



**COMPLEMENTO PARA SISTEMAS
DE TRATAMENTO
DE ESGOTO SANITÁRIO
TANQUE DE REOXIGENAÇÃO**

Depto. de Engenharia

Contato: (55) 3744-9900

E-mail: engenharia@bakof.com.br

Site: www.bakof.com.br

Frederico Westphalen/RS, agosto 2025.

SUMÁRIO

1.	INFORMATIVO TÉCNICO	3
2.	TANQUE DE REOXIGENAÇÃO	4
3.	MEMORIAL DE CALCULO	4
3.1	VOLUME DO TANQUE DE REOXIGENAÇÃO	5
3.1.1.	Vazão de ar necessária	7
3.1.2.	Potência do soprador	9
3.2	INFORMAÇÕES PARA INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA	10
	REFERÊNCIAS	13

1. INFORMATIVO TÉCNICO

A Bakof TEC atua na área de Sistemas de Tratamento de Efluentes Domésticos desde 1998, produzindo, desenvolvendo e fabricando produtos em Plásticos Reforçados em Fibra de Vidro (PRFV) e Polietileno de Média Densidade (PEMD). Além disso, a Bakof desenvolve e executa projetos na área da Engenharia Sanitária e Ambiental, como Estações de Tratamento de Efluente Sanitário e Industrial, visando à satisfação dos seus clientes, aliado a garantia da qualidade ambiental e priorizando a responsabilidade socioambiental.

Os produtos desenvolvidos em PRFV e PEMD, são unidades de tratamento leves, facilitando o transporte, instalação e manuseio; resistentes à corrosão; e totalmente estanques. São a solução ideal para o tratamento de efluentes de residências, edifícios, hotéis, indústrias, loteamentos, restaurantes, escritórios, comércios, escolas e sanitários públicos.

O tanque de reoxigenação é produzido em PRFV. Nessa linha são utilizados resina com fibra de vidro, gel coat e gel parafinado. A resina com fibra de vidro tem como objetivo formar a estrutura do equipamento, dando a resistência e a durabilidade necessárias contra o rompimento e deformação do produto, quando submetido às pressões internas e externas. O gel coat age como uma camada de gel interno isoftálico, que possui a finalidade de formar uma superfície impermeabilizante no produto e, ainda, servir como base de estruturação para a fibra de vidro. Já o gel parafinado possui a função de inibir a ação dos raios ultravioletas e dar o acabamento estético do produto.

2. TANQUE DE REOXIGENAÇÃO

Em sistemas de tratamento de esgoto anaeróbio ocorre remoção de matéria orgânica, mas que, por sua natureza, gera gases reduzidos como sulfeto de hidrogênio (H_2S) e amônia (NH_3), responsáveis pelo odor desagradável característico. Além da geração de outros gases como metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2). Em especial, os gases H_2S e NH_3 permanecem dissolvidos no efluente líquido, ocasionando mau cheiro no ponto de lançamento e no entorno.

O tanque de reoxigenação foi desenvolvido como medida complementar para oxigenar o efluente tratado antes de sua disposição final. A introdução controlada de oxigênio no efluente promove a oxidação química de substâncias reduzidas, como sulfetos e amônia, transformando-as em espécies oxidadas e inodoras, além de elevar a concentração de oxigênio dissolvido. Essa medida atende às exigências da Resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece valores mínimos de oxigênio dissolvido para a proteção da vida aquática, e contribui para o conforto ambiental da comunidade ao reduzir significativamente a percepção de odores no lançamento do esgoto.

Assim, o tanque de reoxigenação se configura como uma solução técnica simples, eficiente e ambientalmente adequada para complementar o tratamento anaeróbio. Não sendo caracterizado como uma etapa de tratamento do efluente, mas como uma medida de mitigação de odores no entorno, a melhoria da percepção pública e a qualificação ambiental dos pontos de lançamento.

O tanque de reoxigenação da Bakof Tec. possui sistema de transferência de oxigênio por difusores, alimentados por um soprador de ar do tipo diafragma. O sistema é de fácil instalação e baixo consumo de energia. O soprador pode ser ligado diretamente na tomada, dispensando mão-de-obra elétrica, além de não causarem incomodo a vizinhança, com ruído variando de 34 a 48 decibéis.

3. MEMORIAL DE CALCULO

O Oxigênio Dissolvido (OD) é um fator limitante para manutenção da vida aquática e de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos. Durante a degradação da matéria orgânica, as bactérias utilizam o oxigênio nos seus processos metabólicos, consumindo e reduzindo a sua concentração no meio líquido. Em corpos d'água, uma das causas mais frequentes de mortandade é a queda

na concentração de oxigênio. O valor mínimo de oxigênio dissolvido (OD) para a preservação da vida aquática, estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 5,0 mg/L. Valores de oxigênio dissolvido > 2 mg/L em corpos d'água, resultam em hipoxia, ou seja, baixa concentração de oxigênio dissolvido na água.

O oxigênio proveniente da atmosfera se dissolve nas águas naturais, devido à diferença de pressão parcial. Este mecanismo é regido pela Lei de Henry, que define a concentração de saturação de um gás na água, em função da temperatura, em que:

$$C_{sat} = \alpha \times p_{gás}$$

Onde:

α : constante inversamente proporcional à temperatura (43,9 para 20°C);

$p_{gás}$: pressão exercida pelo gás sobre a superfície do líquido (0,21 atm).

O oxigênio constitui 21% da atmosfera e, pela lei de Dalton, exerce uma pressão de 0,21 atm. Existem outros processos de tratamento de esgotos em que a aeração do meio é feita artificialmente, empregando-se aeradores superficiais ou sopradores de ar.

3.1 VOLUME DO TANQUE DE REOXIGENAÇÃO

Para dimensionamento do volume do tanque de reoxigenação se considerou um tempo de detenção hidráulica de 1,5 horas, a fim de possibilitar a correta distribuição de oxigênio no meio líquido e limitar a possibilidade de um processo biológico. O excesso de oxigênio resultaria na proliferação de bactérias aeróbias que degradariam a carga orgânica no esgoto, porém geraria um lodo biológico indesejado, uma vez que não é um processo de lodos ativados e não possui decantador secundário. Sendo assim, o lodo somente resultaria em maior carga orgânica no efluente final. A Figura 1 ilustra o tanque de reoxigenação. Na Figura 1 é apresentado os modelos de tanque de reoxigenação disponíveis. O Quadro 1 elenca os modelos disponíveis e suas dimensões.

Figura 1 – Desenho ilustrativo do tanque de reoxigenação e quadro de difusores



Fonte: Bakof Tec.

Quadro 1: Volumes de tanques disponíveis

Modelo	Vazão atendida (L/h)	Dimensões			
		Θ_s^*	Θ_i^{**}	H total ^{***}	H útil
450 L	300	0,7	0,33	1,52	1,23
1650 L	1100	1,8	1,5	1,06	0,88
2700 L	1800	1,75	1,46	1,54	1,37
4500 L	3000	2,18	1,92	1,6	1,42

* diâmetro superior (metros); ** diâmetro inferior (metros); *** altura (metros)

Não há normativas para desenvolvimento de um tanque de reoxigenação, o objetivo é aumentar o oxigênio dissolvido do efluente, uma vez que o mesmo passa por um processo de tratamento anaeróbio, tornando-se asséptico, e evitar o mau odor do efluente tratado. Sendo assim, adota-se que o efluente seja descartado com uma concentração de oxigênio de no mínimo 1,0 mg/L.

$$V = Q \times TDH$$

Onde:

Q: vazão efluente (1,1 m³/h);

TDH: tempo de detenção hidráulica (hora);

V: volume (m³).

$$V = 1,1 \times 1,5$$

$$V = 1,65 \text{ m}^3$$

3.1.1. Vazão de ar necessária

$$C_{sat} = \alpha \times p_{gás}$$

Onde:

α : constante inversamente proporcional à temperatura (43,9 para 20°C);

$p_{gás}$: pressão exercida pelo gás sobre a superfície do líquido (0,21 atm).

$$C_{sat} = 43,9 \times 0,21$$

$$C_{sat} = 9,2 \text{ mg/L}$$

O coeficiente global de transferência de oxigênio, $KLa(q)$, é uma função não linear da vazão de ar $q(t)$ e depende também das condições ambientais e de operação do sistema. No caso de utilização de um sistema de tratamento em escala reduzida, com aeradores pequenos do tipo liga-desliga, pode-se considerar $KLa(q)$ constante quando o aerador está ligado.

$$C = C_{sat} - (C_{sat} - C_0) \times e^{-KLa \times (T - T_0)}$$

Onde:

C: Concentração de O₂ em um tempo qualquer (1 mg/L);

C_{sat} : Concentração de O₂ na saturação (9,2 mg/L em 20°C);

C_0 : Concentração de O₂ inicial do efluente (0 mg/L – efluente anaeróbio);

KLa : Coeficiente de transferência de oxigênio;

T - T₀: Intervalo de tempo de oxigenação (1,5 horas).

$$1 = 9,2 - (9,2 - 0) \times e^{-KLa \times (1,5 - 0)}$$

$$KLa = 0,078 \text{ h}^{-1}$$

O coeficiente mínimo de transferência de oxigênio que deve ser considerado é de $0,078 \text{ h}^{-1}$. No entanto, mesmo considerando que o objetivo não seja remoção de matéria orgânica, a carga orgânica remanescente no meio líquido pode consumir o oxigênio inserido. Desse modo, adotou-se um K_{La} de $3,6 \text{ h}^{-1}$. Para fins de cálculo será utilizado a concentração de saturação da água para temperatura de $20 \text{ }^\circ\text{C}$. A taxa de transferência padrão é calculado pela seguinte equação:

$$TTO = K_{La} \times C_s \times V$$

Onde:

TTO: Taxa de transferência de oxigênio padrão ($\text{mg O}_2/\text{h}$);

K_{La} : Coeficiente de transferência de oxigênio (adotado: $3,6 \text{ h}^{-1}$);

C_{sat} : Concentração de O_2 na saturação ($9,2 \text{ mg/L}$ em 20°C);

V: Volume do tanque (L).

$$TTO = 3,6 \times 9,2 \times 1650$$

$$TTO = 54.760,9 \text{ mgO}_2/\text{h}$$

$$TTO = 1,31 \text{ KgO}_2/\text{d}$$

A vazão de ar em m^3/d pode ser calculada da seguinte forma:

$$Q_{ar} = \frac{TTO}{(\rho \times 0,23)}$$

Onde:

Q_{ar} : Vazão de ar ($\text{m}^3\text{ar}/\text{d}$)

TTO: Taxa de transferência de oxigênio padrão (kgO_2/d)

ρ : peso específico do ar ($1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$)

0,23: fração mássica de oxigênio no ar

$$Q_{ar} = \frac{1,31}{(1,2 \times 0,23)}$$

$$Q_{ar} = 4,76 \text{ m}^3/\text{d}$$

Segundo von Sperling (2012), a taxa de transferência de oxigênio em difusores de bolha grossa é de 4 a 8% e a eficiência de oxigenação é de 0,6 a 1,2 KgO₂/kWh. Sendo assim, pode-se corrigir a vazão de ar real emitida pelos difusores.

$$Q_{ar\ real} = \frac{Q_{ar}}{T_{O_2}}$$

Onde:

Q_{ar real}: Vazão de ar corrigida pela capacidade de transferência dos difusores (m³/d);

Q_{ar}: Vazão de ar (m³ar/d)

T_{O₂}: taxa de transferência de oxigênio dos difusores (6%)

$$Q_{ar\ real} = \frac{4,76}{0,06}$$

$$Q_{ar\ real} = 79\ m^3\ m^3/d$$

$$Q_{ar\ real} = 54,86\ L/min$$

3.1.2. Potência do soprador

A seguir se calcula a potência mínima necessária para escolha do soprador de ar.

$$P = \frac{Q \times \rho \times g \times (d_i + H)}{\eta}$$

Onde:

P: Potência requerida (W)

Q: vazão de ar (m³/s)

ρ: peso específico do líquido (1000 kg/m³)

g: aceleração da gravidade (9,81 m/s²)

d_i: profundidade dos difusores (altura útil em metros)

H: perda de carga total (altura total do tanque em metros)

η: Eficiência do motor e do soprador (adotado 60% ou 0,6)

$$P = \frac{0,00092 \times 1000 \times 9,81 \times (0,88 + 1,06)}{0,6}$$

$$P = 29,14 W$$

Sendo assim, para que a reoxigenação do tanque ocorra de forma eficiente, é necessário um soprador com vazão de ar de 54,86 L/min, capaz de vencer uma pressão de 0,9 metros de coluna de água.

O dimensionamento dos equipamentos é de responsabilidade do engenheiro responsável pelo projeto do sistema de tratamento, em que o mesmo deve observar as legislações e normas vigentes de cada localidade. O engenheiro poderá utilizar dados diferentes dos mencionados acima, sendo, neste caso, integralmente responsável por sua escolha e aplicação

4. INFORMAÇÕES PARA INSTALAÇÃO DO SISTEMA

- Os equipamentos podem ser instalados enterrados, semienterrados ou na superfície;
- Caso seja enterrado, escavar o local de instalação e nivelar a base da vala. A vala deve ter, pelo menos 20 cm a mais de diâmetro do que o diâmetro dos equipamentos;
- Constituir uma sapata nivelada em concreto armado, de acordo com o peso total dos equipamentos cheios, que servirá como base para o sistema;
- Construir as paredes de contenção ao redor do produto;
- Não é permitido o aterramento
- Realizar as conexões utilizando-se anéis de vedação;
- Encher o equipamento com água para verificar a estanqueidade (vazamento);
- Deixar o sistema em repouso por 24 h para assegurar que a estanqueidade do mesmo foi preservada durante a movimentação, instalação e conexões;
- Utilizar terra peneirada (livre de pedras ou objetos pontiagudos), ou pó de brita, e cimento traço 10:1 e efetuar a compactação a cada 25 cm. O aterramento também pode ser efetuado em concreto;
- Preservar fácil acesso à tampa de inspeção para a manutenção e limpeza periódica (12 meses), não aterrar sobre a tampa;
- Em terrenos arenosos, movediços ou de lençol freático superficial, além da sapata, realizar a ancoragem do sistema, através de seus anéis de içamento;

- Caso o sistema seja instalado em local de intensa circulação ou circulação de veículos, deve ser construída uma laje de sustentação que não seja apoiada nos equipamentos;

5. MANUAL DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

O tanque de reoxigenação é um equipamento fabricado em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro), com sistema interno de difusores de ar alimentados por soprador mecânico do tipo diafragma. Sua função é promover a dissolução de oxigênio no efluente tratado para oxidar compostos responsáveis por mau odor e elevar a concentração de OD antes do lançamento.

1. Procedimento de operação:

- Inspeção visual periódica: observar a homogeneidade do oxigênio no tanque através da movimentação de bolhas de ar no meio líquido;
- Verificação dos equipamentos do sistema de aeração: ruídos fora do normal ou vibrações exageradas;
- Verificar se está havendo aeração constante ou quedas de energia frequentes;

2. Procedimento de manutenção preventiva:

- Corrigir possíveis alterações observadas no soprador;
- Verificar a pressão de saída do ar;
- Anualmente limpar o interior do tanque, retirando lodo em excesso, com caminhão limpa-fossa;
- Substituir ou limpar os difusores de ar, se necessário;
- Verificar o estado geral do soprador e substituir diafragmas caso necessário.

3. Procedimento de Limpeza do Tanque:

- Desligar o soprador de ar antes do esvaziamento;
- Introduzir mangueira do caminhão limpa-fossa no Tê de entrada do produto e realizar a limpeza;

- Após a sucção, pode ser adicionado água no produto para limpeza dos difusores, utilizando uma mangueira com pressão média, e realizada uma nova sucção do líquido restante;
- Encher novamente com água antes de religar o soprador.

4. Recomendações Gerais

- Não utilizar produtos químicos agressivos no interior do tanque;
- Não desligar o soprador sem necessidade (limpeza, manutenção, etc.);
- Não encaminhar esgoto bruto para o sistema, deve ser previsto unidade de remoção de gordura e tratamento biológico antes do tanque de reoxigenação.

REFERÊNCIAS

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Mortandade em peixes – Oxigênio dissolvido. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/oxigenio-dissolvido/>>.

CETESB. Variáveis de Qualidade da Água – Rios e Reservatórios – Série de Nitrogênio – (amônia, nitrato, nitrito e nitrogênio orgânico). In: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>>.

VON SPERLING, Marcos. Lodos Ativados. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Volume 4. 3ª Edição. 2012.