona de atividade biológica aeróbia, próxima à superfície;

c) De maturação

Usadas como refinamento do tratamento prévio por lagoas ou outro processo biológico; reduz bactérias, sólidos em suspensão e nutrientes mais uma parcela negligenciável da D B O;

d) Estritamente aeróbias

Nas quais se chega a um equilíbrio da oxidação e da fotossíntese para garantir condições aeróbias em todo o meio; é comum chamar-se incorretamente na prática de aeróbias as lagoas que na realidade são facultativas.

As lagoas de estabilização são instalações, quer naturais ou artificiais, em que prevalecem condições adequadas aos fenômenos físicos, químicos e biológicos, que caracterizam a autodepuração.

Nas lagoas anaeróbias, numa fase de digestão ácida, ocorre um mecanismo de estabilização anaeróbia que envolve a atividade de microorganismos facultativos, seguida da atividade de bactérias produtoras do metano, numa fase alcalina.

As lagoas anaeróbias costumam receber cargas orgânicas elevadas, de modo a se comportarem como um digestor anaeróbio aberto, sem agitação com ausência de oxigênio e de atividade fotossintética.

Por isso mesmo, não é usual, referir-se às cargas de DBO em termos de Kg DBO/ha.d, como é o caso das lagoas facultativas, mas em termos de carga por volume, Kg DBO/m³. Na verdade a área superficial não tem a importância que assume nas lagoas facultativas, sendo mais adequado referir-se ao volume, à profundidade, e ao tempo de detenção hidráulico.

Nas lagoas facultativas ocorrem simultaneamente processo de oxidação aeróbia e anaeróbia.

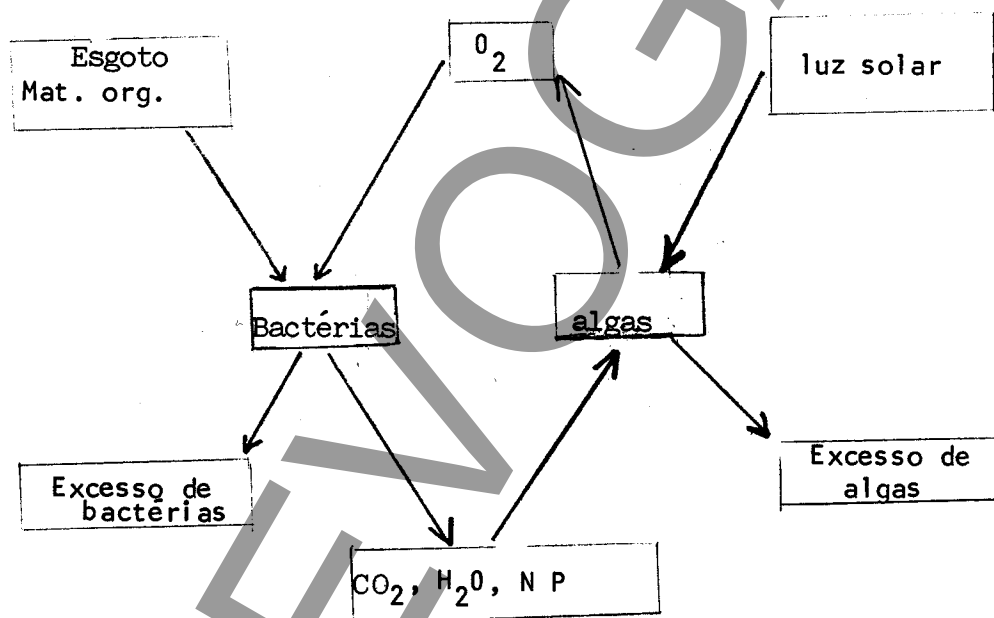
No processo de oxidação aeróbia, a matéria orgânica do esgoto é convertida em matéria celular, CO₂ e água pela ação das bactérias, na presença de oxigênio dissolvido. Parte do carbono serve como fonte de energia para os organismos, e parte é utilizada, juntamente com fósforo e nitrogênio, para formar novas células de algas. Paralelamente as algas utilizando o CO₂ desprendido pelas bactérias, sintetizam a matéria necessária ao seu próprio desenvolvimento, e liberam oxigênio em presença da

energia solar. O esquema 1 esquematiza este processo.

Nestes tipos de lagoas há uma influência marcante de energia solar e da intensidade luminosa sobre todo o espelho d'água, bem como da temperatura, da ação do vento, e da própria área superficial.

A lagoa facultativa é dimensionada em função da carga orgânica aplicada, à sua superfície (Kg DBO/ha.d).

Em relação ao desempenho e a eficiência, é comum obter-se reduções de DBO nas lagoas anaeróbias da ordem de 50% e, nas facultativas, de cerca de 90%. Já nas lagoas de maturação a remoção de DBO não é muito representativa, enquanto que a redução de coliformes fecais é bastante acentuada.



ESQUEMA 1 - Simbiose entre algas e bactérias em lagoas de estabilização facultativas e aeróbias

CAPÍTULO 3

CONCEITUAÇÃO RELATIVAS À OPERAÇÃO E DESEMPENHO

Enquanto um Manual de Operação discorre sobre os procedimentos operacionais que conduzem a um bom desempenho da lagoa, um Manual

de avaliação de Desempenho se preocupa com as formas e método de bem avaliar este desempenho. O presente manual refere-se ao segundo caso.

O desempenho é um indicador de comportamento do funcionamento de uma lagoa. A eficiência mede este comportamento.

O desempenho se caracteriza pela eficiência (E) do sistema de tratamento indicadora da % de remoção de uma grandeza característica mensurável, como por exemplo a DBO. Para este caso, temos:

$$E \% = \frac{DBO_{afl} - DBO_{efl}}{DBO_{afl}} \times 100$$

Na realidade, o desempenho e a eficiência indicam se a lagoa está cumprindo com os objetivos do projeto e estão relacionados às características físicas, químicas e biológicas do esgoto afluente.

Normalmente, as lagoas são projetadas e construídas com objetivo de fornecer um efluente tratado com características bem definidas em termos quantitativos. Estes valores, bem especificados, em relação àqueles do esgoto afluente, corresponde uma eficiência determinada.

3.1 Caracterização

Para avaliação do desempenho de uma lagoa deve-se conhecer, especificamente, as características de natureza física, química e biológica que indiquem a variação da qualidade do esgoto que está sendo tratado.

Comumente, tais características são:

Odor, cor, temperatura, resíduos totais (fixos e voláteis), resíduos sedimentáveis, DBO, pH, óleos e graxas, nitrogênio, fósforo, coliformes fecais, algas, vazão, material retido (grade) ou removido (caixa de areia).

NOTA 1: A determinação de fósforo se faz em função do corpo receptor quanto à possibilidade de eutrofização.

NOTA 2: A aparência de uma lagoa constitui um importante fator

de indicação de seu funcionamento.

A relação acima é válida em termos gerais, e variável de acordo com os problemas revelados pela operação.

Vale lembrar que fatores meteorológicos, medidos na fase de operação, devem ser analisados por ocasião do desempenho. Neste item, incluem-se:

- intensidade dos ventos
- chuvas
- temperatura de ar
- condições do tempo (nebulosidade)

As concentrações dos parâmetros anteriormente citados são normalmente obtidas em ensaios padronizados de laboratórios. Para este fim, podem ser utilizadas as normas da CETESB, ou os padrões do Standard Methods da AWWA, preferivelmente, nas suas últimas edições.

Em termos de desempenho, a concentração é um indicador de comportamento do processo em relação à qualidade. A determinação da vazão é fundamental para avaliar o comportamento hidráulico dos componentes do sistema, além de possibilitar a avaliação dos efeitos sobre o corpo receptor.

CAPÍTULO 4

MODALIDADES DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

4.1 Avaliação de desempenho através de dados da operação

Para avaliação de desempenho de um sistema (composto de 1 ou mais lagoas interligadas) são, normalmente, utilizados os dados obtidos durante sua operação.

4.2 Avaliação através de dados extraordinários

4.2.1 Conceito

Sempre que a análise dos dados obtidos na operação normal de um

sistema revelar a ocorrência de um desempenho considerado não satisfatório, ou quando há insuficiência de dados, recomenda-se uma avaliação de desempenho, denominada de "avaliação extraordinária". Esta é feita através de um programa de coleta de dados extraordinários.

Para isto, é necessária a participação de técnicos qualificados, que terão através de uma série de dados obtidos "in loco", e de determinações de laboratório, por um período pré-estabelecido, função da dimensão aparente do problema, elementos para diagnóstico da causa do desempenho não satisfatório da instalação.

4.2.2 Caracterização do afluente (esgoto bruto)

- Recomenda-se, antes de qualquer atividade de levantamentos para fins de avaliação de desempenho, através de dados extraordinários, que sejam efetuadas análises físicas e químicas do esgoto afluente ao sistema de tratamento. Estas, têm a finalidade de revelar se a qualidade do esgoto afluente, é compatível com aquela do projeto.
- Como sugestão, um período de amostragem, cobrindo todos os dias da semana, de forma não consecutiva e com frequência de 2 em 2 horas, em regime de 24 horas, é aconselhável para se assegurar, a priori, das características do afluente. Cada uma destas amostras, obtidas de 2 em 2 horas, constitui uma amostra composta por amostras simples, coletadas de 1/2 em 1/2 hora. Isto permitirá identificar eventuais contribuições perniciosas ao bom desempenho da lagoa.
- Com relação ao efluente deverá ser efetuado coleta de amostras, também, com regime de 24 horas. No entanto, será suficiente formar 4 amostras compostas, tendo em vista o processo de mistura e estabilização biológica que ocorra durante a permanência do esgoto no sistema de tratamento.

NOTA: A preparação da amostra composta pressupõe o conhecimento da vazão instantânea.

O período acima citado poderá ser reduzido caso se perceba, nas

determinações dos primeiros dias, que o esgoto afluyente mantém suas características mais ou menos constantes e compatíveis com o projeto.

4.2.2.1 Resultados da caracterização do afluyente

Como resultado da caracterização do afluyente, pode-se defrontar com 2 casos:

- a) as características do afluyente, estão dentro dos limites previstos no projeto;
- b) as características do afluyente revelam anormalidade, em termos de discrepâncias relativamente aos teores previstos em projeto, ou em termos de substâncias não originalmente previstas (substâncias tóxicas ou despejos de origem industrial).

Neste último caso, a primeira ação será a de detetar a origem da fonte poluidora, e eliminar sua contribuição ao afluyente ou adequá-lo (pré-tratamento) ao tratamento biológico da lagoa.

A permanência deste inconveniente, impossibilita qualquer avanço para a avaliação do desempenho.

Uma vez eliminada esta anormalidade, deve-se aguardar, no mínimo um tempo igual ao tempo de detenção (real) objetivando dados para avaliação do desempenho propriamente dito.

No caso previsto no item a acima, pode-se passar à fase de avaliação de desempenho, sem qualquer inconveniente.

CAPÍTULO 5

AMOSTRAGEM

Na amostragem, tem-se por objetivo, coletar uma determinada porção do esgoto, em volume tal, que permita uma boa caracterização no laboratório, e que seja representativa da sua qualidade.

A amostragem poderá ser do tipo simples, e a forma de coleta, manu

al. Alguns cuidados devem ser seguidos, como:

- O ponto de coleta deve ser sempre que possível, um ponto de turbulência, de modo a se obter boa mistura; pontos localizados junto a vertedores não são recomendados; no caso de canais, deve-se procurar as zonas de maior velocidade de escoamento (no centro do canal); no caso de conduto forçado, deve-se procurar coletar amostra num registro instalado para este fim ou à saída da tubulação;
- Deve-se ter o cuidado de não tomar uma amostra com uma quantidade de sólidos flutuantes da superfície que a torne não representativa do todo (mergulhar o frasco de coleta a alguns centímetros abaixo do nível d'água) bem como de não tomar uma amostra com uma quantidade exagerada de sólidos sedimentados do fundo que igualmente a torne não representativa do todo; assim a amostra característica do esgoto afluente deve ser coletado após o gradeamento ou remoção de areia, no caso de existirem;
- As amostras nem sempre poderão ser rapidamente analisadas, sendo nestes casos necessário preservá-las de modo adequado, até o momento da análise, de tal sorte que as características do esgoto não sejam alteradas. A Tabela 1, indica os preservantes mais convenientes e os respectivos períodos máximos de conservação;

A Tabela 1 indica também os volumes a serem coletados, a fim de se garantir a possibilidade de análise e de sua eventual repetição para confirmação ou correção; em todo caso, os volumes mínimos para amostragem simples devem estar em torno de 5 litros e para composta entre 1 e 4 litros (de acordo com as coletas individuais de amostra composta, que costumam estar entre 25 e 100 mL);

- Os pontos de amostragem deverão ser de fácil acesso, de simples identificação e característicos da evolução do tratamento; no caso específico de lagoas, que é apresentado neste Manual, os pontos de coleta devem ser:

- 1) no esgoto afluente, antes da lagoa ou da primeira lagoa no caso de lagoas em série;

TABELA 1 - Volume para coleta e preservação de amostras

PARÂMETRO	PRESERVANTE	PERÍODO MÁXIMO DE CONSERVAÇÃO	VOLUME mL
Acidez - alcalinidade	Refrigeração a 4°C	24 horas	100
Demanda bioquím. de oxigênio (DBO)	Refrigeração a 4°C	24 horas	2000
Demanda química de oxigênio (DQO)	H ₂ SO ₄ conc. até pH < 2; 4°C	7 dias	50 - 100
Cloreto	4°C	14 dias	25 - 100
Cor	Refrigeração a 4°C	24 horas	100 - 200
Cianeto	NaOH até pH > 12	mais breve possível	250
Oxigênio dissolvido	Determinar no momento da coleta	Não há conservação	300
Fluoreto	4°C	7 dias	1000
Metais, totais	HNO ₃ conc. até pH < 2	6 meses	1000
Metais dissolvidos	Ao filtrado: HNO ₃ até pH < 2	6 meses	1000
Nitrogênio amoniacal (*)	40 mg de HgCl ₂ por litro a 4°C ou H ₂ SO ₄ até pH < 2 e 4°C	7 dias ou 24 horas	600
Nitrogênio Kjeldahl (*)	" " "	7 dias	600
Nitrogênio nitrato	" " "	7 dias ou 24 horas	200
Óleo e graxa	HCl conc. até pH < 2	24 horas	800
pH	Determinar no momento da coleta, ou preservar a 4°C	Não há conservação ou 6 horas	50
Fenóis	1,0g CuSO ₄ por litro + H ₃ PO ₄ (1:9) até pH < 4,0 a 4°C	o mais breve possível	500
Fósforo total	40 mg Cl ₂ por litro a 4°C ou H ₂ SO ₄ conc. até pH < 2 e 4°C	7 dias ou 24 horas	200
Nitrito	4°C	48 horas	200

(*) A 1ª opção é a menos recomendada, e só deve ser empregada quando realmente se necessita de prazo maior.

- 2) no esgoto efluente, após a lagoa (ou a última lagoa, no caso de lagoa em série;
- 3) entre duas lagoas em série, quando for este o sistema.

As análises de laboratório deverão ser feitas de acordo com o estabelecido nas Normas CETESB e nos "Standard Methods".

CAPÍTULO 6

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO

A avaliação do desempenho será feita:

- para o sistema de tratamento como um todo;
- para cada uma das lagoas que compõem o sistema de tratamento.

Os parâmetros a serem verificados nesta avaliação serão aqueles referidos nas Tabelas 2 e 3. A elas poderão ser acrescentados outros dependendo dos resultados obtidos durante a operação do sistema.

A avaliação do desempenho levará em conta:

- os aspectos quantitativos relativos à vazão e ao período de detenção na lagoa;
- os aspectos qualitativos relativos às características físicas, químicas e biológicas do esgoto bruto e tratado.

O desempenho será medido:

- em unidades absolutas, indicadoras da capacidade de tratamento (em termos de capacidade de vazão, de redução da carga de esgoto, ou de obtenção de um valor final desejado);
- em unidades relativas, indicadoras de eficiência do tratamento (em termos da percentagem de remoção de carga poluidora; ou da redução da carga poluidora por unidade de volume ou de área da lagoa).

Em localidades onde ocorram variações sensíveis entre temperaturas médias nas diferentes estações do ano, recomenda-se a utilização de dados destes períodos, para uma avaliação de desempenho sazonal.

TABELA 2 Determinações Físico-Químicas e Biológicas para Lagoas Anaeróbias

PARÂMETROS	UNIDADE	AFLUENTE	EFLUENTE	FREQUÊNCIA
pH	-	X	X	S
DBO	mg/L	X	X	S
DQO	mg/L	X	X	S
Resíduos Sedimentáveis	mg/L	X	X	S
Resíduos Totais	mg/L	X	X	Q
Resíduos Fixos	mg/L	X	X	Q
Resíduos Voláteis	mg/L	X	X	Q
Colimetria Coli Fecal	NMP/1000 mL	X	X	M

S - Semanal
Q - Quinzenal
M - Mensal

TABELA 3 Determinações Físico-Químicas e Biológicas para Lagoas Facultativas

PARÂMETROS	UNIDADE	AFLUENTE	EFLUENTE	FREQUÊNCIA
pH		X	X	S
DBO	(mg/L)	X	X	S
Resíduos Sedimentáveis	(mg/L)	X	X	S
Resíduos Totais	(mg/L)	X	X	Q
Resíduos Fixos	(mg/L)	X	X	Q
DQO	(mg/L)	X	-	S
Nitrogênio Kjeldahl	(mg/L)	-	X	O
Nitrogênio Nítrico	(mg/L)	-	X	O
Fósforo Total	(mg/L)	-	X	O
NMP/100 mL (coli fecal)	-	X	X	M

M - mensal.
O - ocasional.
Q - quinzenal.
S - semanal.

6.1 Desempenho Medido em Unidades Absolutas

Com os n resultados disponíveis das análises e medições diárias, mensais, ou anuais ou extraordinárias, se poderá calcular:

- a) Para a vazão
a vazão média

$$Q_{\text{med}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}$$

NOTA 1: As vazões individuais Q_i serão lidas durante o dia (vide nota 2) no caso de existir um registrador de vazão, a média poderá ser obtida integrando os valores registrados no gráfico; existindo um totalizador de vazão, se poderá ler a vazão totalizada a cada dia; no caso de não se dispor de medidores, se poderá estimar as vazões a partir da curva das bombas de recalque, se existirem ou construir um vertedor que permita a leitura da lâmina d'água e das vazões.

NOTA 2: No caso de se desejar um valor médio mais representativo, será necessário incluir a medição durante o período noturno.

- b) Para o tempo de detenção t (dias):

- o tempo de detenção médio

$$t_{\text{méd}} = \frac{V}{Q_{\text{méd}}}$$

sendo V o volume útil da lagoa em m^3 , e Q a vazão média em m^3/d .

- c) Para os parâmetros de qualidade (por exemplo, para a DBO) teríamos:

S_o = concentração média diária da DBO efluente em mg/L

S_e = concentração média diária da DBO em mg/L

Cod = carga diária afluente ou efluente em Kg $\frac{DBO}{d}$

$Cod = S_o \times Q \times 10^{-3}$ ou $Cod = S_e \times Q \times 10^{-3}$

No caso de existirem n determinações das concentrações de DBO (mg/L) e Q (m³/d) correspondente, teremos:

$$\text{Cod} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{oi} \times Q_i \times 10^3}{n}$$

- as cargas removidas na ETE, serão
carga rem.DBO = carga DBO_{afl} - carga DBO_{efl}

6.1.1 Interpretação dos resultados

Para a vazão e o tempo de detenção, se considerará a lagoa operando:

- de acordo com os dados do projeto se a média mensal for igual à média de projeto \pm 20%.

Para os indicadores de qualidade (DBO, SS, etc), o mesmo critério acima referido é válido, em relação às cargas afluentes.

Em relação às cargas e às concentrações efluentes, se considerará a lagoa operando bem, e de acordo com os objetivos desejados, se:

- as médias mensais e anuais das cargas das concentrações efluentes forem iguais ou menores que os respectivos valores de projeto;
- os valores individuais maiores que os de projeto não os excederem em mais de 20% do tempo;
- a distribuição dos valores for normal, isto é, os resultados se concentrarem em torno de um valor central e à medida que se afastam desse, em ambas as direções ocorrem com frequência cada vez menores; além disso, valores superiores a um valor central ocorrem aproximadamente com a mesma frequência que valores inferiores a esse valor.

A verificação mais simples se os valores do efluente seguem uma

distribuição normal de frequência pode ser obtida através de um papel normal de frequência em uma linha reta, facilitando a solução gráfica de muitos problemas estatísticos.

A Figura 1 mostra um "papel de probabilidade", que se caracteriza por:

- séries de observação que tem uma distribuição normal de frequência formam linhas retas no gráfico;
- a média dos valores será a interseção do material no ponto 50% de probabilidade no eixo das abcissas com a reta da distribuição;
- o desvio padrão é a inclinação da reta;
- os valores da média \pm desvio padrão serão lidos na abcissa nas frequências 84,1% e 15,9%.

EXERCÍCIO:

As concentrações médias diárias de DBO, em mg/L, de efluente de uma lagoa anaeróbia apresentaram os seguintes valores: 120, 150, 200, 180, 170, 175, 160, 145, 100, 190.

Com o emprego de um "Papel de Probabilidade", elaborar a solução gráfico para o parâmetro medido, calcular a média e o desvio padrão da DBO efluente dessa lagoa.

Procedimentos Preliminares (Método de Henry):

- 1) Arranjar os dados em ordem crescente de valor.
- 2) Calcular a probabilidade de cada dado, de acordo com a expressão:

$$\% \text{ Probabilidade} = \frac{(100)}{n} (m - 0,5)$$

Onde:

n = número total de dados

m = número de ordem dos dados da série, de 1 a n .

Esta quantidade é equivalente a porcentagem de ocorrência do valor plotado na ordenada, isto é, a porcentagem de tempo em que o valor em questão é menor ou igual a aquele lido na ordenada.

- 3) Plotar no Papel de Probabilidade cada valor, isto é, na ordenada a DBO medida e na abcissa, a frequência de probabilidade em %, calculada no item 2.
- 4) Traçar uma reta que melhor se ajuste aos pontos plotados. Essa linha reta pôde ser escolhida visualmente ou através do método dos mínimos quadrados.
- 5) Deste gráfico, obter na ordenada o valor correspondente a 50% na abcissa. O valor de 50% equivale a média estatística dos dados.
- 6) Calcular o desvio padrão, σ , como metade da diferença dos valores em que ocorre para 15,9% e 84,1%.

$$\sigma = \frac{\text{valor para 84,1\%} - \text{valor para 15,9\%}}{2}$$

NOTA: Este método de correlação estatística é recomendado para pequena quantidade de dados (menos do que 30 dados).

RESOLUÇÃO:

DBO mg/L	Valores de m	% Probabilidade = $(100/n) (m - 0,5)$
100	1	5,0
120	2	15,0
145	3	25,0
150	4	35,0
160	5	45,0
165	6	55,0
175	7	65,0
180	8	75,0
190	9	85,0
200	10	95,0

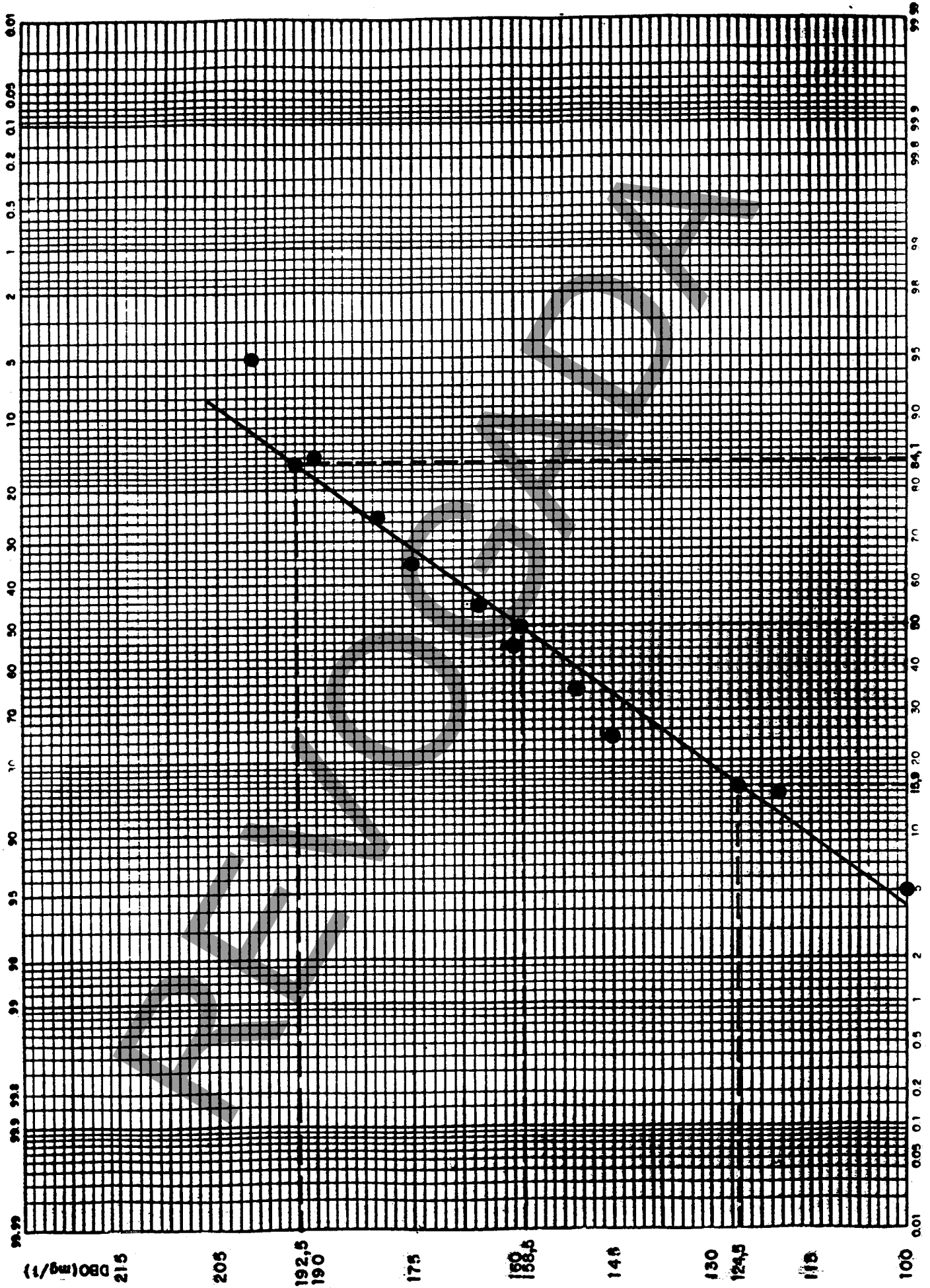


FIGURA 1 - PAPEL DE PROBABILIDADE

Ajustando uma reta pelo método dos mínimos quadrados, podemos obter:

- DBO média do afluente: 158,5 mg/L.
- Valor para 84,1%: 192,5 mg/L.
- Valor para 15,9%: 124,5 mg/L.
- Desvio Padrão: 34,0 mg/L.

6.1.1.1 Considerações de ordem prática

Vale lembrar que não existe a priori um valor absoluto que determine se a qualidade de um efluente é boa ou má. Este valor é função do caso particular em estudo, do projeto da lagoa, e das características do corpo receptor, e deverá ser conhecido para efeito de operação e da avaliação do desempenho. No entanto a experiência tem indicado certos valores típicos, para a qualidade do efluente para esgotos domésticos, e que são:

O D O R

Ausente; a constatação de odor é em geral, devido a uma sobrecarga, aplicada à lagoa ou a uma floração excessiva de algas.

C O R

Nas lagoas anaeróbias, a cor é tipicamente negra; nas facultativas, é esverdeada, podendo em períodos críticos de baixa temperatura ser acinzentada, com uma correspondente redução na sua eficiência.

SÓLIDOS EM SUSPENSÃO

40 a 70 mg/L nas lagoas facultativas.

40 a 100 mg/L nas lagoas anaeróbias.

D B O

10 a 150 mg/L nas lagoas anaeróbias, 30 a 70 mg/L nas facultativas.

OXIGÊNIO DISSOLVIDO

Zero nas lagoas anaeróbias; nas facultativas é variável ao longo do dia e da noite, podendo oscilar entre, cerca de 0 a 10 mg/L, no período da noite e da manhã, e de 10 a 30 mg/L, no período da tarde.

P H

Entre 6,0 e 7,0 nas lagoas anaeróbias; entre 6,5 e 8,0 nas lagoas facultativas.

A L G A S

Os gêneros principais nas lagoas facultativas tem sido Euglena, Chlorococum, Chlorella, Micractinium, Anabaena, Carteria, Scene dezmus, etc., e são reproduzidos na Figura 2.

Algumas considerações podem ser feitas também na avaliação do desempenho em relação às cargas aplicadas:

CARGA ORGÂNICA DE DBO

Nas lagoas anaeróbias a carga orgânica volumétrica Co_v , devem estar na faixa de 0,04 a 0,07 Kg DBO/m³.d; nas lagoas facultativas a carga orgânica superficial Co_s , entre cerca de 90 a 200 kg DBO/ha.d.

A verificação dessa faixa deverá ser feita, levando em conta:

- a DBO afluente So (mg/L)
- a vazão média afluente $Q_{méd}$ (m³/d)
- a área superficial A (m²) da lagoa
- a profundidade do nível d'água h (m).

Para a lagoa anaeróbia Co_v (kg DBO/m³.d) será:

$$Co_v = \frac{So \times Q}{A \times h} \times 10^{-3}$$

Para a lagoa facultativa Co_s (kg DBO/ha.d), será:

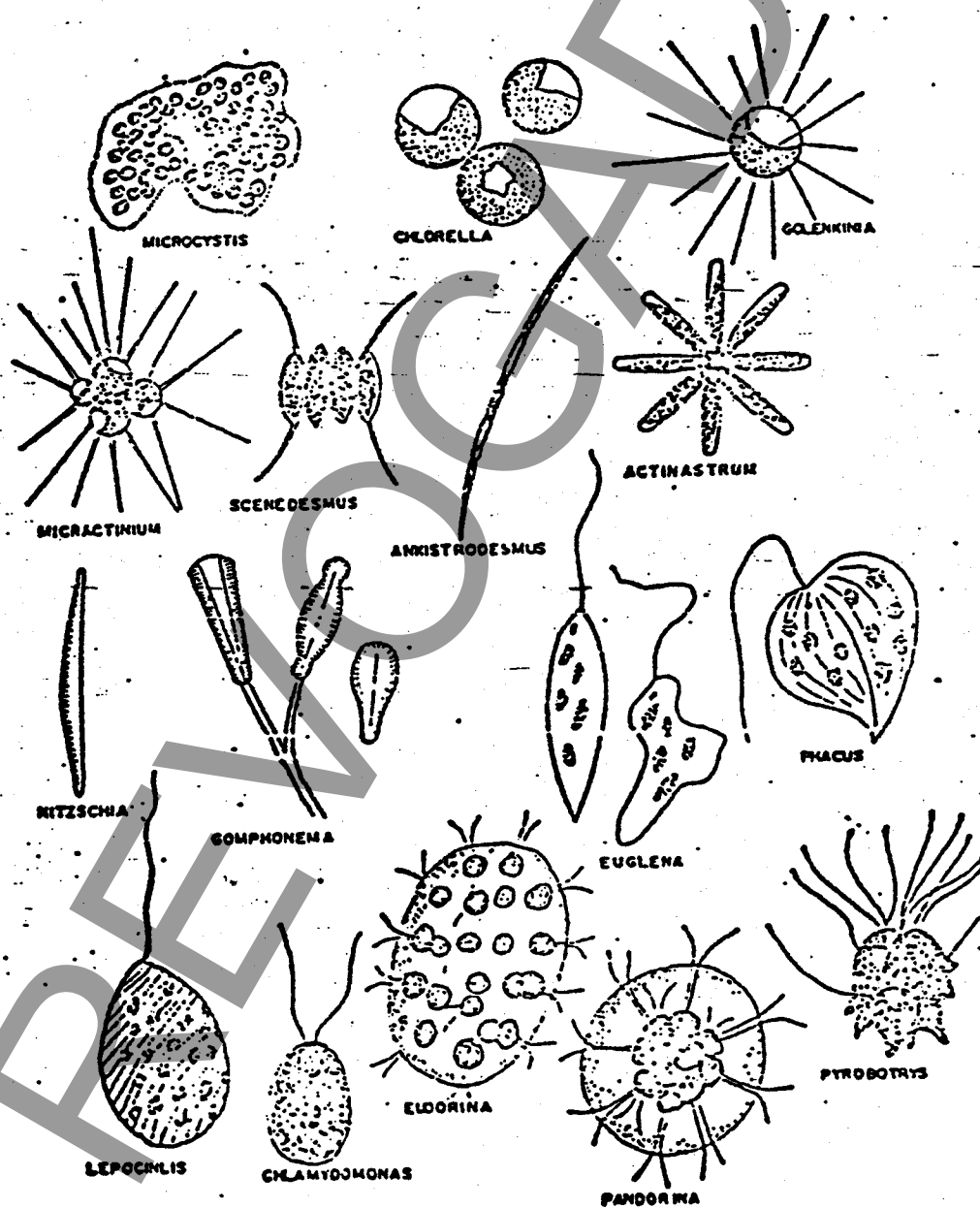


FIGURA 2 - Gêneros de algas comumente encontradas nas lagoas de estabilização.

$$Co_s = \frac{So \times Q}{A} \times 10^{-3}$$

6.2 Desempenho global medido em unidades relativas

Nesse caso, refere-se à eficiência da lagoa, medida em percentagem. Para qualquer grandeza da qualidade para a DBO por exemplo, a eficiência será:

$$E (\%) = \frac{(DBO_{afl.} - DBO_{efl.})}{DBO_{afl.}} \times 100$$

- a eficiência média $E_{méd}$, para n determinações:

$$E_{méd} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}$$

- o desvio padrão S

$$S = \sqrt{\frac{\sum (E_m - E_i)^2}{n}}$$

(caracterizado imediatamente no papel de probabilidade).

6.2.1 Interpretação dos resultados

A lagoa será considerada operando bem, se dentro dos objetivos desejados:

- as eficiências médias mensais e anuais dos diversos parâmetros de qualidade forem iguais ou superiores às respectivas eficiências de projeto;
- os valores individuais da eficiência maiores que os valores de projeto não os excederem em mais de 20% do tempo.
- a distribuição da eficiência for normal.

Valores usuais da eficiência tem sido:

- lagoas anaeróbicas: remoção de 50% à 70% de DBO;
- lagoas facultativas: remoção de 80% à 90% da DBO e de SS, e superior a 99% de organismos coliformes.

6.3 Desempenho medido em unidades econômicas

Deseja-se aqui avaliar o custo operacional da lagoa, em função de sua capacidade de remoção de carga, e de sua capacidade hidráulica. Os custos operacionais são gerados por uma série de despesas D que podem ser decompostas em 4 (quatro) parcelas principais;

D_E = despesas relativas a energia (de eventuais estações elevatórias)

D_P = despesas relativas a pessoal

D_M = despesas relativas a manutenção

D_Q = despesas relativas ao emprego de produtos químicos quer de laboratório (controle operacional), quer de eventual uso na lagoa

$$D = D_E + D_P + D_M + D_Q$$

Sendo D e suas parcelas expressas em moeda corrente por unidade de tempo (dia, mês ou ano).

Os custos unitários que se deseja conhecer são:

- C_c , para a capacidade de remoção de carga (para a remoção da DBO, por exemplo);

$$C_c = \frac{D}{\text{carga rem. DBO}}$$

C_v para a capacidade hidráulica de tratamento:

$$C_v = \frac{D}{Q}$$

Os custos devem ser acompanhados mês a mês e ano a ano como forma de avaliar a produtividade da lagoa. Estes custos servirão de base também para comparar esta produtividade com a de outros sistemas e como base para estudos econômicos da companhia de saneamento.

REVOGADA

BIBLIOGRAFIA

1. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas NB-570. Elaboração de Projetos Hidráulicos - Sanitários de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários.
2. ARCEIVALA, S.J. Simple Waste Treatment Methods, Ankara, 1973.
3. _____. Wastewater treatment and disposal - engineering and ecology in pollution control. New York, Marcel Dekker, 1981. 892 p.
4. AZEVEDO NETO, J.M. & ALVAREZ, G.A. Manual de hidrologia 7ª ed. São Paulo, Edgard Blücher, 1982, 2 v.
5. _____. & HESS, M.L. Tratamento em lagoas de estabilização. Valos de oxidação. In: Tratamento de águas residuárias. São Paulo, DAE, 1970.
6. BRANCO, S.M. Depuração biológica das águas residuárias: In: Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária. São Paulo, CETESB. 1971, V.III, p. 825-975.
7. CETESB. Determinação de alcalinidade em águas - Método da titulação potenciométrica até pH predeterminado - Método de ensaio. São Paulo, 1988 (NT- L5.102).
8. _____. Determinação de cor em águas - Método da comparação visual - Método de ensaio. São Paulo, 1978 (NT- L5.117).
9. _____. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) - Método da diluição e incubação (20°C, 5 dias) - Método de ensaio. São Paulo, 1978, (NT- L5.120).
10. _____. Determinação de fósforo em águas - Método do ácido ascórbico - Método de ensaio. São Paulo, 1978 (NT- L5.128):
11. _____. Determinação de nitrogênio amoniacal em águas - Método da nesslerização com destilação prévia - Método de ensaio. São Paulo, 1980, (NT- L5.136).
12. _____. Determinação de nitrato em águas - Método do ácido ferrodissulfônico - Método de ensaio. São Paulo, 1978 (NT- L5.137).
13. _____. Determinação de nitrito em águas - Método da sulfanilamida e N-(1-Naftil) etilenodiamina - Método de ensaio. São Paulo, 1978 (NT- L5.138).

14. _____. Determinação de nitrogênio orgânico e de nitrogênio total Kjeldahl em águas - Método da determinação de nitrogênio na forma de amônia - Método de ensaio. São Paulo, 1978 (NT- L5.139).
15. _____. Determinação de óleos e graxas em águas - Método da extração por solvente - Método de ensaio. São Paulo, 1978 (NT- L5.142).
16. _____. Determinação de oxigênio consumido em águas - Método do permanganato de potássio - Método de ensaio. São Paulo, 1978 (NT- L5.143).
17. _____. Determinação de pH em águas - Método eletrométrico - Método de ensaio. São Paulo, 1978 (NT- L5.145).
18. _____. Determinação de resíduo sedimentável em águas - Método do cone Imhoff - Método de ensaio. São Paulo, 1978 (NT- L5.148).
19. _____. Determinação de resíduos em águas - Métodos gravimétricos - Método de ensaio. São Paulo, 1978 (NT- L5.149).
20. _____. Determinação da turbidez em águas - Método nefelométrico - Método de ensaio. São Paulo, 1978 (NT- L5.156).
21. _____. Determinação de oxigênio dissolvido em águas - Método de Winkler modificado pela azida sódica - Método de ensaio. São Paulo, 1978 (NT- L5.169).
22. _____. Coliformes totais e fecais - Determinação do N.M.P. pela técnica de tubos múltiplos - Método de ensaio. São Paulo, 1984 (NT- L5.202).
23. _____. Coliformes totais - Determinação pela técnica de membrana filtrante - Método de ensaio. São Paulo, 1984 (NT- L5.214).
24. _____. Determinação de bentos de água doce - Macroinvertebrados - Métodos qualitativo e quantitativo - Método de ensaio. São Paulo, 1978 (NT- L5.309).
25. _____. Condições de funcionamento de sete lagoas de estabilização no Estado de São Paulo. Revista DAE. São Paulo, SABESP, 41 (124): 55-74, 1981.
26. ECKENFELDER Jr., J.W.W. - Water quality engineering for practicing engineers. New York, Barnes & Noble, 1970.

27. HESS, M.L. Desenho de lagoas e valos de oxidação. In: Tratamento de recuperação de despejos industriais. Rio de Janeiro, Instituto de Engenharia Sanitária, SURSAM, 1971. Seção 2 p. 1-20.
 28. IMHOFF, K. Manual de tratamento de águas residuárias. Trad. por Max Lothar Hess. São Paulo, Edgard Blücher (Tradução da 21ª ed. alemã, 1966).
 29. Kawai, H. et alii. Estabelecimento de critérios para dimensionamento de lagoas de estabilização. Revista DAE, São Paulo, SABESP 41 (127) 37-45, dez. 1981.
 30. LAGOON SYMPOSIUM COMMITTEE. Missouri Basin Engineering Health Council. International Symposium for waste treatment lagoons, 2. Kansas City, Ross E. McKinney, 1970, 404 p.
 31. METCALF & EDDY. INC. Wastewater engineering treatment, disposal reuse. 2 ed. United States of America, McGraw-Hill, 1979, 920 p.
 32. PESSOA, C.A. & JORDÃO, E.P. Tratamento de esgotos domésticos: concepções clássicas de tratamento de esgotos. 2ª ed. Rio de Janeiro, ABES/BNH, 1982. 536 p.
 33. Silva, M.O.S.A. Lagoas de estabilização. São Paulo, CETESB, 1977. 65 p. (apostila do curso: Projeto de valos de oxidação e lagoas de estabilização, São Paulo, CETESB 1977).
 34. _____ & MARA, D.D. Tratamentos biológicos de águas residuárias - lagoas de estabilização. Rio de Janeiro, ABES, 1979, 140 p.
 35. TECHNICAL PRACTICE COMMITTEE - SUB COMMITTEE ON OPERATIONAL OF WASTEWATER TREATMENT PLANTS. Washington, D.C. Operation of wastewater treatment plants 1968. 178 p. (WPCF Manual of Practice, 11).
 36. VICTORETTI, B.A. et alii. Lagoas de estabilização. São Paulo, Faculdade de Higiene e Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 1967.
-