



PREFEITURA MUNICIPAL DE MACIEIRA

PROJETO ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Conteúdo:

- Memorial descritivo
- Planilha de quantitativos
- Croqui de localização
- Desenho esquemático de estação

Ronaldo Regalin
Engenheiro Civil
Crea 36.714-0

Macieira / Santa Catarina 26 de Setembro de 2023

ESTADO DE SANTA CATARINA
PREFEITURA MUNICIPAL DE MACIEIRA

MEMORIAL DESCRITIVO ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

**Macieira / SC
2023**

SUMÁRIO

1 Características Gerais _____	4.
2 Descrição técnica do sistema _____	4.
3 Dados para projeto _____	6.
4 Memorial de Cálculo _____	6.
4.1 Vazão de afluentes _____	6.
4.2 Cálculo de concentrações _____	7.
4.3 Volume Reator _____	7.
4.4 Vazão de ar _____	9.
4.5 Potência do Soprador _____	12.
4.6 Decantador Secundário _____	12.
4.7 Etapa de Desinfecção _____	13.
4.8 Tanque de Lodo _____	13.
4.9 Produção de lodo no tanque de aeração _____	15.
5 Programa de monitoramento do sistema de tratamento _____	16.
6 Destinação dos produtos finais _____	19.
7 Efluente final _____	19.

1 Características Gerais

Proprietário: Prefeitura Municipal Macieira - SC

Localização: Macieira /SC

2 Descrição técnica do sistema

Em princípio, é viável a degradação de todos os compostos orgânicos por meio da via aeróbica, sendo que esse processo se revela mais eficaz e economicamente vantajoso quando se lida com resíduos facilmente suscetíveis à biodegradação, como ocorre no caso do efluente sanitário. A decomposição da carga orgânica de natureza biológica é realizada pela atuação de bactérias aeróbias, que dependem de oxigênio para sua sobrevivência.

O sistema de tratamento aeróbio é conceituado como o tratamento por meio dos lodos ativados, e esse princípio de tratamento resulta em uma qualidade elevada no efluente tratado. O funcionamento de um sistema de lodos ativados é o resultado da fase biológica que ocorre dentro do tanque aerado, também conhecido como reator. Nesse tanque, a oxigenação é aplicada em toda a sua superfície por meio de dispositivos de difusão, que asseguram uma ampla área de contato entre o oxigênio e o conteúdo do reator por meio de microbolhas que se formam.

Após a etapa de oxigenação, o efluente tratado é direcionado para um tanque de sedimentação. Essa etapa tem a finalidade de separar o efluente tratado do lodo gerado. O lodo é direcionado para a parte inferior do tanque, enquanto o efluente tratado é direcionado para a parte superior.

Uma vez separados, o lodo é reciclado de volta para a fase de oxigenação, visando aumentar a concentração de microrganismos. Isso contribui para uma maior eficiência na degradação da matéria orgânica presente no efluente.

Devido ao processo de recirculação do lodo na etapa de oxigenação, ocorre um acúmulo excessivo de lodo no sistema, devido ao aumento do crescimento biológico. Portanto, é necessário extrair o excesso formado durante o tratamento.

O tratamento por lodos ativados compreende duas modalidades: Aeração Convencional e Aeração Prolongada.

- **Aeração Convencional**

Os sistemas de tratamento biológicos baseados na aeração convencional geralmente incorporam duas fases de sedimentação. Antes de entrar no reator de oxigenação, o efluente passa por uma etapa inicial de estabilização em um tanque de decantação primário, resultando na remoção de parte da matéria orgânica. Após essa fase, o efluente é direcionado para o processo biológico oxigenado e, posteriormente, encaminhado para o decantador secundário.

A aeração convencional possui algumas características que o sistema dimensionado deve atender:

- Idade do lodo: 4 a 10 dias.
- Tempo de detenção hidráulico: 6 a 8 horas.
- Relação alimento/microrganismo (A/M): 0,25 a 0,5.

- **Aeração Prolongada**

O sistema de tratamento biológico utilizando aeração prolongada difere da abordagem convencional, pois não inclui uma etapa de estabilização da matéria orgânica na entrada do tanque de aeração. O efluente é direcionado diretamente para ser degradado por processos biológicos e, em seguida, passa por um decantador para separar o efluente tratado do lodo gerado.

Uma vez que esse sistema não conta com um decantador primário, a concentração de microrganismos no sistema aumenta consideravelmente em comparação ao sistema convencional. Para garantir a sobrevivência dos microrganismos, é necessário realizar uma recirculação de lodo em um período mais prolongado. Os sistemas de ação prolongada geralmente têm uma idade de lodo que varia de 18 a 30 dias. Isso ocorre porque, como a carga de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) na entrada é constante e o crescimento bacteriano é mais elevado, as bactérias conseguem sobreviver utilizando a matéria orgânica biodegradável presente em suas próprias células. Portanto, esse processo requer um tempo maior para a idade do lodo no sistema.

As características essenciais para o bom funcionamento de um sistema de aeração prolongada devem atender aos seguintes parâmetros: idade do lodo entre 18 e 30 dias, tempo de detenção hidráulico de 16 a 24 horas e relação alimento/microrganismo (A/M) de 0,07 a 0,15. O projeto atual adotou um sistema de lodos ativados de ação prolongada, cujas etapas serão detalhadas posteriormente.

Tanque de Oxigenação – Reator: Nessa fase, são empregados difusores de bolha fina que proporcionam uma área de contato maior entre o oxigênio e o conteúdo do reator. Isso assegura condições ideais para a sobrevivência dos microrganismos. A concentração de oxigênio dissolvido nesse tanque deve ser mantida entre 1,5 mg/L e 2,0 mg/L.

Decantador Secundário: Este componente é utilizado para separar o efluente tratado do lodo gerado pelo sistema. O efluente tratado é direcionado para o tanque de desinfecção, enquanto o lodo é devolvido ao tanque de aeração 002E.

Desinfecção: A etapa de desinfecção ocorre após o efluente ter passado pelo processo de tratamento biológico. Sua finalidade é eliminar microrganismos patogênicos. Isso é conseguido por meio da aplicação do produto químico hipoclorito, que é dosado com o auxílio de uma bomba automatizada .

3 Dados para projeto

Este memorial está fundamentado em sistemas de lodos ativados de ação prolongada e destina-se ao tratamento de efluentes sanitários. Conforme especificações da norma NBR 13969:1997, foi adotado um padrão médio de 130 litros por dia, projetado para atender a uma população de 250 contribuintes.

4 Memorial de Cálculo

Conforme a NBR 13969/97, é possível calcular a quantidade de efluente gerada por uma pessoa em um dia, o que, por sua vez, nos permite determinar a vazão de esgoto sanitário que chega ao sistema de tratamento. Isso é fundamental para o dimensionamento adequado do sistema de tratamento de efluentes.

4.1 Vazão de afluentes

O cálculo de volume das vazões são apresentados a seguir:

- Vazão média diária

$$Q_m = \sum(n \times CV)$$

Onde:

Q = Vazão diária (L/d); n =

Número de ocupantes (p);

CV = Contribuição volumétrica diária por pessoa (L/d).

$$Q_m = 250 \times 130$$

$$Q_m = 32500 \text{ L/d ou } 32,50 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- Vazão média horária

$$Q_h = \frac{Q_m}{P}$$

Onde:

Q_m = Vazão média diária;

P = Período de operação (h).

$$Q_h = \frac{32,50}{24} = 1,35 \text{ m}^3/\text{H}$$

$$Q_{\text{máx}} = K1 * K2 * Q_m$$

K1 e K2 são os picos diário e horário de vazão, sendo k1 = 1,2 e K2 = 1,5.

$$Q_{\text{máx}} = 1,2 * 1,5 * 32,50$$

$$Q_{\text{máx}} = 58,5 \text{ m}^3/\text{dia}$$

4.2 Cálculo de concentrações

Para obter a dimensão do Reator é necessário conhecer as concentrações do sistema.

- **Carga Orgânica do Sistema**

Segundo a NBR 13969/97, o coeficiente da contribuição de carga orgânica é de no mínimo 40 gDBO_{5,20}/d, adotaremos 50 gDBO_{5,20}/d. O fator de correção de unidade é 1000.

$$\text{DBO afluente} = (\text{Contribuintes} * \text{Carga Orgânica}) / 1000$$

$$\text{DBO afluente} * \frac{250,0 * 50}{1000} = 12,50 \text{ KgDBO/dia}$$

$$12,50 \text{ KgDBO/dia}$$

- **DBO na entrada do sistema**

Sendo a vazão média de afluente de entrada no sistema de 26 m³/dia, obtêm a concentração de DBO na entrada do sistema. Sendo o fator de correção de unidades 1000.

$$\text{DBO entrada} = \frac{\text{Carga orgânica}}{\text{Vazão média diária}}$$

$$\text{DBO entrada} = \frac{12,50}{32,50} * 1000 = 384,61 \text{ mgl}$$

4.3 Volume Reator

Para o dimensionamento do volume do reator, é necessário seguir alguns critérios de projeto. A tabela 01 apresenta os parâmetros para o dimensionamento:

DADOS	SÍMBOLO	QUANTIDADE	UNIDADE
Vazão média diária	Qm	26,00	m ³ /d
Vazão média horária	Qh	1,08	m ³ /h
Vazão máxima	Qmáx	46,80	m ³ /d
DBO entrada	So	384,61	mg/L
DBO saída previsto	S	60	mg/L
SSTA	Xv	3500	mg/L
Idade do Lodo	eC	28	d
Coefficiente de reprodução celular	Yθ	0,6	gSSV/gDBO
Coef. de respiração endógena	Kd	0,08	gSSV/gSSV.d
Fração biodegradável	Fb	0,8	gSSV

Através da equação a seguir é obtido o volume do Reator.

$$V_{Reator} = \frac{\gamma \theta c Q_{med} (S_o - S)}{Xv [1 + (kd fb \theta c)]}$$

$$V_{Reator} = \frac{0,6 * 28,0 * 32,50 * (384,6 - 60)}{3500 [1 + (0,08 * 0,8 * 28)]}$$

$$V_{Reator} = 21,49 \text{ m}^3$$

Para fins de projetos é utilizado um volume útil de **22 m³** fabricado através de fibra de resina de vidro.

- Tempo de detenção hidráulico:

$$TDH = \frac{22}{1,35} = 16,3 \text{ h}$$

- Relação Alimentos/Microrganismo

$$F/M = \frac{Q_{med} * S_o}{V_R * X_v} = 0,14$$

Avaliando os termos necessários para ser atendidos quando se trabalha com lodos ativados de ação prolongada nota-se que valores de tempo de detenção e relação alimento/microrganismo foram atendidos no presente projeto.

4.4 Vazão de ar

Segundo Von Sperling (1997) nos descreve que a relação para a demanda carbonácea de oxigênio é de 1,0 kg O_2 / kg de DBO. Sendo a carga orgânica 9,6 KgDBO/dia, tem-se:

Portanto a relação mencionada anteriormente é compreendida nesse sistema em:

$$12,50 \frac{\text{Kg DBO}}{\text{dia}} = 12,50 \frac{\text{Kg}O_2}{\text{dia}}$$

Para obter a taxa de transferência máxima no campo:

$$TTO_{\text{campo}} = \frac{12,50 \frac{\text{Kg}O_2}{\text{dia}}}{24} = 0,521 \frac{\text{Kg}O_2}{\text{h}}$$

A vazão de oxigênio necessária para esse sistema em relação à carga orgânica presente é determinada pelo método de Sperling (1997), utilizando os parâmetros mencionados na tabela 02.

Tabela 02: Parâmetros para dimensionamento

Dados	Símbolo	Quantidade	Unidade
Temperatura ambiente	T	25	°C
Taxa de transferência de oxigênio o campo	TTO_{campo}	0,577	Kg O_2 /h
Concentração da saturação de oxigênio na água	CS (20°)	9,02	mg/L

limpa a 20°C

Concentração da saturação de oxigênio na água

temperatura ambiente	C_s	8,17	mg/L
Concentração de oxigênio mantida no reator	C_L	2	mg/L
Altitude	Alt	830	m
Fator de correção de C_s para altitude (= 1- altitude/9450)	f_H	0,929	-
Fator de correção para presença de sais, matéria particulada e agentes tensoativos	β	0,9	-
Fator de correção levando em consideração as características do esgoto e a geometria do reator	α	0,75	-
Coeficiente de temperatura	θ	1,024	-
Densidade	ρ_{ar}	1,2	Kg/m ³

Através da equação (5.4.1), calcula-se a taxa de transferência de oxigênio padrão:

$$TTO_{padr\tilde{a}o} = \frac{TTO_{campo}}{\frac{(\beta * f_H * C_s - C_L)}{C_s * (20^\circ C)} * \alpha * \theta^{T-20}} \quad (5.4.1)$$

$$TTO_{padr\tilde{a}o} = \frac{0,521}{\frac{(0,9 * 0,929 * (8,17 - 2))}{9,02 * (20^\circ C)} * 0,75 * 1,024^{25-20}}$$

$$TTO_{padr\tilde{a}o} = 0,984 \frac{KgO_2}{h}$$

Através da taxa de transferência de oxigênio padrão é obtido a vazão de ar teórica pela equação (6.2):

$$Q_{ar\ te\acute{o}rico} = \frac{TTO_{padr\tilde{a}o}}{(\rho_{ar} \times 0,21 \times 60)} \quad (6.2)$$

$$Q_{ar\ te\acute{o}rico} = \frac{0,984}{(1,2 \times 0,21 \times 60)} = 0,0651 \frac{m^3ar}{min}$$

A vazão real necessária para o sistema é obtida através do conhecimento da eficiência do difusor empregado. A tabela 02 expõe a eficiência de modelos de difusores

Tabela 03: Modelo de difusores:

Modelo	Medidas (mm) \emptyset	Área De contato (m ²)	Fluxo de ar m ³ /h	Transf O ₂ %
P – 250	250	0,065	1,7 - 9	
T – 25/1000	1000 x 25	0,040	1,3 - 6	
T – 60/600	600 x 60	0,080	2,5 - 13	10 - 32
T – 60/800	800 x 60	0,110	4 - 18	
T – 90/1000	1000 x 90	0,205	10 - 35	

O modelo adotado para esse sistema foi o T-90/1000, possuindo uma eficiência de 11% a 32% em relação à taxa de transferência de oxigênio. Para obter o valor real da vazão de transferência de oxigênio, adotou-se a mínima eficiência do difusor, que é de 10%. Portanto, através da equação (6.3), é obtida a vazão de oxigênio real para o presente projeto..

$$Q_{ar\ real} = \frac{Q_{ar\ te\acute{o}rico}}{efici\tilde{e}ncia\ do\ difusor} \quad (6.3)$$

$$Q_{ar\ real} = \frac{0,0651}{0,1} * 1,1 = 0,716 \frac{m^3 ar}{min}$$

Considerando uma vazão de ar de 47,58 m³ar/h de difusor tipo bastão T – 90/1000, serão necessários 7 difusores para garantir a eficiência mínima necessária.

4.5 Potência do Soprador

De acordo com Von Sperling (1997) a potência do soprador pode ser dimensionada através de parâmetros de vazão de ar e da pressão a ser vencida pelo sistema, pela equação (6.5) é obtida a potência do soprador:

$$P = \frac{Q_g * \rho * g * (d_i + \Delta h)}{\eta} \quad (6.5)$$

Onde:

P = Potência do soprador (W);

Q_g = Vazão de ar (m³/s);

ρ = peso específico (1000 kg/m³);

g = Aceleração da gravidade (9,81 m/s²);

d_i = Profundidade de imersão dos difusores (m);

Δh = Perda de carga de distribuição de ar (m);

η = Eficiência do soprador.

$$P = \frac{0,01322 \frac{m^3}{s} * 1000 \frac{kg}{m^3} * 9,81 \frac{m}{s} * (2,5 + 1)m}{0,75}$$

$$P = 605, 21 W$$

4.6 Decantador Secundário

Para o dimensionamento do decantador secundário, segundo Von Sperling, os dados utilizados são testados por meio de parâmetros de vazões média e máxima:

Vazão média TAH = 0,8 m³/m².dia

Vazão máxima TAH = 1,8 m³/m².dia

Para dimensionar o decantador secundário, conforme o método de Von Sperling, os dados considerados são baseados em parâmetros de vazões média e máxima¹. A maior área encontrada entre essas vazões é utilizada para o projeto. No caso das vazões do sistema, a maior vazão encontrada foi a vazão média, resultando em uma área média de decantação de 2,09 m². Para o propósito do projeto, é adotada uma área útil de 2,71 m², com uma altura de leito de 2,3 metros.

Logo, o volume necessário do decantador com níveis de segurança será de:

$$Vd = 7,0 \text{ m}^3$$

- Tempo de detenção hidráulica:

$$TDH = \frac{7}{1,35} = 5,18 \text{ h}$$

Segundo a NBR 12209/11, o decantador secundário deve possuir um tempo de detenção hidráulico relativo à vazão média igual ou superior a 1,5 h. No seu caso, o tempo de retenção é de 4,0 h, estando em conformidade com a norma.

4.7 Etapa de Desinfecção

Conforme a NBR 13969/97, o tempo de detenção hidráulico deve ser superior a 30 minutos. Considerando uma vazão média horária de 1670 L/h, é possível obter o volume necessário para o tanque de desinfecção.

$$V = Q_{med} \text{ horária} \times TDH .$$

$$V = 1350 \times 0,5$$

$$V = 675 \text{ L}$$

O volume útil para essa etapa será correspondente a **1500 L**.

4.8 Tanque de Lodo

A vazão de descarte do lodo nesse projeto é estimada levando em consideração que o lodo estará sedimentado no fundo do decantador secundário com uma concentração de 0,8 gramas de sólidos suspensos voláteis (SSV) por metro cúbico (m³). Para determinar o volume do tanque de lodo necessário, é preciso conhecer alguns parâmetros.

- Razão de retorno:

$$R = \frac{22}{32,5} = 0,68$$

- Carga orgânica de Retorno:

$$Rr = 12,5 * 0,68 = 8,5 \text{ Kg/d}$$

- Vazão de lodo:

$$Q = 12,5 - 8,5 = 4 \frac{\text{Kg}}{\text{d}}$$

$$Q = \frac{Q}{0,008 * \text{mlodo}}$$

$$Q = \frac{1,35}{0,008 * 1010} = 0,17 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Por fim obtêm o volume necessário do tanque de lodo:

$$V_L = \text{Idade do lodo} * \text{Vazão do lodo}$$

$$V_L = 8,15 \text{ m}^3$$

Será utilizado um volume útil de **10,0 m³** para esse sistema.

Durante a operação, é **essencial** remover o excesso de lodo formado e direcioná-lo para o tanque de lodo. A frequência da limpeza do tanque de lodo varia de acordo com o modo de operação da estação. Recomenda-se realizar a limpeza trimestralmente para prevenir a acumulação excessiva de lodo no sistema. Isso assegura que haja uma quantidade suficiente de espaço disponível no tanque de lodo. A limpeza do tanque deve ser executada por empresas especializadas que tenham um método apropriado para o descarte do efluente resultante.

4.9 Produção de lodo no tanque de aeração

Segundo Sperling (1997), em reatores de aeração, o coeficiente de produção de lodo em relação à carga de DBO é um parâmetro importante:

$$\frac{SS}{DBO \text{ aplicada}} = \frac{0,98 \text{ kgSS}}{\text{kg de DBO aplicada}} = \quad (01)$$

Sendo a carga de DBO aplicada no sistema de 3,6 KgDBO/d, logo a produção de lodo no reator é:

$$P = 12,5 \frac{\text{Kg DBO}}{\text{d}} \frac{0,98 \text{ kgSS}}{\text{Kg DBO}}^*$$

$$P = 12,25 \frac{\text{Kg DBO}}{\text{d}}$$

A concentração de sólidos suspensos no reator é obtida pela equação 02:

$$SSTA = \frac{SSVTA}{\left(\frac{SSV}{SS} \right)} \quad (02)$$

A concentração de SSVTA (mg/L) na aeração prolongada deve estar na faixa de 2500–4000 mgSSV/L e o SSV/SS no esgoto bruto deve estar entre 0,7-0,85, logo adotou-se:

- SSVTA = 3500 mg/L;
- SSV/SS = 0,70.

Logo:

$$SSTA = \frac{3500}{0,70} = 5000 \text{ mg/L} \quad (02)$$

Conforme Sperling (1997), a concentração de lodo aeróbio é a mesma do lodo de recirculação. Portanto, a concentração de recirculação de lodo deve ser obtida pela equação 03:

$$SSLR = SSTA \times \left(1 + \frac{1}{R}\right)$$

Onde: R=0,68.

$$SSLR = 12352 \text{ mg/L}$$

Por fim, obtém-se a vazão de lodo produzida excedente por dia do tanque de aeração, conforme a equação 04, sendo 1000 o fator de conversão de unidades.

$$Q_L = (04) \frac{12,5 \times 1000}{12352}$$

$$Q_L = 1,01 \text{ m}^3/\text{d}$$

Com um monitoramento adequado da estação na prática, é possível reduzir significativamente a vazão mencionada, resultando em uma recirculação mais prolongada do lodo no reator aerado.

5 Programa de monitoramento do sistema de tratamento

O Programa de monitoramento ambiental do Sistema de Tratamento de Esgotos incluirá a realização de análises físico-químicas e bacteriológicas dos efluentes líquidos, bem como o controle da disposição final de resíduos sólidos.

É importante observar que os cálculos apresentados anteriormente são teóricos e que os valores de eficiência no sistema real podem divergir dos resultados teóricos. Para fins de monitoramento, os parâmetros nos pontos finais do sistema devem estar abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 430/11, Seção III, que é equivalente à Tabela 03 mencionada neste documento.

Quando o efluente é destinado à rede pluvial, ele deve atender aos critérios estabelecidos na Tabela 5 da NBR 13969/97. Caso contrário, os valores de referência a serem seguidos são de acordo com a Resolução CONAMA 430/11.

Tabela 03 - Valores para lançamento de efluentes sanitários

Parâmetro	Conama 430/11	Lei SC nº 14.675 13 Abril 2009
DB05,20 mg/L	≤ 120 mg/L ou remoção mínima de 60%	≤ 60 mg/L ou remoção mínima de 80%
DQO (mg/L)	-	-
pH	Entre 5,0 e 9,0	Entre 6,0 e 9,0
Temperatura	Inferior a 40°C	-
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 100 mg/L	-
Oxigênio - dissolvido (mg/L)	Superior a 1 ≤ 1 mL/L	-
Sólidos sedimentáveis (mg/L)		
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	-	<1000
Escherichia Coli	-	-
Fósforo Total	-	≤ 4 mg/L ou remoção mínima de 75%
Nitrogênio Amoniacal Total	-	-

Fonte: CONAMA 430/11.NBR 13969/97

6 Destinação dos produtos finais

A norma **NBR 13.969/97** estabelece diversas opções para a disposição final do efluente, levando em consideração as características da região. O efluente resultante do tratamento realizado pelo sistema de aeração deve atingir índices de conversão de matéria orgânica de até 95%.

O lançamento dos efluentes tratados pode ocorrer em corpos d'água apropriados, que atendem aos padrões estabelecidos para rios classe II, ser direcionado para a rede pública de esgoto ou ser destinado a sumidouros, dependendo das condições locais e das regulamentações aplicáveis.

7 Efluente final

A disposição final do efluente tratado será na rede pluvial, e todas as regulamentações e normativas pertinentes a esse meio serão rigorosamente seguidas e atendidas. Isso assegura que o descarte do efluente tratado na rede pluvial esteja em conformidade com os requisitos ambientais e legais aplicáveis.

Macieira / SC 26 de Setembro de 2023