

DIAGNÓSTICO E MELHORIAS

E.T.E

01 LAGOA ANAERÓBIA SEGUIDA DE
01 LAGOA FACULTATIVA



S.E.S – SISTEMA DE ESGOTOS SANITÁRIOS

COLINA - SP

SUMÁRIO

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	4
2.0 ASPECTOS GERAIS DO MUNICÍPIO.....	4
2.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	4
2.2 FUNDAÇÃO.....	5
2.3 INSERÇÃO POLÍTICA.....	5
2.4 UGRI – 12 BAIXO PARDO GRANDE.....	6
3.0 CONCEPÇÃO DA E.T.E. – E.T.E.1 – COLINA.....	7
3.1 TRATAMENTO PRELIMINAR.....	7
3.2 LAGOA ANAERÓBIA.....	8
3.3 LAGOA FACULTATIVA.....	8
4.0 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	8
4.1 DESCRIÇÃO DA ETE.....	8
4.2 LOCALIZAÇÃO DA ETE.....	9
4.3 POPULAÇÃO E VAZÕES ATENDIDAS PELA ETE.....	10
5 VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE TRATABILIDADE – DADOS ATUAIS.....	11
5.1 COEFICIENTES, PARÂMETROS E CRITÉRIOS BÁSICOS DE DIMENSIONAMENTO.....	11
5.2 VERIFICAÇÃO DOS PROCESSOS – DADOS ATUAIS.....	12
5.2.1 LAGOA ANAERÓBIA – DADOS ATUAIS.....	13
5.2.1.1 TAXA DE APLICAÇÃO SUPERFICIAL – LAGOA ANAERÓBIA.....	14
5.2.1.2 TAXA DE APLICAÇÃO VOLUMÉTRICA – LAGOA ANAERÓBIA.....	14
5.2.1.3 TEMPO DE DETENÇÃO HIDRÁULICA – TDH – LAGOA ANAERÓBIA.....	15
5.2.1.4 PRODUÇÃO DE LODO E ACUMULAÇÃO – LAGOA ANAERÓBIA:.....	15
LAGOA FACULTATIVA – DADOS ATUAIS.....	15
5.2.2.1 TAXA DE APLICAÇÃO SUPERFICIAL – LAGOA FACULTATIVA.....	16
5.2.2.2 TEMPO DE DETENÇÃO HIDRÁULICA - TDH.....	17
5.2.2.3 LAGOAS FACULTATIVAS - CARREGAMENTO ORGÂNICO.....	17
5.2.2.4 COEFICIENTE DE DECAIMENTO DE COLIFORMES – FLUXO DISPERSO.....	19
6.0 AUTODEPURAÇÃO DO CORPO D'ÁGUA RECEPTOR.....	21
6.1 CÁLCULO DAS VAZÕES E ÁREA DE DRENAGEM.....	21
6.1.1 PRECIPITAÇÃO.....	21
6.1.2 VAZÃO MÉDIA PLURIANUAL.....	22
6.1.3 VAZÃO MÍNIMA ANUAL ($Q_{7,10}$).....	22
6.1.4 ÁREA DE DRENAGEM DA BACIA.....	23
6.1.5 CÁLCULO DA VAZÃO MÍNIMA ANUAL ($Q_{7,10}$).....	24
6.1.6 CARACTERÍSTICAS DO CURSO D'ÁGUA.....	24
ONDE:.....	24
6.1.7 VAZÃO DO CURSO D'ÁGUA (Q_R).....	26
6.1.8 VAZÃO DO RIO.....	27
6.1.9 VAZÃO DE ESGOTOS (Q_E).....	27
6.1.10 OXIGÊNIO DISSOLVIDO NO RIO, A MONTANTE DO LANÇAMENTO (OD_R).....	28
6.1.11 OXIGÊNIO DISSOLVIDO NO ESGOTO (OD_E).....	28
6.1.12 DBO ₅ NO RIO, A MONTANTE DO LANÇAMENTO (DBO _R).....	29
6.1.13 DBO ₅ DO ESGOTO (DBO _E).....	29
6.1.14 COEFICIENTE DE DESOXIGENAÇÃO (K_1).....	30
6.1.15 O COEFICIENTE DE REAERAÇÃO (K_2).....	31

6.1.16 TEMPO DE PERCURSO PARA CHEGAR AO RIO PRINCIPAL (RIO PARDO)	32
6.1.17 CONCENTRAÇÃO DE SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO	32
6.2 DADOS DE ENTRADA:	33
6.2.1 CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DA MISTURA (C_0)	33
6.2.2 A DBO ÚLTIMA DA MISTURA É OBTIDA:	34
6.3 CONCENTRAÇÃO DE COLIFORMES FECAIS NA ZONA DE MISTURA	35
7.0 CONCLUSÃO:.....	36
8.0 TRATAMENTO SECUNDÁRIO – USO DE AERADORES.....	38
8.1 ESTIMATIVAS DE CONCENTRAÇÃO DE DBO EFLUENTE DA LAGOA AERADA.....	38
8.1.1 TEMPO DE DETENÇÃO	38
8.1.2 DBO SOLÚVEL EFLUENTE.....	38
8.1.3 DBO PARTICULADA EFLUENTE	38
8.1.4 DBO TOTAL DO EFLUENTE	39
8.1.5 REQUISITOS DE OXIGÊNIO NA LAGOA AERADA.....	39
8.1.6 REQUISITOS DE ENERGIA NA LAGOA AERADA.....	39
8.1.7 REQUISITOS DE ENERGIA NA LAGOA FACULTATIVA AERADA	40
8.1.8 VERIFICAÇÃO DA DENSIDADE DE POTÊNCIA.....	40
8.1.9 ACÚMULO DE LODO	40
9.0 AERADOR CACHOEIRA.....	41
9.1 DISPOSIÇÃO DOS AERADOR CACHOEIRA	41
9.2 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS AERADORES	42
9.2.1 CARACTERÍSTICA DOS AERADORES.....	42
9.2.2 ACIONAMENTO ELÉTRICO	42
9.2.3 MOTOR E ACESSÓRIOS.....	42
9.2.4 FLUTUADORES	43
9.3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO PAINEL.....	43
10.0 BIBLIOGRAFIA.....	45

INTRODUÇÃO

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A população utilizada para o trabalho é aquela constante no Site do IBGE com a população do último censo de 2010 com 17.371 e projeção para 2.021 de 18.601 Habitantes.

Com a definição das populações foram quantificadas as vazões e cargas orgânicas para do sistema de tratamento de esgoto denominado E.T.E. Colina, sendo elaborado o estudo de eficiência para remoção de carga orgânica e de patógenos a eles aplicados e verificação das condições de suporte dos corpos d'água receptores em relação às cargas remanescentes.

O objetivo deste trabalho baseia-se em fazer um diagnóstico da eficiência da ETE atual, e verificar a possibilidade de ampliação da população atendida, tendo em vista a possibilidade de construção de novos loteamentos residenciais e se os parâmetros analisados estão dentro dos padrões aceitáveis pela legislação. Ainda, propor alternativas de melhoria da ETE para atender a esta nova demanda de crescimento urbano.

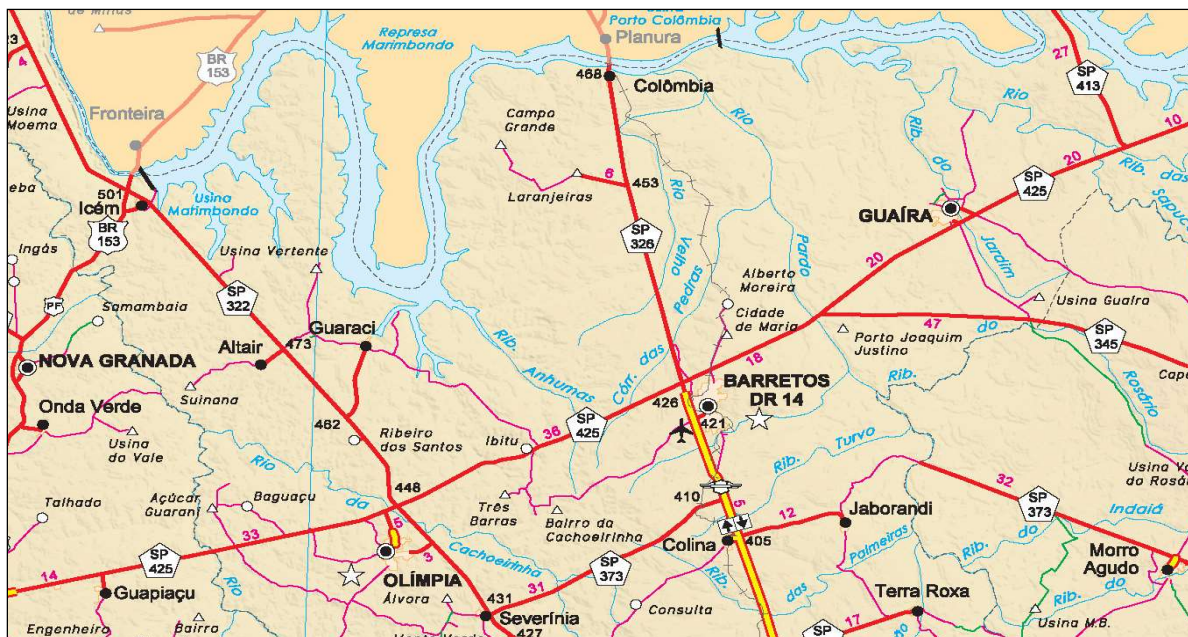
O sistema de tratamento de Colina é constituído de Tratamento Preliminar 01 Lagoa Anaeróbia seguida de 01 Lagoa Facultativa, em série, com lançamento dos efluentes tratados no Córrego do Retiro nas coordenadas GMS Latitude 20°43'25.22"S e Longitude 48°30'24.59"O.

2.0 Aspectos Gerais do Município

2.1 Localização e Acesso

Colina é um município brasileiro do estado de São Paulo. Localiza-se a uma distância de 405 km da capital estadual, São Paulo, e a 685 km da capital federal, Brasília. Vizinho dos municípios de Barretos, Monte Azul Paulista e Terra Roxa, Colina se situa a 18 km a Sul-Leste de Barretos a maior cidade nos arredores.

Colina tem as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 20° 42' 58" Sul, Longitude: 48° 32' 45" Oeste



No segmento turismo Colina é conhecida como a *Capital Nacional do Cavalo*, abrigando um grande centro de pesquisa de equinos chamado de Estação Experimental de Zootecnia, e famosa pela sua tradicional *Festa do Cavalo* que se realiza todos os anos no mês de julho.

2.2 Fundação

O nascimento de Colina deve-se à iniciativa do Coronel José Venâncio Dias, que era o proprietário de terras que deram origem ao município, denominadas Fazenda Colina. A Fazenda Colina era constituída de três partes: Baixada – atual centro da cidade, Baixadinha – que inclui parte do Bairro Cemitério e Cabaças onde está hoje localizado o Polo Regional de Desenvolvimento dos Agronegócios da Alta Mogiana.

No dia 7 de fevereiro de 1917 foi criado o Distrito de Paz de Colina. O município fora criado pela Lei Estadual nº 2096, de 24 de dezembro de 1925, foi instalado no dia 21 de abril de 1926, data esta, considerada de emancipação político-administrativa.

2.3 Inserção Política

Além do Coronel José Venâncio Dias, são também fundadores: Luciano de Mello Nogueira e Antônio Junqueira Franco, porém a estes, deve-se acrescentar os nomes

das demais fazendeiros do município – do Turvo, Onça, Consulta, Retirinho, Cava e etc., que prestigiaram com apoio e confiança, as decisões dos 3 primeiros.

Nos anos anteriores a 1926, a história de Colina foi uma verdadeira luta de desbravamento promovida pelas primeiras famílias que aqui chegaram no final do século XIX, por volta do ano de 1900.

A Companhia Paulista de Estradas de Ferro já havia estendido seus trilhos até Bebedouro e dependia de verba para aquisição do leito ferroviário até Barretos. Foi aí, que entrou em cena o Coronel José Venâncio Dias que foi até Campinas e em reunião com os diretores da Ferrovia, ofereceu, gratuitamente, a faixa de terras necessária ao empreendimento. Diante da oferta, um dos diretores perguntou: O que espera o Coronel ganhar com essa doação? José Venâncio respondeu: “Desejo ouvir o apito de um trem; anúncio sonoro do progresso para toda nossa região”. A terra foi doada e em 1905, José Venâncio Dias, sentado à varanda de sua fazenda, ouvia apitar o primeiro trem com destino à Barretos.

A cidade de Colina se expandiu graças à cultura do café, que aos poucos foi dando lugar à pecuária e lavouras diversas.

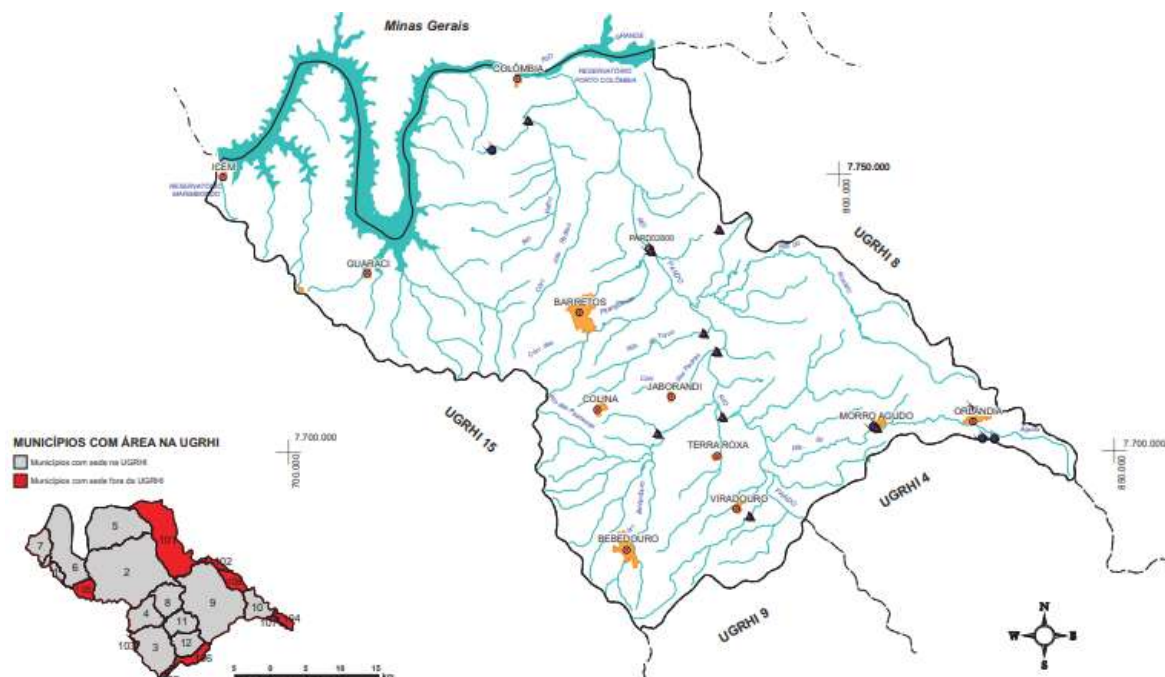
2.4 UGRI – 12 Baixo Pardo Grande

O município de Colina pertence a Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 12 – Baixo Pardo / Grande. O Comitê de Bacia Hidrográfica do Baixo Pardo/ Grande (CBH-BPG) com área: 7.239 km².

A UGRHI 12 – Baixo Pardo/Grande localiza-se ao Norte do Estado de S. Paulo, estendendo-se desde a foz do rio Mogi-Guaçu até o rio Grande, na divisa com o Estado de Minas Gerais. Limita-se, a leste, com a UGRHI 8 – Sapucaí/Grande; a sudeste, com a UGRHI 4 – Pardo; ao sul, com a UGRHI 9 – Mogi-Guaçu; a oeste, com a UGRHI 15 – Turvo/Grande; ao norte, com o Estado de Minas Gerais.

O substrato geológico da região é formado por rochas sedimentares e vulcânicas de idade mesozóica, pertencentes à bacia do Paraná, e por formações cenozóicas, estas representadas por depósitos aluvionares antigos e recentes, além de depósitos continentais indiferenciados, representados por sedimentos elúvio-coluvionares. Os recursos minerais da UGRHI se enquadram na categoria dos

materiais de construção. A área de vegetação nativa da UGRHI é de 14.858 ha, o que equivale a 2,27% de todo o seu território.



Fonte: CBH/BPG

A atividade agrícola tem grande expressão na UGRHI Baixo Pardo/Grande, sua produção está voltada principalmente para a cultura de cana-de-açúcar e laranja. A agropecuária de corte também é significativa. O ramo alimentício é o principal segmento da atividade industrial, com destaque para os frigoríficos, as processadoras de suco de laranja e as usinas de álcool e açúcar.

Os mananciais subterrâneos são responsáveis pelo suprimento de mais da metade das demandas domésticas urbanas, enquanto no uso industrial cabe destaque às demandas das indústrias sucro alcooleiras.

3.0 Concepção da E.T.E. – E.T.E.1 – Colina

3.1 Tratamento Preliminar

É constituído de Gradeamento com grade fina e grade grossa seguido de Caixa de areia com dois canais para melhoria da operação de remoção de material sedimentado. O material removido tanto no gradeamento como na Caixa de areia é destinado com o lixo doméstico da comunidade.

3.2 Lagoa anaeróbia

Elas são dimensionadas para receber cargas orgânicas elevadas, que impedem a existência de oxigênio dissolvido no meio líquido. Sua profundidade geralmente varia de 3,0 m a 4,5 m e o tempo de detenção hidráulico nunca é inferior a 3 dias (KELLNER e PIRES, 1998). De acordo com Sperling (1996), o tempo de detenção hidráulico varia de 3 a 5 dias.

Para estes mesmos pesquisadores, por não haver oxigênio dissolvido em seu meio líquido a matéria orgânica ali presente é digerida anaerobicamente.

Segundo Gloyna (1971) citado por Kellner e Pires (1998), a eficiência da remoção de DBO nas lagoas anaeróbias está intimamente relacionada com a quantidade e a natureza dos sólidos sedimentáveis presentes no esgoto bruto afluente.

3.3 Lagoa facultativa

Em geral, essas unidades apresentam profundidades que variam de 1,20 a 2,50 m e tempos de detenção hidráulicos acima de 15 dias. O termo “facultativa” refere-se à dualidade ambiental característica desse tipo de lagoa: aeróbia na superfície e anaeróbia no fundo.

Durante a maior parte do dia, prevalecem as condições aeróbias na maior parte da coluna líquida, devido principalmente à produção de oxigênio fotossintético e a reaeração superficial. Ao anoitecer, cessada a incidência da luz solar sobre a lagoa, a produção de oxigênio, a partir da fotossíntese, é interrompida. Com isso, passa a prevalecer a condição anaeróbia na maior parte da coluna líquida. Essa região em que ora aparece como aeróbia, ora como anaeróbia, caracteriza e denomina esse tipo de lagoa como facultativa (KELLNER e PIRES, 1998).

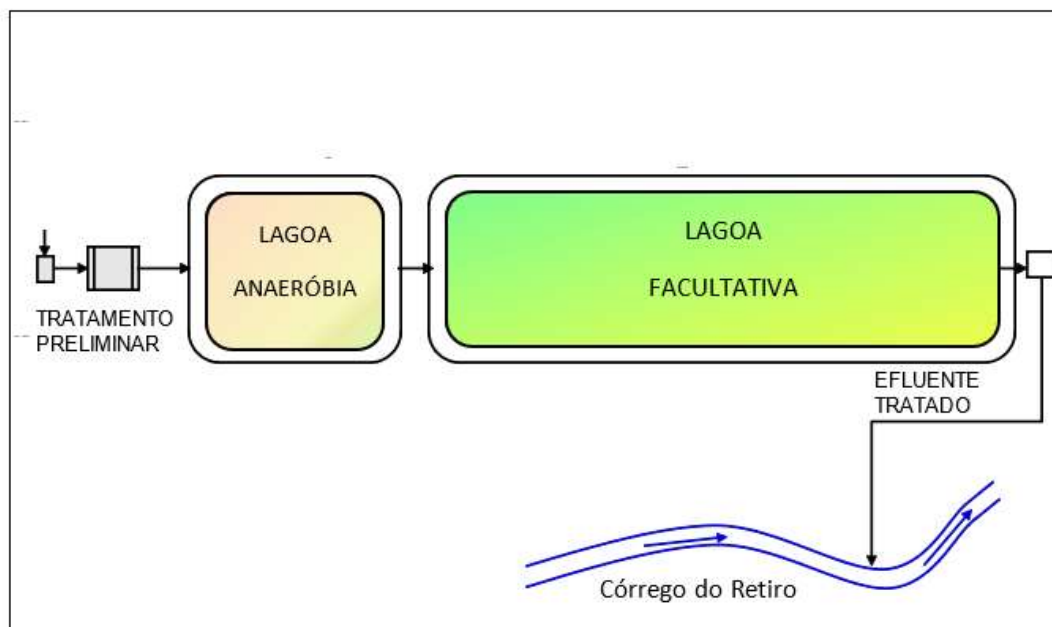
4.0 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

4.1 Descrição da ETE

A ETE de Colina está localizada na zona rural, sendo constituída de tratamento preliminar com gradeamento e caixa de areia seguida de uma lagoa anaeróbia e uma lagoa facultativa, em serie. O tratamento dos esgotos na estação é realizado por processo físico que corresponde ao gradeamento e remoção de areia, e pelo

processo biológico através de Lagoas de Estabilização. O sistema de tratamento biológico é composto por uma lagoa anaeróbia e uma facultativa, em série. O Fluxograma do sistema atualmente é conforme consta na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma do sistema de tratamento existente – Colina



4.2 Localização da ETE

A ETE está localizada na Zona Rural do município de Colina tendo como referência o lado direito da Rodovia Estadual Antônio Bruno sentido Colina a Jaborandi. O lançamento dos efluentes tratado é enviado ao corpo receptor Córrego do Retiro por um emissário de até as coordenadas GMS Latitude 20°43'25.22"S e Longitude 48°30'24.59"O. O Córrego do Retiro conforme Decreto Estadual nº 10755/1977 pertence à Classe 4.



4.3 População e vazões atendidas pela ETE

A ETE Colina é responsável pelo tratamento do esgoto de 17.671 habitantes que corresponde a cerca de 6.996 ligações de esgoto. Devido a sua localização, a população atendida é a residente nos bairros e centro da cidade que corresponde à cerca de 95% do total da comunidade.

Como proposta, está sendo planejada a implantação de novos loteamentos com aproximadamente 1.200 unidades habitacionais e população estimada em mais 4.200 habitantes que deverão encaminhar seus esgotos para o sistema de tratamento existente.

Um dos componentes da vazão total das Bacias é a infiltração de água de lençol freático nas juntas da tubulação e paredes das singularidades. A determinação dessa parcela é um coeficiente que de acordo com a norma NBR-9649/1986 – *Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário* permite a adoção de taxas de infiltração variando de 0,05 a 1,00 L/s.km.

Nesse trabalho, com base na norma NBR-9649/1986, a taxa de infiltração (Ti) será adotada como 0,10 L/s.km que corresponde ao valor de infiltração encontrado em estudos de diversos autores. As informações, dados e resultados de expressões, conforme abaixo, serão utilizados para desenvolver o dimensionamento e avaliação das eficiências da ETE.

As vazões diárias estimadas pela população contribuinte para o sistema atual e a proposta de implantação de novos loteamentos estão apresentadas na Tabela a seguir.

Tabela 1. População e vazões diárias da ETE – Colina

Ano	População	Compr. Rede (km)	Q _{MÉDIA} (m ³ /dia)	Q _{MAX. DIA} (m ³ /dia)	Q _{MAX. HORA} (m ³ /dia)
2022	17.671	30,00	3.087	3.652	5.349
Proposta	21.871	39,00	3.837	4.536	6.636

$$\text{Vazão Máxima Hora} = \frac{\text{Pop} * q * C * K_1 * K_2 + \text{Infiltração}}{86.400}$$

$$\text{Vazão Máxima Dia} = \frac{\text{Pop} * q * C * K_1 + \text{Infiltração}}{86.400}$$

$$\text{Vazão Média} = \frac{\text{Pop} * q * C + \text{Infiltração}}{86.400}$$

$$K_1 = 1,20$$

$$K_2 = 1,50$$

$$Q = 200 \text{ Litros/Habitante} * \text{Dia}$$

$$C = 0,80$$

$$\text{- Taxa de Infiltração} \quad 0,1 \text{ l/s Km} = 0,0001 \text{ l/s m}$$

$$\text{- } Q_i \text{ (Vazão de Infiltração)}$$

$$\text{- Comprimento da Rede 2.022} \quad 30.000 \text{ metros}$$

$$\text{- Comprimento da Rede Projetada} \quad 39.000 \text{ metros}$$

$$\text{- } Q_i \text{ (Vazão de Infiltração) 2.022} \quad 259,20 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$\text{- } Q_i \text{ (Vazão de Infiltração) Projetado} \quad 336,96 \text{ m}^3/\text{dia}$$

5 VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE TRATABILIDADE – DADOS ATUAIS

5.1 Coeficientes, parâmetros e critérios básicos de dimensionamento

Serão adotados os parâmetros, dados e coeficientes preconizados pelas Normas Brasileiras NBR-9648/86, NBR-9649/86, NBR-12.207/89 e NBR-12.209/90 e estudos afins, como a seguir:

Tabela 2. Características físico-químicas típicas dos esgotos domésticos

Parâmetros	Concentração típica	
Sólidos Totais	1100	mg/L
• Suspensos	400	mg/L
- Fixos	80	mg/L
- Voláteis	320	mg/L
• Dissolvidos	700	mg/L
- Fixos	400	mg/L
- Voláteis	300	mg/L
• Sedimentáveis	15	mg/L
Matéria Orgânica		
• Determinação Direta		
- DBO ₅	350	mg/L
- DQO	700	mg/L
- DBO última	500	mg/L
• Determinação Indireta		
- COT	250	mg/L
Nitrogênio Total	50	mgN/L
• Nitrogênio orgânico	20	mgN/L
• Amônia	30	mgNH ₃ /L
• Nitrito	≅0	mgNO ₂ /L
• Nitrato	≅0	mgNO ₃ /L
Fósforo	14	mgP/L
• Fósforo orgânico	4	mgP/L
• Fósforo inorgânico	10	mgP/L
pH	7,0	-
Alcalinidade	140	mgCaCO ₃ /L
Cloretos	35	mg/L
Óleos e Graxas	110	mg/L

Fonte: von Sperling, 1995

Tabela 3. Microrganismos presentes nos esgotos domésticos brutos

Microrganismos	Concentração (org. / 100ml)
Bactérias totais	$10^9 - 10^{10}$
Coliformes totais	$10^6 - 10^9$
Coliformes fecais	$10^5 - 10^8$
Estreptococos fecais	$10^5 - 10^6$
Cistos de protozoários	$< 10^3$
Ovos de helmintos	$< 10^3$
Vírus	$10^2 - 10^4$

Fonte: von Sperling (1995) – adaptada parcialmente de Arceivala (1981).

5.2 Verificação dos processos – dados atuais

O sistema de tratamento ETE foi implantado com o arranjo de (1ANA + 1FAC), em série, e os dados de vazão para o período atual está apresentada na Tabela abaixo.

Tabela 4. Vazões afluentes – Colina

Ano	População	Compr. Rede (km)	Q _{MÉDIA} (m ³ /dia)	Q _{MAX. DIA} (m ³ /dia)	Q _{MAX. HORA} (m ³ /dia)
2022	17.671	30,00	3.087	2.999	4.498
Proposta	21.871	39,00	3.837	3.899	5.849

As cargas e as concentrações orgânicas para o período atual estão calculadas e dispostas na Tabela adiante.

Tabela 5. ETE – Cargas e concentrações orgânicas afluentes – Colina

Ano	População	Contribuição Orgânica (g/hab.dia)	Q _{MÉDIA} (m ³ /dia)	Concentração Orgânica (mg/L)	Carga Orgânica = COT (kg/dia)
2022	17.671	54	3.087	309	954
Proposta	21.871	54	3.837	309	1.181

5.2.1 Lagoa Anaeróbia – dados atuais

O dimensionamento da Lagoa Anaeróbia foi baseado nos parâmetros conforme a seguir e os dimensionais físicos de projeto. Vale lembrar que neste dimensionamento estão sendo utilizados os dados levantados para o período atual:

- **Parâmetros específicos adotados:**

Altura da lâmina d'água (m):	4,0m
Relação L/B (comprimento/largura):	1,0
L _S - taxa de aplicação superficial:	≈2.000 kgDBO _{5,20} /ha.d
L _V - taxa de aplicação volumétrica:	< 100 gDBO _{5,20} /m ³
TDH- tempo de detenção hidráulica:	3 a 5 dias
Talude interno:	2,09H : 1V
Taxa de produção de lodo:	0,04 m ³ /hab .ano
Temperatura média de trabalho:	23 °C
Temperatura média do mês mais frio:	20°C
Altura do espelho d'água até a borda:	0,40m

- **Dimensionais – Lagoa Anaeróbia:**

Para o dimensionamento foram utilizadas as dimensões relativas à meia lâmina líquida:

$$L = 48,00 \text{ m}$$

$$B = 58,00 \text{ m}$$

Quadro 1. ETE – Lagoa Anaeróbia – Dimensionais – Colina

L = Comprimento	Dimensões (Metros)	
B = Largura		
Borda	L	58,00
	B	62,00
Espelho d'água	L	56,30
	B	66,30
Fundo	L	39,60
	B	49,60
Área Média	ha	0,2784
Volume	m ³	11.136

5.2.1.1 Taxa de Aplicação Superficial – Lagoa Anaeróbia

Ls = Taxa de Aplicação Superficial (Kg DBO_{5,20} / ha. d)

Tabela 6. Taxa de Aplicação Superficial – Lagoa Anaeróbia – Colina

Ano	COT (Kg DBO)	Área Média (ha)	Ls (Kg DBO / ha. d)	Verificação
2022	954	0,2784	3.427	(Comprometida)
2042	1.181		4.242	(Comprometida)

Segundo relatam Uehara e Vidal (1989), para taxas de aplicação superficial nas lagoas anaeróbias superiores a 2.000 Kg DBO_{5,20} / ha x dia, a emissão de odor chega a causar incômodos para a o local e circunvizinhança. Hess (1967) já apontava estes problemas e sugeriu taxas entre (400 a 2.000) KgDBO₅/hab. A CETESB recomenda valores até 2000 kg DBO_{5,20} / ha x dia.

5.2.1.2 Taxa de Aplicação Volumétrica – Lagoa Anaeróbia

L_v recomendado deve ser entre 100 g/DBO_{5,20}/m³ e 300 g/DBO_{5,20}/m³

Tabela 7. Taxa de Aplicação Volumétrica – Lagoa Anaeróbia – Colina

Ano	COT (Kg DBO)	Volume Médio (m ³)	L _v (gDBO _{5,20} /m ³)	Verificação
2012	954	11.136	86	Aceitável
2042	1.181		107	Ok

5.2.1.3 Tempo de Detenção Hidráulica – TDH – Lagoa Anaeróbia

Recomenda-se que o TDH para Lagoas Anaeróbias estejam entre 3 e 6 dias.

Tabela 8. Tempo de detenção hidráulica - TDH – Lagoa Anaeróbia – Colina

Ano	Volume Médio (m³)	Qm (m³. d)	TDH (Dias)	Verificação
2022	11.136	3.087	3,60	Ok
2042		3.837	2,90	Aceitável

Tabela 9. ETE – Cargas e concentrações orgânicas afluentes e Efluentes -Colina

Ano	População	Contribuição Orgânica (g/hab.dia)	Q _{MÉDIA} (m³/dia)	Concentração Orgânica (So) (mg/L)	Concentração Orgânica (Se) (mg/L)
2022	17.671	54	3.087	309	155
Proposta	21.871	54	3.837	309	185

OBS: Para o ano de 2022 considerado 50% de redução de C.O. pela lagoa anaeróbia

Para o ano de 2042 considerado 40% de redução de C.O. pela lagoa anaeróbia:

5.2.1.4 Produção de lodo e acumulação – Lagoa Anaeróbia:

População média ao longo do período (2010 a 2020)

Recomendação: $H_{\text{lodo}} < 1/3$ da lâmina líquida

Volume de Lodo = $(17.671 + 21.871) / 2 \cdot 0,04 \cdot (2042 - 2022) = 15.817 \text{ m}^3$

Limpeza do Lodo = $11.136 / 3 / ((17.671 + 21.871) / 2 \times 0,04) = 4,69$ anos

A ETE Colina teve início de operação no ano de 2.015, portanto, deverá ser retirado o lodo existente na Lagoa Anaeróbia.

Lagoa Facultativa – dados atuais

O dimensionamento da Lagoa Facultativa foi baseado nos parâmetros conforme a seguir e os dimensionais físicos de projeto. Vale lembrar que neste dimensionamento estão sendo utilizados os dados levantados para o período atual:

Parâmetros específicos adotados:

Altura da lâmina d'água (m):	2,00m
Relação L/B (comprimento/largura):	2,02
L_s - taxa de aplicação superficial:	280kgDBO _{5,20} /ha.d (20 . T – 120)
TDH _{mínimo} - tempo de detenção hidráulica:	15 dias
Talude interno:	1,52H : 1V
Temperatura média de trabalho:	23 °C
Temperatura média do mês mais frio:	20°C
Altura do espelho d'água até a borda:	1,40m

Dimensionais:

Para o dimensionamento foram utilizadas as dimensões relativas à meia lâmina líquida:

$$L = 114,70 \text{ m} \qquad B = 239,70 \text{ m}$$

Quadro 2.ETE – Lagoa Facultativa – Dimensionais – Colina

L = Comprimento	Dimensões (Metros)	
B = Largura		
Borda	L	247,00
	B	122,00
Espelho d'água	L	242,70
	B	117,70
Fundo	L	236,60
	B	111,60
Área Média	ha	2,74
Volume	M ³	54.987

5.2.2.1 Taxa de Aplicação Superficial – Lagoa Facultativa

Von Sperling (1996) cita taxas de aplicação típicas adotadas em regiões com inverno e insolação moderados na faixa entre 120 a 240 Kg DBO_{5, 20} / ha. D.

Para verificação taxa máxima recomendada neste caso será utilizado a seguinte equação:

L_s = Taxa de Aplicação Superficial (Kg DBO_{5,20} / ha. d) onde:

$L_s = 50 \cdot 1,072^T$ sendo T a média do ar do mês mais frio, assim, para 20°C, temos:

$L_s = 201$ Kg DBO_{5,20} / ha. d

Tabela 10. Taxa de Aplicação Superficial – Lagoa Facultativa – Colina(sede)

Ano	COT (Kg DBO)	Área Média(ha)	Ls(Kg DBO / ha. d)	Verificação
2022	477	2,74	174	OK
Proposto	709		259	(Comprometida)

OBS: Para o ano de 2022 considerado 50% de redução de C.O. pela lagoa anaeróbia

Para o ano de 2042 considerado 40% de redução de C.O. pela lagoa anaeróbia

5.2.2.2 Tempo de Detenção Hidráulica - TDH

Recomenda-se que o TDH para Lagoas Facultativas seja maior que 15 dias.

Tabela 11. Tempo de detenção hidráulica - TDH – Lagoa Facultativa – Colina(sede)

Tempo de Detenção Hidráulica – Lagoa Anaeróbia – TDH				
Ano	Volume	Qm (m³. d)	TDH (Dias)	Verificação
Atual	54.987	3.087	18,00	OK
Proposto		3.837	14,33	Aceitável

5.2.2.3 Lagoas Facultativas - Carregamento orgânico

- Fluxo ou escoamento hidráulico: **Fluxo Disperso**
- Pelas características dimensionais das Lagoas Facultativas o regime ou escoamento hidráulico será considerado como *fluxo disperso* onde a degradação da matéria orgânica pode ser expressa pela equação:

$$Se = S_0 \cdot \{4 \cdot a \cdot e^{1/(2d)} / (1 + a)^2 \cdot e^{a/(2d)} - (1 - a)^2 \cdot e^{-a/(2d)}\}$$

Onde:

Se é a DBO efluente (mg/L);

S₀ é a DBO afluente (mg);

d é o número de dispersão;

$$a = (1 + 4 \cdot K \cdot TDH \cdot d)^{(1/2)},$$

sendo K a constante de redução de primeira ordem da DBO (d⁻¹) e

TDH o tempo de detenção hidráulica (dias).

O valor do número de dispersão (d) pode ser estimado pela equação de "von Sperling (1996)" como:

$$d = 1 / (L/B)$$

L = 242,70 metros comprimento a meia lâmina d'água (m);

B = 117,70 metros largura a meia lâmina d'água em (m).

$$d = 0,48$$

A taxa de remoção da DBO (K) pode ser determinada a partir da aplicação da formulação proposta por Arceivala (1981) citada por von Sperling (1996).

$$K = 0,132 \cdot \log(L_s) - 0,146$$

onde L_s é a taxa de aplicação superficial na Lagoa (kgDBO/ha.d) que deve ser corrigida para Temperatura de trabalho do mês mais frio.

Considerando a temperatura do mês mais frio como sendo 18°C tem-se:

$$K_T = K \cdot 1,035^{(T-20)}$$

Para Início de Plano: L_s = 174 Kg DBO / ha

$$K_T = 0,132 \cdot \log(L_s) - 0,146 \cdot 1,035^{(18-20)} = 0,159$$

Para Final de Plano: L_s = 259 Kg DBO / ha

$$K_T = 0,132 \cdot \log(L_s) - 0,146 \cdot 1,035^{(18-20)} = 0,182$$

Coeficiente de remoção (a):

$$a = \text{Raiz} (1 + 4 \cdot K_T \cdot \text{TDH} \cdot d)$$

Para Início de Plano

$$a = \sqrt{1 + 4 \cdot 0,159 \cdot 18 \cdot 0,48} = 2,548$$

Para Final de Plano

$$a = \sqrt{1 + 4 \cdot 0,182 \cdot 14 \cdot 0,48} = 2,451$$

Assim, o valor de DBO (mg/L) solúvel (Se) efluente corresponde a:

$$Se = S_0 \cdot \{4 \cdot a \cdot e^{1/(2d)} / (1 + a)^2 \cdot e^{a/(2d)} - (1 - a)^2 \cdot e^{-a/(2d)}\}$$

Eficiência

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

Tabela 12. Lagoa Facultativa Carga Orgânica Efluente (Se) – Colina(sede)

Ano	COT (kgDBO.dia)	Área (ha)	Ls (kgdbo/ha.dia)	Kt (d- 1)	So (mg/l)	Se (mg/l)	Eficiência (%)
2.022	378	2,74	137	0,159	155	25	83,87
2.042	590	2,74	215	0,189	185	34	81,62

5.2.2.4 Coeficiente de Decaimento de Coliformes – Fluxo Disperso

Será utilizada para redução de organismos indicadores de patogenicidade (Coliformes Fecais) a expressão do regime de *Fluxo Disperso* que é utilizado para qualquer valor de L/B:

$$Ne = N_0 \cdot \{4 \cdot a \cdot e^{1/(2d)} / (1 + a)^2 \cdot e^{a/(2d)} - (1 - a)^2 \cdot e^{-a/(2d)}\}$$

onde Ne é o número de CF efluente (NMP/100mL); N_0 é o número de CF afluente (NMP/100mL); os demais termos análogos ao da remoção de DBO com seus novos valores.

A taxa de remoção de CF (K) pode ser determinada a partir da aplicação da formulação proposta por von Sperling (1996).

Onde:

$$K = 0,917 \cdot H^{-0,877} \cdot TDH^{-0,329} \quad \text{para } T = 20^{\circ}\text{C}$$

onde H é a profundidade da Lagoa e TDH é tempo de detenção hidráulica (dia) que deve ser corrigida para Temperatura de trabalho do mês mais frio.

Considerando a temperatura do mês mais frio como sendo 18°C tem-se:

$$K_T = K \cdot 1,07^{(T-20)}$$

$$K_T = 0,917 \cdot H^{-0,877} \cdot TDH^{-0,329} \cdot 1,07^{(18-20)}$$

Coeficiente de remoção (a):

$$a = \text{Raiz} (1 + 4 \cdot K_T \cdot TDH \cdot d)$$

$$d = 1 / (L/B)$$

L = 242,70 metros comprimento a meia lâmina d'água (m);

B = 117,70 metros largura a meia lâmina d'água em (m).

$$d = 0,48$$

Assim, o número de CF (NMP/100mL) (Ne) efluente corresponde a:

$$Ne = N_0 \cdot \{4 \cdot a \cdot e^{1/(2d)} / (1 + a)^2 \cdot e^{a/(2d)} - (1 - a)^2 \cdot e^{-a/(2d)}\}$$

Importante salientar que a concentração de coliformes fecais (CF) per capita é de CF = 4 X 10¹⁰ (Von Sperling), portanto temos:

Concentração de coliformes fecais no Início de Plano

$$\text{Carga} = \text{Pop} \cdot \text{CF} = 17.671 \cdot 4 \cdot 10^{10}$$

$$\text{Carga} = 5,60 \cdot 10^{14} \text{ CF/dia}$$

$$\text{Concentração} = \text{Carga} / \text{Vazão}$$

$$\text{Concentração} = \frac{5,60 \cdot 10^{14}}{2.499} = 2,24 \cdot 10^{11} \text{ CF/m}^3$$

Assim, como o número de CF é expresso em (NMP/100mL), fazendo a transformação temos:

$$\text{Concentração} = 2,24 \cdot 10^7 \text{ CF/100mg}$$

Concentração de coliformes fecais no Final de Plano

$$\text{Carga} = \text{Pop} * \text{CF} = 21.871 \times 4 \times 10^{10}$$

$$\text{Carga} = 7,28 \times 10^{14} \text{ CF/dia}$$

$$\text{Concentração} = \text{Carga} / \text{Vazão}$$

$$\text{Concentração} = \frac{7,28 \times 10^{14}}{3.249} = 2,24 \times 10^{11} \text{ CF/m}^3$$

Assim, como o número de CF é expresso em (NMP/100mL), fazendo a transformação temos:

$$\text{Concentração} = 2,24 \times 10^7 \text{ CF/100mg}$$

Tabela 13. ETE – Lagoa Facultativa – Eficiência de remoção de CF (%) – Colina

Ano	H (metros)	TDH (Dias)	d	a	K _T (d ⁻¹)	N ₀ (mg/l)	N _e (mg/l)	Eficiência (%)
2.022	2,00	18	0,48	2,612	0,168	2,24 x 10 ⁷	3,58 x 10 ⁶	84,00 %
2.042	2,00	14	0,48	2,433	0,183	2,24 x 10 ⁷	4,42 x 10 ⁶	80,27 %

Conforme pode ser observado a eficiência da remoção de coliformes fecais (CF) presente na lagoa anaeróbica é bem significativa, embora ainda não atenda os parâmetros exigidos para lançamento em Rios Classe 4.

No estudo de autodepuração do Córrego do Retiro será apresentado o teor de CF no ponto de lançamento do efluente da E.T.E 1.

6.0 Autodepuração do corpo d'água receptor

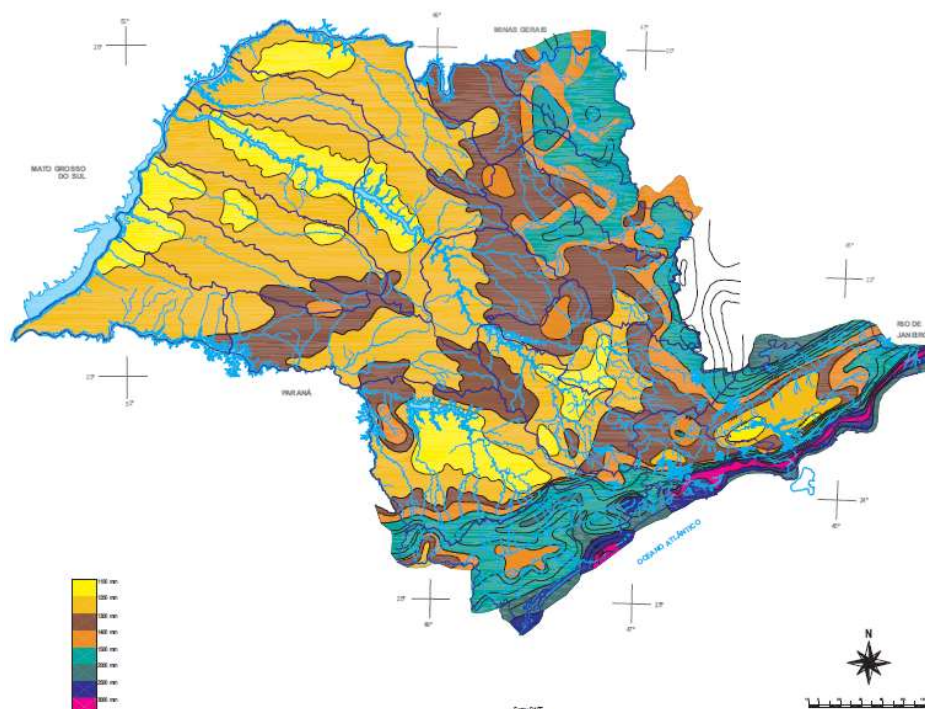
O corpo receptor denominado Córrego do Retiro pertence à Classe 4, conforme Decreto Estadual 10.755/1997.

As vazões de referência foram calculadas pela metodologia desenvolvida pelo DAEE que permite a avaliação da disponibilidade hídrica de qualquer curso de água do território Paulista.

6.1 Cálculo das Vazões e área de drenagem

6.1.1 Precipitação

A precipitação média no local do estudo é de 1300 mm / ano (mapa de isoietas médias no estado de São Paulo).



6.1.2 Vazão Média Plurianual

Cálculo da vazão média plurianual (Q): aplicando-se os valores de a e b, conforme tabela, válidos para a região N / Y, tem-se:

$$Q = a + b * P$$

Valores dos parâmetros a e b da tabela, referente à região N

$$a = - 26,23$$

$$b = 0,0278$$

$$Q = - 26,23 + 0,0278 * 1300 = 9,91 \text{ L/s.km}$$

6.1.3 Vazão Mínima anual ($Q_{7,10}$)

De acordo estudos de regionalização hidrológica do estado de São Paulo – revista Águas e Energia Elétrica n. ° 14 – DAEE/1.988 as estimativas de disponibilidade hídrica para o local que está sendo proposto para o lançamento, segundo metodologia considerada para determinação de vazões, especifica – se:

- Regiões hidrologicamente semelhantes: N e Y
- P_M = precipitação pluviométrica média anual = 1.300 mm
- a = parâmetros da reta de regressão: a=-26,23;
- b= Parâmetro da reta de regressão: b= 0,0278
- C = coeficiente de escoamento superficial = 0,8

- $X_{10} = 0,689$ (para 10 anos)
- $A = 0,4119$ (parâmetro)
- $B = 0,0295$ (parâmetro)
- Q = Vazão média de longo período
- Q_{7-10} = vazão mínima de retorno a cada 10 anos, em 7 dias consecutivos.

6.1.4 Área de Drenagem da Bacia

A área da bacia de drenagem pertence ao Córrego do Retiro, que por sua vez é integrante da Bacia Hidrográfica do Baixo Pardo / Grande (UGRHI-12).

A proposta para o dimensionamento da área de drenagem é para o ponto de lançamento, localizado nas Coordenadas em Graus, Minutos e Segundos, com a latitude $20^{\circ}43'25.22''S$ e longitude $48^{\circ}30'24.59''O$

Área de contribuição = 18,30 Km²



6.1.5 Cálculo da Vazão Mínima anual ($Q_{7,10}$)

$$Q_m = (a + b \cdot P_m) A_d$$

$$Q_m = (-26,23 + 0,0278 \times 1.300) \times 18,30$$

$$Q_m = 181,35 \text{ l/s}$$

$$Q_m = 652,87 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{7,10} = Q_m \cdot C \cdot X_{10} (A+B)$$

$$Q_{7,10} = 181,35 \times 0,8 \times 0,689 (0,4119 + 0,0295).$$

$$Q_{7,10} = 44,10 \text{ l/s.}$$

$$Q_{\text{rio específica}} = \frac{44,10}{18,30} = 2,41 \text{ l/s.km}^2$$

- Área de drenagem a montante do lançamento: 18,30 Km²
- Descarga específica do curso d'água = 2,41 l/s Km²

6.1.6 Características do curso d'água

- Classe do corpo d'água classe 4.
- Altitude: 535 m
- Temperatura água: 22° C
- Profundidade média: = 0,60 m (mês mais seco)
- Velocidade média: a velocidade do curso d'água será determinada pela equação de Manning, aplicável ao escoamento de condutos livres.
-

Determinação da velocidade do curso d'água utilizando a equação de Manning

$$V = \frac{1}{N} * R H^{\frac{2}{3}} * \sqrt{i}$$

Onde:

V= Velocidade do escoamento (m/s)

N= Coeficiente de rugosidade

R_H = Raio hidráulico (área molhada/perímetro molhado) (m)

i = Declividade da linha de energia (m/m)

Para a obtenção dos valores a serem usados na fórmula, algumas considerações devem ser observadas, vejamos:

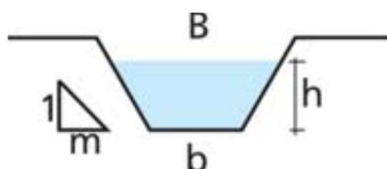
Coefficiente de rugosidade: de acordo com o livro Hidráulica de Canais, Travessia e Barramento – DAEE – Capítulo 2, temos para terrenos revestidos em terra $n = 0,035$

Tabela 3. Coeficiente de Rugosidade de Manning (n).

REVESTIMENTO	n
Terra	0,035
Rachão	0,035
Gabião	0,028
Pedra argamassada	0,025
Aço corrugado	0,024
Concreto ⁶	0,018

Valores sugeridos pelo DAEE.

Raio Hidráulico: A seção do Córrego do Retiro no ponto de lançamento do efluente tratado tem as características trapezoidal:



Sendo encontrada as seguintes dimensões:

$b = 4,00$ metros;

$B = 7,00$ metros;

$m = 1,50$ metros;

$h = 2,00$ metros.

Portanto temos:

$$Rh = \frac{(b + m * h) * h}{(b + 2 * h) * \sqrt{1 + m^2}} =$$

$$Rh = \frac{(4,00 + 1,50 * 2,00) * 2,00}{(4,00 + 2 * 2,00) * \sqrt{1 + 1,50^2}} = 0,71 \text{ m}$$

Declividade: A declividade constatada é de 0,003 m/m.

Portanto temos:

$$V = \frac{1}{0,035} * 0,71^{\frac{2}{3}} * \sqrt{0,003} = 1,25 \text{ m/s}$$

6.1.7 Vazão do curso d'água (Q_r)

A *vazão mínima* é utilizada para o planejamento da bacia hidrográfica, para a avaliação do cumprimento aos padrões ambientais do corpo receptor e para a alocação de cargas poluidoras. Assim, a determinação das eficiências requeridas para os tratamentos dos diversos lançamentos deve ser determinada nas condições críticas. Estas condições críticas no corpo receptor ocorrem exatamente no período de vazão mínima, em que a capacidade de diluição é menor.

A vazão crítica deve ser calculada a partir de dados fluviométricos históricos do curso d'água. Foge ao escopo do presente texto a análise dos métodos para a estimativa das vazões mínimas, tema bem detalhado em livros de hidrologia. Usualmente adota-se uma vazão mínima com um *tempo de recorrência de 10 anos* e *período de mínima de 7 dias* (Q_{7,10}). Tal pode ser entendida como o valor que pode se repetir, probabilisticamente, a cada 10 anos, compreendendo a menor média obtida em 7 dias consecutivos. Assim, em cada ano da série histórica, procede-se à análise das 365 médias diárias de vazão. Seleciona-se, em cada ano, o período de 7 dias consecutivos que resultou na menor média de vazão (média de 7 valores). Com os valores da menor média de 7 dias de cada ano procede-se a uma análise estatística, que permite interpolar ou extrapolar o valor para o tempo de recorrência de 10 anos.

Uma outra abordagem que pode ser adotada é a da utilização do conceito de *descarga específica* (l/s.km²). Existem valores tabulados para grande parte do território nacional, função de estudos hidrológicos realizados por diversos órgãos.

Desta forma, conhecida a área de drenagem no ponto de lançamento, e adotando-se um valor da descarga específica, o produto de ambos conduz à vazão do curso d'água. Os valores da descarga específica variam grandemente de região para região, em função do clima, topografia, solo etc.

No presente trabalho, utilizar os dados de $Q_{7, 10}$, expressos em l/s. Km², calculados para o item de abastecimento d'água. A área de drenagem no córrego do Retiro, imediatamente a jusante da confluência com o lançamento do efluente da ETE, deve ser obtida pelo grupo.

6.1.8 Vazão do Rio

- Descarga específica: $Q_{respe} = 2,41 \text{ L/S Km}^2$
- Área da bacia drenagem: $A = 18,30 \text{ Km}^2$
- $Q_{rio} = 2,41 \times 18,30 = 44,10 \text{ l/s} = 0,04410 \text{ m}^3/\text{s}$

6.1.9 Vazão de esgotos (Q_e)

A vazão de esgotos considerada em estudos de autodepuração é usualmente a vazão *média*, sem coeficientes para a hora e o dia de menor consumo. A vazão de esgotos é obtida através dos procedimentos convencionais, utilizando-se dados de população, contribuição per capita, infiltração, contribuição específica (no caso dos despejos industriais).

No presente trabalho, a vazão de esgoto foi calculada em função do estudo de Final de Plano, ou seja 3.249 m³/dia

$$Q_{\text{esgoto}} = 3.837 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$Q_{\text{esgoto}} = 3.837 / 24 = 159,87 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$Q_{\text{esgoto}} = 3.837 \times 1000,00 / 86.400,00 = 44,41 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{esgoto}} = 0,0444 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vazão do Esgoto

$$Q_e = 37,60 \text{ l/s} \Rightarrow 0,04 \text{ m}^3/\text{s}$$

6.1.10 Oxigênio dissolvido no rio, a montante do lançamento (OD_r)

O teor de oxigênio dissolvido em um curso d'água, a montante do lançamento dos despejos, é um produto das atividades na bacia hidrográfica a montante.

Como não foi possível coletar amostras de água neste ponto, foi estimado a concentração de OD em função do grau de poluição aproximado do curso d'água. No ponto proposto para o lançamento ocorre *poucos indícios de poluição*, OD_r pode ser adotado, por segurança, como 80 a 90% do valor de saturação de oxigênio

Oxigênio dissolvido no Rio (OD_r) (90% do valor saturação) concentração saturação para (22° C, 535 m altitude) Tabela 3.10 do livro " Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias" volume (1) Marcos Von Sperling;

Temperatura 22° C

Altitude 535 m p/ 500m – Cs = 8,3

 p/ 1000m – Cs = 7,9

 p/ 535m - Cs = 8,33

O D_{rio} = 0,90 x 8,33 = 7,50 mg/L

6.1.11 Oxigênio dissolvido no esgoto (OD_e)

Nos esgotos, os teores de oxigênio dissolvido são normalmente nulos ou próximos a zero. Isto se deve à grande quantidade de matéria orgânica presente, implicando em um elevado consumo de oxigênio pelos microrganismos decompositores. Assim, adota-se usualmente, nos cálculos de autodepuração, o OD do esgoto bruto como *zero*.

Como no caso apresentado o esgoto é tratado, a seguinte consideração pode ser efetuada:

- *Lagoas facultativas*. Efluentes de lagoas facultativas podem apresentar teores médios de OD elevados, em torno de 5 a 6 mg/l., face à produção de oxigênio puro pelas algas.

$OD_e = 5,0 \text{ mg/L}$ (Por se tratar de lagoa facultativa) conforme o livro "Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias" volume (1) Marcos Von Sperling

6.1.12 DBO₅ no rio, a montante do lançamento (DBO_r)

A DBO₅ no rio, a montante do lançamento, é função dos despejos lançados ao longo do percurso até o ponto em questão. São aqui também válidas as considerações sobre campanhas de amostragem e a inclusão dos focos poluidores de montante.

. Valores de DBO₅ em função das características do curso d'água

Condição do rio	DBO ₅ do rio (mg/l)
Bastante limpo	1
Limpo	2
Razoavelmente limpo	3
Duvidoso	5
Ruim	>10

DBO_{rio} – Demanda Bioquímica Oxigênio no Rio

P/ Rio Limpo tem-se:

$DBO_{rio} = 2,00 \text{ mg/L}$ (conforme o livro "Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias" volume (1) Marcos Von Sperling)

6.1.13 DBO₅ do esgoto (DBO_e)

A concentração da DBO₅ dos esgotos domésticos brutos tem um valor médio da ordem de 250-400 mg/l ($\text{mg/l} = \text{g/m}^3$). Pode-se estimar também a DBO dos esgotos domésticos através da divisão entre a carga de DBO (kgDBO/d) e a vazão de esgotos (m^3/d). A carga de DBO é estimada pelo produto da população (hab) com a carga per capita de DBO (da ordem de 0,045 a 0,060 $\text{kgDBO}_5/\text{hab.d}$, usualmente adotada como 0,054 $\text{gDBO}_5/\text{hab.d}$).

Tais valores podem ser obtidos por meio de amostragem ou através de dados de literatura, no presente caso será considerado a DBO de entrada no sistema de 302,00 mg/litro no final de plano.

$$DBO_{efl} = \left(1 - \frac{E}{100}\right) \cdot DBO_e$$

Onde:

DBO_{efl} = DBO₅ do esgoto efluente do tratamento (mg/l)

DBO_e = DBO₅ do esgoto afluente (mg/l)

E = eficiência do tratamento na remoção da DBO₅ (81,62%)

Demanda bioquímica de oxigênio no esgoto (DBO_e =185,00mg/l)

DBO_{esgoto} = 185,00 mg/L

$DBO_{efluente\ esgoto}$ = 34,00 mg/L

6.1.14 Coeficiente de desoxigenação (K_1)

Valores típicos de K_1 em condições de laboratório e de K_d em condições decampo (base e, 20°C)

Origem	K_1 (laboratório) (dia ⁻¹)	K_d (rio)	
		Rios rasos	Rios profundos
Esgoto bruto concentrado	0,35 – 0,45	0,50 – 1,00	0,35 – 0,50
Esgoto bruto de baixa concentração	0,30 – 0,40	0,40 – 0,80	0,30 – 0,45
Efluente primário	0,30 – 0,40	0,40 – 0,80	0,30 – 0,45
Efluente secundário	0,12 – 0,24	0,12 – 0,24	0,12 – 0,24
Corpo de água com águas limpas	0,08 – 0,20	0,08 – 0,20	0,08 – 0,20

Fonte: von Sperling, 2005

Na impossibilidade de se efetuar medição local, foi adotado conforme literatura, "Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias" volume (1) Marcos Von Sperling, quadro 3.2 valores típicos de K_1 (base e, 20° C), efluente secundário.

Por se tratar de efluente secundário, adotaremos a média dos parâmetros apresentados na tabela acima.

$$K_1 = 0,18 \text{ d}^{-1} (20^\circ)$$

Correção de K_1 p/temperatura de 22° C

$$K_{1T} = K_{120} \cdot \theta^{(T-20)}$$

O valor de θ usualmente utilizado para os valores de K_1 e K_d é de 1,047 (EPA 1987)

$$K_1 = 0,18 \cdot 1.047^2 = 0,197 \text{ d}^{-1}$$

6.1.15 O coeficiente de Reaeração (K_2)

O segundo importante fenômeno integrante no balanço de oxigênio em um corpo d'água é a reaeração atmosférica, que representa a troca de gases entre o meio líquido e a atmosfera.

O K_2 é o coeficiente relacionado à taxa de reaeração atmosférica que representa a difusão de oxigênio atmosférico do ar para o líquido. K_2 depende da mistura e da turbulência responsáveis pelo gradiente de velocidade, da temperatura, da mistura pelo vento, da existência de quedas d'água e de barragens (Thomann e Mueller, 1987).

Conforme as características do Córrego do Retiro no ponto de lançamento, onde pode ser observada que a profundidade é de 0,60 metros e a velocidade no local conforme já mencionada é menor que 1,50 m/s. Nos cálculos apresentados acima a velocidade do Córrego no ponto de lançamento é de 1,25 m/s, portanto, podemos adotar conforme Tabela 3.4. "Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias" volume (1) Marcos Von Sperling – 2005 a Formula de Owens et al (apud Branco, 1976)

Tabela 3.4 – Valores médios de K_2 , segundo modelos baseados em dados hidrológicos do corpo d'água

Autor	Fórmula	Faixa de Aplicação aproximada
Owens <i>et al</i> (apud Branco, 1976)	$5,3 \cdot V^{0,67} H^{-1,85}$	$0,1 \text{ m} \leq H < 0,6 \text{ m}$ $0,05 \text{ m/s} \leq V < 1,5 \text{ m/s}$

onde:

V = velocidade do corpo d'água (m/s);

H = altura da lâmina d'água m).

V = 1,25 m/s e H = 0,60 metros

Fórmula de Owens

$$K_2 = 5,30 * (V)^{0,67} * (H)^{-1,85}$$

$$K_2 = 5,30 * (1,25)^{0,67} * (0,60)^{-1,85} = 15,83 d^{-1}$$

Correção para a temperatura de 22° C

A representação do efeito da temperatura no coeficiente K_2 pode ser expressa conforme:

$$K_{2T} = K_{2,20} \cdot \theta^{(T-20)}$$

sendo:

K_{2T} = K_2 a uma temperatura T qualquer (d^{-1});

$K_{2,20}$ = K_2 a uma temperatura T = 20°C (d^{-1});

T = temperatura do meio líquido (°C);

θ = coeficiente de temperatura (-).

Segundo von Sperling (2005) um valor muito utilizado para o coeficiente de temperatura θ é 1,024.

$$K_2 = K_{2\theta} * \theta^{(T-20)} = 15,83 * 1,024^2 = 16,60 d^{-1}$$

6.1.16 Tempo de percurso para chegar ao rio principal (Rio Pardo)

Velocidade do curso d'água – v = 1,25 m/s

Distância de percurso para o rio principal d = 20 Km = 20.000m

$$T = \frac{d}{v * 86.400} = \frac{20.000}{1,25 * 86.400} = 0,18 d$$

6.1.17 Concentração de saturação de oxigênio

Temperatura d'água T = 22°C

Altitude = 535 m

p/ 500m – Cs = 8,3

CS = 8,33 mg/L

p/ 1000m – Cs = 7,9

p/ 535m - Cs = 8,33

Oxigênio dissolvido mínimo permissível

OD_{mn} = 5,00 mg/L

6.2 Dados de Entrada:

A seguir apresentamos croqui esquemático dos dados de entrada no corpo receptor no ponto de lançamento proposto.

Q_e = 0,0444 m³/s

OD_e = 5,00 mg/L

DBO_e = 34,00 mg/L

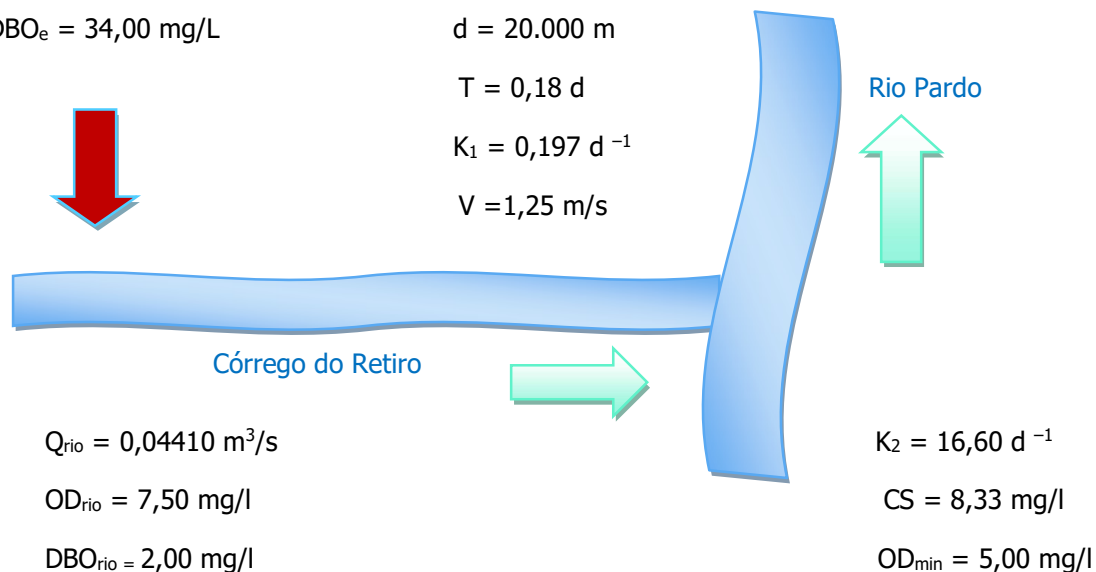
H = 0,60m

d = 20.000 m

T = 0,18 d

K₁ = 0,197 d⁻¹

V = 1,25 m/s



6.2.1 Concentração de oxigênio da mistura (C_o)

$$C_o = \frac{Q_{rio} * OD_{rio} + Q_e * OD_e}{Q_r + Q_e} = \frac{0,04410 * 7,50 + 0,0440 * 5,00}{0,04410 + 0,0440} = 6,25 \text{ mg/l}$$

O déficit de oxigênio é

$$D_o = C_s - C_o = 8,33 - 6,25 = 2,08 \text{ mg/l}$$

Concentração de DBO última da mistura (L_0)

$$KT = \frac{DBO_u}{DBO_s} = \frac{1}{1 - e^{-5K_1}} = \frac{1}{1 - e^{-5 \times 0,20}} = 1,58$$

A DBO_5 da mistura é obtida através:

$$DBO_5 = \frac{Q_r * DBO_r + Q_e * DBO_e}{Q_r + Q_e}$$

$$DBO_5 = \frac{0,04410 * 2,00 + 0,0444 * 34,00}{0,04410 + 0,0444} = 18,05 \text{ mg/l}$$

6.2.2 A DBO última da mistura é obtida:

$$L_0 = DBO_5 * K_t = 18,05 * 1,58 = 28,52 \text{ mg/l}$$

f) Perfil de Oxigênio dissolvido ao longo do tempo e da distância

$$C_t = C_s - \frac{(K_1 * L_0)}{K_2 - K_1} * (e^{-K_1 * t} - e^{-K_2 * t}) + (C_s - C_0) * e^{-K_2 * t}$$

$$C_s = 8,33 \text{ mg/l}$$

$$K_1 = 0,197 \text{ d}^{-1}$$

$$K_2 = 16,60 \text{ d}^{-1}$$

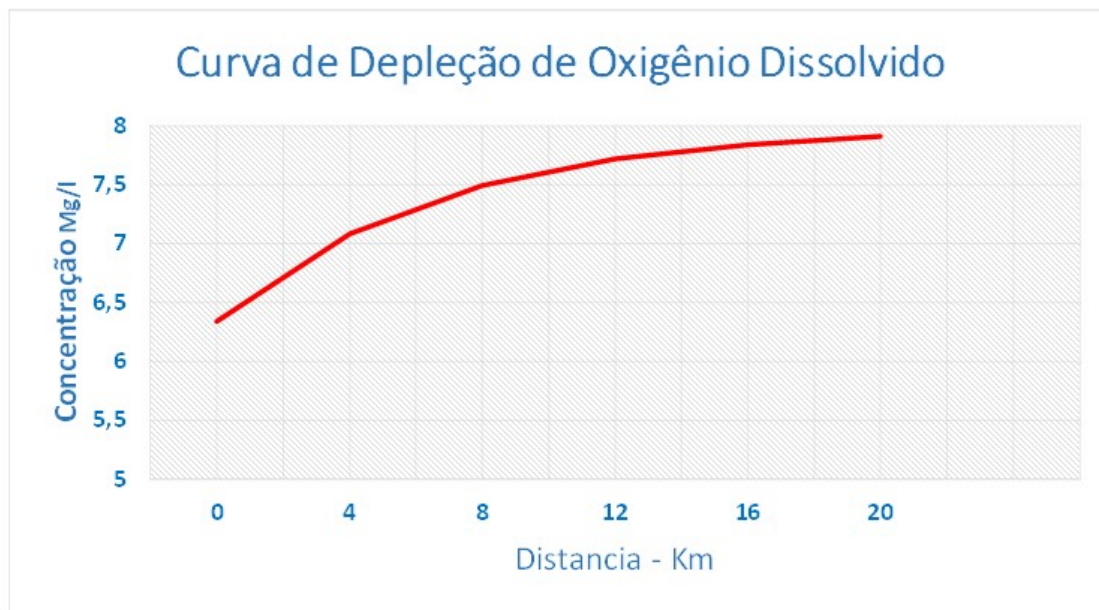
$$C_0 = 6,34 \text{ mg/l}$$

$$e = 2,718$$

$$L_0 = 28,52 \text{ mg/l}$$

Para diversos valores de t , tem-se:

D (km)	T (d)	C_t mg/l
0,0	0,0	6,34
4,0	0,036	7,08
8,0	0,072	7,49
12,0	0,108	7,72
16,0	0,144	7,84
20,0	0,180	7,91



6.3 Concentração de Coliformes Fecais na zona de mistura

Concentração máxima permitida na mistura será apresentada com aos parâmetros de final de plano:

$$Nm = (Q_{7,10} \times DBO_{RIO} + Q_{ESGOTO\ EFL} \times Ne) / (Q_{7,10} + Q_{ESGOTO\ EFL})$$

Onde:

Vazão de referência; $Q_{7,10} = 0,04410 \text{ m}^3/\text{s}$;

$DBO_{RIO} = 2,00$ – conforme já apresentado – Rio Limpo;

Vazão efluente de esgoto: $Q_e = 0,03760 \text{ m}^3/\text{s}$;

Concentração de CF no efluente do sistema: $Ne = 4,42 \times 10^6 \text{ CF}/100\text{mL}$ que corresponde a remoção de 84,24% no sistema;

Assim,

$$Nm = (0,0410 \times 2,00 + 0,03760 \times 4,42 \cdot 10^6) / (0,04410 + 0,0444)$$

$$Nm = 1,87 \times 10^6 \text{ CF}/100\text{mL}$$

O valor resultante do cálculo não está de acordo com o que determina a Portaria CONAMA 357/2005 que determina para corpo d'água de Classe 4 é permitido somente $4 \times 10^3 \text{ CF}/100\text{mL}$.

7.0 Conclusão:

Observa-se que o curso d'água em todo seu percurso possui valores de OD acima do nível permissível (OD crítico é de 6,33 mg/l, que ocorre no próprio ponto de mistura). Desta forma do ponto de vista do corpo receptor, esta alternativa de lançamento neste ponto é satisfatória. Apesar disto na saída da estação de tratamento de esgoto o efluente ainda existe uma aeração por meio de escadas de aeração, que podem aumentar a concentração de OD da ordem de alguns miligramas por litro, de acordo com algumas literaturas de (1 a 3 mg/l), corrigindo assim uma eventual diminuição da concentração de OD no período noturno e de seca.

Como demonstrado o padrão do corpo receptor está sendo respeitado e no caso de legislações estaduais que impõem padrões de lançamento para a DBO de 60 mg/l, também está sendo satisfatória, pois a DBO do efluente conforme já demonstrado é de 34,00 mg/l, atingindo no ponto de mistura uma DBO₅ de 18,05 mg/l, portanto, podemos afirmar que o esgoto gerado na bacia que drena a ETE Colina tem condições de ser lançado neste ponto sem comprometer a qualidade do Córrego do Retiro, com relação a concentração de oxigênio. Já com relação ao lançamento de coliformes fecais (CF) está em desacordo com a Portaria CONAMA 357/2005 que determina 4×10^3 CF/100mL, Rio Classe 4, portanto deverá ser desenvolvido projeto para apresentar alternativas para o enquadramento do lançamento de coliformes fecais (CF) dentro das normas estabelecidas.

Na lagoa anaeróbica a condição ideal é que a taxa de aplicação superficial (Ls) não ultrapasse 2.000 kgDBO_{5,20}/ha.dia. Pelos cálculos essa taxa se apresenta muito acima do valor recomendado para os diversos períodos existindo a possibilidade de provocar a dispersão de odores não agradáveis na região da ETE e adjacências. Com relação a taxa de aplicação volumétrica (Lv) é que não ultrapasse a faixa de 100 a 300 gDBO_{5,20}/m³. Os valores resultantes dos cálculos estão abaixo do limite mínimo o que pode apresentar riscos para o desenvolvimento deste processo de tratamento não dispondo de substrato para manutenção das bactérias no processo.

O tempo de detenção hidráulica (TDH) está muito próximo do limite mínimo de 3 dias.

Na Lagoa Facultativa o critério de taxa de aplicação superficial (Ls) baseia-se na necessidade de se ter uma determinada área de exposição à luz solar na lagoa para que o processo de fotossíntese ocorra, possibilitando a produção de oxigênio suficiente para suprir a demanda para estabilização da matéria orgânica. A condição ideal é que o valor da taxa não ultrapasse o resultado da expressão $L_s = 50 \times 1,075^T$ onde $T=20^\circ\text{C}$ é a temperatura média do líquido no mês mais frio na região. Assim, no caso, $L_s = 201 \text{ kgDBO}_{5,20}/\text{ha.dia}$, o que se observa é um valor para final de plano superior ao recomendado, o que pode gerar mal odor na região.

O tempo de detenção hidráulica (TDH) atende ao recomendado nesse processo que é de no mínimo 15 dias. A remoção de carga orgânica no final do sistema, ou seja após as Lagoas, apresenta condição de atendimento das exigências legais com eficiência maior que 80% de remoção.

O indicador de remoção de patógenos para analisar o processo da remoção de Coliformes Fecais (CF) em NMP/100mL, não atende a legislação vigente.

Vale salientar é o que vem ocorrendo com uma certa frequência são maus odores causados em especial na chegada e nas lagoas anaeróbica e facultativa, e que vem causando desconforto nos moradores da região. Algumas medidas para solucionar os problemas e minimizar estes problemas deverão ser adotadas de imediato, como a limpeza do lodo das lagoas, restabelecendo as dimensões originais e consequentemente melhorando o desempenho do sistema de tratamento. Uma alternativa que vem sendo usada e com bons resultados é a aeração com o uso de aeradores superficiais para melhorar a qualidade do sistema de tratamento e minimizar os odores causados no tratamento. Com relação a esta alternativa do uso de aeradores foi elaborada uma avaliação da viabilidade técnico-econômica da ampliação da capacidade de tratamento em ETE I Colina (Estação de tratamento de esgotos) constituída de lagoas anaeróbicas e facultativas através da implantação de aeração superficial, bem como a averiguação com base em literatura das vantagens com relação ao aumento da eficiência e controle de odor nestes sistemas. Importante dizer que os cálculos apresentados com relação a Taxa de Aplicação Superficial – Lagoa Facultativa está fora dos parâmetros exigidos pela legislação ambiental, portanto, Como opção econômica, sugerimos a alternativa de inserção de aeradores nos sistemas para suprir esta demanda e consequentemente

aumentar a capacidade de tratamento dos efluentes desta E.T.E. (Estação de Tratamento de Esgoto). verificou-se a necessidade em estudos e diretrizes que verifiquem a viabilidade econômica da escolha desta alternativa para a lagoa facultativa convencional sobrecarregada, pois, não existe área para expansão de forma a ser convertida a lagoa facultativa convencional em lagoa aeradas facultativas.

8.0 Tratamento Secundário – Uso de Aeradores

8.1 Estimativas de concentração de DBO efluente da Lagoa Aerada

8.1.1 Tempo de detenção

$$TDH = V / Q = 54.987 / 3.837 = 14,33 \text{ dias}$$

8.1.2 DBO solúvel efluente

Admitindo-se um sistema de mistura completa, e adotando-se o coeficiente $K = 0,7(d)^{-1}$ para 20° C, corrigido $K = 0,8(d)^{-1}$ para 23° C:

$$DBO_5 \text{ solúvel} : S = \frac{S_0}{1 + K * t} = \frac{185,00}{1 + (0,8*14)} = 15,16 \text{ mg/L} \text{ aprox. } 15,2 \text{ mg/L}$$

8.1.3 DBO particulada efluente

Para que seja calculada a DBO particulada do efluente da lagoa aerada facultativa é necessário que se estime a concentração de sólidos em suspensão no efluente da lagoa, portanto, como será utilizado aeradores cachoeira de baixa rotação tomaremos como base os valores de concentração de sólidos sugeridos por Von Sperling , ou seja, 50 mg/l com densidade de potência até 0,75 W/m³, a DBO particulada efluente da lagoa aerada será:

$$DBO_5 \text{ part} = 0,35 \text{ mgDBO}_5 / \text{mgSSV} * 50 \text{ mgSSV} / L = 17,5 \text{ mgDBO}_5 / L$$

8.1.4 DBO Total do Efluente

$$DBO_{total} = DBO_{solúvel} + DBO_{part} = 15,20 + 17,5 = 33,00 \text{ mg/L}$$

A eficiência do sistema na remoção de DBO é:

$$E = (S_0 - S) / S_0 = ((185,00 - 33,00) / 185,00) * 100 = 82,16 \%$$

8.1.5 Requisitos de Oxigênio na Lagoa Aerada

Os requisitos de oxigênio são em torno de 0,8 a 1,2 da carga de DBO₅ removida. Adotando-se a relação 1,0 tem-se:

$$RO = a * Q * (S_0 - S) = \frac{1,0 * 3.837 \text{ m}^3/\text{d} * (185,00 - 33,00) \text{ g/m}^3}{1000 \text{ g/Kg}} = 583,22 \text{ Kg O}_2/\text{d}$$

$$RO = 24,30 \text{ kg O}_2/\text{h}$$

8.1.6 Requisitos de Energia na Lagoa Aerada

Adotar aeradores flutuantes de baixa rotação, tipo cachoeira. A eficiência de Oxigenação nas condições padrão é da ordem de:

$$EO = 1,7 \text{ KgO}_2/\text{kWh}$$

A eficiência de oxigenação no campo pode ser adotada como em torno de 60% da EO padrão.

Assim temos:

$$EO_{\text{Campo}} = 0,60 * 1,7 \text{ KgO}_2/\text{kWh} = 1,02 \text{ KgO}_2/\text{kWh}$$

A potência requerida é:

$$Pot = \frac{RO}{EO_{\text{Campo}}} = \frac{24,30 \text{ kg O}_2/\text{h}}{1,02 \text{ KgO}_2/\text{kWh}} = 23,82 \text{ KWh} = \text{Aproximadamente } 32,39 \text{ CV}$$

Números de Aeradores recomendado 33 aeradores de 1cv

8.1.7 Requisitos de Energia na Lagoa Facultativa Aerada

Adotar 1 aeradores de 1,0 CV. A potência total instalada é, portanto:

$$33,00 \times 1,0 \text{ CV} = 33,00 \text{ CV (24,27kW)}.$$

8.1.8 Verificação da densidade de potência

$$\phi = Pot / Vol = 24.270 / 54.987 = 0,44 \text{ W/m}^3$$

Esta densidade de potência deve ser suficiente para manter os sólidos em suspensão, considerando-se que haverá alguma sedimentação na zona não aerada da lagoa. A densidade de potência apenas na zona aerada é maior, já que o volume da zona aerada é bem reduzido em relação ao volume total da lagoa.

8.1.9 Acúmulo de Lodo

A taxa de acúmulo de é da ordem de 0,03 a 0,08 m³ / hab * ano (Arceivala, 1981) será adotada a taxa de 0,04 m³ / hab *ano

$$\text{Acumulação Anual} = 0,04 \text{ m}^3 / \text{hab} * \text{ano} \times 21.871 \text{ hab} = 875 \text{ m}^3 / \text{ano}$$

- Espessura em 1 ano:

$$\text{Espessura} = \frac{875 \text{ m}^3 / \text{ano} * 1 \text{ ano}}{54.987} = 0,016 \text{ m/ano}$$

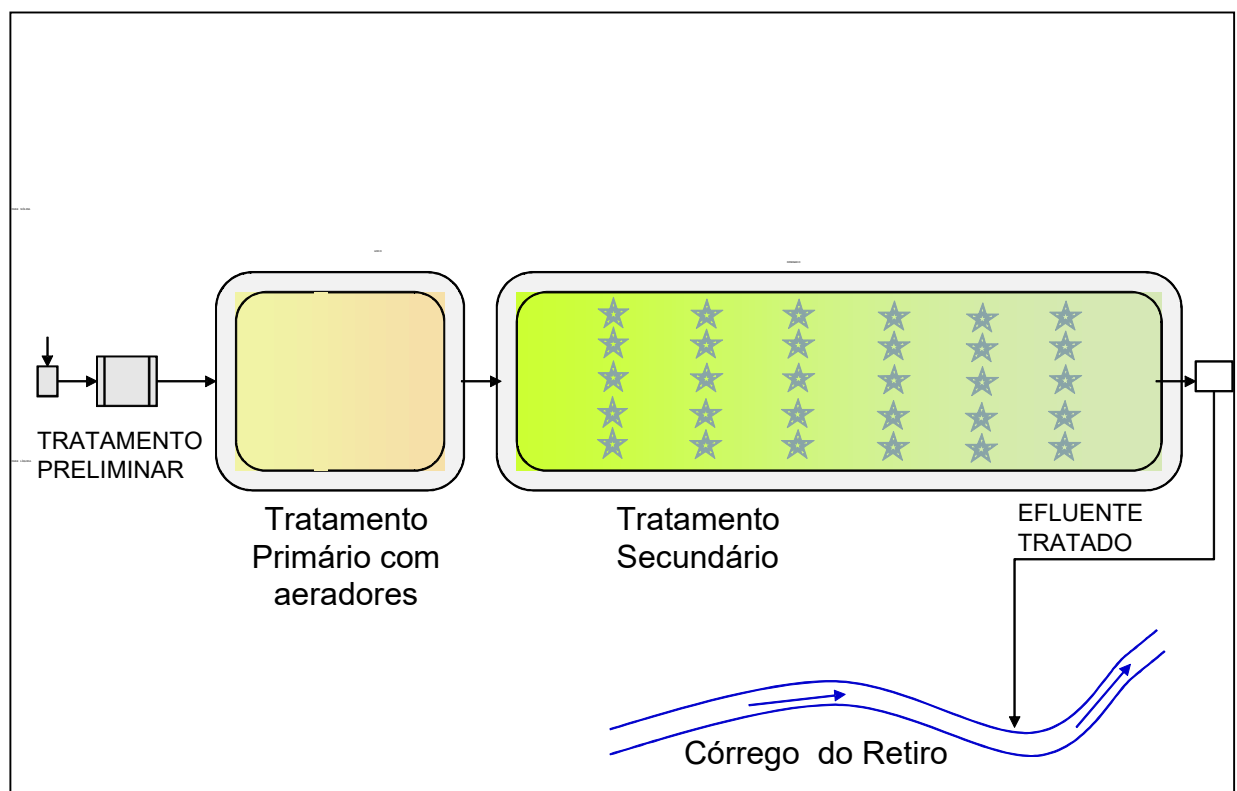
- Espessura em 10 anos de operação:

$$\text{Espessura} = 0,016 \text{ m/ano} * 10 \text{ anos} = 0,16 \text{ m em 10 anos}$$

Após 10 anos de operação, haverá um acúmulo de lodo da ordem de 0,16 metros reduzindo a altura útil para 1,85 metro, com o recomendado é quando atingir 1/3 do volume, ou seja, uma altura de aproximadamente 0,66 metros temos um tempo bem significativo para a limpeza do lodo a ser gerado.

9.0 Aerador Cachoeira

Apesar dos requisitos de energia necessários para a melhoria da oxigenação na lagoa facultativa, ter apresentado um baixo índice de aeração, e considerado aeradores flutuantes de alta rotação, o ideal seria o uso de aeradores cachoeira, pois, esta lagoa assume papel importante na redução de carga orgânica, e o uso destes equipamentos se dá na zona superficial da lagoa atuando para reduzir a taxa de aplicação em kgDBOha/dia, melhorando consideravelmente a qualidade do tratamento e melhorando a emissão de odor. Diante destas constatações serão adotados 33 aeradores cachoeira para garantir uma camada superficial de oxigenação evitando a formação de odores, e garantindo os requisitos de energia necessária ao perfeito funcionamento do sistema.



9.1 Disposição dos Aerador Cachoeira

Serão instalados 33 aeradores superficiais de 1cv tipo escova, baixa rotação, rotor horizontal, montado em flutuadores, com três linhas de aeração (11+11+11) na lagoa facultativa. Sendo a primeira linha instalada a 45,00 metros da borda da

entrada do esgoto proveniente da Lagoa Anaeróbica, depois serão instaladas mais 2 linhas com distância de 25,00 metros entre elas.

9.2 Especificações Técnicas dos Aeradores

9.2.1 Característica dos Aeradores

- Tipo: baixa rotação.
- Potência nominal do motoredutor: 750W (1,0CV)
- Taxa de Transferência: 1,710 kg O₂/kW/h.
- Rotação Nominal Máxima 90 RPM.
- Peso: aproximadamente 70 kg;
- Flutuadores preenchidos com poliuretano.
- Dimensões: altura 0,80 m, comprimento 1,85 m, largura 1,95 m.
- Pintura resistente a ambientes agressivos de tanques de aeração de esgoto.
- Rolamentos do redutor e do motor protegidos para evitar entrada de água/esgoto.
- Parafusos de fixação do motor e redutor em aço inox 303.
- Mancal do rotor lado não acoplado em bucha cerâmica.

9.2.2 Acionamento Elétrico

- Tensão 220V Trifásico, 60 HZ
- Grau de proteção IPW55.
- Cobertura em aço inox do conjunto moto-redutor.
- Fabricado segundo especificações da NEMA/ ABNT.
- Isolamento do tipo "F".

9.2.3 Motor e Acessórios

- Tipo radial.
- Entre Eixo do Motor e Eixo de Entrada do Redutor, tipo direto.
- Entre Eixo de Saída do Redutor e Eixo do Rotor, tipo direto por

flange.

- Eixo de saída do redutor em aço inox 316 resistente a corrosão.
- Base suporte do motoredutor, em aço inox 304
- Rotor de aeração tipo tubular horizontal executado em polipropileno, com 48 pás em PA, com carenagem anti aerossóis.

9.2.4 Flutuadores

- Constituídos em PVC
- Preenchidos com poliuretano, garantindo a flutuação mesmo que sejam perfurados acidentalmente.
- Conjunto Aerador/ Flutuador dispensa estabilizadores adicionais.

9.3 Especificações Técnicas do Painel

- Acionamento por Partida Direta individual para 33x motor de 1,0CV / 4 Polos / 220V / 60Hz;
- Acionamento por Contator Modular Trifásico;
- Proteção por Disjuntor-Motor;
- Proteção:
 - Disjuntor Geral em caixa moldada, com manopla instalada no frontal do painel, permitindo bloqueio elétrico com até 3 cadeados;
 - Dispositivo Anti-surto nas 3x Fases, modelo Classe I/II;
 - Relé Eletrônico de Monitoramento de Falta de Fase e Sequência de Fase na entrada da Rede Elétrica;
- Comando:
 - Seleção Manual | Off | Automático (individual por acionamento):
 - Manual: Comando Parte / Para;
 - Automático: Habilita Aerador para operação em Automático;

- Comando Parte em Automático:
 - o Habilita Programador Horário, On/Off;
 - o Partida sequencial temporizada divididos em até 3x grupos;
 - Emergência;
- Sinalização:
 - Motor rodando (verde) individual por Motor;
 - Equipamento em Falha (amarelo), individual por Motor;
 - Painele Energizado (branco);
- Fabricante dos componentes:
 - Tensão de Alimentação: 3ø 220Vac / 60Hz;
 - Tensão de Comando: 220Vac;
 - Conexão interfaceado por Régua de Borne a mola;
 - Sistema de anilhamento de fios e cabos com identificação conforme TAG do Componente / Conexão;
 - Quadro de Comando em chapa metálica com Grau de Proteção IP-54;
 - Projeto e Documentação serão fornecidos em arquivo PDF (ou DWG). O caderno de Encargos será entregue em uma via Impressa no período de aprovação e após a mesma:
- Diagrama Elétrico;
- Layout Estrutural;
- Lista de Componentes e Lista de Cabos
- Régua de Bornes;
- Esquema Gráfico de Instalação;
- Além dos documentos citados, faz parte do escopo de fornecimento de documentos, o Manual técnico dos Componentes.

LEONE WILMAN
FILHO:07584901
867

Assinado de forma digital
por LEONE WILMAN
FILHO:07584901867
Dados: 2022.08.09 11:49:50
-03'00'

Leone Wilman Filho
Engenheiro Civil
CREA 060.146.687.1

10.0 Bibliografia

ANDRADE NETO, C.O. de. (1997), *Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários, experiência brasileira*. Rio de Janeiro: ABES.

Von SPERLING, M. (1996), *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*, Belo Horizonte, DESA UFMG, vol 1.

Von SPERLING, M. (2002), *Lagoas de Estabilização*, Belo Horizonte, DESA URMG, vol 3, 2ª ed.

AZEVEDO NETO, J.M. de. (1975), *Tratamento de águas residuárias*, São Paulo, DAE.

KELNER, E. PIRES et all. (1998), *Lagoas de Estabilização*, Rio de Janeiro, ABES.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO (1977). *Enquadramento dos corpos de água receptores*: Decreto 10755, São Paulo, SP.

FOTOS DAS LAGOAS



VISTA GERAL DAS LAGOAS EXISTENTES



GRADEAMENTO E CAIXA AREIA CALHA PARSHAL



VISTA DA ENTRADA LAGOA ANAEROBICA



VISTA DA ENTRADA DA LAGOA FACULTATIVA



ESCADA DE AERAÇÃO EXISTENTE