MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO

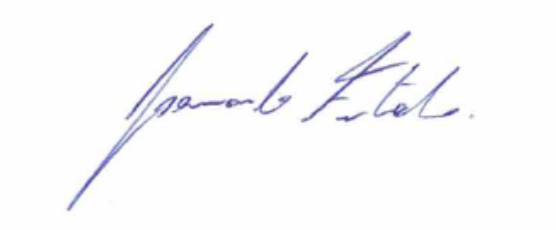
Obra: Edificação Comercial

Engenheiro Sanitarista e Ambiental: Leonardo Furtado

CHAPECÓ-SC, MARÇO DE 2026.

MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO

OBRA: EDIFICAÇÃO COMERCIAL



LEONARDO FURTADO

Engenheiro responsável

FUNDO MUNICIPAL DE SAÚDE DE CORDILHEIRA ALTA

Proprietário

CHAPECÓ-SC, MARÇO DE 2026.

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO 5
1.1 IDENTIFICAÇÃO 5
1.2 JUSTIFICATIVA 5
2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA 6
2.1 BIORREATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE 6
2.2 BIOFILTRO ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE 7
2.3 CONJUNTO 7
3 MEMORIAL DE CÁLCULO 8
3.1 DADOS PARA PROJETO 8
3.2 CONTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA DE ESGOTO 9
3.3 CARGA ORGÂNICA E CONCENTRAÇÃO DE SUBSTRATO AFLUENTE 9
3.4 DIMENSIONAMENTO DO BIORREATOR E BIOFILTRO 10
3.4.1 Volume do reator 10
3.4.2 Carga orgânica volumétrica 11
3.4.3 Carga hidráulica volumétrica 12
3.4.4 Velocidade superficial de fluxo 12
3.4.5 Produção de lodo 13
3.5 DIMENSIONAMENTO DO BIOFILTRO 15
3.5.1 Volume do Biofiltro 15
3.6 EFICIÊNCIA DO SISTEMA 16
3.6.1 Concentração de DBO e DQO no efluente final 16
3.6.2 Concentração de SST no efluente final 18
4 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO SISTEMA 18
5 OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA 19
5.1 DESTINAÇÃO DOS PRODUTOS FINAIS 19
5.1.1 Lodo anaeróbio 19
5.1.2 Efluente final 20
5.2 DEFINIÇÃO DA DESTINAÇÃO DO EFLUENTE TRATADO (SE NECESSÁRIO) 20
REFERÊNCIAS 21

ANEXO A 22
ANEXO B 24

1 APRESENTAÇÃO

O presente Projeto Básico do Sistema de Tratamento de Esgotos Sanitários foi desenvolvido para atender as legislações CONAMA 430/2011 e Lei Estadual 14.675/2009, bem como suas normativas, determinações e padrões estabelecidos.

Os critérios técnicos utilizados foram baseados nas normas estabelecidas pela ABNT, mais especificamente pelas normas NBR 17076/2024.

1.1 IDENTIFICAÇÃO

Proprietário: **FUNDO MUNICIPAL DE SAÚDE DE CORDILHEIRA ALTA**
CNPJ/CPF: **11.427.163/0001-71**
Localização: **RUA RENATO BREANSINI, LOTEAMENTO DE CESARO. CORDILHEIRA ALTA-SC.**
Edificação: **COMERCIAL**
Ocupantes permanentes: **38**
Engenheiro responsável: **LEONARDO FURTADO**
CREA/SC: **176274-0**
Anotação de Responsabilidade Técnica-ART: **9780669-5 (PROJETO/FABRICAÇÃO) – ANEXO B**

1.2 JUSTIFICATIVA

A falta de tratamento dos esgotos e condições adequadas de saneamento pode contribuir para a proliferação de inúmeras doenças parasitárias e infecciosas, além da degradação dos corpos d'água. Desse modo, a disposição adequada dos esgotos é essencial para a proteção da saúde pública e preservação do meio ambiente.

Por isso, a adoção de um maior rigor nos padrões no descarte de água sanitárias tem motivado a implantação de tratamentos mais eficientes. Nesse sentido, os sistemas biológicos utilizam microrganismos para o tratamento do efluente, reproduzindo os processos naturais que já ocorreriam, porém sob condições controladas, e, portanto, de maneira mais rápida e eficiente (VON SPERLING, 2005).

Esses sistemas devem resultar em uma significativa redução dos sólidos sedimentáveis, e em boa parte da remoção da matéria orgânica presente, reduzindo, consequentemente, a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Além disso, o efluente tratado não deve afetar o equilíbrio do sistema receptor final, seja ele rios, lagos, solo, etc. (CHERNICHARO, 2007).

2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

Sistemas anaeróbios são de simples funcionamento, instalação e manutenção, sendo, portanto, bem difundidos em regiões desprovidas de sistemas públicos de tratamento de esgotos.

No presente memorial é apresentado um sistema de reator anaeróbio de manta de lodo seguido de filtro anaeróbio de leito fixo, ambos com fluxo ascendente.

2.1 BIORREATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE

O avanço da tecnologia anaeróbia para tratamento de esgotos deve ser creditado em grande parte ao desenvolvimento dos modernos reatores de alta taxa de aplicação orgânica, com os maiores méritos ao filtro anaeróbio ascendente e principalmente, à configuração do UASB. A evolução dos reatores levou à busca para maximizar a aplicação prática do aproveitamento de todas as potencialidades dos processos anaeróbios. Todas as modernas configurações têm em comum a preocupação em atender requisitos essenciais: formação e retenção de grande quantidade de biomassa e melhoria do contato biomassa/matéria orgânica (VON SPERLING, 1996).

Por vezes, o tratamento de esgoto para pequenos grupos habitacionais, por exemplo, loteamentos e propriedades isoladas, os estudos e as normas amplamente difundidos não conseguem ser aplicadas devido à baixa vazão dos empreendimentos. Nesse sentido, e com a necessidade de melhora do efluente final dessas edificações, além do sistema tradicional de fossa mais filtro, têm-se utilizado um reator com características de biodigestor, mas com a retenção de sólidos atingida nos reatores UASB. Esse reator permite que, com baixo tempo de retenção, tenha-se elevada eficiência na remoção de matéria orgânica (CAMPOS, 1999).

Para maior eficiência de remoção, a parte da matéria orgânica dissolvida e em suspensão que não teve tempo para ser digerida no reator anaeróbio será removida no filtro anaeróbio (aqui denominado Biofiltro), através de processo biológico.

2.2 BIOFILTRO ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE

No filtro anaeróbio o meio filtrante utilizado são tubos corrugados, em substituição a brita. Conforme Campos (1999), o meio suporte com dimensões menores, peso unitário menor, e maior área superficial por volume do tanque, pode aumentar a capacidade de tratamento.

O meio filtrante com tubos corrugados permite uma maior área de contato entre efluente e bactérias, permitindo uma maior concentração de bactérias e consequentemente uma maior remoção de material orgânico. Além disso, o tanque será fabricado em fibra de vidro, portanto, o peso do material filtrante é uma condicionante importante (JORDÃO; PESSÔA, 2005).

Também em função dessa substituição, obtém-se vantagem em relação a manutenção, pois não é necessária a realização de retro lavagem, já que os microrganismos não conseguem manter sua fixação após a inativação de sua atividade metabólica.

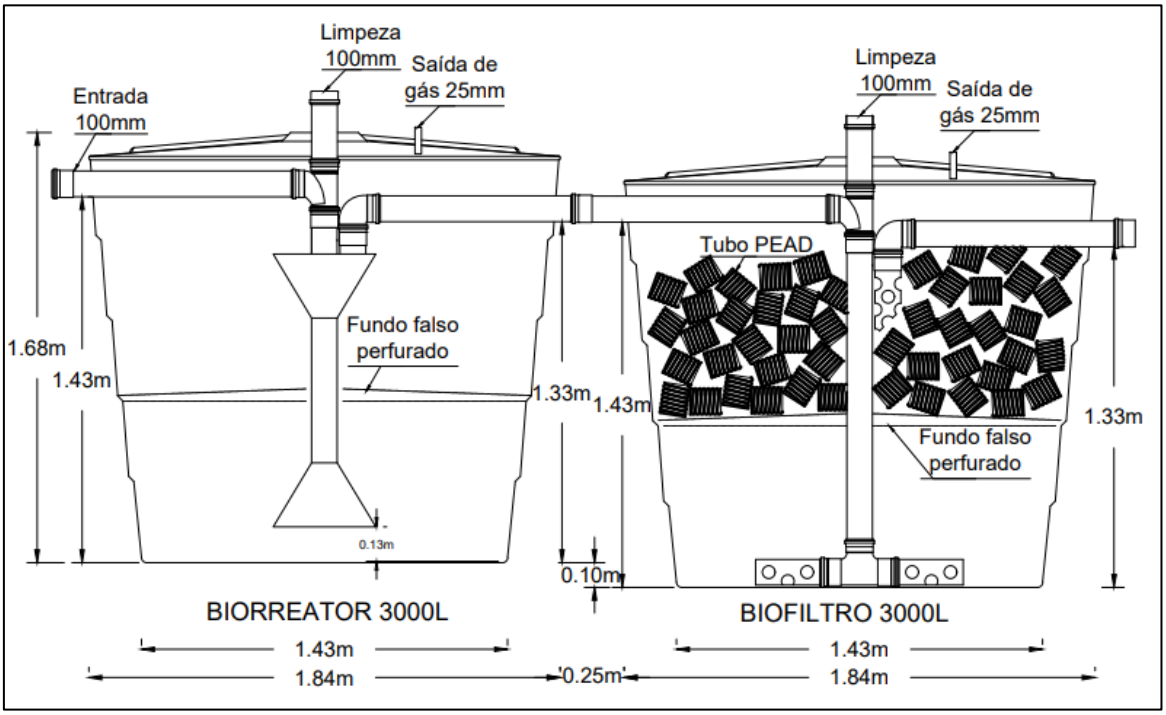
A norma que rege esse tipo de equipamento é a NBR 17076/2024, na qual os cálculos para dimensionamento utilizam como meio filtrante a brita nº4, que tem coeficiente proporcional ao volume ocupado pelo material de recheio utilizado é 1,6. Dessa forma, é necessário novo cálculo desse parâmetro, utilizando os tubos corrugados em PEAD, conforme o apresentado no Anexo A.

2.3 CONJUNTO

A seguir é demonstrado o cálculo do sistema a ser utilizado no empreendimento acima descrito. Também são calculadas as eficiências esperadas e a frequência de limpeza.

A Figura 1, representa as dimensões e detalhes técnicos do conjunto de BIORREATOR de 3.000L + BIOFILTRO de 3.000L.

Figura 1 – Dimensões do Sistema de Tratamento de Efluentes.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

3 MEMORIAL DE CÁLCULO

Nesta etapa são definidos os parâmetros de projeto, assim como são determinados os volumes e vazões de projeto. Para aqueles parâmetros que não se tem dados de campo serão utilizados parâmetros convencionais buscados em literatura. Os dados de contribuição de esgoto e carga de DBO foram baseados na NBR 17076/2024.

3.1 DADOS PARA PROJETO

Classificação do empreendimento segundo a NBR 17076/2024.

Edificação: Público ou Comercial

Ocupantes permanentes:

Comercial = 38

Contribuição de esgoto (L/d):

Comercial = 50 L/dia

3.2 CONTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA DE ESGOTO

$$Q = n\ x\ CV$$

Onde:

Q = vazão diária (L/d)

n = número de ocupantes (hab)

CV = contribuição per capita de esgoto (L/hab.dia)

$$Q = \ 38\ x\ 50$$

$$Q = 1900{,}00\ L/d$$

3.3 CARGA ORGÂNICA E CONCENTRAÇÃO DE SUBSTRATO AFLUENTE

Estimativa da carga orgânica do esgoto bruto:

$$COD_{DBO} = co\ x\ n$$

Onde:

COD_{DBO} = carga orgânica diária (g DBO/dia)

co = contribuição de carga orgânica individual (g DBO/hab.dia)

n = número de habitantes estimado (hab)

Segundo a NBR 12209/2011, para as características do empreendimento adota-se como valor para a contribuição de carga orgânica individual o valor de 25 g DBO/hab.d. Assim, tem-se:

$$COD_{DBO} = 25\ x\ 38$$

$$COD_{DBO} = 950{,}00\ g\ DBO/d$$

Concentração de DBO no esgoto bruto:

$$S_{DBO} = \frac{COD_{DBO}}{Q}$$

Onde:

S_{DBO}= concentração de DBO (g DBO/L)

$$S_{DBO} = \frac{950{,}00}{1900{,}00}$$

$$S_{DBO} = 0{,}500\ g\ DBO/L$$

Para conversão do valor de entrada de DBO para a estimativa de DQO, baseou-se em Von Sperling (1996), que estabelece a relação de DQO/DBO igual a 2, para esgotos domésticos brutos. Então:

$$S_{DQO} = S_{DBO}\ x\ 2$$

$$S_{DQO} = 1{,}000\ g\ DQO/L$$

3.4 DIMENSIONAMENTO DO BIORREATOR E BIOFILTRO

3.4.1 Volume do reator

Segundo NBR 17076/2024, o dimensionamento do equipamento deve seguir a seguinte equação:

$$V = 1000 + N\ x\ (q\ x\ T + K\ x\ Lf)$$

Onde:

V = volume útil (L)

N = número de pessoas (hab)

q = contribuição per capita de esgoto (L/hab.dia)

T = período de detenção (dias)

K = taxa de acumulação de lodo (dias)

Lf = contribuição de lodo fresco (L/hab.dia)

A Tabela 1 da NBR 17076/2024 dispõe sobre os valores para contribuição de lodo fresco (Lf), que foram descritos nos dados do projeto para cada tipologia de população.

Segundo Tabela A.1 da NBR 17076/2024, o período de detenção para uma contribuição diária de 1900 litros, como no presente caso, deve ser de 22 horas (0,92 dias).

O valor da taxa de acumulação de lodo (K), segundo Tabela A.2 da NBR 17076/2024, é função do intervalo de limpeza do tanque e da temperatura ambiente, já que a atividade biológica é maior em climas mais quentes. Considerando o período de 1 anos para limpeza, e a temperatura média do mês mais frio do local sendo entre 10ºC e 20ºC, tem-se valor de 65 dias para o parâmetro K.

Dessa forma, o volume útil necessário para o biorreator será de:

$$V = 1000 + (40\ x\ (50\ x\ 0{,}92 + 65\ x\ 0{,}2))$$

$$V = 3242{,}00\ Litros$$

Partindo desse valor, será utilizado um biorreator de 3.000L, vendido comercialmente.

O novo tempo de residência resultante do volume comercial utilizado será:

$$t_1 = {}^{V}/_{Q}$$

$$t_1 = \frac{3000}{1900} = 1{,}58\ dias$$

3.4.2 Carga orgânica volumétrica

A carga orgânica volumétrica é a medida de matéria orgânica aplicada no reator diariamente, por unidade de volume. O valor desse parâmetro para efluentes industriais pode chegar a ordem de 45 kg DQO/m³.dia, porém, os efluentes domésticos têm concentrações bem inferior, ficando na faixa de 2,5 a 3,5 kg DQO/m³.dia (CAMPOS, 1999).

Usando a expressão descrita por Chernichero (2007) para cálculo da carga orgânica volumétrica, temos:

$$COV = (Q\ x\ S_{DQO})/V$$

Onde:

COV = carga orgânica volumétrica (g DQO/L.dia)

Q = vazão diária (L/d)

S_{DQO} = concentração de DQO (g DQO/L)

V = volume do biorreator (L)

$$COV = \frac{1900\ x\ 1{,}000}{3000} = 0{,}633\ g\ DQO/L.d$$

3.4.3 Carga hidráulica volumétrica

A carga hidráulica volumétrica caracteriza-se pelo volume de esgotos aplicados diariamente ao biorreator, por unidade de volume do mesmo. São encontrados na bibliografia estudos experimentais demonstrando que a carga hidráulica volumétrica não deve ultrapassar o valor de 5,0 m³/m³.d, para não comprometer o bom funcionamento do reator (CHERNICHARO, 2007).

O cálculo dessa variável segue a seguinte equação:

$$CHV = Q/V$$

Onde:

CHV = carga hidráulica volumétrica (L/L.dia)

Q = vazão diária (L/d)

V = volume do reator (L)

$$CHV = \frac{1900}{3000} = 0{,}633\ L/L.d$$

3.4.4 Velocidade superficial de fluxo

O cálculo da velocidade ascendente do fluxo é obtido a partir da razão entre a altura e o tempo de detenção hidráulico. As velocidades ascendentes médias são admitidas até 0,7 m/h para esgotos sanitários, sendo tolerados picos temporários de até 2 m/h e 1,1 m/h para vazões máximas.

$$v = Q/A$$

Onde:

υ = velocidade (m/h)

Q = vazão diária (L/d)

A = área transversal média do biorreator

Sendo a área transversal definida como:

$$A = V/h$$

Onde:

A = área transversal média do biorreator

V = volume do biorreator

h = altura do biorreator

Temos:

$$v = \frac{Q\ x\ h}{V}$$

Sendo o tempo de residência calculado anteriormente igual a V/Q, obtemos:

$$v = \frac{h}{t_1}$$

Onde:

υ = velocidade (m/h)

t_1 = tempo de detenção (h)

h = altura do biorreator (m)

$$v = \frac{1{,}35}{37{,}89} = 0{,}0356\ m/h$$

3.4.5 Produção de lodo

Uma das vantagens ao se utilizar processos anaeróbios para o tratamento de efluente é a baixa produção de lodo comparada à referente aos processos aeróbios. O coeficiente de produção de sólidos no sistema foi assumido em Y = 0,10 kg SST/kg DBO (CAMPOS, 1999).

A contribuição de carga em termos de DQO aplicada no sistema diariamente segue a seguinte equação:

$$COD_{DQO} = S_{DQO}\ x\ Q$$

Onde:

COD_{DQO} = Carga DQO diária (g DQO/d)

S_{DQO} = Concentração de DQO (g DQO/L)

Q = vazão diária (L/d)

$$COD_{DQO} = 1{,}000\ x\ 1900$$

$$COD_{DQO} = 1900{,}00\ g\ DQO/d$$

A partir da carga orgânica afluente no sistema, é possível calcular a produção diária de sólidos:

$$P_{SST} = Y\ x\ COD_{DQO}$$

Onde:

P_{SST} = produção de sólidos no sistema (kg SST/d)

Y = coeficiente de produção de sólidos (kg SST/kg DQO)

COD_{DQO} = carga orgânica aplicada ao sistema (kg DQO/d)

$$P_{SST} = 0{,}10\ x\ 1900{,}00 = 190{,}00\ g\ SST/d$$

A densidade do lodo usualmente fica entre 1020 kg/m³ e 1040 kg/m³, para este sistema adotou-se o valor médio (1030 kg/m³). Já para a concentração do lodo a literatura remete à valores entre 3% e 5%, neste sistema adotou-se o valor máximo de 5%. Portanto, o cálculo da vazão de lodo gerado por dia é:

$$Q_{lodo} = P_{SST}/(\rho\ x\ \%c)$$

Onde:

P_{SST} = Produção diária de sólidos (kg SST/d)

Q_{lodo} = vazão diária de lodo (L/d)

ρ = densidade do lodo (g/L)

%c = concentração do lodo

$$Q_{lodo} = \frac{190{,}0}{1030\ x\ 0{,}05} = 3{,}69\ L/d$$

Considera-se que o volume disponível para o acúmulo de lodo é metade do volume do reator, portanto:

$$V_{acum} = \frac{3000{,}0}{2} = 1500\ L$$

Para estimar o tempo de limpeza do reator são utilizados os dados já obtidos, de volume disponível para o acúmulo e vazão diária de produção. Então:

$$T_{limpeza} = V_{acum} / Q_{lodo}$$

Onde:

$T_{limpeza}$ = tempo de limpeza do biorreator (d)

V_{acum} = volume disponível para acúmulo de lodo (L)

Q_{lodo} = taxa de produção de lodo (L/d)

$$T_{limpeza} = \frac{1500}{3{,}69} = 406{,}58\ dias = 13{,}55\ meses$$

Dessa forma, a retirada do lodo gerado pelo biorreator pode ser feita a cada 14 meses.

3.5 DIMENSIONAMENTO DO BIOFILTRO

3.5.1 Volume do Biofiltro

O tempo de residência para os biofiltros é definido na NBR 17076/2024 (Tabela D.1), de acordo com a faixa de vazão e temperatura. Conforme dados do INMET (2020), a cidade de Cordilheira Alta-SC possui uma temperatura média abaixo de 15° C no mês mais frio do no, logo o valor adotado pelo sistema foi de 0,92 dias.

Em relação ao coeficiente de multiplicação referente ao material filtrante, a norma utiliza para dimensionamento a pedra brita nº 4, enquanto o equipamento do projeto utiliza tubos

corrugados em PEAD, sendo necessário um novo cálculo para esse parâmetro, que é apresentado no Anexo A, resultando em 1,1.

Portanto, a equação para o cálculo do volume do biofiltro é:

$$V = 1{,}1\ x\ n\ x\ CV\ x\ t_b$$

Onde:

V= volume do biofiltro (L)

1,1 = coeficiente de volume ocupado pelo material filtrante

n = número de ocupantes (hab)

CV = contribuição volumétrica diária por pessoa (L/hab.dia)

t_b = tempo de residência do biofiltro (dia)

$$V = 1{,}1\ x\ (\ 38\ x\ 50)\ x\ 0{,}92 = 1922{,}80\ \ L$$

Assim, adotou-se o volume comercial de 3.000 L para o biofiltro. O novo tempo de residência resultante para o volume comercial é:

$$t_{b1} = \frac{3000}{2090} =\ 1{,}44\ dias$$

O valor ficou acima do recomendado pela NBR 17076/2024, portanto o volume atende à necessidade da residência. O cálculo do tempo de limpeza não é necessário, pois a produção de sólidos é muito baixa. Assim, recomenda-se que o descarte de lodo do biofiltro seja feito juntamente com a limpeza do biorreator.

3.6 EFICIÊNCIA DO SISTEMA

3.6.1 Concentração de DBO e DQO no efluente final

Através de estudos realizados pelo Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB, 1999), obtiveram-se curvas de eficiência representadas pelas equações abaixo. Essas

equações possibilitam estimar as eficiências de reatores do tipo UASB (biorreator) tratando esgotos domésticos, em função do tempo de residência (em horas), para parâmetros DQO e DBO.

Utilizando o tempo de residência de 37,89 horas para o biorreator, temos:

$$E_{DBO} = 100\ x\ (1 - 0{,}70\ x\ t^{-0{,}50})$$
$$E_{DBO} = 100\ x\ (1 - 0{,}70\ x\ 37{,}89^{-0{,}50})$$
$$E_{DBO} = 88{,}63\ \%$$

$$E_{DQO} = 100\ x\ (1 - 0{,}68\ x\ t^{-0{,}35})$$
$$E_{DQO} = 100\ x\ (1 - 0{,}68\ x\ 37{,}89^{-0{,}35})$$
$$E_{DQO} = 80{,}94\ \%$$

A partir dos valores para eficiência, as concentrações de DQO e DBO no efluente após o tratamento no biorreator do sistema são definidas por:

$$S = S_0 - \frac{E\ x\ S_0}{100}$$

Onde:

S = concentração final do efluente (mg/L)

S_0 = concentração inicial do efluente (mg/L)

E = eficiência

$$S_{DBO} = 500{,}00 - (88{,}63\ x\ 500{,}00)/100$$
$$S_{DBO} = 56{,}86\ mg/L$$

$$S_{DQO} = 1000{,}00 - (80{,}94\ x\ 1000{,}00)/100$$
$$S_{DQO} = 190{,}56\ mg/L$$

Para uma eficiência de 40% de remoção de DBO e DQO no Biofiltro, conforme NBR 17076/2024 teremos um efluente final:

$$S_{DBO} = 56{,}86 - (40{,}00\ x\ 56{,}86)/100$$

$$S_{DBO} = 34{,}12\ mg/L$$

$$S_{DQO} = 190{,}56 - (40{,}00\ x\ 190{,}56)/100$$

$$S_{DQO} = 114{,}34\ mg/L$$

3.6.2 Concentração de SST no efluente final

Segundo Chernicharo (2007), uma estimativa da concentração de sólidos suspensos totais do esgoto de saída de um biorreator pode ser obtida pela seguinte fórmula, em função do tempo de residência:

$$S_{SST} = 102\ x\ t^{-0{,}24}$$

Onde:

S_{SST} = concentração de sólidos suspensos totais (mg/L)

t = tempo de residência do biorreator (h)

$$S_{SST} = 102\ x\ 37{,}89^{-0{,}24} = 42{,}63\ mg/L$$

4 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO SISTEMA

O Programa de monitoramento ambiental do Sistema de Tratamento de Esgotos compreenderá a execução de análises físico-químicas e bacteriológicas dos efluentes líquidos e controle de disposição final de resíduos sólidos.

A estação de tratamento de esgoto (ETE) é projetada para que o efluente, dentro das suas variações, possa ser reintroduzido na natureza sem prejudicar o meio ambiente e com atendimento às normas e leis vigentes e aplicáveis. Para tanto o monitoramento é de grande importância para o bom funcionamento e desempenho do tratamento escolhido, uma vez que os projetos muitas vezes são baseados em cálculos e valores teóricos, divergindo dos valores reais.

Para efeito de monitoramento, os valores dos parâmetros no final do sistema deverão ser inferiores aos estipulados pela Resolução CONAMA 430/2011, Seção III.

A Tabela 1, corresponde aos valores máximos dos parâmetros estipulados pela CONAMA 430/2011 em conjunto com a expectativa da eficiência de tratamento do referido sistema dimensionado neste memorial.

Tabela 1 – Valores para lançamento de efluentes sanitários.

Parâmetro	**CONAMA 430/11**	***Expectativa INCOFIMA***
$DBO_{5,20}$ (mg/L)	< 120 mg/L ou mínimo de 60% de remoção	***< 60 mg/L ou mínimo de 80% de remoção***
DQO (mg/L)	-	***< 120 mg/L ou mínimo de 75% de remoção***
pH	Entre 5,0 e 9,0	***Entre 6,0 e 9,0***
Óleos e graxas (mg/L)	Até 100 mg/L	***Até 30 mg/L***
Sólidos sedimentáveis (mg/L)	Até 1,0 mg/L	***Até 1,0 mg/L***
Escherichia coli NMP/100mL	-	***Até 1,00 x 10^3***
Cloro residual (mg/L)	-	***5,0***

Fonte: CONAMA 430/2011; Elaborado pelo autor, 2026.

5 OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA

Quando atingir o tempo necessário para a limpeza do biorreator, de 1 ano, deve-se efetuar a retirada de parte do lodo acumulado. A limpeza deverá ser realizada por uma empresa capacitada e devidamente licenciada (limpa fossa). Na ocasião de limpeza do biorreator é recomendado que se faça de forma alternada (uma vez sim e outra não) a limpeza do biofiltro, sem descartar os tubos corrugados. Após o processo de limpeza, pode-se retomar o processo de tratamento normalmente.

5.1 DESTINAÇÃO DOS PRODUTOS FINAIS

5.1.1 Lodo anaeróbio

A empresa que realizará a limpeza do sistema deve se incumbir da destinação adequada do lodo, conforme legislação.

5.1.2 Efluente final

A NBR 17076/2024 estabelece alternativas para a disposição final do efluente, de acordo com as características encontradas na região. O lançamento do efluente final em residências ou área isoladas se dá normalmente por infiltração no solo, com sumidouros, valas de infiltrações ou outras técnicas, conforme as características da região. Para que esse efluente seja descartado na rede pluvial ou em corpo receptor, é obrigatória a adoção de um sistema de cloração.

5.2 DEFINIÇÃO DA DESTINAÇÃO DO EFLUENTE TRATADO (SE NECESSÁRIO)

- Caso exista um corpo d'água próximo: necessário verificar a possibilidade do corpo d'água receber o efluente, baseado em sua vazão e classificação. Represas e lados não podem ser receptoras.

OBS: Para esse tipo de lançamento é necessário que seja feita a desinfecção do efluente, que pode ser feita por processos de cloração ou outros aprovados previamente pelos órgãos fiscalizadores.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, J.R. (coordenador). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, Projeto PROSAB. 1999.

CHERNICHARO, C. A. de L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. v. 5. **Reatores anaeróbios**. 2. ed. Minas Gerais: DESA, UFMG. 2007.

CONAMA. RESOLUÇÃO 430/11. **Condições e padrões de lançamento de efluentes**. Março de 2011.

INMET (2020).

NBR – 17076/24. **Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte — Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT. Abril de 2024.

NBR – 12209/11. **Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários.** Rio de Janeiro: ABNT. Dezembro de 2011.

RESENDE, F. A. L. **Desempenho de reatores anaeróbios de leito fixo no tratamento de águas residuárias da lavagem e descascamento/despolpa dos frutos do cafeeiro.** Dissertação de mestrado, Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa. 2007.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. v. 2. **Princípios básicos do tratamento de esgotos.** 1 ed. Minas Gerais: DESA, UFMG. 1996.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. v. 1. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3. ed. Minas Gerais: DESA, UFMG, 2005.

ANEXO A

Descrição dos cálculos para o coeficiente proporcional ao volume ocupado pelo material filtrante (tubo corrugado em PEAD). Considerando o material filtrante como sendo cilíndricos, temos:

Volume de um cilindro

$$Volume = área\ da\ base\ x\ altura \quad (1)$$

Área da base

$$Área = \pi\ x\ r^2 \quad (2)$$

Área da superfície externa de um cilindro

$$Área\ superficial = 2\ x\ \pi\ x\ r\ x\ largura \quad (3)$$

Cálculo da área superficial externa do tubo corrugado

- Cálculo da faixa com raio menor

Raio menor (r) = 4,75 cm
Largura da faixa (l) = 0,5 cm
Quantidade de faixas (n) = 8

Usando a equação 3, tem-se:

$$Área\ superficial = 2\ x\ 3{,}14\ x\ 4{,}75\ x\ 0{,}5$$

$$Área\ superficial = 14{,}92\ cm^2$$

Multiplicando pelo número de faixas:

$$Área\ superficial\ total\ faixa\ menor = 14{,}92\ x\ 8 = 119{,}38\ cm^2$$

- Calculo da faixa com raio maior

Raio maior (R) = 5,55 cm
Largura da faixa (L) = 0,5 cm
Quantidade de faixas (N) = 8

Utilizando a equação 3, tem-se:

$$Área\ superficial = 2\ x\ 3{,}14\ x\ 5{,}55\ x\ 0{,}5$$

$$Área\ superficial = 17{,}44\ cm^2$$

Multiplicando pelo número de faixas:

$$Área\ superficial\ total\ faixa\ maior = 17{,}44\ x\ 8 = 139{,}49\ cm^2$$

- Cálculo da faixa de ligação entre os raios

$$Área\ superficial = \ \pi\ x\ {R_{maior}}^2 - \ \pi\ x\ {r_{menor}}^2$$

$$Área\ superficial = \ 3{,}14\ x\ 5{,}55^2 - \ 3{,}14\ x\ 4{,}75^2 = 25{,}89\ cm^2$$

Multiplicando pelas 16 partes iguais, temos:

$$Área\ superficial\ total\ ligação = 25{,}89\ x\ 16 = 414{,}19\ cm^2$$

Somando-se todas as áreas, tem-se:

$$Área\ superificial\ externa\ total = 414{,}19 + 119{,}38 + 139{,}49$$

$$Área\ superficial\ externa\ total = 673{,}05\ cm^2$$

A partir da área total obtida, é possível calcular o volume ocupado pelo material, multiplicando-se a área pela espessura do tubo corrugado, de 1 mm.

- Volume ocupado pelo material do tubo corrugado:

$$Volume\ do\ material = 673{,}05\ x\ 0{,}1 = 67{,}31\ cm^3$$

Partindo desse valor, o volume ocupado pelo tubo considerando seus vazios é obtido por:

$$Volume\ total = \ \pi\ x\ {R_{maior}}^2\ \ x\ comprimento$$

$$Volume\ total = \ \pi\ x\ 5{,}55^2 x\ 8 = 774{,}15\ cm^3$$

- O volume dos espaços vazios será:

$$Vazios = Volume\ total - Volume\ do\ material$$

$$Vazios = 774{,}15 - 67{,}31 = 706{,}85\ cm^3$$

Assim, a porcentagem de volume ocupada pelos tubos corrugados será:

$$\%\ aumento\ de\ volume = \frac{67{,}31}{774{,}15}\ x\ 100 = 8{,}69\%$$

Dessa forma, para fins de dimensionamento, será utilizado um coeficiente de 10% de aumento de volume, referente ao meio filtrante. Assim, a fórmula para cálculo do volume do biofiltro será:

$$V = 1{,}1\ x\ n\ x\ CV\ x\ t_b$$

Figura 2 – Imagem ilustrativa do tudo corrugado em PEAD.



Fonte: TECHDUDO 2022.

ANEXO B

(ART em anexo)