



**MEMORIAL DESCRITIVO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
EFLUENTE LÍQUIDOS INDUSTRIAIS (ETEI)**

PREFEITURA MUNICIPAL DE QUIXERÉ

CNPJ.: 07.807.191/0001-47

Quixeré/CE

2021



contato@metricagestao.com.br



www.metricagestao.com.br

PREFEITURA MUNICIPAL DE QUIXERÉ



MEMORIAL DESCRITIVO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
EFLUENTE LÍQUIDOS INDUSTRIAIS (ETEI)

QUIXERÉ/CE

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI
ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

SUMÁRIO



1 APRESENTAÇÃO	4
2 IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	5
3 EMPRESA CONTRATADA	5
3.1 RESPONSÁVEL TÉCNICO	5
4 LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	5
5 ORIGEM DOS EFLUENTES	6
6 LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO PROJETADA	7
7 DEMANDA DE TRATAMENTO	7
7.1 PROCESSO DE TRATAMENTO PROPOSTO	8
8 DIMENSIONAMENTO	10
8.1 DIRETRIZES DE PROJETO	10
8.2 TRATAMENTO PRELIMINAR	11
8.2.1 Dimensionamento calha do tipo Parshall	11
8.2.2 Dimensionamento gradeamento	11
8.2.3 Dimensionamento caixa de areia	14
8.2.4 Dimensionamento caixa de gordura	15
8.2.5 Peneira estática	16
8.2.6 Dimensionamento – tanque de equalização	17
8.3 TRATAMENTO SECUNDÁRIO – RAFA/UASB	19
8.3.1 Dimensionamento do reator	19
8.3.2 Taxa de produção de lodo	21
8.4 TRATAMENTO SECUNDÁRIO – LODOS ATIVADOS	22
8.4.1 Tanque de aeração (reator aeróbio)	22
8.4.2 Produção de lodo aeróbico	24
8.4.3 Requisitos de aeração	25
8.4.4 Decantador secundário	28
8.5 TRATAMENTO TERCIÁRIO – DESINFECÇÃO E CORREÇÃO QUÍMICA	29

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI

ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

8.5.1	Dosagem de hipoclorito de sódio.....	30
8.6	GERENCIAMENTO DE LODO	30
8.7	DISPOSIÇÃO FINAL DE EFLUENTE TRATADO – VALAS DE INFILTRAÇÃO.....	31
8.8	ELEVATÓRIAS	32
8.8.1	EE-1.....	32
8.8.2	EE-2.....	33
9	GESTÃO DOS RESÍDUOS.....	35
10	RESUMO DAS UNIDADES DE TRATAMENTO	35
11	RELAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E CONSTITUINTES DO SISTEMA DE TRATAMENTO.....	36
12	EQUIPE TÉCNICA	38
	ANEXOS.....	39
	ANEXO I – ORÇAMENTO RESUMIDO	40
	ANEXO II – ORÇAMENTO ANALÍTICO	42
	ANEXO III – MEMÓRIA DE CÁLCULO	53
	ANEXO IV – CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO.....	64
	ANEXO V – ENCARGOS SOCIAIS	66
	ANEXO VI – COMPOSIÇÃO DO BDI	68
	ANEXO VII – COMPOSIÇÃO DE PREÇOS.....	70
	ANEXO VIII – COTAÇÕES DE PREÇOS	155
	ANEXO IX - ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART).....	158



ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI
ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ



1 APRESENTAÇÃO

O presente documento trata-se do Memorial Descritivo (MD) de Estação Tratamento de Efluentes Industriais (ETEI) de interesse da PREFEITURA MUNICIPAL DE QUIXERÉ.

A ETEI foi concebida para o tratamento dos efluentes líquidos gerados do abatedouro municipal de Quixeré, empregando tecnologia de tratamento robusta e compacidade, seguindo às diretrizes proposta pelo objeto de contrato.

Dadas às características dos efluentes de abatedouros, podemos enfatizar as altas cargas orgânica e de nitrogênio, a quantidade de média de abates esperados e das restrições de área disponível para a instalação da infraestrutura de tratamento, a MÉTRICA GESTÃO EMPRESARIAL E AMBIENTAL LTDA, aqui como parte

contratada, desenvolveu este projeto de Estação de Tratamento de Efluentes Industriais (ETEI) visando enquadrar o efluente tratado aos parâmetros exigidos pela legislação ambiental em termos de lançamento de efluentes não sanitários no solo.

Nesse MD são descritas as principais características da ETEI projetada em termos de tecnologia empregada, processo de tratamento, justificativas e roteiro de cálculo empregado para o dimensionamento das unidades de tratamento.

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI**ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ****2 IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO**

Razão Social: MUNICÍPIO DE QUIXERÉ

CNPJ: 07.807.191/0001-47

Endereço: Sítio Cabeça. DESCIDA DA CHAPADA APODI, S/N, CEP: 62920-000.
COORDENADAS DE REFERÊNCIA: -5.103711, -37.968723.

Telefone: (88) 3443-1646

E-mail: agriculturaquixere@gmail.com

3 EMPRESA CONTRATADA

Consultoria: Métrica Gestão Empresarial e Ambiental Ltda - ME

CNPJ: 30.460.577/0001-47

Endereço: R Pedro Queirós, 436– Parquelândia, Fortaleza, CE, CEP: 60.450-225.

Telefone de contato: (85) 3032 5010

E-mail: contato@metricagestao.com.br

3.1 Responsável técnico

Nome: Natanael de Araújo Barros

Telefone: (85) – 9 9431-6012

E-mail: natanael@metricagestao.com.br

Formação: Graduação em Engenharia Química e Mestre em Engenharia Civil (Recursos Hídricos)– Área de concentração: Saneamento Ambiental.

Registro nacional CREA: 0613973658/CE

4 LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A ETEI objeto desse memorial será implantada no abatedouro municipal de Quixeré, empreendimento distando aproximadamente 3,0 km da sede municipal no endereço



PREFEITURA MUNICIPAL DE QUIXERÉ

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI

ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

Sítio Cabeça, descida da chapada Apodi, s/n, cep: 62920-000. coordenadas de referência: -5.103711, -37.968723., conforme Figura 1.

Figura 1 - Localização do empreendimento.



5 ORIGEM DOS EFLUENTES

A geração dos efluente líquidos no processo de abate são comumente classificadas como linha verde e linha vermelha.

- A **linha verde** corresponde aos efluentes líquidos originados a partir do processo de lavagem da área de abate, lavagem de peças e equipamentos, lavagens das carcaças e do processo de sanitização. Tais efluentes são encaminhados para a estação de tratamento.
- A **linha vermelha** é constituída estritamente pelo sangue gerado na etapa de sangria dos animais. Nesse processo, conforme foi implantado no abatedouro construído, o sangue é coletado e encaminha para unidade tratamento específica.

A unidade de tratamento do sangue consiste em fazer a coleta integral do mesmo durante o abate. O sangue coletado é levado a unidade de cozimento onde sofre

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI**ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ**

coagulação formando uma torta. A torta (fase sólida) é removida e encaminhada para container de resíduos sólidos para acondicionamento temporário para destinação. É importante estabilizar essa fração sólida com adição de cal. Já a fase líquida resultante, é encaminhada para estação de tratamento junto com os efluentes da linha verde.

É importante frisar que a contribuição dos líquidos resultantes do tratamento da linha vermelha equivale a aproximadamente 5% dos efluente gerados no abatedouro, logo, essa contribuição não será expressiva.

6 LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO PROJETADA

O posicionamento da ETEI projetada foi feito levando em consideração dois argumentos principais:

- Distanciamento: por se trata um ambiente insalubre, na ETEI, o fluxo de pessoas é restrito. Além disso, por mais que a unidade de tratamento seja bem projetada e executada é iminente a presença de mau odores, logo, seu afastamento do centro administrativo e do pátio de abate (área que seja um padrão sanitário rígido) é imprescindível, dessa forma buscou-se distanciar ao máximo essa unidade das dependências do abatedouro
- Direção dos ventos: foi considerado na locação da ETEI a direção dos ventos de modo a evitar o carrear dos odores e possivelmente bactérias para o abatedouro, logo, é fundamental o abatedouro ficar a montante da ETEI.

Desse modo, aprontamos que o melhor local para locação da ETEI Proposta, dada a disponibilidade de área, é a poção sudeste do empreendimento, no limite do terreno. Para georreferenciamento foi usada as coordenadas fornecidas.

A localização da ETE está representada na planta 01.

7 DEMANDA DE TRATAMENTO

A ETEI foi dimensionada levando em consideração às demandas fornecidas pelo contratante. Como o empreendimento ainda se encontra em fase de implantação, não foi fornecido a equipe de projeto laudo de efluente. Desse modo foi feito uso de

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAL
ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ



8

recomendação da literatura técnica para estipulação dos parâmetros de projeto. Ainda, conforme informado, na concepção não foram consideradas contribuições de origem sanitária.

Dado que, na descrição do objeto de contratação, foi considerado para o dimensionamento, a quantidade de carcaças armazenadas na câmara fria como referência (número de abates diários) para o cálculo da vazão de referência, essa vazão pode ser calculada:

$$Q = \frac{40 \text{ cabeças}}{\text{dia}} \times \frac{500 \text{ L}}{\text{cabeça}} = 20.000,00 \text{ L/dia}$$

Conforme administração do empreendimento, o período de operação do abatedouro previsto é de dez (10) horas/dia, desse modo a vazão média de contribuição admitida neste projeto será de 2,00 m³/h.

Efluentes de origem de abatedouros são caracterizados pela alta carga orgânica (carbonácea e nitrogenada), exigindo tecnologia de tratamento robusta para obtenção de performance requerida para atendimento da legislação vigente.

Dada ainda as características de modularidade exigidas foi adotado o processo de tratamento com **emprego de reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA/UASB) associado ao processo de lodos ativados**, combinação essa que oferece melhores eficiências para remoção tanto em termos de matéria orgânica como nitrogenada.

7.1 Processo de tratamentoproposto

A ETEI foi projetada visando atender à legislação vigente para tratamento e disposição de efluentes industriais e sua disposição no solo, especificamente a Resolução N° 02/2017 do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA 02/2017) em seus artigos N° 11 e N° 16. Os parâmetros exigidos são:

Tabela 1. Parâmetros de referência COEMA 02 de 2017.

PARÂMETRO	REFERÊNCIA
pH	entre 5,0 e 9,0;

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI

ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

temperatura	inferior a 40°C;
materiais sedimentáveis	até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff;
substâncias solúveis em hexano:	<ul style="list-style-type: none"> • óleos minerais: até 20 mg/L; e, • óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L.
materiais flutuantes	ausência
sólidos suspensos totais	até 100,0 mg/L;
NMP de coliformes termotolerantes	até 5000 NMP/100ml;
sulfeto	até 1 mg/L;
nitrogênio amoniacal total	<ul style="list-style-type: none"> • até 20 mg/L, quando o pH for menor ou igual a 8,0; ou, • até 5 mg/L, quando o pH for maior que 8,0.
sulfato	até 500 mg/L;
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	até 200,0 mg/L;
condutividade elétrica	até 1.000 µS/cm;
Razão de Adsorção de Sódio - RAS	até 10 (mmolc L ⁻¹) ^{1/2}



O processo de tratamento proposto seguirá as seguintes etapas:

Unidade de tratamento preliminar: retirada de materiais grosseiros, gradeamento do tipo fino, desarenação em caixa de areia, medição de vazão em calha do tipo Parshall, retenção de gordura e peneira estática.

Unidade de equalização: dada a natureza inconstante da contribuição ao sistema e maior segurança operacional, foi adotado no projeto um tanque de equalização visando regularizar a vazão que alimenta a ETEI;

Tratamento secundário – Reatos anaeróbico de fluxo ascendente - RAFA: retirada da matéria orgânica carbonácea por meio de processo anaeróbio, assegurando ótima eficiência em termos de remoção de Demanda Química de Oxigênio (DQO) com baixos custos operacionais;

Unidade de tratamento secundário – Reator aeróbio (Lodos Ativados): retirada do remanescente de matéria orgânica carbonácea e conversão de matéria orgânica

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI

ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

a nitrato em sistema de lodos ativados composto por um tanque de aeração (reator biológico) e decantador secundário em sistema compacto e modular;

Unidade de tratamento terciário: desinfecção pelo emprego de solução de hipoclorito de sódio por meio de bomba dosadora, sendo a desinfecção ocorrendo no tanque de contato / correção química presente no sistema modular.



8 DIMENSIONAMENTO

A ETEI foi concebida de forma modular, visando futuras ampliações da capacidade de tratamento, quando requerido. Nesse sentido, os cálculos se referem ao dimensionamento do módulo de tratamento para atendimento da demanda atual.

8.1 Diretrizes de projeto

Dado que o empreendimento ainda não está em operação, dados de projeto tomados usadas como diretrizes foram obtidas a partir da literatura técnica e também da expertise da equipe técnica de engenharia. As informações são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 - Diretrizes de projeto empregadas no dimensionamento da ETEI.

	Simbologia	Valor
Consumo <i>per capita</i> de água	-	500 L/cabeça
Quantidade de cabeças	-	40 cabeças/dia
Coeficiente de maior geração horária	K ₂	1,5
Coeficiente de menor geração horária	K ₃	0,5
Relação DQO/DBO média	DQO/DBO	2,617 kgDQO/kgDBO
Carga <i>per capita</i> de DBO por animal abatido (Cetesb)	CPC _{DBO}	2,76 kgDBO/cabeça
Carga <i>per capita</i> de Nitrogênio Total por animal (Cetesb)	CPC _{NT}	0,63 kgNT/cabeça
Vazão de projeto (contribuição)	Q	2,00 m ³ /h
		0.56 L/s

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI

ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

8.2 Tratamento preliminar

8.2.1 Dimensionamento calha do tipo Parshall

Vazões:

- $Q_{\max} = K_2 \times Q_{\text{med}} = 1,5 \times 0,56 = 0,83 \text{ L/s (3,0 m}^3/\text{h)}$
- $Q_{\text{med}} = 0,56 \text{ L/s (2,0 m}^3/\text{h)}$
- $Q_{\min} = K_3 \times Q_{\text{med}} = 0,5 \times 0,56 = 0,28 \text{ L/s (1,0 m}^3/\text{h)}$

Dada às vazões máxima e mínima, a escolha recai sobre a **calha Parshall com garganta nominal de 2"** de acordo com o padrão ASTM 1941:1975. Nesse caso, os parâmetros K e n são respectivamente 1,550 e 217,29, para o cálculo das alturas em termos de vazão em m³/h.

8.2.2 Dimensionamento gradeamento

Considerações:

- Abertura entre as barras: $a = 15\text{mm}$;
- Barras de aço com seção (t x X): 3/8" x 1 1/2" (9,50 mm x 38,10 mm);
- Inclinação da grade: 45°;
- Adoção da velocidade na grade: $V_g = 0,8 \text{ m/s}$.
- Profundidade de chegada da tubulação à ETEI: 20 cm;
- Diâmetro da tubulação de chegada à ETEI: 100 mm;
- Razão de acúmulo de material na caixa de areia: $R = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m}^3$.

Altura de medição da vazão d'água:

- $Q[\text{m}^3/\text{h}] = K \times H[\text{m}]^n$
- $Q_{\max} = 3,0 \text{ m}^3/\text{h}$; $H_{\max} = 0.040 \text{ m}$
- $Q_{\text{med}} = 2,0 \text{ m}^3/\text{h}$; $H_{\text{med}} = 0.031 \text{ m}$
- $Q_{\min} = 1,0 \text{ m}^3/\text{h}$; $H_{\min} = 0.020 \text{ m}$

Cálculo do rebaixamento da calha:



ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI

ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

- $Z = (Q_{\max} \times H_{\min} - Q_{\min} \times H_{\max}) / (Q_{\max} - Q_{\min})$
 $Z = (3,0 \times 0,020 - 1,0 \times 0,040) / (3,0 - 1,0) = 0,010 \text{ m.}$

Cálculo das lâminas de água¹:

- $h = H - z$
- $h_{\max} = 0,040 - 0,010 = 0,031 \text{ m}$
- $h_{\text{med}} = 0,031 - 0,010 = 0,021 \text{ m}$
- $h_{\min} = 0,020 - 0,010 = 0,010 \text{ m}$

Cálculo da área útil de gradeamento:

- $A_u = Q_{\max} / V_g = (0,83 \text{ L/s}) \times (1 \text{ m}^3 / 1000 \text{ L}) = 1,04 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

Cálculo da eficiência do gradeamento:

- $E_g = a / (a + t) = 15 / (15 + 38,10) = 0,6122 \text{ (61,2\%)}$

Cálculo da área de secção do canal da grade:

- $A_t = A_u / E_g = 1,49 \times 10^{-3} \text{ m}^2 / 0,6122 = 1,70 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

Cálculo da largura teórica do canal:

- $B_g = A_t / h_{\max} = 1,70 \times 10^{-3} / 0,031 = 0,055 \text{ m}$
- $B_g = 0,15 \text{ m (adotado)}$

A razão da adoção da largura do canal ser maior do que o calculado deve-se a observação prática da grande quantidade de materiais passíveis de saturar o processo de gradeamento.

Verificação das velocidades (entre 0,40 e 0,75 m/s):

Condição	Q (m ³ /s)	h (m)	$A_t = B_g \times h$	$A_u = A_t \times E$ (m ²)	$V = Q / A_u$ (m/s)
----------	-----------------------	-------	----------------------	--	---------------------

¹ Valores aproximados devido a truncamentos.



Handwritten signature

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI

ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

	(m ²)				
Máxima	$8,3 \times 10^{-4}$	0,031	$4,61 \times 10^{-3}$	$2,82 \times 10^{-3}$	0,30
Média	$5,6 \times 10^{-4}$	0,021	$3,22 \times 10^{-3}$	$1,97 \times 10^{-3}$	0,28
Mínima	$2,8 \times 10^{-4}$	0,010	$1,54 \times 10^{-3}$	$9,41 \times 10^{-4}$	0,30



Cálculo da velocidade de passagem na grade na condição de obstrução de 50%:

- $V = (\text{Vel. a jusante condição máxima}) / (\text{Obstrução}) = V_o / \text{Obs}$
- $V = 0,30 / 50\% = 0,59 \text{ m/s}$

Cálculo da velocidade a montante:

- $v = V_o \times E_g = 0,30 \times 61,2\% = 0,18 \text{ m/s}$

Cálculo da perda de carga na condição de obstrução de 50%.

- $h_f = 1,43 \times (V^2 - V_o^2) / 2g$
 $h_f = 1,43 \times (0,59^2 - 0,18^2) / (2 \times 9,81) = 0,025 \text{ m}$

Adoção to tempo de detenção hidráulica no canal de acesso:

- $t = 3,0 \text{ s}$

Cálculo do comprimento do canal de acesso ao gradeamento:

- $L = Q_{\text{max}} \times t / (B_g \times h_{\text{max}}) = (0,00083 \times 3) / (0,15 \times 0,031) = 0,60 \text{ m}$
 $L = 1,60 \text{ m (adotado)}$

Cálculo da projeção vertical da grade:

- $h_v = h_{\text{max}} + h_f + D + 0,10\text{m (folga)}$
 $h_v = 0,031 + 0,025 + 0,100 + 0,10 = 0,26 \text{ m}$

Cálculo do comprimento da grade:

- $x = h_v / \text{sen } 45^\circ$
 $x = 0,26 / 0,7071 = 0,36 \text{ m}$

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI

ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

Cálculo do número de barras na grade:

- $N = b / (t + m)$
 $N = 150\text{mm} / (9,50\text{mm} + 15\text{mm}) = 6,12$
N = 6 barras (adotado)



Espaçamento entre as barras extremas e a parede do canal:

- $e = (b - [N \times t + (N - 1) \times a])/2$
 $e = (150 - [6 \times 9,50 + (6 - 1) \times 15]) = 9,00 \text{ mm.}$

8.2.3 Dimensionamento caixa de areia

Considerações:

- Velocidade na caixa de areia: $V_{ca} = 25 \text{ cm/s} = 0,25 \text{ m/s}$

Cálculo da largura do canal de desarenação:

- $B_{ca} = Q_{\max} / (h_{\max} \times V_{ca}) = 0,0083 / (0,031 \times 0,25) = 0,11 \text{ m}$

Devido à baixa vazão, a velocidade recomendada de 0,3 m/s leva ao valor de comprimento do canal que não é conveniente para fins práticos (0,11 cm). Devido a isso, adota-se valor:

$$B_{ca} = 0,15 \text{ m}$$

Resumo das velocidades na caixa de areia nos diferentes regimes de operação:

- $V = Q / (B_{ca} \times h)$
- $V_{\max} = 0,00083 / (0,15 \times 0,031) = 0,18 \text{ m/s}$
- $V_{\text{med}} = 0,00056 / (0,15 \times 0,021) = 0,17 \text{ m/s}$
- $V_{\min} = 0,00028 / (0,15 \times 0,010) = 0,18 \text{ m/s}$

Cálculo da largura do canal de desarenação:

- $L_{ca} = 22,5 \times h_{\max} = 22,5 \times 0,031 = 0,69 \text{ m}$
 Adota-se o valor de **$L_{ca} = 1,00 \text{ m.}$**

PREFEITURA MUNICIPAL DE QUIXERÉ

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI
ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

Cálculo da área superficial de desarenação:

- $A_{des} = B_{ca} \times L_{ca} = 0,15 \times 1,00 = 0,15 \text{ m}^2$

Cálculo da taxa de aplicação superficial na caixa de areia:

- $I = Q_{max} / (A_{des}) = 0,00083 \times 86400 / (0,20) = 480,0 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{dia}$

A taxa de aplicação superficial é menor do que o máximo recomendado de 1000 m³/m²dia, no caso de desarenadores na ausência de decantadores primários.

Cálculo da quantidade de material retido na caixa de areia, estimando-se a razão de deposição de material $R = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m}^3$:

- $M = Q_{med} \times R = 0,00083 \times 86400 \times 2,0 \cdot 10^{-5} = 0,001 \text{ m}^3/\text{dia}$

Cálculo do volume acumulado em um ciclo de operação de 7 dias:

- $V_{acum} = 0,001 \times 7 = 0,007 \text{ m}^3$

Cálculo da altura do poço de acumulação:

- $H_{acum} = V_{acum} / A_{des} = 0,007 / 0,20 = 0,034 \text{ m}$

Como o valor é inferior ao mínimo recomendado de 20 cm, logo adota-se esse valor como altura para o poço de lodo: **$H_{acum} = 0,20 \text{ m}$** .

8.2.4 Dimensionamento caixa de gordura

Considerações:

- Tempo de Detenção Hidráulica da unidade: TDH = 15 min;
- Taxa de Aplicação Superficial: $TAS_{cg} = 4,0 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$;
- Relação comprimento-largura: RCL = 1,5 m/m

Cálculo do volume útil da caixa de gordura:



ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI

ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

- $V_u = Q_{\max} \times TDH_{cg}$
 $V_u = 3,0 \times 15 / 60 = 0,75 \text{ m}^3$

Cálculo da área superficial da caixa de gordura:

- $A_{\text{sup}} = Q_{\max} / TAS_{cg}$
 $A_{\text{sup}} = 3,0 / 7,0 = 0,43 \text{ m}^2$

Vale destacar que o valor de TAS adotado é conservador, visto que, para efluentes de abatedouros, o TAS está entre 10 e 15 m³/m²h.

Cálculo do comprimento e largura da caixa de gordura:

- $C = \sqrt{(A_{\text{sup}} \times RCL)} = \sqrt{(0,43 \times 1,5)} = 1,06 \text{ m};$
- $L = C / RCL = 0,80 / 1,5 = 0,71 \text{ m}$

Adota-se as dimensões C x L: 1,10 m x 0,80 m, considerando a calha coletora de 100 mm na lateral da caixa de gordura.

Cálculo da profundidade útil da caixa de gordura:

- $H_{cg} = V_u / (C \times L) = 0,75 / (1,10 \times 0,80) = 1,00 \text{ m}.$

Cálculo do TDH corrigido:

- $TDH_{\text{cor}} = 0,75 / 3,0 = 17,6 \text{ min}$

8.2.5 Peneira estática

A peneira estática a ser implantada é de modelo comercial, sendo que ela deve ser compatível com a vazão de projeto.



ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI
ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ



Figura 2. Modelo de peneira estático sugerido.

Conexões dependem do fabricante, sendo recomendada a entrada de 75mm e saída de 150mm.

8.2.6 Dimensionamento – tanque de equalização

Considerações:

- Vazão de entrada: $Q_e = 2,0 \text{ m}^3/\text{h}$;
- Tempo de Contribuição do Sistema (TCS): 10 h/dia;
- Tempo de Operação do Sistema (TOS): 24 h/dia;
- Volume de segurança para esvaziamentos: $26,3 \text{ m}^3$;
- Densidade de potência para o aerador superficial: $10 \text{ W}/\text{m}^3$.

Cálculo da vazão equalizada (Q_s):

- $Q_s = Q_e \times \text{TCS} / \text{TOS} = 2,0 \times 10 / 24 = 0,83 \text{ m}^3/\text{h}$

Adoção da área superficial do tanque:

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI
ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

- $A_s = 25 \text{ m}^2$ (5m x 5 m).

Adoção da altura mínima no tanque:

- $h_{\min} = 0,50 \text{ m}$

Cálculo da altura correspondente ao volume de segurança:

- $H_s = V_s / A_s = 26,3 / 26 = 1,05 \text{ m}$

Cálculo do volume de equalização:

- $V_{eq} = (Q_e - Q_s) \times t$
 $V_{eq} = (2,00 - 0,83) \times 10 = 11,7 \text{ m}^3$

Cálculo da altura de equalização:

- $H_{eq} = V_{eq} / A_s = 11,7 / 25 = 0,47 \text{ m}$

Adoção da folga de altura:

- $H_{folga} = 0,30 \text{ m}$

Resumo de dimensões do tanque de equalização:

- Comprimento: 5,0 m
- Largura: 5,0 m
- Profundidade: $0,30 + 0,50 + 0,47 + 1,05 \text{ m} = 2,32 \text{ m}$
- Volume total: $57,97 \text{ m}^3$
- Volume total da lâmina d'água: $50,47 \text{ m}^3$

Cálculo da potência do aerador:

- Densidade de potência considerada: 100 W/m^3
- $P = D_p \times V = 100 \times 57,97 = 5977 \text{ W} = 6,8 \text{ hp} = 6,9 \text{ cv}$

Para compensar o rendimento mecânico, adota-se aerador de superfície com potência imediatamente superior: **7,0 cv**.

PREFEITURA MUNICIPAL DE QUIXERÉ



Handwritten signature

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI
ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ



8.3 Tratamento secundário – RAFA/UASB

Não foi prevista a recuperação de biogás gerado durante o processo de tratamento no RAFA, uma vez que não há viabilidade técnica-econômica.

Diretrizes de projeto do reator:

- Eficiência do processo de tratamento em termos de remoção de DQO: 90%
- DBO afluente ao reator: $DBO_{af} = (40 \times 2,76) / (2 \times 10) = 5,52 \text{ kgDBO/m}^3 = 5.520 \text{ mgDBO/L}$;
- DQO afluente ao reator: $DQO_{af} = 5.520 \times 2,671 = 14.445,8 \text{ mgDQO/L} = 14,4 \text{ kgDQO/m}^3$;
- Vazão regularizada: $Q = 0,83 \text{ m}^3/\text{h} = 20 \text{ m}^3/\text{dia}$ (para TOS = 24/dia);
- Velocidade superficial máxima: $U_s = 1 \text{ m/h}$;
- Carga Orgânica Volumétrica: $COV = 11,0 \text{ kg/m}^3$;
- Adoção da altura útil de tratamento: $H_u = 3,50 \text{ m}$;
- Área de influência de cada tubo distribuidor: $a = 2 \text{ m}^2$;

8.3.1 Dimensionamento do reator

Cálculo da área superficial do reator

- $A_s = Q / U_s = 0,83 / 1 = 0,83 \text{ m}^2$

Cálculo do volume útil do reator considerando a velocidade superficial:

- $V_{r,s} = A_s \times H_u = 0,83 \times 3,50 = 2,92 \text{ m}^3$

Cálculo do volume útil considerando a COV:

- $V_{r,COV} = Q \times DQO_{af} / COV = 0,83 \times 14,4 / 11 = 26,27 \text{ m}^3$

O volume considerado para fins de projeto é o máximo dentre os alcançado pelo dimensionamento hidráulico ou por carga orgânica: $V_u = 26,27 \text{ m}^3$. De fato, esse resultado corrobora com a observação de que, para efluentes industriais, o método

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI

ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

de dimensionamento do volume do reator leva em consideração a carga orgânica aplicada ao sistema.

Cálculo da área do reator:

- $A_r = V_u / H_u = 26,27 / 3,50 = 7,50 \text{ m}^2$

Cálculo do diâmetro do reator:

- $D = \sqrt{(4 \times A_r / \pi)} = \sqrt{(4 \times 7,50 / \pi)} = 3,09 \text{ m}$
- **D = 3,10 m (adotado)**

Área corrigida do reator:

- $A_r = \pi \times D^2 / 4 = \pi \times 3,10^2 / 4 = 7,55 \text{ m}^2$

Volume útil do reator corrigido:

- $V_r = 7,55 \times 3,50 = 26,42 \text{ m}^3$

Tempo de Detenção Hidráulica (TDH):

- $TDH = V_r / Q = 26,42 / 0,83 = 31,70 \text{ h} = 1,32 \text{ dia}$

Estimativa da altura da região clarificada:

- $H_{cl} = H_u / 85\% - H_u = 3,50 / 85\% - 3,50 = 0,62 \text{ m}$
- **H_{cl} = 0,96 m (adotado)**

Adoção da altura imersa do separador:

- $H_{sep} = 1,72 \text{ m}$

Adoção da altura de folga no topo do reator:

- $H_{folga} = 0,50 \text{ m}$

Altura total do reator:



ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI
ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

- $H_t = 3,50 + 0,96 + 1,72 + 0,50 = 6,68 \text{ m.}$

Cálculo do número de tubos de distribuição do reator:

- $N_{\text{tubos}} = A_r / a = 7,55 / 2 = 3,78$
- **$N_{\text{tubos}} = 4$ (adotado)**



DQO removida no processo de tratamento:

- $DQO_{\text{rem}} = 14,45 \times 90\% = 13,0 \text{ kg/m}^3$

8.3.2 Taxa de produção de lodo

Adoção do Tempo de Retenção de Sólidos no reator:

- TRS = 12 dias

Parâmetros microbiológicos para a geração de lodo:

- Síntese celular: $Y_H = 0,08 \text{ kgSSV/kgDQO}$;
- Coeficiente de decaimento: $b_H = 0,03 \text{ kg/kg.dia}$;
- Parâmetro f_d : $f_d = \text{kgSSVcel/kgSSVbiomassa}$;
- Sólidos Suspensos Voláteis não biodegradáveis: $SSV_{nb} = 2,50 \text{ kgSSV/m}^3$;

Cálculo da Produção de Lodo (Metcalf&Eddy):

$$P_x = \frac{QY_H(DQO_{af} - DQO_{ef})}{1 + b_H TRS} + \frac{f_d b_H QY_H(DQO_{af} - DQO_{ef}) TRS}{1 + b_H TRS} + SSV_{nb} Q$$

- $P_x = 65,8 \text{ kgSSV/dia}$

Cálculo do volume de lodo produzido:

- $Q_w = (P_x - Q X_e) / SSV = (65,8 - 20 \times 0,12) / 30 = 2,1 \text{ m}^3/\text{dia}$

Estimativa da eficiência de remoção de DBO (Chernicharo):

- $E_{DBO} = 1 - 0,7 \times TDH^{-0,5} = 1 - 0,7 \times 31,70^{-0,5} = 0,876 = 87,6\%$

NB

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI
ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

Cálculo da DBO efluente:

- $DBO_{ef} = DBO_{af} (1 - E_{DBO}) = 5.520 \times (1 - 0.876) = 686,3 \text{ mgDBO/L}$



8.4 Tratamento secundário – lodos ativados

Processo de lodos ativados concebidos na forma clássica, considerando os seguintes parâmetros de projeto:

- Temperatura de processo (média do mês mais frio): $T = 25^\circ\text{C}$;
- Idade de lodo: $IL = 6$ dias;
- Concentração de DBO efluente ao sistema: $DBO_{ef} = 20 \text{ mg/L} = 0,020 \text{ kgDBO/m}^3$;
- Conc. de SSV no tanque de aeração: $X_v = 3000 \text{ mgSSVTA/L} = 3,0 \text{ kgSSVTA/m}^3$;
- Concentração de sólidos no efluente final: $X_{ef} = 30 \text{ mg/L}$;
- Relação entre SSV/SST após a idade de lodo: $0,77 \text{ kgSSV/kgSST}$;
- Fração biodegradável ao gerar sólidos: $f_b' = 0,80 \text{ kgSSVb/kgSSV}$;
- Relação entre DBO última e X_b : $(DBO_u/X_b) = 1,42 \text{ kgDBO}_u/\text{kgSS}_b$;
- Relação entre DBO última e DBO_5 (DBO): $(DBO_u/DBO) = 1,46 \text{ kgDBO}_u/\text{kgDBO}$;
- Coeficiente de produção celular: $Y = 0,60 \text{ kgSSV/kgDBO}$;

8.4.1 Tanque de aeração (reator aeróbio)

Cálculo da concentração de lodo no reator após a idade de lodo:

- $X_{v,ef} = X_{ef} \times (SSV/SST)IL = 30 \times 0,77 / 1000 = 0,023 \text{ kg SSVTA/m}^3$

Correção do parâmetro K_d para a temperatura de projeto:

- $K_d = K_d^0 \times \theta^{T-20} = 0.08 \times 1.07^{25-20} = 0.11 \text{ dia}^{-1}$

Cálculo do coeficiente f_b :

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI

ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

- $f_b = f_b' / (1 + (1 + f_b') \times K_d \times IL) = 0,08 / (1 + (1 + 0,80) \times 0,11 \times 6) = 0,71$
kgSSVb/SSV

Cálculo da concentração de sólidos biodegradáveis no efluente final:

- $X_{b,ef} = X_{v,ef} \times f_b = 0,23 \times 0,71 = 0,016$ kgSSb/m³;

Cálculo da DBO em suspensão no efluente:

- $DBO_{susp} = (DBO_u / X_b) \times X_{b,ef} / (DBO_u / DBO) = 0,016 \text{ kgDBO/m}^3 = 16 \text{ mgDBO/L}$

Cálculo da DBO solúvel máxima a ser obtida no efluente:

- $DBO_{sol} = DBO_{ef} - DBO_{susp} = 0,020 - 0,016 = 0,004$ kgDBO/m³ = 4,16 mg/L

Cálculo da carga biológica removida no reator:

- $S_r = Q \times (DBO_{af} - DBO_{ef}) = 20 \times (686,3 - 20) / 1000 = 13,64$ kgDBO/dia

Cálculo do volume teórico do reator:

- $V_{r,t} = (Y \times \theta_c \times S_r) / (X_v(1 + f_b \times K_d \times \theta_c)) = (0,60 \times 6 \times 13,64) / (3 \times (1 + 0,71 \times 0,11 \times 6)) = 11,10$ m³

O tanque de aeração modular será cilíndrico horizontal, com diâmetro de 2,50 m e altura de lâmina d'água de 2,30 m. Logo, a área de seção molhada é calculada:

- Ângulo de abertura: $\theta = 2 \times \arccos(1 - 2 \times D/h) = 2 \times \arccos(1 - 2 \times 2,50/2,30) = 5,14$ rad;

- Cálculo da área de seção molhada: $A_s = D^2 \times (\theta - \text{sen}\theta)/8 = 2,50^2 \times (5,14 - \text{sen}(5,14)) = 4,72$ m²

Cálculo do comprimento teórico do reator:

- $C_{TA} = V_{r,t} / A_s = 11,10 / 4,72 = 2,35$ m;
- **$C_{TA} = 2,50$ (adotado)**

PREFEITURA MUNICIPAL DE QUIXERÉ



Handwritten signature

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI
ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

Cálculo do volume do reator corrigido:

- $V_r = A_s \times C_{TA} = 4,72 \times 2,50 = 11,81 \text{ m}^3$

Cálculo da taxa de consumo de substrato:

- $U = S_r / (X_v \times V_r) = 13,64 / (3 \times 11,81) = 0,38 \text{ kgDBO/kgSSVTA}$

Cálculo da relação Alimento/Microrganismo:

- $(A/M) = (DBO_{af} \times Q) / (X_v \times V) = (0,686 \times 20) / (3 \times 11,81) = 0,39$
kgDBO/kgSSVTA.dia

8.4.2 Produção de lodo aeróbico

O Sumário de produção de lodo pode ser visto na Tabela abaixo.

Parâmetro	Simbologia	Valor	Unidade
Carga de sólidos afluente ao reator			
Carga de SST afluente ao reator	P_{x-af}	0,26	kgSS/dia
Carga de SSV afluente ao reator	P_{xv-af}	0,19	kgSSV/dia
Carga de sólidos em suspensão voláteis	P_{xb-af}	0,12	kgSSb/dia
Carga de SSV não biodegradável	P_{xnb-af}	0,08	kgSSnb/dia
Carga de SS inorgânicos - SSI (não voláteis)	P_{xi-af}	0,07	kgSSI/dia
Carga de sólidos gerados no reator			
SSV produzidos no reator	P_{xv-r}	8,19	kgSSV/dia
SST formados no reator	P_{x-r}	9,10	kgSST/dia
SSI formados no reator	P_{xi-r}	0,91	kgSSI/dia
SSb formados no reator	P_{xb-r}	5,77	kgSSV/dia
SSnb formados no reator	P_{xnb-r}	2,41	kgSSnb/dia
SSb destruídos na respiração endógena	$P_{xb-r-dest}$	2,63	kgSSb/dia

PREFEITURA MUNICIPAL DE QUIXERÉ



ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI

ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ



SSb remanescentes	$P_{xb-r-liq}$	3,14	kgSSb/dia
SSV remanescentes	$P_{xv-r-liq}$	5,55	kgSSV/dia
Resumo do reator			
Produção de SSI	P_{xi}	0,98	kgSSI/dia
Produção de SSnb	P_{xnb}	2,49	kgSSnb/dia
Produção de SSb	P_{xb}	3,14	kgSSb/dia
Produção de SSV	P_{xv}	5,63	kgSSV/dia
Produção de SST	P_x	6,60	kgSST/dia
Verificações			
Cálculo da relação SSV/SS	$(SSV/SS)_{real}$	0,85	kgSSV/kgSST
Cálculo da relação SS/Sr	$(SS/Sr)_{real}$	0,48	kgSST/kgDBO
Remoção de lodo excedente			
SST saindo do reator	SST_{ef}	0,60	kgSST/dia
SST a ser removido do sistema	SST_{rem}	6,00	kgSST/dia
Concentração de SS no Tanque de Aeração	$SSTA$	3,90	kgSSTA/m ³
Concentração de SS na linha de recirculação	$SSLR$	7,79	kgSST/m ³
Cálculo do volume a ser removido por dia	Q_{ex}	0,77	m ³ /dia

Portanto, a vazão de lodo excedente deverá ser de 0,77 m³/dia.

Adota-se a razão de recirculação de lodo **R = 1**.

8.4.3 Requisitos de aeração

Cálculo da Demanda de Oxigênio para Síntese:

- $DOS = S_r \times ((DBO_u/DBO) - (DBO_u/X_b) \times Y) = 13,64 \times (1,46 - 1,42 \times 0,60)$

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI
ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

$$= 8,29 \text{ kgO}_2/\text{dia}$$

Cálculo da Demanda de oxigênio para Respiração Endógena:

- $DRE = (DBO_u/X_b) \times f_b \times K_d \times X_v \times V_r = 1,46 \times 0,71 \times 0,11 \times 3 \times 11,81$
 $= 3,74 \text{ kgO}_2/\text{dia}$

Cálculo da Demanda Carbonácea:

- $DC = DOS + DRE = 8,29 + 3,74 = 12,04 \text{ kgO}_2/\text{dia}$

Cálculo da carga de Nitrogênio Total Kjeldahl (NT) afluyente ao reator:

- $C_{NT} = CPC_{NT} \times N_{abates} = 0,63 \times 40 = 25 \text{ kgNTK}/\text{dia}$

Cálculo da concentração de NTK afluyente ao sistema de tratamento.

- $NTK = C_{NT} / Q = 25 / 20 = 1,25 \text{ kgNTK}/\text{m}^3 = 1.250 \text{ mgNTK}/\text{L}$

Cálculo da carga de nitrogênio presente na linha de lodo excedente, considerando a fração de amônia de 0,10 kgNTK/kgSSV:

- $C_{NT, \text{lodo}} = 0,10 \times P_{xv-r-lq} = 0,10 \times 5,55 = 0,56 \text{ kgNTK}/\text{dia}$

Cálculo da carga de nitrogênio a ser oxidada:

- $C_{NT, \text{oxid}} = C_{NT} - C_{NT, \text{lodo}} = 25 - 0,56 = 24,44 \text{ kgNTK}/\text{dia}$

Cálculo da demanda de oxigênio para nitrificação, considerando a relação estequiométrica de 4,57 kgO₂/kgNTK:

- $DN = 4,57 \times 24,44 = 111,71 \text{ kgO}_2/\text{dia}$

Cálculo da Demanda Total de Oxigênio (DTO):

- $DQO = DC + DN = 12,04 + 111,71 \text{ kgO}_2/\text{dia}$

Estimativa da concentração de saturação de Oxigênio Dissolvido (OD) em função da temperatura:



NT

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI
ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

- $C_s = 14,652 - 0,41022 \times T + 0,00799 \times T^2 = 0,000077774 \times T^3$
 $C_s = 14,652 - 0,41022 \times 25 + 0,00799 \times 25^2 = 0,000077774 \times 25^3$
 $C_s = 18,43 \text{ mg/L}$



Considerando a concentração de OD a ser mantido no líquido como $C_L = 1,0 \text{ mg/L}$, os resultados para o cálculo da quantidade de ar a ser inserida no líquido é mostrada na tabela abaixo.

Parâmetro	Simbologia	Valor	Unidade
Cálculo do concentração de saturação de oxigênio	Cs	18,43	mg/L
Cálculo da fator de correção de Cs para altura	fh	0,9905	-
Cálculo da Taxa de transferência de Oxigênio padrão	TTO	101,10	kgO ₂ /dia
Quantidade teórica de ar requerida no campo	Rar-teor	366,32	m ³ ar/dia
Quantidade de ar real	Rar-real	1465,28	m ³ ar/dia
Quantidade de ar a ser adotada com fator de segurança	Rar-adot	2197,93	m ³ ar/dia
		2,54	m ³ ar/min
Cálculo do comprimento total de aerotubos necessários	Laer	12,72	m
Cálculo da quantidade de aerotubos de 2.5 m.	Qaer'	5,30	und
Quantidade de aerotubos adotados	Qaer	6,00	und

Serão adotados sopradores axiais e difusores tubulares de microbolhas. A estimativa da potência para o soprador é, considerando a carga a ser vencida a lâmina d'água do tanque de aeração, uma perda de carga de 0,4 m e eficiência do soprador de 60%:

- $Pot = Q_g \times \rho \times g \times (d_i + \Delta H) / \eta = (2,54/60) \times 1000 \times 9,81 \times (0,4 + 2,30) / 60\%$
Pot = 1,87 kW = 2,54 cv

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI

ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

Para fins práticos, a potência escolhida para o soprador deverá levar em conta a vazão máxima e a pressão máxima (mca). Sopradores com potência 3,54 cv atentem a esses quesitos com segurança.



8.4.4 Decantador secundário

Para o compartimento de sedimentação (decantador), foi considerada a sedimentabilidade do lodo como média-ruim, seguindo uma diretriz de projeto conservadora. Nesse caso, os parâmetros para o cálculo da taxa de aplicação superficial do decantador em cenários de classificação e adensamento são:

- $v_o = 7,40 \text{ m/h}$;
- $K = 0,59 \text{ m}^3/\text{kg}$;
- $m = 7,34$;
- $n = 0,71$;
- $SSTA = 3,90 \text{ kg/m}^3$ (3.896 mg/L)

Cálculo da Taxa de Aplicação Superficial (TAS) para o critério de clarificação:

- $TAS_{\text{clar}} = v_o \times \exp(-SSTA \times K) = 7,40 \times \exp(-3,896 \times 0,59) = 0,74 \text{ m/h}$

Cálculo da Taxa de Aplicação Superficial (TAS) para o critério de adensamento:

- $TAS_{\text{adens}} = m \times (R \times v_o \times \exp(-K \times SSTA))^{0,71} / ((R+1) \times SSTA)$
 $TAS_{\text{adens}} = 7,34 \times (1 \times 7,40 \times \exp(-0,59 \times 3,896))^{0,71} / ((1+1) \times 3,896) = 0,76 \text{ m/h}$

Para fins conservativos, adota-se a menor taxa de aplicação obtida: $TAS = 0,74 \text{ m/h}$.

Cálculo da área teórica de decantação

- $A_{\text{dec}} = Q/TAS = 0,83 / 0,74 = 1,12 \text{ m}^2$

Considerando a largura do espelho d'água no decantador $L = 1,43 \text{ m}$, o comprimento do decantador deverá ser:

- $C = A_{\text{dec}} / L = 1,12 / 1,43 = 0,73 \text{ m}$

PREFEITURA MUNICIPAL DE QUIXERÉ

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI
ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

Adota-se C = 0,80



Para a calha coletora, recomenda-se uma vazão linear de $q = 1,5$ L/s.m. A calha coletora para essa vazão linear deverá ter comprimento:

- $L = Q / q = (0,83/3,6) / 1,5 = 0,15$ m.

A calha coletora deverá percorrer todo o comprimento do decantador, possuindo 0,80 m, que é maior do que o mínimo recomendado de 0,15 m.

Adota-se para o poço de lodo (tronco cônico), inclinação de fundo de 60° , para fins de adensamento, e base de 0,50 m. A altura do poço de lodo será 1,62 m (segundo projeções do corte do decantador).

Cálculo da altura do poço de lodo:

- $H_{pl} =$

8.5 Tratamento terciário – desinfecção e correção química

O dimensionamento da unidade de desinfecção levou em conta o tempo mínimo de contato de 30 min para o processo de cloração.

O volume referente ao tempo de contato mínimo é:

- $V_{cont} = Q \times TDH = 0,83 \times 0,5 = 0,42$ m³

Esse processo ocorrerá após a unidade de decantação, na calota posterior da unidade compacta.

São características dessa calota:

- Altura máxima da calota: $h = 0,40$ m;
- Raio fictício da calota: $r = 2,15$ m;

Cálculo do volume máximo da calota (volume de calota esférica):

- $V = \pi/3 \times h^2 \times (3 \times r - h) = \pi/3 \times 0,40^2 \times (3 \times 2,15 - 0,40) = 1,01$ m³

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI
ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ



O volume ocupado pelo preenchimento da metade dessa calota é $0,51 \text{ m}^3$, que indica uma lâmina d'água correspondente ao raio da unidade de tratamento, i. e., $2,50 / 2 = 1,25 \text{ m}$.

Como a lâmina d'água projetada para a unidade de desinfecção é de $1,80 \text{ m}$, logo o volume de efluente em desinfecção é maior do que $0,51 \text{ m}^3$, que por sua vez é maior do que o volume para um TDH de 30 min.

Portanto, o volume no compartimento de desinfecção possui volume maior do que o recomendado para um TDH de 30 min, que garante uma desinfecção eficiente.

8.5.1 Dosagem de hipoclorito de sódio

A concentração de cloro ativo recomendada é de $0,5 \text{ mg/L}$. O cálculo da dosagem de hipoclorito leva em consideração a concentração do produto químico empregado e, também, se existe ou não diluição. A concentração comercial de hipoclorito de sódio comumente encontrado ronda 10-14%.

Ver com o fabricante do produto químico informações do produto para dimensionamento das necessidades de produto.

8.6 Gerenciamento de lodo

São esperadas duas correntes de lodo:

- Lodo anaeróbio: $Q_w = 2,1 \text{ m}^3/\text{dia}$;
- Lodo aeróbio: $Q_{ex} = 0,77 \text{ m}^3/\text{dia}$;
- Lodo total gerado: $Q_{lodo} = 2,87 \text{ m}^3/\text{dia}$

Devido à baixa quantidade de lodo gerada, adota-se a maneira de acondicionamento de lodo por meio de leitos de secagem, leitos esses com ciclo de operação de 10 dias.

O volume total de lodo por ciclo de operação:

- $V_{lodo,co} = 28,85 \text{ m}^3$

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI

ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

Adotam-se as seguintes dimensões para cada leito de secagem:

- Comprimento: $C = 5,00$ m;
- Largura: $L = 3,00$ m;
- Altura da lâmina de lodo inicial no leito de secagem: $h_{ls} = 0,50$ m.



Cálculo da quantidade de leitos de secagem:

- $Q_{ls} = V_{lo,co} / (C \times L \times h_{ls}) = 28,85 / (5 \times 3 \times 0,5) = 3,8$ (4 leitos)

Por questões operacionais, adota-se um leito a mais, totalizando **5 leitos de secagem 3 m x 5 m**.

Os materiais empregados nas camadas para o leito de secagem são, respectivamente da superior para inferior:

- Ladrilhos;
- Areia;
- Brita N° 1;
- Brita N° 2.

A coleta da fração líquida percolada do leito de secagem é feita por um tubo PVC 10mm perfurado, posteriormente encaminhado para um canal de drenagem onde é retornado para o processo na unidade de tanque de equalização.

8.7 Disposição final de efluente tratado – valas de infiltração

O efluente tratado, i. e., a jusante da unidade de desinfecção, será disposto no solo por meio do emprego de valas de infiltração.

O valor da taxa de infiltração (I) do solo foi estimada por meio de ensaio em campo, sendo o valor estimado de $1,35$ L/m²h, que corresponde.

A área de infiltração teórica será, portanto:

- $A_{inf,t} = Q / I = 0,83 \times 1000 / 1,35 = 614,8$ m²

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI
ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ



Considerando valas de infiltração com as seguintes características:

- Largura: $L = 1,0$ m;
- Comprimento: $C = 30$ m;
- Altura: $0,50$ m;
- Área total de infiltração por vala: $A_{inf, vala} = (30 \times 1) + 2 \times (0,50 \times 30) = 60$ m²;

Número de valas de infiltração:

- $N_{vala, inf} = A_{inf, t} / A_{inf, vala} = 614,8 / 60 = 10,25$
 $N_{vala, inf} = A_{inf, t} / A_{inf, vala} = 10$ valas (adotado)

8.8 Elevatórias

No projeto são previstas duas unidades elevatórias. A primeira a partir da caixa de gordura até a peneira estática (EE-1) e a segunda do tanque de equalização para o reator UASB (EE-2).

8.8.1 EE-1

Estimativa do diâmetro da tubulação pela fórmula de Bresse:

- $D = 1,2 \times X^{1/4} \times \sqrt{Q} = 1.2 \times 24^{1/4} \times \sqrt{0,00056} = 28,3$ mm;

Devido a característica de alta quantidade de sólidos em efluentes de abatedouros, adota-se por segurança o Diâmetro **D = 75mm**.

Cálculo da velocidade na tubulação:

- $V = Q / (\pi \times D^2 / 4) = 0,00023 / (\pi \times 0,075^2 / 4) = 0,13$ m/s

Cálculo da perda de carga localizada na situação mais desfavorável:

- Quantidade de curvas de 90°: 5 ($K = 0,4$);
- Quantidade de válvulas de retenção: 1 ($K = 2,5$);
- Quantidade de registros gaveta: 1 ($K = 0,2$);
- Quantidade de registros globo: 1 ($K = 10,0$)

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI

ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ



- Quantidade de três de saída direta: 1 ($K = 0,60$);
- Somatório: $K_t = 5 \times 0,4 + 1 \times 2,5 + 1 \times 0,2 + 1 \times 10,0 + 1 \times 0,60 = 16$
- $h_L = K_t \times V^2 / 2g = 16 \times 0,13^2 / (2 \times 9,81) = 0,013 \text{ m}$

Cálculo da perda de carga distribuída pela fórmula de Hazem-Williams:

- $C_{PVC} = 140$;
- $h_D = L \times (10,643 \times Q^{1,85} \times C^{-1,85} \times D^{-4,87})$
- $h_D = 48,4 \times (10,643 \times 0,00023^{1,85} \times 140^{-1,85} \times 0,075^{-4,87})$
- $h_D = 0,016 \text{ m}$

Cálculo da perda de carga total:

- $h = h_L + h_D = 0,013 + 0,016 = 0,029$

Cálculo da altura manométrica:

- $H_m = H_g + h = 7,20 + 0,029 = 7,23 \text{ m}$

Cálculo da potência do conjunto motor-bomba:

- Estimativa do rendimento da bomba: $\eta_m = 53\%$;
- Estimativa do rendimento da bomba: $\eta_b = 64\%$;
- Rendimento global do conjunto motor-bomba: $\eta = \eta_m \times \eta_b = 53\% \times 64\% = 33,9\%$
- Cálculo da potência do conjunto motor-bomba:
 - $P = \gamma \times Q \times H_m / 75\eta = 1000 \times 0,00056 \times 7,23 / (75 \times 33,9\%) = 0,16 \text{ HP}$
- Adotando-se uma folga operacional recomendada de 30%, $P = 0,21 \text{ HP} = 0,21 \text{ cv}$
- Adota-se a potência comercial de **$P = 0,50 \text{ cv}$** .

8.8.2 EE-2

Estimativa do diâmetro da tubulação pela fórmula de Bresse:

- $D = 1,2 \times X^{1/4} \times \sqrt{Q} = 1,2 \times 24^{1/4} \times \sqrt{0,00023} = 18,3 \text{ mm}$;

PREFEITURA MUNICIPAL DE QUIXERÉ

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI

ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

Devido a característica de alta quantidade de sólidos em efluentes de abatedouros, adota-se por segurança o Diâmetro **D = 50mm**.

Cálculo da velocidade na tubulação:

- $V = Q / (\pi \times D^2 / 4) = 0,00023 / (\pi \times 0,050^2 / 4) = 0,12 \text{ m/s}$

Cálculo da perda de carga localizada na situação mais desfavorável:

- Quantidade de curvas de 90°: 6 (K = 0,4);
- Quantidade de válvulas de retenção: 1 (K = 2,5);
- Quantidade de registros gaveta: 1 (K = 0,2);
- Quantidade de tês de saída direta: 1 (K = 0,60);
- Somatório: $K_t = 6 \times 0,4 + 1 \times 2,5 + 1 \times 0,2 + 1 \times 0,60 = 5,7$
- $h_L = K_t \times V^2 / 2g = 5,7 \times 0,12^2 / (2 \times 9,81) = 0,004 \text{ m}$

Cálculo da perda de carga distribuída pela fórmula de Hazem-Williams:

- $C_{PVC} = 140$;
- $h_D = L \times (10,643 \times Q^{1,85} \times C^{-1,85} \times D^{-4,87})$
- $h_D = 15,9 \times (10,643 \times 0,00023^{1,85} \times 140^{-1,85} \times 0,050^{-4,87})$
- $h_D = 0,007 \text{ m}$

Cálculo da perda de carga total:

- $h = h_L + h_D = 0,004 + 0,007 = 0,011$

Cálculo da altura manométrica:

- $H_m = H_g + h = 9,12 + 0,011 = 9,13 \text{ m}$

Cálculo da potência do conjunto motor-bomba:

- Estimativa do rendimento da bomba: $\eta_m = 53\%$;
- Estimativa do rendimento da bomba: $\eta_b = 64\%$;



ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI

ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ

- Rendimento global do conjunto motor-bomba: $\eta = \eta_m \times \eta_b = 53\% \times 64,0\%$
33,9%
- Cálculo da potência do conjunto motor-bomba:
 - $P = \gamma \times Q \times H_m / 75\eta = 1000 \times 0,00023 \times 9,13 / (75 \times 33,9\%) = 0,08 \text{ HP}$
- Adotando-se uma folga operacional recomendada de 30%, $P = 0,11 \text{ HP}$
0,11 cv
- Adota-se a potência comercial de **P = 0,50 cv**.



9 GESTÃO DOS RESÍDUOS

Os resíduos gerados na estação de tratamento de efluentes proposta, sua forma de acondicionamento e destinação são apresentados na tabela abaixo:

RESÍDUO	SITUAÇÃO	ACONDICIONAMENTO	DESTINAÇÃO
Lodo anaeróbico	Estabilizado	Contêiner nas baias de resíduos	Coleta especializada aterro sanitário Compostagem
Lodo anaeróbico	Não estabilizado (é necessário estabilizar com cal ou realizar tratamento alternativo)	Container na baia de resíduos	Coleta especializada aterro sanitário Compostagem

Os efluentes tratados serão destinados para valas de infiltração para disposição no solo. É importante o empreendedor realizar monitoramento periódico para manutenção e controle da eficiência de tratamento, a fim de evitar contaminação do solo como lançamento de efluentes ineficiente.

10 RESUMO DAS UNIDADES DE TRATAMENTO

A Tabela 3 resume as principais características das unidades de tratamento da ETEI.

Tabela 3 - Informações gerais ETEI Quixeré.

Etapa	Processo	Informações

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI
ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ



1	Tratamento preliminar	Remoção de sólidos grosseiros em gradeamento do tipo fino com abertura de 15mm, medição de vazão em calha do tipo Parshall com garganta de 2", caixa retentora de gordura e peneira estática.
2	Equalização	Tanque de equalização de com dimensões de 5,00 x 5,00 x 2,32 m, visando manter constante a vazão de alimentação do processo biológico.
3	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente – RAFA/UASB	Digestão anaeróbia em reator biológico de alta taxa. Dimensões 3,10 x 6,70 m.
4	Aeração	Tanque de aeração de 11,81 m ³ (DN 2,50 m, comprimento de 2,50 m e lâmina d'água 2,30 m. Aeração por meio de tubos porosos de bolhas finas (1" x 2,30 m) distribuídos no fundo reator com vazão 2,54 m ³ /min de ar em cada unidade de tratamento. Potência total estimada do soprador de 2,54 cv.
5	Sedimentação e retorno de lodo	Decantador com taxa de aplicação superficial de 0,74 m ³ /m ² .h. Dimensões: DN 2,50 m, 0,80 m de comprimento e 2,20 m de lâmina d'água. Vazão de retorno de lodo de 0,83 m ³ /h (R = 1).
6	Desinfecção	Desinfecção de efluente em tanque de contato com volume de 2,15 m ³ . Cloração por meio de bombas dosadores de hipoclorito de sódio.
7	Disposição no solo	Disposição do efluente tratado em valas de infiltração.

11 RELAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E CONSTITUINTES DO SISTEMA DE TRATAMENTO

Os equipamentos do processo e constituintes do sistema de tratamento da ETEI estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Lista de equipamentos de processo da ETEI.

ID	Processo	Equipamento	Descrição
----	----------	-------------	-----------

NA

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI

ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ



01	Tratamento Preliminar	Grade retentora de sólidos grosseiros	Grade fina em aço inox, barras 3/8" x 1 1/2", espaçamento entre as barras 15 mm. Inclinação da barra em 45°. Suportes superior e inferior em barras de aço inox 3/8" x 1 1/2". Conforme o projeto.
02	Preliminar	Calha Parshall	Calha do tipo Parshall em PRFV com largura nominal da garganta de 2".
03	Preliminar	02 Elevatória de esgoto	Estação elevatória01 (EE1): composta por 2 bombas submersíveis próprias para bombeamento de esgoto, compatível com vazão de 0,56 L/s (~2,00m³/h) e com altura manométrica mínima de 7,23 m, potência mínima requerida 0,5 CV (a depender do fabricante). Estação elevatória 02 (EE2) composta por 2 bombas submersíveis próprias para bombeamento de esgoto, compatível com vazão mínima de 0,23 L/s (~0,85 m³/h) e com altura manométrica de 9,13 m, potência mínima requerida 0,5CV (a depender do fabricante).
04	Secundário	02 Soprador(es)	Sistema de suprimento de ar para os tanques de aeração: potência requerida 3,42 cv (Modelo sugerido – Asten CRC – 2 510 36 TS HE). Vazão mínima requerida total de ar 2,54 m³/min com M.C.A. mínimo (pressão positiva) requerido de 2,5 m.
05	Secundário	Tubos aeradores	Tubos aeradores microporosos de bolhas finas: comprimento mínimo de 14,40 m (adotado 6linhas de 1" x 2.40 m).
06	Secundário	01 Bomba de retorno de lodo	Bomba centrifuga para transferência de lodo da unidade de decantação para o tanque de aeração. Vazão de projeto de 1,44 m³/h e altura manométrica de no mínimo 2,5 m,

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI

ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ



			potência de 0,5 CV (a depender do fabricante).
07	Tanque de aeração	Sistema de tratamento	Tanque em PRFV (sugestão do projetista) com orientação horizontal (deitado) com diâmetro de 2,50 m e comprimento total de 4,10 m (incluindo abóbodas), com 4 bocas de inspeção de 80 cm de diâmetro, uma para cada unidade de tratamento.
08	Reator UASB	Sistema de tratamento	Tanque em PRFV (sugestão do projetista) com orientação vertical com diâmetro de 3,10 m e altura total de 6,68 m, com 1 bocas de inspeção de 80 cm de diâmetro.

12 EQUIPE TÉCNICA

RESPONSÁVEL TÉCNICO	
PROFISSIONAL	NATANAEL DE ARAÚJO BARROS
RNP	0613973658/CE
FORMAÇÃO	ENG. QUÍMICO, MESTRE EM ENG. CIVIL (RECURSOS HÍDRICOS) – ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SANEAMENTO AMBIENTAL
CONTATO	(85) 99431-6012
EMAIL	NATANAEL@METRICAGESTAO.COM.BR
COLABORAÇÃO TÉCNICA 01	
PROFISSIONAL	ANTONIO MARCELO COSTA MAGALHÃES
FORMAÇÃO	ENG. QUÍMICO, MESTRE EM ENG. CIVIL (RECURSOS HÍDRICOS) – ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SANEAMENTO AMBIENTAL

ESTAÇÃO DE TRATAMENTOS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS- ETEI
ABATEDOURO MUNICIPAL DE QUIXERÉ



Natanael de Araújo Barros
Eng. Químico
Msc. em Eng. Civil (Recursos Hídricos)
CPF: 037.508.473-80 / CREA-CE: 55267

Natanael de Araújo Barros

Engenheiro Químico

CREA: 55267/CE

ANEXOS

ANEXO I – ORÇAMENTO RESUMIDO

ANEXO II – ORÇAMENTO ANALÍTICO

ANEXO III – MEMÓRIA DE CÁLCULO

ANEXO IV – CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO

ANEXO V – ENCARGOS SOCIAIS

ANEXO VI – COMPOSIÇÃO DO BDI

ANEXO VII – COMPOSIÇÃO DE PREÇOS

ANEXO VIII – COTAÇÕES DE PREÇOS

ANEXO IX - ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)