



**SISTEMAS DE TRATAMENTO  
DE ESGOTO SANITÁRIO  
REATOR E BIOFILTRO EM PEMD**

Depto. de Engenharia

Contato: (55) 3744-9900

E-mail: [engenharia@bakof.com.br](mailto:engenharia@bakof.com.br)

Site: [www.bakof.com.br](http://www.bakof.com.br)

Frederico Westphalen/RS, outubro 2023.

## Sumário

<b>1. INFORMATIVO TÉCNICO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. REATOR E BIOFILTRO EM PEMD.....</b>	<b>3</b>
2.1 REATOR EM PEMD .....	4
2.1.1 Dimensionamento.....	4
2.1.2 Exemplo de cálculo de geração de gás metano .....	9
2.1.3 Manutenção do sistema .....	10
2.2 BIOFILTRO ANAERÓBIO .....	12
2.2.1 Dimensionamento.....	13
2.2.2 Manutenção do sistema .....	15
2.3 CONJUNTOS REATOR E BIOFILTRO ANAERÓBIO EM PEMD .....	17
2.4 INFORMAÇÕES PARA INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA	19
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>20</b>

## **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 de 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 conjunto reator e biofiltro é constituído em PEMD, através do processo de “rotomoldagem” e para isso são utilizadas resinas de polietileno não recicladas (resina virgem), seguindo parâmetros determinados em norma. Esta resina virgem, somada ao processo de fabricação de “rotomoldagem” faz com que o produto final tenha flexibilidade aliada à alta resistência quanto ao rompimento e também alta resistência à deformação quando submetido à pressão do fluido.

## **2. REATOR E BIOFILTRO EM PEMD**

Em princípio, todos os compostos orgânicos podem ser degradados pela ação biológica, tanto por vias aeróbias como anaeróbias. Esse processo se torna mais eficiente e mais econômico quando os dejetos são facilmente biodegradáveis, como é o caso do efluente sanitário (CHERNICHARO, 2007). Uma vez que o efluente sanitário gerado é majoritariamente orgânico, o tratamento pode ocorrer por digestão anaeróbia, ou seja, por um processo biológico onde os microrganismos desenvolvem suas atividades metabólicas na ausência de oxigênio, consumindo a matéria orgânica presente no meio líquido. O processo de biodegradação reduz a carga orgânica do efluente e reduz os impactos ambientais gerados pelo lançamento indevido de efluentes.

Figura 1 – Desenho ilustrativo do conjunto de tratamento de efluentes sanitários.



Fonte: Bakof Tec (2023)

## 2.1 REATOR EM PEMD

Esses reatores da Bakof são produzidos em um tanque cilíndrico fabricado em PEMD com fluxo ascendente, distribuidor de fluxo, tubo de limpeza, saída de gás (respiro) e tampa de inspeção.

Essencialmente, o efluente é direcionado até o fundo do sistema e flui de forma ascendente, o que faz com que o efluente entre em contato com o lodo formado ao fundo do reator. Esse lodo é formado de microrganismos e possui elevada atividade biológica, o que auxilia na maior remoção da matéria orgânica. O gás gerado no processo anaeróbio é liberado pela tubulação de respiro.

A estabilização da matéria orgânica ocorre devido a ação das bactérias anaeróbias, as quais utilizam a carga orgânica do esgoto como substrato para o seu metabolismo e crescimento. A mistura do sistema é promovida pelo fluxo ascensional do esgoto e pelas bolhas de gás geradas no processo (CHERNICHARO, 2007). Considerada a unidade primária do sistema de degradação anaeróbia, este sistema, irá receber o efluente bruto gerado.

### 2.1.1 Dimensionamento

No tratamento de esgotos de baixa concentração, o dimensionamento pode ser feito pelo critério de carga hidráulica volumétrica (CHV), a qual de ser  $< 3,5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ , ou não ultrapassar  $5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$  (CHERNICHARO, 2007). Nessa situação, a velocidade ascendente nos compartimentos deve ser levada em

consideração. Sendo assim, adotando-se um valor de carga hidráulica volumétrica, é possível definir o volume de reator necessário para o tratamento.

Equação 1

$$V = \frac{C \times N}{CHV}$$

Onde:

V: volume do reator (litros);

C: contribuição per capita de efluente (L/d) – **130 L/hab.d**;

N: número de pessoas – **2 hab**.

CHV: carga hidráulica volumétrica (adotado **1 L/L.d**) (CHERNICHARO, 2007).

$$V = \frac{130 \times 2}{1}$$

$$V \cong 260 \text{ litros}$$

De acordo com os moldes de reservatório produzidos pela Bakof, o reservatório de polietileno de 325 litros é indicado para atender a essa demanda. O tempo de detenção hidráulica (TDH) é o inverso da CHV e também possui valores indicados para tratamento de esgoto doméstico em reatores anaeróbios.

O tempo de detenção hidráulica (TDH) é o tempo de permanência de um certo volume de efluente dentro de um espaço. Os valores indicados para tratamento de esgoto doméstico em reatores anaeróbios e pode variar de acordo com a temperatura média do esgoto, para esgoto doméstico com temperaturas entre 15 a 18°C o TDH deve ser  $\geq 10$  horas (CHERNICHARO, 2007). No entanto, a NBR 7229/1993 estabelece outros padrões para o TDH, conforme Figura 1. Na *Figura 3* é apresentado a contribuição diária de efluente de acordo com cada atividade, em que os valores são utilizados para determinar a vazão gerada de efluente.

Figura 2: TDH baseado na NBR 7229/1993 em função da vazão diária.

Contribuição diária (L)	Tempo de detenção	
	Dias	Horas
Até 1500	1,00	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14
Mais que 9000	0,50	12

Fonte: NBR 7229/1993.

Figura 3: Contribuição diária de esgoto conforme NBR 7229/1993

Prédio	Unidade	Unid.: L	
		Contribuição de esgotos (C) e lodo fresco (Lf)	
1. Ocupantes permanentes			
- residência			
padrão alto	pessoa	160	1
padrão médio	pessoa	130	1
padrão baixo	pessoa	100	1
- hotel (exceto lavanderia e cozinha)	pessoa	100	1
- alojamento provisório	pessoa	80	1
2. Ocupantes temporários			
- fábrica em geral	pessoa	70	0,30
- escritório	pessoa	50	0,20
- edifícios públicos ou comerciais	pessoa	50	0,20
- escolas (externatos) e locais de longa permanência	pessoa	50	0,20
- bares	pessoa	6	0,10
- restaurantes e similares	refeição	25	0,10
- cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2	0,02
- sanitários públicos <sup>(A)</sup>	bacia sanitária	480	4,0

Fonte: NBR 7229/1993.

O projeto de reatores com valores superiores de CHV, ou inferiores de TDH, pode prejudicar o funcionamento do sistema, resultando em perda excessiva de biomassa, redução da idade do lodo, redução da

estabilização do lodo e redução da eficiência do sistema. Pode-se verificar o atendimento ao parâmetro de TDH utilizando a Equação 2.

Equação 2

$$TDH = \frac{V}{Q}$$

Onde:

TDH: tempo de detenção hidráulica (dia);

V: volume do reator (litros);

Q: vazão efluente (L/d).

$$TDH = \frac{325}{260}$$

$$TDH = 1 \text{ dia} - 24 \text{ horas}$$

O TDH está de acordo com o recomendado por Chernicharo (2007) e pela NBR 7229/1993, a qual indica um TDH de 1 dia para vazões de esgoto abaixo de 1500 L/d e com temperatura média do mês mais frio abaixo de 15°C e > 10 dias.

Quando um reator é utilizado para o tratamento de efluentes domésticos, é necessário que a velocidade ascendente seja menor para permitir uma melhor retenção de sólidos, possibilitando um maior tempo para a captura e para a redução da quantidade por hidrólise (METCALF & EDDY, 2016). Velocidade superficial recomendada para  $Q_{\text{méd}} < 0,7$  m/h (CHERNICHARO, 2007), a mesma pode ser calculada de acordo com a Equação 3. O diâmetro do reator de 325 L é de 0,83 m, com raio 0,415 m.

Equação 3

$$V_s = \frac{Q}{A}$$

Onde:

V<sub>s</sub>: velocidade superficial de fluxo (m/h);

Q: vazão efluente (m<sup>3</sup>/h);

A: área da seção transversal do reator (m<sup>2</sup>).

$$V_s = \frac{0,014}{\pi 0,415^2}$$

$$V_s = 0,025 \text{ m/h}$$

A eficiência dos reatores anaeróbios pode ser calculada de forma empírica, considerando o TDH como fator determinante. No entanto, essas equações possuem limitações, pois são elaboradas em função de condições específicas de operação dos reatores, não se enquadrando para todas as realidades, como locais com baixa temperatura ambiente.

Devido a isso, considera-se que a eficiência de reatores anaeróbios se encontra na faixa de 40 a 80% para remoção de DQO e 40 a 90% para remoção de DBO segundo Chernicharo (2007).

Considerando um cenário de baixa temperatura, adota-se uma eficiência de 40% a 45% de tratamento para o reator anaeróbio. Considerando uma concentração típica no efluente doméstico de DBO de 350 a 400 mg/L e de DQO de 600 a 700 mg/L, a concentração de matéria orgânica no efluente tratado pelo reator pode ser calculada de acordo com a Equação 4.

Equação 4

$$S = S_o - \frac{E \times S_o}{100}$$

Onde:

S: concentração de DBO ou DQO no efluente tratado (mg/L);

S<sub>o</sub>: concentração de DBO ou DQO no efluente bruto (mg/L);

E: eficiência de remoção (%).

$$S = 350 - \frac{40 \times 350}{100}$$

$$S = 210 \text{ mgDBO/L}$$

$$S = 700 - \frac{45 \times 700}{100}$$

$$S = 385 \text{ mgDQO/L}$$

### 2.1.2 Exemplo de cálculo de geração de gás metano

Em reatores anaeróbios, o processo de degradação da matéria orgânica produz subprodutos, como o gás metano. O cálculo de produção volumétrica de metano pode ser feito a partir da estimativa da carga de DQO que no reator, que é convertida em gás metano. De maneira simplificada, a determinação da parcela de DQO convertida em gás metano no volume de reator calculada anteriormente, pode ser calculada segundo a Equação 5.

Equação 5

$$DQO_{CH_4} = Q \times (S_o - S) - Y_{obs} \times Q \times S_o$$

Onde:

$DQO_{CH_4}$ : carga de DQO convertida em metano (kgDQO<sub>CH4</sub>/d);

$Y_{obs}$ : coeficiente de produção de sólidos no sistema, em termos de DQO (0,11 a 0,23 KgDQO<sub>lodo</sub>/KgDQO<sub>apl</sub>);

S: concentração de DBO ou DQO no efluente tratado (kg/m<sup>3</sup>);

$S_o$ : concentração de DBO ou DQO no efluente bruto (kg/m<sup>3</sup>);

Q: vazão de efluente (m<sup>3</sup>/d).

$$DQO_{CH_4} = (0,26 \times (0,700 - 0,385)) - (0,11 \times 0,26 \times 0,700)$$

$$DQO_{CH_4} = 0,062 \text{ kgDQO}_{CH_4}/d$$

A conversão da massa do metano em produção volumétrica diária pode ser realizada segundo a Equação 6.

Equação 6

$$Q_{CH_4} = \frac{DQO_{CH_4}}{\frac{P \times K_{DQO}}{R \times (273 + T)}}$$

Onde:

P: pressão atmosférica = 1 atm;

K = DQO correspondente a um mol de CH<sub>4</sub> (64 gDQO/mol);

R: constante de gases (0,08206 atm.L/mol.K);

T: temperatura média no reator (15°C).

$$Q_{CH_4} = \frac{0,062}{\frac{1 \times 64}{0,08206 \times (273 + 15)}}$$

$$Q_{CH_4} = 0,023 \text{ m}^3/d$$

Para estimar a produção total de biogás, a partir do teor esperado de metano, pode-se utilizar a Equação 7. No tratamento de esgoto doméstico, os teores de metano no biogás são da ordem de 70 a 80% (CHERNICHARO, 2007).

Equação 7

$$Q_{biogás} = \frac{Q_{CH_4}}{C_{CH_4}}$$

Onde:

$Q_{biogás}$ : produção volumétrica de biogás ( $\text{m}^3/d$ );

$Q_{CH_4}$ : produção volumétrica de metano ( $\text{m}^3/d$ );

$C_{CH_4}$ : concentração de metano no biogás (70%);

$$Q_{biogás} = \frac{0,023}{0,70}$$

$$Q_{biogás} = 0,033 \text{ m}^3/d$$

O gás gerado em sistemas anaeróbios possui odor característico e potencial explosivo, como é o caso do metano. Além disso, é um subproduto da degradação biológica e deve ser liberado para fora do sistema. Por isso, os reatores e biofiltros em polietileno possuem um respiro, o que é responsável pela saída desses gases para a atmosfera. Indica-se o direcionamento desse respiro até o ponto mais alto da residência/empreendimento para que o gás não permaneça no ambiente de circulação de pessoas.

### 2.1.3 Manutenção do sistema

Assim como em todos os sistemas anaeróbios de tratamento de esgoto, tanques sépticos, filtros biológicos percoladores, reatores UASB, entre outros, esse reator precisa de manutenções quanto ao descarte de lodo em excesso. O reator para sua limpeza deve ter acesso do caminhão limpa fossa e sucção do lodo concentrado no fundo da unidade.

Visando a periodicidade da remoção de lodo desses sistemas de tratamento, é importante ter conhecimento do tempo necessário para limpeza do produto. Cabe ressaltar, que a geração de lodo é estimada teoricamente por cálculos matemáticos e baseado em condições pré-determinadas. A produção de lodo no reator pode ser calculada considerando a carga de matéria orgânica e o coeficiente de sólidos no sistema, assim como apresentado na Equação 8.

Equação 8

$$P_{lodo} = Y \times CO_{DQO}$$

Onde:

$P_{lodo}$ : produção de lodo no sistema (kgSST/d);

Y: coeficiente de sólidos no sistema (0,1 a 0,2 kgSST/kgDQO aplicada);

$CO_{DQO}$ : carga de DQO aplicada no sistema (kgDQO/d);

$$P_{lodo} = 0,1 \times (0,26 \times 0,350)$$

$$P_{lodo} = 0,1 \times 0,182$$

$$P_{lodo} = 0,0091 \text{ kgSST/d}$$

A conversão da produção de lodo em quilogramas para volume de lodo é realizada segundo a Equação 9.

Equação 9

$$V_{lodo} = \frac{P_{lodo}}{\gamma \times C_{lodo}}$$

Onde:

$V_{lodo}$ : volume de lodo diário produzido (m<sup>3</sup>/d);

$P_{lodo}$ : produção de lodo no sistema (kgSST/d);

$C_{lodo}$ : concentração do lodo (3 a 4%);

$\gamma$ : massa específica do lodo (1020 a 1040 kg/m<sup>3</sup>).

$$V_{lodo} = \frac{0,0091}{1020 \times 0,03}$$

$$V_{lodo} = 0,0003 \text{ m}^3/\text{d}$$

No entanto, sabe-se que a geração de lodo depende das condições reais de operação do reator, como vazão de alimentação, carga orgânica aplicada, hábitos do usuário, tempo e condições de uso do reator, além de condições climáticas, principalmente a temperatura ambiente.

Baseado em experiências reais, recomenda-se a limpeza do reator em 1 ano. No entanto, a startup do sistema anaeróbio pode levar até 180 dias, sendo assim, no primeiro ano de uso o volume de lodo excedente gerado pode ser menor e demandar um tempo mais longo para limpeza.

## 2.2 BIOFILTRO ANAERÓBIO

O biofiltro é fabricado em um tanque cilíndrico de PEMD, possui fluxo ascendente, distribuidor de fluxo, meio suporte de eletroduto corrugado, tubo de limpeza e tampa de inspeção.

Os biofiltros são caracterizados pela presença de um material de empacotamento estacionário, no qual os microrganismos podem se aderir a sua superfície, ou ficar retidos nos seus interstícios. A aderência desses microrganismos aumenta a quantidade de biomassa dentro do biofiltro e, conseqüentemente, a eficiência da degradação da matéria orgânica presente no efluente (CHERNICHARO, 2007).

Em um sistema de tratamento de efluente, o biofiltro deve ser utilizado como pós-tratamento de fossas sépticas ou reatores, recebendo um efluente com menor carga orgânica e sólida e impedindo o entupimento precoce do biofiltro. Na unidade o efluente flui do fundo do biofiltro até a superfície, permitindo um melhor contato de todo efluente pelo meio suporte carregado por biofilme bacteriano. O biofilme aumenta o tempo de retenção celular (TRC) dos microrganismos dentro do reator e aumenta o consumo de carga orgânica do efluente.

A utilização de biofiltros anaeróbios no tratamento de esgoto doméstico tem sido aplicada como polimentos de efluentes de reatores anaeróbios com sucesso. Operando nessas condições, os filtros anaeróbios apresentaram bom desempenho com TDH de 4 a 10 horas. No entanto, a NBR 13.969/1997 determina um diferentes TDH em função da vazão diária de esgoto gerada e da temperatura média do mês mais frio do local (Tabela 1).

Tabela 1: TDH baseado na NBR 13.969/1997.

Vazão L/dia	Temperatura média do mês mais frio		
	Abaixo de 15°C	Entre 15° C e 25°C	Maior que 25°C
Até 1500	1,17	1,00	0,92
1501 a 3000	1,08	0,92	0,83
3001 a 4500	1,00	0,83	0,75
4501 a 6000	0,92	0,75	0,67
6001 a 7500	0,83	0,67	0,58
7501 a 9000	0,75	0,58	0,50
Acima de 9000	0,75	0,50	0,50

Fonte: Adaptado de NBR 7229/1993.

### 2.2.1 Dimensionamento

Tratando-se de um esgoto de baixa concentração como o esgoto doméstico, o cálculo de volume do filtro biológico pode ser baseado no tempo de detenção hidráulica necessário, vazão de efluente e coeficiente do meio suporte. Para o tubo corrugado utilizado como meio suporte pela Bakof, o coeficiente do meio suporte é de 1,1.

Em um cenário de baixa temperatura, considerando a temperatura média do mês mais frio de 15 °C e um número de contribuintes de 2 pessoas padrão médio, conforme o exemplo anterior, pode-se calcular o volume necessário para o biofiltro.

Equação 10

$$V = 1,1 \times N \times C \times TDH$$

Onde:

N: número de contribuintes (habitantes);

C: contribuição diária (L/d);

TDH: tempo de detenção hidráulica (dias);

V: volume do filtro biológico.

$$V = 1,1 \times 2 \times 130 \times 1$$

$$V = 286 \text{ litros}$$

A velocidade superficial no compartimento do filtro também é relevante na operação do sistema e pode ser calculada de acordo com a Equação 11. Durante a partida do sistema, a velocidade não deve exceder 0,4

m/h e durante o período de maturação, não deve exceder 1 m/h, evitando a perda excessiva de sólidos e desprendimento do biofilme (CHERNICHARO, 2007). O diâmetro do reator de 325 L é de 0,83 m, com raio 0,415 m.

Equação 11

$$V_s = \frac{Q}{A}$$

Onde:

V<sub>s</sub>: velocidade superficial de fluxo (m/h);

Q: vazão efluente (m<sup>3</sup>/h);

A: área da seção transversal do reator (m<sup>2</sup>).

$$V_s = \frac{0,014}{\pi 0,415^2}$$

$$V_s = 0,025 \text{ m/h}$$

A eficiência dos filtros anaeróbios, descrita em bibliografia, também é calculada de forma empírica, considerando o TDH como fator determinante, e não representando as condições reais de operação dessas unidades. Segundo Chernicharo (2007), pesquisas utilizando filtros anaeróbios como unidades únicas de tratamento, recebendo efluente bruto, indicaram eficiências médias de 68 e 79% para DBO e DQO, respectivamente. Já como unidades de pós-tratamento de reatores anaeróbios, as eficiências do conjunto foram de 75 a 85% para DBO, desde que operadas em temperaturas médias do esgoto no mês mais frio de 20°C, o que não é a realidade de todos os locais.

Devido a isso, segue-se a orientação da NBR 13969/1993 e se considera a faixa de eficiência do conjunto como de 40 a 75% para DBO e 40 a 70% para DQO, sendo os valores limites inferiores referentes a temperaturas abaixo de 15°C e dependente das condições operacionais e de manutenção.

Considerando um cenário de baixa temperatura, adota-se uma eficiência de 60% a 65% de tratamento para o conjunto reator e filtro anaeróbios, resultando em um efluente final com concentração de matéria orgânica calculada de acordo com a Equação 12.

Equação 12

$$S = S_o - \frac{E \times S_o}{100}$$

Onde:

S: concentração de DBO ou DQO no efluente tratado final (mg/L);

So: concentração de DBO ou DQO no efluente bruto (mg/L);

E: eficiência de remoção (%).

$$S = 350 - \frac{60 \times 350}{100}$$

$$S = 140 \text{ mgDBO/L}$$

$$S = 700 - \frac{65 \times 700}{100}$$

$$S = 245 \text{ mgDQO/L}$$

O dimensionamento dos sistemas, para cada caso (obra) específico, é de responsabilidade do **Engenheiro Responsável** pela obra civil ou pelo projeto do sistema de tratamento de efluentes utilizado, devendo ser observadas as equações de dimensionamento e as informações acima descritas, além dos dados de referência contidos nas normas em vigência.

### 2.2.2 Manutenção do sistema

A entrada excessiva de sólidos no compartimento preenchido com meio suporte poderá resultar em colmatação da camada filtrante. A adoção de uma frequência adequada de descarte de lodo é fundamental para minimizar os problemas de entupimento do filtro e garantir a qualidade do efluente final. No caso de efluentes menos concentrados, a produção de lodo em excesso é muito baixa e geralmente gera poucos problemas relacionados a manutenção do lodo (CHERNICHARO, 2007).

Alguns autores recomendam que o descarte de lodo não seja realizado a menos que a manta de lodo penetre no meio suporte, ou se a concentração de sólidos aumentar significativamente (CHERNICHARO, 2007).

Ou seja, a manutenção de filtros biológicos operando no tratamento doméstico, não necessitam de manutenção intensiva e podem ter um período entre as limpezas maior que a dos reatores anaeróbios. O excesso de limpeza pode prejudicar a eficiência do reator, removendo a parcela de biomassa ativa necessária e responsável pela degradação da matéria orgânica do efluente. Também, a negligência quanto a limpeza pode

causar entupimento da camada suporte, aumentando a pressão no sistema e causando o desprendimento do biofilme, o que resulta em um efluente de má qualidade.

Apesar disso e para conhecimento, pode-se calcular o volume teórico de lodo gerado em filtros biológicos utilizando a Equação 13 de acordo com a bibliografia.

Equação 13

$$P_{lodo} = Y \times (L_o - L_e)$$

Onde:

$P_{lodo}$ : produção de lodo no filtro (kgSST/d);

$Y$ : coeficiente de sólidos no filtro (0,8 a 1,0 kgSST/kgDBOrem);

$L_o$ : carga de DBO afluente ao filtro (kgDBO/d);

$L_e$ : carga de DBO no efluente tratado pelo filtro (kgDBO/d).

$$P_{lodo} = 0,8 \times (0,0546 - 0,0364)$$

$$P_{lodo} = 0,014 \text{ kgSST/d}$$

A conversão da produção de lodo em quilogramas para volume de lodo diário é realizada segundo a Equação 14.

Equação 14

$$V_{lodo} = \frac{P_{lodo}}{\gamma \times C_{lodo}}$$

Onde:

$V_{lodo}$ : volume de lodo diário produzido no filtro (m<sup>3</sup>/d);

$P_{lodo}$ : produção de lodo no sistema (kgSST/d);

$C_{lodo}$ : concentração do lodo (0,8 a 1,5%);

$\gamma$ : massa específica do lodo (1000 a 1040 kg/m<sup>3</sup>).

$$V_{lodo} = \frac{0,014}{1000 \times 0,008}$$

$$V_{lodo} = 0,0018 \text{ m}^3/\text{d}$$

### 2.3 CONJUNTOS REATOR E BIOFILTRO ANAERÓBIO EM PEMD

Os volumes disponíveis dos conjuntos dimensionados e produzidos pela Bakof, são descritos no Quadro 1. São 3 volumes distintos que contemplam tanto o reator quanto o biofiltro, e atendem a diferentes vazões de esgoto gerado.

Quadro 1: Volumes disponíveis de Reator e Biofiltro.

Reator/Biofiltro	Altura (m)	Diâmetro (m)
325L	1,00	0,83
650L	1,15	1,00
1100L	1,53	1,10
1850 L	1,85	1,25
2500 L	1,80	1,53

Considerando-se os dados contidos na NBR 13.969/97 relacionados a contribuições de lançamento, nos Quadros 2 temos o número máximo de pessoas atendidas para diversos usos pelos conjuntos de reator e biofiltro de 325L à 2500 L.

Quadro 2: Capacidade de atendimento dos conjuntos reator e biofiltro

Empreendimento	Contribuição (L/pessoas.d)	Pessoas atendidas por conjunto				
		325 L	650 L	1100 L	1850 L	2500 L
Residencial – baixo padrão	100	3	6	10	18	25
Residencial – médio padrão	130	2	5	8	14	19
Residencial – alto padrão	160	1	4	6	11	15
Hotéis (exceto cozinha e lavanderia)	100	3	6	10	18	25
Alojamento provisório	80	3	7	13	23	30
Fábrica em geral	70	4	8	14	25	35
Escritórios, edifícios públicos, comerciais e escolas	50	6	12	20	37	50
Restaurantes e similares*	25	12	24	41	74	100

Nota: \* número de refeições servidas

Segundo a bibliografia e as normas técnicas brasileiras, os sistemas de tratamento podem ser classificados quanto a sua eficiência ou atividade desenvolvida. Por exemplo, quanto a atividade desenvolvida, podemos dividir os sistemas em:

- a) **Preliminar:** remoção de sólidos grosseiros, partículas de solo e areia e remoção de óleos e gorduras vegetais, animais e minerais. Nesse caso são utilizados sistemas de gradeamento, desarenador, caixas de gordura e caixas separadora de água e óleo;
- b) **Primário:** remoção de sólidos suspensos e sedimentáveis, como decantadores e fossas sépticas;
- c) **Secundário:** remoção biológica de matéria orgânica (DBO e DQO), utilizando sistemas biológicos como lodos ativados, filtros biológicos, reatores UASB, entre outros;
- d) **Terciário:** remoção de microrganismos patogênicos, nutrientes e poluentes persistentes. Nesse caso se utiliza, cloradores, desinfecção UV, entre outros sistemas mais eficientes.

Além da atividade desenvolvida, os tratamentos podem ser classificados de acordo com a sua eficiência, sendo o **preliminar** capaz de remover a fração inorgânica poluente; o **primário** responsável pela decomposição anaeróbia biológica da matéria orgânica (DBO e DQO); o **secundário** pela decomposição aeróbia biológica de matéria orgânica (DBO e DQO) e o **terciário:** pela remoção de microrganismos patogênicos, nutrientes, poluentes persistentes.

Segundo a classificação por atividade desempenhada, a aquisição do conjunto reator e biofiltro fornecerá ao consumidor um sistema primário e secundário de tratamento de esgoto. No entanto, a Bakof Tec. indica que os sistemas de tratamento de esgoto possuam unidades de tratamento primário, secundário e terciário, para aumentar a qualidade final do efluente tratado.

No que diz respeito a preservação e garantia da qualidade dos reatores e biofiltros, indica-se fortemente o uso das unidades preliminares de gradeamento e caixa de gordura antes desse sistema, afim de evitar o entupimento dos tanques e tubulações, ou a inatividade biológica, devido a entrada de compostos indesejados.

A Bakof Tec. conta com toda linha de produtos para um sistema mais completo, incluindo caixas de gradeamento, caixas de gordura, cloradores, entre outros produtos especiais para aumentar a eficiência do tratamento do esgoto sanitário.

Os conjuntos Tucunaré RAFA/FAFA, são indicamos para o tratamento de esgoto sanitário produzido em residências, comércios, indústrias e demais localidades onde nossos sistemas atenda a vazão de efluente gerada. A destinação indicada para o efluente tratado pelos Tucunarés são os sumidouros, as valas de infiltração, ou outras formas de destinação final em solo, conforme orienta o órgão ambiental responsável de cada local.

## 2.4 INFORMAÇÕES PARA INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO 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;
- Realizar as conexões utilizando-se anéis de vedação;
- Encher o reator e o filtro com água;
- Caso o filtro não seja adquirido já com elemento filtrante (anéis corrugados), preencher o mesmo com o referido elemento filtrante, que pode ser brita nº 4 ou conduíte (anéis corrugados) até o limite superior de 20 cm abaixo da saída do mesmo;
- 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), areia ou pó de brita e efetuar a compactação a cada 25 cm. O aterramento pode ainda ser efetuado em concreto;
- Preservar fácil acesso à tampa de inspeção para a manutenção e limpeza periódica (12 meses);
- 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;
- Para limpeza do reator e o biofiltro, introduzir a mangueira do caminhão limpa fossa até o fundo. Quando atingir o fundo, retornar a mesma **15 centímetros** para fora do tanque e então ligar a sucção do caminhão. O primeiro objetivo é não remover todo lodo, mantendo uma quantidade de biomassa (microrganismos) dentro do reator/biofiltro, o que é importante para a eficiência do tratamento. O segundo objetivo é proteger o tanque de uma possível implosão, devido ao vácuo que pode ser formado.
- A instalação sempre deve ser projetada e conduzida pelo responsável técnico (Engenheiro Civil) pela instalação ou obra.
- Em caso de dúvidas relacionadas ao produto e instalação, contatar o Departamento Técnico da empresa Bakof.

## REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7229 – Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro/RJ, 1993.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13.969 - Tanques Sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro/RJ, 1997.

CHERNICHARO, C. A. L. Reatores Anaeróbicos. Editora UFMG. Volume 5. 2ª Edição. Belo Horizonte/MG, 2007.

METCALF, L.; EDDY, H. P. Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos. Tradução de Ivanildo Hespanhol, José Carlos Mierzwa. 5. ed, Nova Iorque: McGraw-Hill; Porto Alegre: AMGH. 2016