

RECOMENDAÇÕES PARA PROJETOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE ABATEDOURO

Data de submissão: 16/12/2023

Data de aceite: 26/01/2024

Francisco Xirlean Xavier Alves

UFRRJ, Instituto de Tecnologia
Seropédica – RJ
<http://lattes.cnpq.br/3039650471136970>

Nélia Dalúvia Rafael Cambanhane

UFRRJ, Instituto de Tecnologia
Seropédica – RJ
<http://lattes.cnpq.br/9134552298533184>

Henrique Vieira de Mendonça

UFRRJ, Instituto de Engenharia
Seropédica – RJ
<http://lattes.cnpq.br/8897355054570578>

RESUMO: A elaboração de um projeto eficiente para o tratamento de águas residuárias é fundamental para mitigação de impactos ambientais nos recursos hídricos. As águas residuárias de abatedouro possuem relevante carga orgânica e de nutrientes, necessitando de uma estação de tratamento robusta. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo propor metodologias para projetos destinada ao tratamento de águas residuárias provenientes de um abatedouro bovino. Dentre as tecnologias estudadas, destacou-se o filtro anaeróbico, cuja eficácia na remoção de Demanda Bioquímica de

Oxigênio (DBO) pode atingir até 70%. A lagoa facultativa, por sua vez, pode oferecer até 91,86%, de um tempo de retenção hidráulica (t) de 28 dias. A lagoa facultativa aerada, com t de 8 dias, demonstrou uma notável eficiência de 85,4% na remoção de DBO e a de mistura completa com t de 3 dias uma eficiência de 94%. Em relação à remoção de nitrogênio total e fósforo, os resultados revelaram eficiências de 80% e 60%, respectivamente no tratamento em lagoas. Estes dados destacam a eficácia do sistema proposto na redução desses elementos, contribuindo para a viabilidade e efetividade do projeto no contexto do tratamento de águas residuárias provenientes da bovinocultura.

PALAVRAS-CHAVE: remoção de matéria orgânica, nutrientes, eficiência.

RECOMMENDATIONS FOR WASTEWATER TREATMENT PLANT PROJECTS OF SLAUGHTERHOUSE

ABSTRACT: The development of an efficient project for wastewater treatment is crucial for mitigating environmental impacts on water resources. Slaughterhouse wastewater carries a significant organic and nutrient load, requiring a robust treatment

facility. In this context, this study aims to propose methodologies for projects aimed at treating wastewater from a beef slaughterhouse. Among the technologies investigated, the anaerobic filter stood out, with the potential to achieve up to 70% effectiveness in removing Biochemical Oxygen Demand (BOD). The facultative pond, on the other hand, can provide up to 91,86% removal, with a hydraulic retention time (t) of 28 days. The facultative aerated pond, with a t of 8 days, demonstrated a remarkable efficiency of 85.4% in BOD removal, and the complete mix pond with a t of 3 days showed an efficiency of 94%. Regarding total nitrogen and phosphorus removal, the results revealed efficiencies of 80% and 60%, respectively, in pond treatment. These data underscore the effectiveness of the proposed system in reducing these elements, contributing to the feasibility and effectiveness of the project in the context of treating wastewater from cattle farming.

KEYWORDS: organic matter removal, nutrients, efficiency.

1 | INTRODUÇÃO

O setor de alimentos à base de proteínas desempenha um papel fundamental para economia global e a segurança alimentar. O Brasil é um dos mais importantes produtores de carne bovina no mundo (EMBRAPA, 2020).

Os efluentes originados em abatedouros são notáveis por sua elevada carga orgânica, que provém principalmente do sangue, um teor substancial de gordura, variações de pH devido à aplicação de agentes de limpeza ácidos e alcalinos, níveis consideráveis de nitrogênio e fósforo, concentrações significativas de diversos sais, e, ocasionalmente, a presença de compostos aromáticos (no caso de processos de defumação de produtos cárneos). Além disso, tais efluentes experimentam flutuações de temperatura em virtude do uso de água para resfriamento e aquecimento.

Esses efluentes provenientes de frigoríficos demonstram valores significativamente elevados nos parâmetros usados para quantificar a carga orgânica poluente como, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a demanda química de oxigênio (DQO), além de nutrientes como o nitrogênio oriundo de proteínas (DIAS, 2022).

A remoção do nitrogênio é fundamental, pois contribui para mitigar o impacto eutrofizante nos corpos de água que recebem esses efluentes (FLECK; EYNG, 2015).

A disposição desses resíduos passa por processos de tratamentos físico-químicos e deve atender a legislação ambiental vigente no Brasil (CONAMA 430/2011), antes da disposição final. Com o intuito de alcançar esse propósito, o processo de tratamento de efluentes em abatedouros pode ser estruturado em duas categorias principais: processos físicos e biológicos, visando a eficaz remoção de poluentes (DIAS, 2022).

2 | OBJETIVO

Propor metodologias de cálculo para dimensionamento de estações de tratamento de águas residuárias de abatedouro bovino.

3 | METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho utilizou-se os seguintes dados exploratórios: N° de animais – 50 animais/dia; Consumo diário de água por cabeça – 1,65 m³/dia; Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) – 4500 mg/L; Demanda Química de Oxigênio (DQO) – 7000 mg/L; Óleos e graxas – 800 mg/L; Sódio total (St) – 350 mg/L; Nitrogênio total (Nt) – 750 mg/L e Potássio total (Pt) – 50 mg/L.

3.1 PENEIRA ESTÁTICA

3.1.1 VAZÃO

Para o dimensionamento da peneira estática deve ser considerado a vazão horária utilizando a equação 1. Para estimativa da vazão máxima pode ser adotado valores entre 1 a 3 vezes o valor da vazão média para esta atividade industrial, de acordo com a equação 2.

$$Q(h) = Q/24h \quad \text{Equação 1}$$

$$Q_{max} = Q(h) \times 3 \quad \text{Equação 2}$$

3.1.2 LINHA VERMELHA (70% da vazão)

Para o dimensionamento da peneira estática, foi utilizado a equação 3, para a determinação da vazão da linha vermelha (70% da vazão total). A equação 4, para dimensionar a área da tela (A) e equação 5, para a largura da tela (B). Q é dada em m³/h; A em m² e B em m³/h.

$$Q = Q_{max} (m^3/h) 0,70 \quad \text{Equação 3}$$

$$A = Q_{max} (m^3/h) / (m^3/m^2.h) \quad \text{Equação 4}$$

$$B = A(m^2)/L(m^2) \quad \text{Equação 5}$$

3.1.3 LINHA VERDE (30% da vazão)

Para a determinação da vazão da linha verde (30% da vazão total), foi utilizado a equação 6. A equação 4 para dimensionar a área da tela (A) e equação 5 para a largura da tela (B).

$$Q = Q_{max} (m^3/h) 0,30 \quad \text{Equação 6}$$

Observação: Verificar catálogo de com medidas já existentes no mercado.

3.2 TANQUE DE EQUALIZAÇÃO

O dimensionamento deverá ser feito pelo método da conservação das massas (equações 7 e 8), onde: V é o volume total do tanque; V_{eq} é o volume de equalização; V_{min}

é o volume mínimo; Q_e – Vazão de entrada; Q_s – Vazão de saída e t – número de horas de funcionamento. Utilizar vazão média.

$$V_t = V_{eq} + V_{min} \quad \text{Equação 7}$$

$$V_{eq} = (Q_e - Q_s)/t \quad \text{Equação 8}$$

Para determinação do volume de equalização (V_{eq}), será utilizado a equação 9, onde, Q_e é a vazão de entrada expressa (m^3/h) e Q_s é a vazão de saída expressa em m^3/h . A Vazão de saída (Q_s) é determinada pela equação 10 e seu valor final pé expresso em m^3/h .

$$V_{eq} = (Q_e (m^3/h) - Q_s (m^3/h)) 16h \quad \text{Equação 9}$$

$$Q_s = (Q16h)/24h \quad \text{Equação 10}$$

A verificação de tempo de retenção (t) será realizada conforme a equação 11, onde, V_{eq} é o volume equalizado e Q é a vazão. O t é dado em horas.

$$t = V_{eq}/Q \quad \text{Equação 11}$$

As dimensões do tanque seguiram conforme uso da equação 12, onde, L^2 é a largura de secção quadrada e o H é a profundidade. O volume total do tanque (V_t), dado pela equação 13, é expresso pela soma do volume equalizado e do volume mínimo. Observação: V_{min} – Volume mínimo, cuja profundidade adotada foi de 1 m.

$$V_{eq} = L^2 H \quad \text{Equação 12}$$

$$V_t = V_{eq} + V_{min} \quad \text{Equação 13}$$

Para cálculo da potência do agitador do tanque, será utilizada a equação 14, onde, D_p é a densidade de potência, adotada em $10 w/m^3$.

$$P = (D_p + V_v) / 745 \quad \text{Equação 14}$$

3.3 PENEIRA ROTATIVA

Para seleção da peneira foi utilizado catalogo da empresa Engenharia de Tratamento de Água Ltda. O diâmetro da peneira é igual a 0,60 m, logo, o comprimento da peneira (L) será: $L = 2\pi R$. A largura da tela (B) é dada pela razão entre a área da tela (A) e Comprimento da Peneira (L) de acordo com a equação 15. Usar a vazão equalizada para seleção em catálogos ou dimensionamento.

$$B = A(m^2) / (L(m^2)) \quad \text{Equação 15}$$

3.4 FLOTADOR

O Sistema de Flotação com ar dissolvido terá a utilização do Sistema de Recirculação, considerando a pressão de funcionamento. A determinação leva em consideração a equação 16, onde, f é fração do ar dissolvido, considerando a saturação incompleta entre 0,5 e 0,8, adotou-se 0,5; $\frac{A}{S}$ é relação entre a área e a solubilidade com valores entre 0,005 a 0,60, adotou-se 0,02; a S_a é solubilidade do ar em cm^3/L de água residuária; X_o é a concentração de sólidos na água residuária; P é pressão de funcionamento em atmosfera

(atm); Tendo-se adotado o valor da temperatura de 20 °C, o valor de solubilidade encontra-se na tabela 1 abaixo.

$$\frac{A}{S} = \frac{1.3 S_a \times (f \times P - 1)}{X_o} \quad \text{Equação 16}$$

Temperatura ----°C----	Solubilidade do ar -----
0	29,2
10	22,8
20	18,7
30	15,7

Tabela 1: Valor de S de acordo com a temperatura a pressão atmosférica.

Fonte: NUNES, 2017.

Para determinação da área superficial (A) será utilizado a equação 17, onde Q é a vazão e o I é relacionado ao fator de carga. O A é dado em m².

$$A = \frac{Q \left(\frac{m^3}{h} \right)}{I \left(\frac{m^3}{m^2/h} \right)} \quad \text{Equação 17}$$

Para o Sistema com recirculação é utilizado a equação 18, onde: R é a razão da recirculação e Q é a vazão do afluente. O R é dado em m³/h. A área superficial é dada pela equação 17.

$$\frac{A}{S} = \frac{R \cdot 1.3 S_a \times (f \times P - 1)}{Q X_o} \quad \text{Equação 18}$$

3.5 FILTRO ANAERÓBIO

Para o cálculo do limite de carga orgânica do filtro utiliza-se a equação 19, onde o v é dado em m³. Já a altura do filtro, leva em consideração a equação 20, onde, H é a altura interna do filtro; h é a altura total do leito flutuante; h₁ é a altura da calha coletora (saída da água residuária no topo do filtro); h₂ é altura sobressalente (variável). A unidade final é dada em m. A área útil (Au) é determinada pela razão entre o volume (V) e altura (h) conforme a equação 21. Au é dada em m². Para as dimensões internas do filtro circular (d), o cálculo foi realizado por meio da equação 22, onde o d é o diâmetro em m e Au é a altura útil.

$$V = Q_{média} \left(\frac{m^3}{h} \right) \times Tr_{hidraulica} (h) \quad \text{Equação 19}$$

$$H = h + h_1 + h_2 \quad \text{Equação 20}$$

$$Au = \frac{V (m^3)}{h (m)} \quad \text{Equação 21}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times Au}{\pi}} \quad \text{Equação 22}$$

As características construtivas levam em consideração a altura construtiva (AC) e o

diâmetro construtivo (DC) a primeira é dada pela equação 23, onde: Hc – altura construtiva; Ef - espessura do fundo; Ac - altura da chaminé; et - espessura da tampa. HC é dado em m. A segunda é dada pela equação 24, onde, ep é a espessura da parede em m.

$$Hc = H + Ef + Ac + Et \quad \text{Equação 23}$$

$$Dc = d(\text{interno}) + 2 ep \quad \text{Equação 24}$$

3.6 LAGOAS FACULTATIVAS

A carga orgânica da lagoa de estabilização é dada pela Equação 25, onde a carga é dada em kg/dia.

$$\text{Carga (kg/dia)} = \frac{DBO\left(\frac{mg}{l}\right) \times Q (m^3/h)}{1000g/kg} \quad \text{Equação 25}$$

A área superficial é uma relação entre a carga (L) em kg/dia e a taxa de aplicação L_s de acordo com equação 26. Recomenda-se as seguintes taxas de aplicação (VON SPERLING, 2002): I – Para a condição de Inverno quente e elevada insolação - $L_s = 240$ a $350 \text{ kgDBO}_5/\text{ha dia}$; II - Inverno e insolação moderada, $L_s = 120$ a $240 \text{ kgDBO}_5/\text{ha dia}$. Para esse trabalho adotou-se 20°C para a temperatura média.

$$A = \frac{L}{L_s} \quad \text{Equação 26}$$

Para a profundidade, os valores de profundidade variam de 1,5 a 2 m para o tratamento de esgotos domésticos, tratando-se de água residuária de abatedouro de bovino, será adotado um valor de 4m. O volume resultante (V), é dada pela multiplicação da área (A) pela a altura (H) de acordo com equação 27. O valor de V é dado em m³. Tempo de retenção (Tr) seguiu o recomendado por VON SPERLING, (1996).

$$V = AH \quad \text{Equação 27}$$

A estimativa de DBO solúvel (S em mg/L) é dado pela equação 28, onde: o coeficiente de remoção de DBO, K é igual a 0,30 d e o T é a temperatura.

$$S = \frac{DBO(mg/l)}{1 + K \times t} \quad \text{Equação 28}$$

Para a estimativa da DBO particulada (equação 29), considera-se a concentração de sólido suspensos no efluente igual a 100 mg/L. para cada 1 mg SS/L implica numa DBO_5 de 0,4 mg/L e deve ser adotado com base no intervalo de 0,3 a 0,4. O valor da DBO_5 particulada é dada em mg DBO_5 /L. A DBO total (equação 30) é a soma da DBO_5 Solúvel mg/L com a DBO_5 particulada mg/L, conforme a equação 27. A DBOT é dada em mg/L.

$$DBO_5 \text{ particulada} = (DBO_5/mgss) \times 100 (mg/L) \quad \text{Equação 29}$$

$$DBOT = DBO_5 \text{ Solúvel mg/L} + DBO_5 \text{ particulada mg/L} \quad \text{Equação 30}$$

A eficiência de remoção (%) será feita com base na equação 31, onde S_0 é a concentração de DBO do afluente e S é a concentração do DBO solúvel.

$$E \frac{S_0 - S}{S_0} = 100 \quad \text{Equação 31}$$

O cálculo para as dimensões da lagoa facultativa realizada nesse trabalho leva em consideração duas lagoas em paralelo. Assim, a área das lagoas é dada pela equação 32, onde a espessura de operação – a acumulação pode ser considerada desprezível face a profundidade de 2 m, de acordo com VON SPERLING (1996).

$$A = L \times B = (2.5 \times B) \times B \quad \text{Equação 32}$$

3.7 LAGOA FACULTATIVA AERADA

De acordo com VON SPERLING (1996), Tr deve estar no intervalo de 5 a 10 dias. Neste estudo adotou-se o tempo de retenção de 8 dias. A profundidade (H) pode situar-se entre 2,5 a 4 m. Adotou-se 3 m. A estimativa de concentração de efluente de DBO foi realizada com a soma da DBO solúvel e a DBO particulada de acordo com a equação 33.

$$DBO_{total} = DBO_{soluvel} + DBO_{particulada} \quad \text{Equação 33}$$

Para estimativa da DBO Solúvel (mg/L), o valor de coeficiente K pode variar de 0,6 a 0,8 d à 20 °C, utilizando a equação 34, (Arceivada, 1981). Onde, t = tempo de retenção hidráulica.

$$S = \frac{DBO(mg/L)}{1 + K \times t} \quad \text{Equação 34}$$

A DBO particulada foi calculada de acordo com a equação 35 e a DBO total conforme a equação 36. A DBO total do efluente é dada em mg/L.

$$DBO_5\ part = (DBO_5/mgss) \ 100\ mgss \quad \text{Equação 35}$$

$$DBO_{total} = DBO_{soluvel} + DBO_{particulada} \quad \text{Equação 36}$$

O volume requerido (V) é dado pela equação 37, onde o t é o tempo de detenção e o Q é a vazão média do efluente. V é dado em m³. A área requerida (A) conforme a razão entre o volume (V) e a altura (H) conforme a equação 38.

$$V = t \times Q \quad \text{Equação 37}$$

$$A = \frac{V}{H} \quad \text{Equação 38}$$

O requisito de oxigênio (Ro) é dada pela equação 39, onde Ro é dado em kg_{o2/h}. O Requisito de Energia leva em consideração a eficiência de remoção padrão (Eo) e o deve estar no intervalo de 1,5 a 2,0 kg_{o2/kwh}, conforme a equação 40. A potência requerida é a determinada pela relação entre o RO e a Eocampo, conforma a equação 41. O valor é final é dado em kw e deve ser transformado em CV.

$$Ro = \frac{a \times Q \times (S_0 - S)}{1000g/kg} \quad \text{Equação 39}$$

$$Eo_{campo} = 0.60 \times (kg_{o2/kwh}) \quad \text{Equação 40}$$

$$Pot = \frac{Ro}{Eo_{campo}} = \frac{(kg_{o2/h})}{(kg_{o2/kwh})} = (kw) = (CV) \quad \text{Equação 41}$$

Para a determinação da densidade de potência é utilizado e equação 42, que expressa a razão entre a Potência (Pot) em W e o Volume (v) em m³. A densidade de potência é dada em w/m³.

$$\varphi = \frac{Pot}{V} = \frac{(W)}{(m^3)} \quad \text{Equação 42}$$

A densidade das partículas deverá ser suficiente para manter os sólidos em suspensão. Para o determinar as dimensões das lagoas é necessário a utilização de 2 lagoas em paralelo.

3.8 LAGOA AERADA DE MISTURA COMPLETA (LAMC)

A determinação do tempo de retenção hidráulica (permanência das moléculas líquidas no reator) nas lagoas aeradas de mistura completa deve ser igual ao tempo de retenção celular (permanência das células bacterianas no reator), variando na faixa de 2 a 4 dias. A profundidade (H) variam de 2,5 a 4,5 m. A concentração de biomassa é dada pela a equação 43, onde; X_v - concentração de biomassa (mg/L); K_d - coeficiente de decaimento bacteriano (mg X_v /mgDBO); Y - coeficiente de produção celular (d^{-1}).

$$X_v = \frac{Y \times (S_0 - S)}{1 + K_d \times t} \quad \text{Equação 43}$$

Coeficientes	Unidade	Faixa	Valor típico
K_d	mg X_v /mgDBO	0,4 – 0,8	0,6
Y		0,003 – 0,08	0,06

Tabela 2: Valores de coeficiente de K_d e Y

Fonte: Metcalf e Eddy (1991)

A estimativa da DBO solúvel é calculada utilizando a equação 44. O valor de coeficiente de remoção dessa lagoa é mais elevado comparando com as demais lagoas, isto deve-se a maior concentração de bactérias na lagoa. O valor de K situa-se na faixa de 1 a 1,5 d^{-1} .

$$S = \frac{S_0(mg/L)}{1 + K \times X_v \times t} \quad \text{Equação 44}$$

Para encontrar K_T (valor de K ajustado para temperatura real da água) foi utilizada a equação 45, onde o, K_T - coeficiente de remoção de DBO em temperatura de qualquer líquido; K_{20} - coeficiente de remoção na temperatura de 20 °C e θ – coeficiente de temperatura = 1,05 segundo Silva & Mara (1979).

$$K_T = K_{20} \times \theta^{(T-20)} = \quad \text{Equação 45}$$

A DBO particulada do efluente foi estimada através da relação com os sólidos em suspensão voláteis, conforme a $DBO_{part} = 0,4$ a $0,6$ mg/mg X_v . Nas lagoas aerada a concentração de sólidos em suspensão voláteis e totais estão na faixa de 0,7 a 0,8. Dessa forma a DBO particulada pode ser estimada através dos sólidos em suspensão totais, agregando as duas últimas relações. $DBO_{part} = 0,3$ a $0,6$ mg/mgss.

A eficiência de remoção (%) é dada conforme a equação 31. O requisito de oxigenação será realizado conforme a equação 39. O requisito de energia leva em consideração a Eficiência de remoção padrão (Eo campo), conforme a equação 46. O requisito de energia deve estar no intervalo de 1,5 a 2,0 $kg_{O_2/kwh}$

3.9 LAGOA DE DECANTAÇÃO (A JUSANTE DA LAMC)

Para o dimensionamento da lagoa de decantação devem ser previstos os volumes destinados a clarificação (decantação) e armazenamento assim como a digestão do lodo (SOBRINHO & RODRIGUES, 1991).

O volume destinado a clarificação deve levar em consideração o tempo de retenção (T_r) ≥ 1 d e altura (H) $\geq 1,5$ m. O volume total da lagoa deve levar em consideração os seguintes aspectos: $t \leq 2$ d (para evitar o crescimento de algas) e $H \geq 3$ m (para permitir uma camada aeróbica acima do lodo). A área requerida é dada pela equação 38, onde: A é a área requerida; V é o volume e H , a altura em m. Para a zona de lodo, reservada para armazenamento e digestão do lodo deve-se acrescentar uma profundidade de 1,5 m para a profundidade da lagoa de decantação. O tempo de retenção com a lagoa limpa é mensurado pela equação 11, onde: t é o tempo de retenção, V é o volume requerido e Q , a vazão média do afluente.

4 | RESULTADOS

4.1 PENEIRA ESTÁTICA

Foram observados os seguintes dados totais para dimensionamento, conforme a Tabela 3.

Dimensionamento	Total
Vazão média em horas	34,375 h
Vazão máxima em horas	103,125 m ³ /h
Vazão Linha Vermelha (70%)	72,1875 m ³ /h
Área da tela (A)	2,8875 m ²
Largura da tela (B)	0,1925 m
Vazão linha verde (30%)	30,9375 m ³ /h
Área da tela (A)	1,2375 m ²
Largura da tela (B)	0,4125 m

Tabela 3: Dimensionamento do Peneira Estática.

Fonte: Autores 2023

Importante ressaltar que o processo de dimensionamento deve atender a peneiras já existentes no mercado, caso não atenda as demandas, deverá ser construída um equipamento que possa atender a vazão e a demanda do abatedouro.

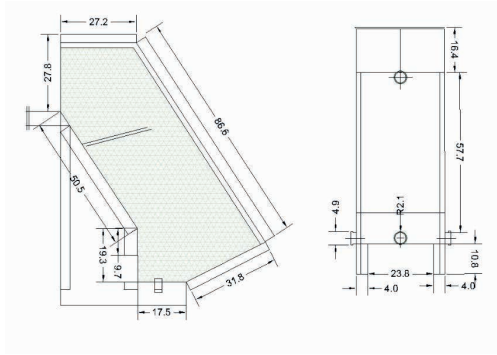


Figura 2: Representação Esquemática da Peneira Estática ou Hidrostática.

4.2 EQUALIZAÇÃO

Esta unidade de tratamento recebe todas as linhas geradoras de efluente, picos de carga hidráulica e orgânica. Isso oferece suporte para a estação de tratamento possa efetuar seu processo contínuo de tratamento. É feita a utilização de dispositivos para a homogeneização do material recebido, bem como evitar que a estação receba variações expressivas de carga e contaminantes.

4.2.1 DIMENSIONAMENTO TANQUE DE EQUALIZAÇÃO

Considerando os dados experimentais e os procedimentos metodológicos explicitados no tópico 3.2 e a Vazão média igual a $34,375 \text{ m}^3/\text{h}$, o volume de equalização (V_{eq}) foi de $183,344 \text{ m}^3$, e a verificação foi de tempo de retenção (T_r) igual a 5,3 h. As dimensões do tanque foram H igual 2 m e L igual 9,57 m. O volume total do tanque (V_t) obtido foi de 275 m^3 e a Potência do agitador (P) igual a 3,69 HP. Potência comercial mais próxima adota = 5 HP.

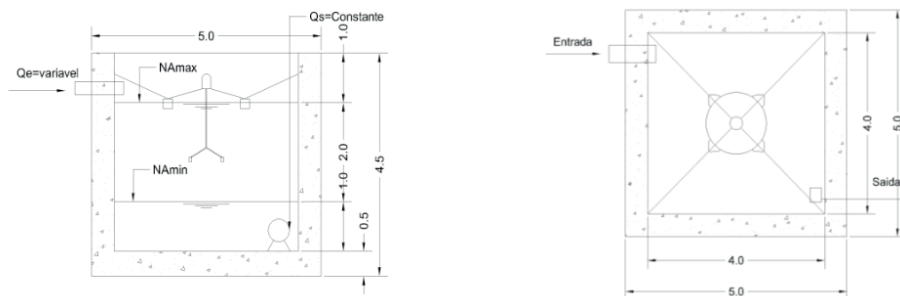


Figura 3: Representação Esquemática do Tanque de Equalização

4.3 DIMENSIONAMENTO - PENEIRA ROTATIVA

Para atender a demanda deverá ser construída uma peneira estática (Figura 4) com as seguintes dimensões: Área da tela (A) igual a 2,29 m; comprimento da peneira (L) igual a 1,884 m, e a Largura da tela (B) deve ter 1,22 m

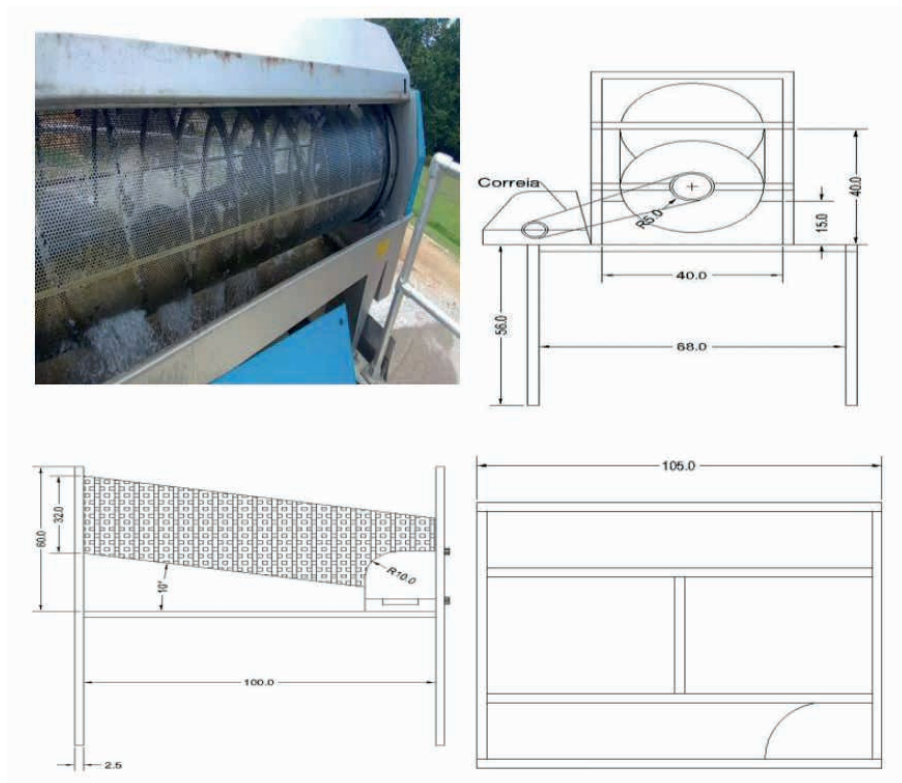


Figura 4: Representação Esquemática da Peneira Rotativa

4.4 DIMENSIONAMENTO DO FLOTADOR

Na Tabela 4 estão apresentados os valores da pressão de funcionamento, área superficial e razão de recirculação para seleção dos flotores.

Variáveis	Com Recirculação	Sem Recirculação
Pressão de funcionamento	2.5 atm	-----
Área superficial	4,77 m ²	9,49 m ²
Razão de recirculação	-----	33,94 m ³ /h

Tabela 4: Dimensionamento dos Sistemas de Flotação.

Segundo RUBIO et al. (2002), o sistema de flotação é o método de flotação mais utilizado no tratamento de efluentes industriais para remoção de frações coloidais.

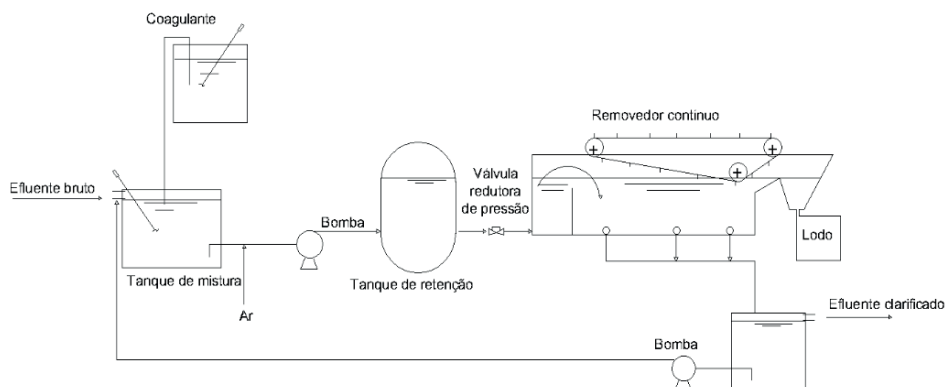


Figura 5: Representação Esquemática do Sistema de Flotação com Recirculação.

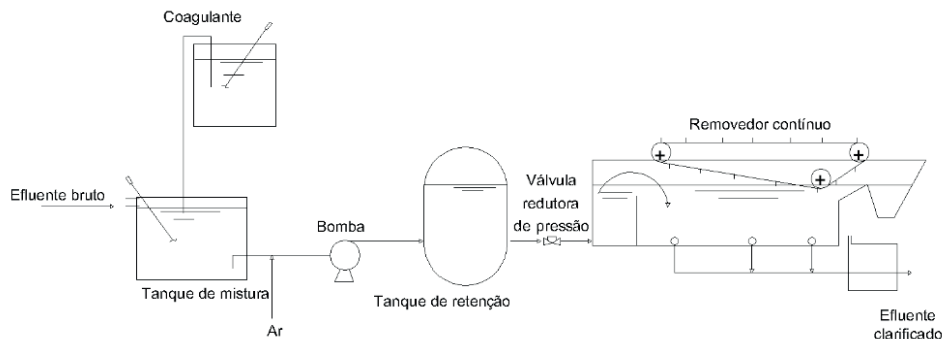


Figura 6: Representação Esquemática do Sistema de Flotação sem Recirculação.

4.5 DIMENSIONAMENTO DO FILTRO ANAERÓBIO

As variáveis quantificadas no dimensionamento do filtro anaeróbico de fluxo ascendente, estão apresentadas na Tabela 5. A eficiência de remoção da DBO no filtro foi de 70%, sendo 3.125 mg/L o valor de entrada e 937,5 mg/L o valor de saída.

Variáveis	Total
Volume do filtro	2.475 m ³
Altura útil do filtro	4,2 m
Área útil (Au)	687,5 m ²
Altura total	4,40 m
Altura de brita (recheio) m	2,5 m
Diâmetro interno (d)	29,59 m
Diâmetro construtivo (dc)	30,2 m
Eficiência de remoção de DBO no filtro	70%

Tabela 5: Dimensionamento dos Sistemas de Flotação

O valor de remoção encontrado corrobora com TONETTI et al. (2011) que além de reafirmar que os filtros anaeróbios são uma opção de baixo custo tanto no aspecto construtivo, quanto operacional, removendo aproximadamente 70% da matéria orgânica e produzindo reduzida quantidade de lodo. Na figura 7, está ilustrada a representação esquemática do filtro anaeróbio.

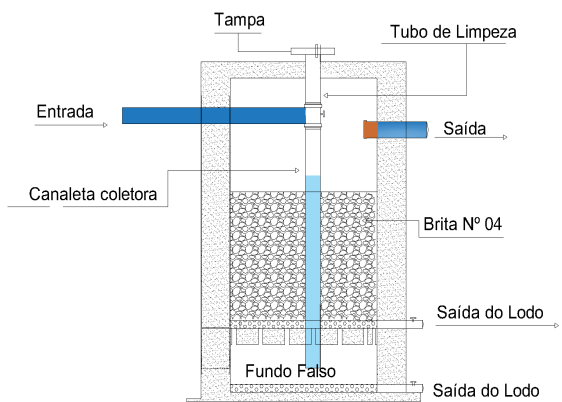


Figura 7: Representação Esquemática do Filtro Anaeróbio.

4.6 LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

As lagoas de estabilização são consideradas como uma das técnicas mais simples de tratamento de esgotos e se constituem unicamente por processos naturais.

De um modo geral, as lagoas de estabilização apresentam de excelentes eficiências de tratamentos, por exemplo, em relação a eficiência de remoção de DBO, a faixa típica situa-se entre 75 e 95%.

As lagoas chamadas de facultativa recebem esse nome devido às condições aeróbias mantidas na superfície, liberando oxigênio e às condições anaeróbias mantidas na parte inferior onde a matéria orgânica é sedimentada. Para as condições que trabalhamos,

a remoção de DBO apresentou eficiência de remoção de 91,86% (Tabela 6).

Variáveis	Total
Carga orgânica de entrada	773,4 kg/dia
Area Superficial	64.500 m ²
Profundidade	4 m
Volume resultante	258 000 m ³
Tempo de retenção (adotado)	28 dias
Estimativa do DBO solúvel	36,3 mg/L
DBO particulada	40 mgDBO _g /L
DBO Total	103,4 mg/L
Área requerida	0,921 ha
Dimensões da lagoa para duas lagoas em paralelo	B = 113.58 m L = 227.16 m
Espessura de Operação	2 m
Número de Lagoas	2

Tabela 6: Dimensionamento de lagoa facultativa.

A eficiência de remoção da DBO encontrada corrobora com VON SPERLING, (1996) que verificou que esse tipo de lagoa pode atingir eficiência de remoção de até 90%. A representação esquemática da lagoa facultativa está apresentada na Figura 8.

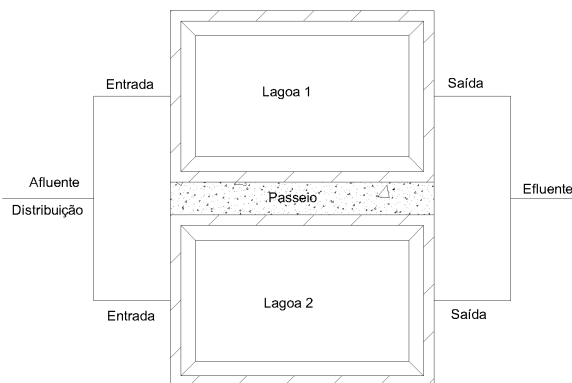


Figura 8: Representação Esquemática da Lagoa Facultativa.

Os mecanismos de remoção da DBO são similares aos de uma lagoa facultativa sem aeração. No entanto, o oxigênio é fornecido também por aeradores mecânicos, o que reduz a área de implantação deste sistema. Para o exemplo que estamos trabalhando, apresentou eficiência de remoção de 85,4%, atendendo o estipulado para as lagoas de estabilização.

Dimensionamento	Total
Vazão dia	825 m ³ /dia
Vazão hora	34,375 m ³ /h
DBO efluente	75,32 mg/L
Temperatura	21° C
Tempo de retenção	8 dias
Profundidade	3 m
Volume requerido	6600 m ³
Estimativa do DBO solúvel no efluente	96,65 mg/L
DBO particulada	40 mgDBO ₅ /L
Estimativa de concentração de DBO no efluente	136,65 mg/L
Eficiência de remoção	85,4%
Requisitos de oxigênio	27,53 kg _{O₂} /h
Requisitos de energia	11,2 kg(o ₂ /kwh)
Potência requerida	30,765 CV
Aeradores	6 aeradores de 5 CV
Área requerida	0,22 ha
Dimensões da lagoa	L= 110 m
2 lagoas em paralelo	B = 55 m
Densidade de potência	11,33 W/ m ³

Tabela 7: Dimensionamento de lagoa facultativa aerada. Fonte: Autores, 2023.

Na lagoa facultativa aerada (Figura 9), a matéria orgânica contida nos despejos é estabilizada, parte transformando-se em matéria mais estável na forma de células de algas e parte transformando-se em produtos inorgânicos finais que saem com o efluente (MENDONÇA, 2000).

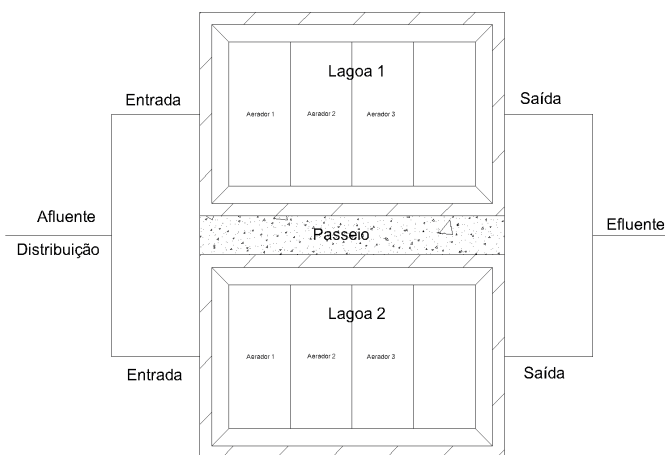


Figura 9: Representação Esquemática da Lagoa Facultativa Aerada.

Na Lagoa Aerada de Mistura completa (Figura 9), a energia introduzida por unidade de volume da lagoa é maior que no modelo anterior, o que faz com que os sólidos (principalmente a biomassa) permaneçam dispersos/suspensos no meio líquido. A decorrente maior concentração de bactérias no meio líquido aumenta a eficiência do sistema na remoção de DBO, o que permite que a lagoa tenha um volume inferior ao dos modelos anteriormente descritos.

Nesse estudo obtivemos uma eficiência de remoção de DBO igual a 94%, valor maior do que o encontrado para a lagoa facultativa aerada que atingiu apenas 85,4% da taxa de remoção da DBO. Observou-se também, diferença na redução do volume requerido pelas lagoas (tabela 8 e 9).

Dimensionamento	Total
Vazão dia	825 m ³ /dia
Vazão hora	34,375 m ³ /h
DBO efluente	75,32 mg/L
Temperatura	21° C
Tempo de retenção	3 dias
Profundidade	2,5 m
Volume requerido	2475 m ³
Concentração de biomassa	17,68 mg/L
Estimativa do DBO solúvel no efluente	52,94 mg/L
DBO particulada	10.608 mg/L
Estimativa de concentração de DBO no efluente	63.55 mg/L
Eficiência de remoção	94%
Requisitos de oxigênio	42,31 kg _{02/h}
Requisitos de energia	1,2 kg _{02/kwh}
Potência requerida	48 CV
Aeradores	4 aeradores de 12 CV
Área requerida	0,099 ha
Dimensões da lagoa	H = 3 m; L= 33 m e B=25 m
Densidade de potência	35,61 W/ m ³

Tabela 8: Dimensionamento de aerada de mistura completa. Fonte: Autores, 2023.

A lagoa de decantação, funciona como uma extensão da lagoa aerada de mistura completa, recebendo afluentes com elevados teores de sólidos para sua sedimentação.

O acúmulo de lodo nas lagoas de decantação é baixo e sua remoção geralmente é feita com intervalos de 1 a 5 anos. Os requisitos energéticos são maiores que os exigidos por outros sistemas compostos por lagoas (VON SPERLING, 1996)

Dimensionamento	Total
Tempo de retenção com água limpa	2 dias
Profundidade	1,3 m
Área requerida	0,055 ha
Volume requerido	1650 m ³
Número de lagoas	2
Cargas de sólidos afluentes a lagoa por ano	5.323,89 kgSSv/ano 1.774,63 kgSSf/ano
Assumindo uma remoção de 85%	4.525,30 kgSSv/ano 1.508,44kgSSf/ano

Tabela 9: Dimensionamento de decantação. Fonte: Autores, 2023.

A figura 10, apresenta de forma simplificada, a representação de uma lagoa de mistura completa e da lagoa de decantação, apresentando a divisão de acordo com o dimensionamento para número de aeradores (Tabela 10). É comum na literatura, a lagoa de decantação vir como duas lagoas em paralelo, pois assim a limpeza é facilitada e não necessita de parar o sistema operacional da empresa.

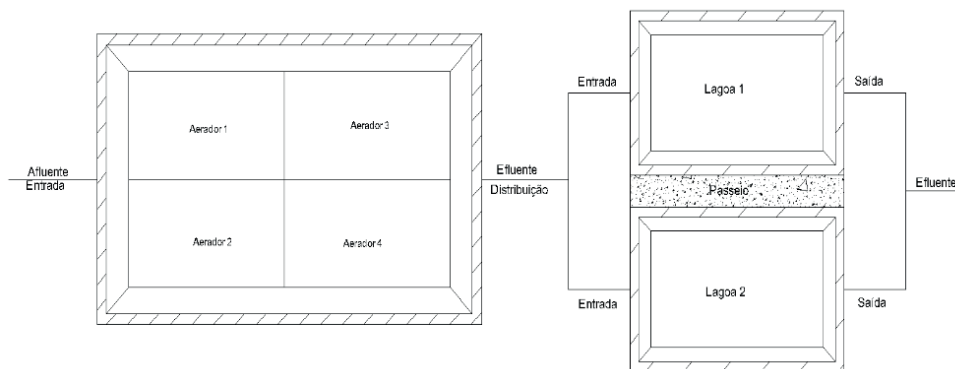


Figura 10: Representação Esquemática da Lagoa de Mistura Completa seguida pela Lagoa de Decantação.

De acordo com JORDÃO & PESSOA (2009), a eficiência de remoção para Nitrogênio Total (NT) deve ser superior a 60%, enquanto para Fósforo Total (PT) deve ser superior a 35%. No contexto deste projeto, foram adotados valores de eficiência, estabelecendo uma remoção de 80% para NT e 60% para PT no tratamento do efluente. Antes da implementação das medidas de remoção, os níveis de NT e PT no efluente eram de 750 mg/l e 50 mg/l, respectivamente. Seguindo a metodologia mencionada anteriormente, foi possível alcançar uma remoção efetiva de 600 mg/l para NT e 30 mg/l para PT.

5 | CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos durante a análise do dimensionamento do projeto de tratamento de água residuária de um abatedouro bovino, podemos inferir que a abordagem sequencial proposta mostrou uma eficácia significativa na remoção de diversos elementos, tais como Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio Total (NT) e Fósforo Total (PT). Entre as três lagoas, recomenda-se a lagoa aerada de mistura completa devido à sua eficiência de remoção de 94% do DBO_5 presente no efluente.

REFERÊNCIAS

CASTRO E SILVA, Priscila. Desempenho de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente como unidade de tratamento para efluente da suinocultura – Lavras: UFLA, 2014.

CHERNICHARO, C. A. de L. Reatores anaeróbios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: **Politécnica**, 2007. 379 p.

DIAS, V. C. C. Tratamento de efluentes e sustentabilidade na indústria alimentícia, com foco nos frigoríficos brasileiros.2022.

EDZWALD, J. K.; HAARHOFF, J. Dissolved Air Flotation For Water Clarification. 1 edition ed. McGraw-Hill Education, 2011.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Qualidade da carne bovina. Disponível em: <https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne/carne-bovina>

JORDÃO, P.E; PESSOA, A.C. Tratamento de esgotos domésticos. 5ª edição,2009.

LECK, L.; EYNG, E. Remoção biológica de nitrogênio em efluentes líquidos: uma revisão. **Revista Eixo**, 2015.

MARGUTI, A. L.; FERREIRA FILHO, S. S.; PIVELI, R. P. Otimização de processos físico-químicos na remoção de fósforo de esgotos sanitários por processos de precipitação química com cloreto férrico. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2008.

METCALF E EDDY, Inc. (1991) Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse. 3ª Edição, McGraw-Hill, Inc., Singapura.

METCALF; EDDY. Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos. 5. ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2016

NUNES, José Alves. Tratamento biológico de águas residuárias. 3 ed. Aracaju, SE: Gráfica Editora J. Andrade, 2012. 277 p.

NUNES, José Alves. Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais. 4.ed. Aracaju, SE: Gráfica Editora J. Andrade, 2004. 298 p.

RUBIO, J.; SOUZA .M. L.; SMITH, R. W. Overview of flotation as a wastewater treatment technique. *Minerals Engineering*, v.15, n.3, p.139-155,2002.

SOUZA, A. C. DE; ORRICO, S. R. M. Consumo de água na indústria de abate de bovinos do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 42, p. 26–36, dez. 2016.

SPERLING, M. Von. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: UFMG, 2006. 243 p.

TONETTI, A. L.; FILHO, B.C.; GUIMARÃES, J.R.; CRUZ, L.M.O.; NAKAMURA, M.S; Avaliação de partida de filtros anaeróbios tendo bambu como material de recheio. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n.1, p. 11-16, 2011.

ZOPPAS, F. M.; BERNARDES, A. M.; MENEGUZZI, A. Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 1, p.29-42, 2016.