

APRESENTAÇÃO

A YC Engenharia apresenta à CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba, o **Estudo de Concepção e Viabilidade** para a elaboração do Projeto Básico do Sistema de Esgoto Sanitário da cidade de **Icaraí de Minas/ MG**.

O trabalho foi desenvolvido com a orientação dos técnicos da CODEVASF, nas etapas de definições e diretrizes, tendo havido um acompanhamento efetivo e uma soma de esforços para o bom resultado do empreendimento.

O presente trabalho é composto dos seguintes volumes:

- Volume 1 – Estudo de Reconhecimento;
- **Volume 2 – Estudo de Concepção e Viabilidade:**
 - **Tomo 2.1 – Memorial Descritivo;**
 - Tomo 2.2 – Desenhos.
- Volume 3 – Levantamentos Topográficos;
- Volume 4 – Projeto Básico;
- Volume 5 – Levantamentos Geotécnicos;
- Volume 6 – Projeto Elétrico;
- Volume 7 – Projeto Estrutural;
- Volume 8 – Manual de Operação e Manutenção;
- Volume 9 – Resumo do Projeto.

Data da Licitação: 17/10/2007

Nº do Edital: 30/2007

Contrato de Prestação de Serviço: N° 0.06.08.0025.00

Ordem de Serviço: N° 01

Responsável Técnico:

Período: 30/01/08 a 30/07/08

Luiz Casuo Yamatogi CREA 10.870/D - MG

Emissão: Abril/2008

Coordenação: CODEVASF

Revisão: B- Setembro/2008

YC ENGENHARIA

Engº Luiz Casuo Yamatogi

SUMÁRIO

ESTUDO DE CONCEPÇÃO E VIABILIDADE – ICARAÍ DE MINAS

MEMORIAL DESCRITIVO – TOMO 2.1

1. INTRODUÇÃO	8
2. PROJEÇÃO POPULACIONAL.....	10
3. CRITÉRIOS E PARÂMETROS DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO	15
3.1 – Alcance de Projeto	15
3.2 – Parâmetros Básicos	15
3.2.1 – Nível de atendimento (At)	15
3.2.2 – Coeficientes de Variação (Conforme NBR 09649)	15
3.2.3 – Consumo per capita.....	16
3.2.4 – Cálculo das Vazões	17
3.3 – Parâmetros para Pré-Dimensionamento da Rede Coletora.....	17
3.4 – Parâmetros para Pré-Dimensionamento da Elevatória de Esgotos e Linha de Recalque.....	20
3.4.1 – Vazões Mínimas, Médias e Máximas	20
3.4.2 – Gradeamento.....	21
3.4.3 – Linha de Recalque.....	21
3.4.4 – Poço de Sucção.....	23
3.4.5 – Escolha do Tipo de Elevatória	25
3.5 – Parâmetros para Pré-Dimensionamento da Estação de Tratamento de Esgotos.....	27
3.5.1 – Carga Orgânica de Contribuição Unitária	27
3.5.2 – Gradeamento.....	28
3.5.3 – Caixa de Areia	28
3.5.4 – Reator de Manta de Lodo - UASB	29
3.5.5 – Leitos de Secagem	30
3.5.6 – Lagoa Anaeróbia	30
3.5.7 – Lagoas Facultativas.....	31
3.5.8 – Lagoas de Maturação	31
4. DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO.....	33
4.1 – Vazões de Pré-Dimensionamento das Redes Coletoras	33
4.2 – Vazões de Pré-Dimensionamento da Elevatória de Esgoto Bruto	36
4.3 – Vazões para Pré-Dimensionamento da ETE	36
5. ESTUDOS DAS ALTERNATIVAS DE CONCEPÇÃO	39
5.1 – Introdução	39
5.2 – Ligações Prediais.....	40
5.3 – Redes Coletoras	41
5.4 – Estação de Tratamento de Esgotos.....	42
5.4.1 – Estudo de Autodepuração	47

5.4.2 – Descrição das Alternativas de Tratamento	47
5.4.2.1 - Alternativa I – <i>Reator Anaeróbio + Lagoas de Polimento em série</i>	47
5.4.2.2 - Alternativa II – <i>Sistema de Lagoas de Estabilização</i>	58
5.5 – Conclusão	65
6. ESTIMATIVA DE CUSTOS DAS ALTERNATIVAS	69
ANEXO.....	73
ANEXO A – PLANILHAS DA ESTIMATIVA DE CUSTO	74

ESTUDO DE CONCEPÇÃO E VIABILIDADE – ICARAÍ DE MINAS

RELAÇÃO DE DESENHOS – TOMO 2.2

DISCRIMINAÇÃO

DESENHO Nº

Mapa Chave - Sistema Proposto	01/07
Rede Coletora - Locação	02/07
Rede Coletora - Locação	03/07
Rede Coletora - Locação	04/07
Elevatória Final de Esgoto Bruto - Alternativa I ETE	05/07
Planta Situação da ETE Icaraí de Minas - Alternativa I	06/07
Planta Situação da ETE Icaraí de Minas - Alternativa II	07/07

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O projeto técnico do Sistema de Esgoto Sanitário de Icaraí de Minas compreende os seguintes estudos e projetos:

- Estudo de Reconhecimento;
- Estudo de Concepção e Viabilidade;
- Projeto Básico;
- Projeto Executivo.

Inicialmente, para conhecimento da localidade, foi realizado um **Estudo de Reconhecimento** que apresenta um estudo preliminar da exeqüibilidade do sistema de esgotamento sanitário visando a coleta de dados gerais da localidade, diagnóstico do sistema existente, estudos da população e estudos das contribuições de esgoto para a instrução clara e precisa quanto à realização do estudo de concepção e viabilidade.

O **Estudo de Concepção e Viabilidade** é um documento destinado a demonstrar a viabilidade técnico-econômica, social e ambiental de um sistema de esgotamento sanitário e seus impactos sobre os meios físico-biótico-antrópico. A viabilidade do empreendimento é avaliada por meio de comparação de alternativas propostas para o sistema onde é escolhida a alternativa que melhor se adeque às possibilidades de investimento atuais e futuras.

Após escolhida a alternativa de concepção e sua aprovação por parte da coordenação da CODEVASF será realizado o **Projeto Básico** que compreende em um conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra e os serviços necessários para a implantação do sistema de esgotos sanitários de Icaraí de Minas.

A seguir está apresentado o **Estudo de Concepção e Viabilidade** para a sede do município de Icaraí de Minas desenvolvido de forma a atender as diretrizes definidas pela CODEVASF, obedecendo às normas vigentes da ABNT e bibliografias de autores consagrados e especialistas da área.

2. PROJEÇÃO POPULACIONAL

2. PROJEÇÃO POPULACIONAL

A Projeção Populacional para a sede urbana de Icaraí de Minas está apresentada com maiores detalhes no **Volume 1 – Estudo de Reconhecimento**. Apresenta-se neste volume uma síntese do estudo realizado.

O estudo populacional foi realizado com base nos métodos estatísticos e em parâmetros de aplicação consagrados e recomendados pela literatura técnica especializada e, também no universo de dados existentes.

Para realização dos estudos e avaliação da aplicabilidade dos métodos foram utilizados os seguintes dados:

- Dados do IBGE (censo demográfico) para os anos de 1.970, 1.980, 1.991, 2.000;
- Estimativa populacional para o município de Icaraí de Minas realizada pelo IBGE no período de 2.001 a 2.006;
- Publicação “Estudos de Projeções Demográficas do Estado de Minas Gerais” fornecida pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA realizada antes do censo de 2.000;
- Relatório Preliminar “Projeções de população para municípios de Minas Gerais, por situação do Domicílio – 2.000 a 2.030” realizado pelo Centro de Estatística e Informação (CEI) da Fundação João Pinheiro/MG em 2.007;
- Dados de economias residenciais ligadas à rede de energia elétrica fornecidos pela CEMIG;
- Dados de economias residenciais ligadas à rede de distribuição de água fornecidos pela COPASA; e
- Dados gerais do Brasil e do Estado de Minas Gerais a fim de embasar a escolha das taxas de crescimento da cidade.

De forma geral observa-se que a projeção geométrica com regressão linear não pôde ser empregada direta e isoladamente na definição da projeção populacional da sede urbana de Icaraí de Minas para um universo de 20 anos, em consequência das

altas taxas aplicadas. Os outros métodos avaliados, projeções logística e decrescente, não são aplicados aos conjuntos de dados eqüidistantes.

Sendo assim, utilizando-se das taxas relativas aos dados da FJP desenvolveu-se, utilizando o método de progressão da COPASA – progressão geométrica sem regressão linear, uma projeção populacional para a sede urbana de Icaraí de Minas que melhor refletiu a tendência de crescimento da cidade.

Logo, tem-se para a população da sede do município de Icaraí de Minas, Quadro 2.1:

- População de referência: 1.944 hab (Censo de 2.000)
- População (Início de plano ano 2.008) = 2.367 hab.
- População (Final de plano ano 2.028) = 3.612 hab.

Com a definição da projeção populacional para a sede urbana do município, é definida no Quadro 2.2 a projeção por setor censitário.

O produto das frações das áreas do setor censitário pelas densidades populacionais definidas no Quadro 2.2 tem como resultado as populações contribuintes de cada uma das 10 (dez) sub-bacias pertencentes à área de projeto de Icaraí de Minas. O Quadro 2.3 mostra as populações de cada sub-bacia para os anos de 2.008 e 2.028, respectivamente ano de início e alcance do plano.

Apresenta-se no Volume 2 - Tomo 2.2 a Planta Geral de Icaraí de Minas com as divisões das sub-bacias.

QUADRO 2.1 – PROJEÇÃO POPULACIONAL DA SEDE URBANA DE ICARAÍ DE MINAS

ANO	POPULAÇÃO URBANA	TAXA (%)
1.970	120	-
1.980	210	3,30
1.991	390	5,17
2.000	1.944	6,14
2.001	1.992	2,49
2.002	2.042	
2.003	2.093	
2.004	2.145	
2.005	2.198	
2.006	2.253	
2.007	2.309	
2.008	2.367	
2.009	2.426	2,23
2.010	2.486	
2.011	2.541	
2.012	2.598	
2.013	2.656	
2.014	2.715	
2.015	2.776	
2.016	2.838	
2.017	2.901	
2.018	2.966	
2.019	3.032	
2.020	3.100	
2.021	3.159	1,93
2.022	3.220	
2.023	3.282	
2.024	3.346	
2.025	3.410	
2.026	3.476	
2.027	3.543	
2.028	3.612	
TAXA (%) 2.001 - 2.028		2,24

**QUADRO 2.2 – PROJEÇÃO POPULACIONAL POR SETOR CENSITÁRIO
ICARAÍ DE MINAS**

SETOR CENSITÁRIO (IBGE)	ÁREA IBGE 2.000 (ha)	ÁREA PROJETO 2.008 (ha)	DENSIDADE POPULACIONAL (hab/ha)			POPULAÇÃO (hab)		
			2.000	2.008	2.028	2.000	2.008	2.028
1	61,01	148,59	31,86	15,93	24,31	1.944	2.367	3.612
TOTAL	61,01	148,59	31,86	15,93	24,31	1.944	2.367	3.612

**QUADRO 2.3 – PROJEÇÃO POPULACIONAL POR SUB-BACIA
ICARAÍ DE MINAS**

SUB BACIA	SETOR CENSITÁRIO (IBGE)	ÁREA (ha)	DENSIDADE (hab/ha)		POPULAÇÃO (hab)	
			2.008	2.028	2.008	2.028
SB-01	1	11,56	15,93	24,31	184	281
SB-02	1	44,88	15,93	24,31	715	1.091
SB-03	1	9,60	15,93	24,31	153	233
SB-04	1	6,89	15,93	24,31	110	167
SB-05	1	7,92	15,93	24,31	126	193
SB-06	1	4,12	15,93	24,31	66	100
SB-07	1	17,70	15,93	24,31	282	430
SB-08	1	3,03	15,93	24,31	48	74
SB-09	1	11,21	15,93	24,31	179	272
SB-10	1	31,68	15,93	24,31	505	770
TOTAL		148,59			2.367	3.612

3. CRITÉRIOS E PARÂMETROS DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO

3. CRITÉRIOS E PARÂMETROS DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO

Os parâmetros para o pré-dimensionamento foram definidos a partir de:

- Dados da cidade de Icaraí de Minas;
- Normas técnicas ABNT NBR;
- Parâmetros utilizados pela CODEVASF e COPASA;
- Normas técnicas da COPASA;
- Bibliografia de autores e instituições consagradas.

3.1 – Alcance de Projeto

O alcance dos estudos realizados neste trabalho prevê:

- Anos 2.008 – Início de Plano;
- Ano 2.028 – Final de Plano.

3.2 – Parâmetros Básicos

3.2.1 – Nível de atendimento (At)

O nível de atendimento foi definido com base no “*Escopo dos Serviços – Termo de Referência*” no qual define que 100% da população, ao longo do período de alcance de projeto, estará interligada ao sistema.

3.2.2 – Coeficientes de Variação (Conforme NBR 09649)

- $K_1 = 1,2 \rightarrow$ Coeficiente de reforço do dia de maior consumo;
- $K_2 = 1,5 \rightarrow$ Coeficiente de reforço da hora de maior consumo;
- $K_3 = 0,5 \rightarrow$ Coeficiente de reforço da hora de menor consumo;
- $C = 0,80 \rightarrow$ Coeficiente de retorno água/esgoto.

- Taxa de Infiltração (CI):
 - $CI = 25\%$ da vazão máxima horária doméstica (ABNT); ou
 - $CI = a \times L \rightarrow a = (0,01 \text{ a } 0,2) \text{ l/s x km de rede existente (EDITAL CODEVASF)}$
- $L =$ Extensão de rede.

Deverá ser utilizado o índice que apresentar a menor vazão de infiltração.

3.2.3 – Consumo per capita

O consumo *per capita* de água foi avaliado por meio de uma série histórica mensal de 12 (doze) meses tomando-se por base os consumos de água das economias micromedidas informadas por meio dos Boletins de Informações Básicas Operacionais e Gerenciais (IBO/IBG), período de 01/2007 a 12/2007, da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA, concessionária do sistema de abastecimento de água da sede do município de Icaraí de Minas, conforme Quadro 3.2.1.

QUADRO 3.2.1 – CONSUMO *PER CAPITA* DE ÁGUA DA SEDE DO MUNICÍPIO DE ICARAÍ DE MINAS

MÊS/ ANO	PER CAPITA MICROMEDIDO (l/hab.x dia)
jan/07	94,86
fev/07	102,86
mar/07	92,92
abr/07	100,86
mai/07	105,08
jun/07	111,13
jul/07	105,95
ago/07	108,86
set/07	118,36
out/07	121,66
nov/07	127,43
dez/07	100,56
MÉDIA	107,68

Fonte: IBO/IBG - COPASA (01/07 a 12/07)

O *per capita* médio micromedido deste período é cerca de 107,68 l/(hab. x dia).

Adotar-se-á o valor de 107 l/ (hab. x dia).

3.2.4 – Cálculo das Vazões

- Vazão Média

$$Q_{\text{méd}} = \frac{P \times At \times q \times C}{86400} + CI$$

Onde:

- $Q_{\text{méd}}$ \Rightarrow Vazão média (l/s);
- P \Rightarrow População (hab);
- At \Rightarrow Nível de atendimento (%);
- q \Rightarrow Consumo *per capita* = 107 l/(hab. x dia);
- C \Rightarrow Coeficiente de retorno água/esgoto = 0,80;
- CI \Rightarrow Taxa de infiltração (l/s).

- Vazão para Verificação do Dimensionamento (l/s)

$$Q_{\text{mín}} = Q_{\text{méd}} \times K_3$$

- Vazão Máxima Diária (l/s)

$$Q_{\text{máx}} = Q_{\text{méd}} \times K_1$$

- Vazão Máxima Horária (l/s)

$$Q_{\text{máx}} = Q_{\text{méd}} \times K_1 \times K_2$$

3.3 – Parâmetros para Pré-Dimensionamento da Rede Coletora

Em todo o pré-dimensionamento hidráulico, utilizou-se como base a fórmula de Manning, sendo a condição de arraste dos esgotos verificada pela tensão trativa média, não inferior a 1,0 Pa.

As redes coletoras foram pré-dimensionadas para atender as vazões máximas horárias de final de plano (ano 2.028), sendo verificada a tensão trativa média não inferior a 1,0 Pa para as vazões mínimas de início de plano (ano de 2.008).

Segundo a NBR 9.649 de 1.986 da ABNT, a menor vazão utilizada nos cálculos foi de 1,50 l/s, correspondente ao pico instantâneo de vazão da descarga de um vaso sanitário. Sempre que a vazão de jusante for inferior a 1,50 l/s, para cálculos hidráulicos, adotar-se-á o valor de 1,50 l/s.

Foram adotados os diâmetros padronizados comercialmente (DN 150, DN 200, DN 250, DN 300, DN 350, DN 400, DN 500, etc.) e os seguintes materiais:

- Diâmetro DN 150 a DN 350: PVC com junta elástica;
- Diâmetro igual ou superior a DN 400: tubo de concreto com junta elástica (CA-2);
- Ferro Fundido: trechos aéreos.

O diâmetro mínimo adotado foi de 150 mm.

Serão seguidos, ainda, os critérios estabelecidos pela NBR - 12.207 da ABNT.

- Tensão Trativa

A tensão trativa média será verificada nos cálculos das redes coletoras, através da aplicação de seguinte fórmula:

$$\sigma_t = \gamma \times R_h \times I_o$$

- σ_t \Rightarrow Tensão Trativa (Pa);
- γ \Rightarrow Peso específico da água = 10^4 N/m³;
- R_h \Rightarrow Raio hidráulico (m);
- I_o \Rightarrow Declividade do trecho (m/m).

- Velocidades Mínimas e Máximas

O objetivo de limitar as velocidades é garantir a integridade das superfícies internas das canalizações a fim de minimizar os efeitos da erosão causada pelos sólidos

presentes nos esgotos. Conforme preconiza a NBR 09649/1.986 a velocidade final (máxima) está limitada a 5 m/s.

- Lâmina

A lâmina máxima calculada está limitada a 75% do diâmetro.

- Profundidade

A profundidade mínima das redes coletoras é de 1,05 metros para ruas pavimentadas e 1,25 metros para ruas não pavimentadas.

- Tubo de Queda

Quando o degrau de um tubo coletor em um PV, for superior a 0,50 m, está previsto a construção de um tubo de queda, ligando o coletor ao fundo do poço.

Os poços de visita utilizados são padronizados pela COPASA, P-039 ($\varnothing \geq 300$ mm e $h \geq 2,50$ m) e P-062 ($\varnothing < 300$ mm e $h < 2,50$ m), e a localização dos mesmos deverá atender aos seguintes critérios:

- Mudança de direção;
- Mudança de diâmetro;
- Nos pontos onde haja mudança de declividade;
- Nos cruzamentos de tubulações;
- Nos limites de extensão entre os trechos.

Nos casos em que estes poços de visita não atenderem estes critérios serão projetados poços de visita especiais.

3.4 – Parâmetros para Pré-Dimensionamento da Elevatória de Esgotos e Linha de Recalque

Os critérios e parâmetros utilizados para o pré-dimensionamento de elevatória e linha de recalque foram definidos com base na Norma NBR-12.208 da ABNT.

3.4.1 – Vazões Mínimas, Médias e Máximas

Para determinação das vazões mínimas, médias e máximas de pré-dimensionamento foram considerados os critérios apresentados anteriormente no item 3.2.4.

3.4.2 – Gradeamento

Os sólidos em suspensão no esgoto afluente, que possam prejudicar o bom funcionamento das bombas, serão removidos por cesto coletor ou grades, dependendo da vazão de dimensionamento, removível por içamento, colocado na altura da boca de descarga do coletor afluente, dimensionado pela seguinte expressão:

$$V = Q \times \tau$$

Sendo:

- $V \Rightarrow$ Volume de material retido (l/s);
- $Q \Rightarrow$ Vazão afluente (m³/s);
- $\tau \Rightarrow$ Taxa de material retido (l/m³).

Foram adotados os valores, segundo Schroepfer, que estimam a variação da quantidade de material retido, em relação às aberturas das grades conforme apresentado no Quadro 3.4.1 apresentado a seguir.

QUADRO 3.4.1 - CORRELAÇÃO ENTRE O ESPAÇAMENTO ENTRE AS GRADES E TAXA DE MATERIAL RETIDO

ESPAÇAMENTO (cm)	TAXA DE MATERIAL RETIDO (l/m ³)
2,0	0,038
2,5	0,023
3,5	0,012
4,0	0,009
5,0	0,003

3.4.3 – Linha de Recalque

Altura Manométrica

A altura manométrica foi determinada a partir da seguinte expressão:

$$H_{\text{man}} = H_g + hf_c + hf_L$$

Onde:

- $H_{\text{man}} \Rightarrow$ Altura Manométrica (m);

- $H_g \Rightarrow$ Desnível Geométrico (m);
- $hf_C \Rightarrow$ Perda de Carga Contínua (m);
- $hf_L \Rightarrow$ Perda de Carga Localizada (m).

Altura Geométrica

A altura geométrica é a diferença entre o nível do ponto que recebe a linha de recalque e o NA_{MIN} do poço de sucção da elevatória.

Perda de Carga Contínua – hf_C

As perdas de carga contínuas referem-se às extensões das tubulações de sucção e recalque, sendo determinadas a partir da fórmula de Hazen-Williams descrita a seguir:

$$hf_C = 10,643 \times L \times \left(\frac{Q}{C} \right)^{1,85} \times D^{-4,87}$$

Onde:

- $Q \Rightarrow$ Vazão (m^3/s);
- $D \Rightarrow$ Diâmetro da Tubulação (m);
- $C \Rightarrow$ Coeficiente de Perda de Carga (depende da rugosidade da parede interna da tubulação);
- $L \Rightarrow$ Comprimento da Tubulação (m).

Perdas de Cargas Localizadas - hf_L

As perdas de carga localizadas são causadas por singularidades dos tipos de peças que compõem as tubulações, como curva, junção, válvula, etc. que provocam perturbações localizadas. São calculadas de acordo com a expressão a seguir:

$$hf_L = \sum K \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

Onde:

- $V \Rightarrow$ Velocidade na Tubulação (m/s);

- $g \Rightarrow$ Aceleração da Gravidade (m/s^2);
- $K \Rightarrow$ Coeficiente que depende de cada peça.

3.4.4 – Poço de Sucção

Volume Útil

A fórmula abaixo foi deduzida para até seis conjuntos moto-bomba e um tempo de ciclo de 10 minutos.

$$Vu = 2,50Qb_1 + 0,98Qb_2 + 0,68Qb_3 + 0,50Qb_4 + 0,40Qb_5 + 0,35Qb_6$$

Sendo,

- $Vu \Rightarrow$ Volume Útil (m^3);
- $Qb \Rightarrow$ Vazão correspondente a cada bomba.

Área Útil

$$Au = \frac{Vu}{Hu}$$

Sendo,

- $Au \Rightarrow$ Área útil (m^2);
- $Vu \Rightarrow$ Volume Útil (m^3);
- $Hu \Rightarrow$ Altura entre os níveis de operação (m).

Volume Efetivo

$$V_{ef} = Ab \times Hm - V_{enchimento}$$

Sendo,

- $Ab \Rightarrow$ Área da base do poço de sucção (m^2);
- $Hm \Rightarrow$ Diferença de nível entre o fundo do poço e o nível médio de operação das bombas (m);

- $V_{\text{enchimento}} \Rightarrow$ Volume de enchimento do poço de sucção.

Ciclo de funcionamento

$$TC = \sum_{i=1}^n T_{si} + T_D \Rightarrow TC \geq 10\text{min}$$

Sendo,

- $TC \Rightarrow$ Tempo total de ciclo (min);
- $TS \Rightarrow$ Tempo de subida do esgoto (min);

$$T_s = \frac{V_1}{Q_a} + \frac{V_2}{Q_a - Q_{b_1}} + \frac{V_3}{Q_a - Q_{b_2}} + \frac{V_4}{Q_a - Q_{b_3}} + \frac{V_5}{Q_a - Q_{b_4}} + \frac{V_6}{Q_a - Q_{b_5}}$$

- $TD \Rightarrow$ Tempo de descida do esgoto (min).

$$T_D = \frac{V_u}{Q_b - Q_a}$$

Tempo de Detenção (Td)

$$T_d = \frac{V_{ef}}{Q_m} \Rightarrow T_d \leq 30\text{min}$$

Sendo,

- $T_d \Rightarrow$ Tempo de detenção (min);
- $V_{ef} \Rightarrow$ Volume efetivo (m^3);
- $Q_m \Rightarrow$ Vazão média (m^3/min)

Velocidades de Sucção e Recalque

A velocidade na sucção e no recalque foi obtida através da expressão:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Sendo:

- $V \Rightarrow$ Velocidade (m/s);
- $Q \Rightarrow$ Vazão (m³/s);
- $A \Rightarrow$ Área da tubulação (m²).

Foram respeitados os limites de velocidade de 0,60 m/s e 3,0 m/s nas tubulações de recalque e de 0,60 m/s e 1,50 m/s nas tubulações de sucção, conforme preconiza a Norma NBR -12.208, salvo indicação dos fabricantes.

3.4.5 – Escolha do Tipo de Elevatória

Na determinação dos tipos de elevatórias a serem estudadas para o sistema de esgotos de Icaraí de Minas, foram observadas as condições específicas de cada caso, observando-se os seguintes aspectos:

- Vazões afluentes: porte e variação;
- Alturas manométricas;
- Localização e níveis de prováveis inundações;
- Aspectos técnico-econômicos.

A conjugação dos parâmetros vazão e altura manométrica conduziram o estudo, para definição do conjunto moto-bomba de melhor desempenho, a uma pesquisa ampla do tipo da bomba entre os diversos fabricantes.

Dentro dos critérios básicos anteriormente definidos, o tipo de conjunto elevatório adequado às características necessárias ao sistema em estudo, é descrito a seguir.

- *Estação Elevatória Equipada com Conjuntos Moto-Bomba Centrífugas de Eixo Horizontal Re-Autoescorvante*

Diferencia da elevatória com conjunto moto-bomba centrífuga de eixo horizontal na dispensa do poço seco subterrâneo que poderá ser ao nível do terreno.

Tem como inconveniente a limitação do ponto de funcionamento para alturas manométricas superiores a 50 m.

As bombas re-autoescorvantes são projetadas para instalações em sala própria na estação elevatória não ficando imersa no líquido a ser bombeado.

Os serviços de manutenção são executados com emprego de ferramentas manuais comum para limpeza, desobstrução e inspeção ou substituição do rotor e selo, para isto bastando retirar a tampa traseira sem remover a carcaça e sem precisar desconectar a tubulação.

- *Estação Elevatória Subterrânea Equipada com Conjuntos Submersíveis*

A estação elevatória subterrânea é constituída por uma estrutura única, compreendendo o poço de sucção e a instalação das bombas, dispensando a construção de poço seco, com redução considerável do espaço necessário, representando significativa economia no custo da construção civil.

A bomba é estacionária, podendo funcionar parcial ou totalmente submersa, não configurando problema, caso ocorra inundação na área da elevatória.

Para inspeção, o conjunto moto-bomba é içado do fundo do poço, direcionado por tubos guias, sem desconectar quaisquer ligações. O acoplamento é automático à conexão de descarga pela correspondência entre os flanges desta e do conjunto moto-bomba. Elimina-se, então, a entrada no poço, para esses casos.

Aspectos Importantes:

- Baixo custo de instalação: exclusão de peças especiais, com redução de espaço necessário, resultando menor movimentação de volumes para escavação;
- Fácil inspeção sem esvaziamento ou descida ao poço;
- Segurança de funcionamento: comandos automáticos e alarmes no caso de avarias. Dispensa ajuste das gaxetas, lubrificação dos rolamentos, com período normal de funcionamento variando entre dois ou três anos;
- Acessórios: quadro de comando automático, conexão para tubo de recalque e suporte da bomba, suporte dos cabos elétricos e das guias da bomba, reguladores de nível facilmente encontrados no mercado. Dispensa peças na sucção e peças especiais;
- Observação da limitação relativa à altura manométrica de recalque, capacidade e eficiência de operação dos conjuntos;
- Inconveniência da lavagem e desinfecção do equipamento nas ocasiões de manutenção.

- *Estação Elevatória com Conjuntos Centrífugos de Eixo Horizontal em Poço Seco*

A estrutura é formada por dois compartimentos: Um para instalação das bombas e outro para acumulação do esgoto a ser recalcado.

As elevatórias com bombas centrífugas poderão ter seus custos onerados pelo tipo de estrutura para proteção quanto a possíveis inundações, uma vez que estas bombas deverão trabalhar afogadas.

O acionamento das bombas é feito por motor elétrico ou de combustão interna.

A manutenção é executada com emprego de ferramentas manuais comuns.

Aspectos importantes dos dispositivos gerais das elevatórias:

- Será necessária a instalação de dispositivos de controle de nível para acionamento das bombas;
- Os poços de sucção deverão ser dotados de extravasores *by pass*, na eventualidade de falta de energia elétrica, pane no sistema eletromecânico e/ou manutenção no sistema;
- Na chegada da tubulação afluente à elevatória deverá ser instalado cesto, protegendo as bombas contra sólidos de diâmetros excessivos ou corpos estranhos.

A limpeza destas unidades deverá ser periódica e de acordo com os prazos estipulados na fase de projeto.

3.5 – Parâmetros para Pré-Dimensionamento da Estação de Tratamento de Esgotos

Os parâmetros e critérios adotados no pré-dimensionamento das unidades de tratamento seguiram, sempre que possível, as recomendações da NBR-12.209. Na ausência desta, adotou-se o que recomenda a literatura especializada.

3.5.1 – Carga Orgânica de Contribuição Unitária

A carga orgânica de contribuição unitária adotada foi de 45 g DBO₅/hab.dia.

3.5.2 – Gradeamento

Poderão ser utilizadas duas alternativas para gradeamento, em função da vazão máxima, conforme orientação a seguir:

- Para $Q_{MÁX} > 250$ l/s, será utilizada grade mecanizada;
- Para $Q_{MÁX} < 250$ l/s, será utilizado gradeamento com limpeza manual.

Parâmetro para Dimensionamento

Segundo NBR-12.209, os limites para a velocidade de passagem no canal são:

- Velocidade de passagem mínima = 0,6 m/s;
- Velocidade de passagem máxima = 1,0 m/s;
- Largura do canal.

$$S = \frac{Au}{E} \Rightarrow Au = \frac{Q}{V} \quad e \quad E = \frac{a}{a+t}$$

Sendo:

- S \Rightarrow Área do canal (m²);
- Au \Rightarrow Área útil para velocidade de projeto (m²)
- Q \Rightarrow Vazão afluyente (m³/s)
- V \Rightarrow Velocidade de projeto (m/s)
- a \Rightarrow Espaçamento entre as barras (cm);
- t \Rightarrow Espessura das barras (cm);
- E \Rightarrow Eficiência da grade.

3.5.3 – Caixa de Areia

Logo após o gradeamento, serão instaladas as caixas de areia, e em seguida, a Calha Parshall que além da medição da vazão tem a função de controlar as condições hidráulicas à montante da caixa de areia.

Os critérios para limpeza desta são:

- Para $Q_{MÁX} > 250$ l/s, será utilizada limpeza mecanizada, com *by pass* de limpeza manual;
- Para $Q_{MÁX} < 250$ l/s, a limpeza será manual.

Parâmetros Básicos do Dimensionamento

- Comprimento da caixa de areia
- $L \approx 22,5 H$, sendo H a altura da lâmina na caixa.
- Largura da caixa de areia

$$Q = S \times V = b \times H \times V \Rightarrow b = \frac{Q}{H \times V}$$

- $b \Rightarrow$ Largura da caixa (m);
- $Q \Rightarrow$ Vazão dos esgotos (m^3/s);
- $H \Rightarrow$ Altura da lâmina de água (m);
- $V \Rightarrow$ Velocidade do fluxo (m/s) = 0,30 m/s;
- $S \Rightarrow$ Área molhada (m^2).
- Taxa de Escoamento Superficial $\Rightarrow 600$ a $1.300 m^3/m^2 \times dia$

3.5.4 – Reator de Manta de Lodo - UASB

- Tempo de detenção hidráulica (TDH) \Rightarrow Entre 10 e 7 h;
- Altura do reator H_r (m) \Rightarrow Entre 4,0 e 5,0;
- Área de influência de cada tubo de distribuição (m^2) \Rightarrow Entre 2 e 3;
- Velocidade superficial: $Q_{MÉD} \Rightarrow 0,50$ a $0,70 m/h$;
 $Q_{MÁX} \Rightarrow 0,90$ A $1,10 m/h$.
- Carga orgânica volumétrica ($kg DQO/m^3.d$)

Para esgoto doméstico de baixa concentração a carga orgânica não é fator limitante, devendo-se levar em consideração as cargas hidráulicas volumétricas.

- Cargas Hidráulicas Volumétricas ($m^3/m^3 \times d$)

As cargas hidráulicas volumétricas devem ser mantidas abaixo de:

$Q_{MÉD}$: Menor que $5,0 \text{ m}^3/\text{m}^3 \times \text{d}$;

$Q_{MÁX}$: Menor que $6,0 \text{ m}^3/\text{m}^3 \times \text{d}$;

Q_{PICO} : Menor que $7,0 \text{ m}^3/\text{m}^3 \times \text{d}$.

- Estimativa de Produção de Gás Metano

Foi assumida uma taxa de produção de $0,35 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{kg DQO}$ degradada.

- Estimativa de Produção de Biogás

Foi estimada considerando um teor de metano no biogás igual a 70%.

- Produção de Sólidos

Foi estimada uma taxa média de produção de variável entre 0,10 e 0,20 kg SST/kg DQO aplicada.

Para o cálculo de volume de sólidos considerou-se um lodo com concentração de 4% e densidade de 1.020 kg/m^3 .

- Desidratação do Lodo

O lodo gerado nos reatores de manta de lodo será desidratado em leitos de secagem. A produção de lodo nos reatores é baixa, não sendo necessária a remoção diária de sólidos.

A determinação da área de secagem foi feita a partir da produção estimada de sólidos no sistema, considerando uma altura de lâmina de lodo máxima nos leitos de 30 cm.

3.5.5 – Leitos de Secagem

- Tempo de secagem previsto (d) \Rightarrow 10 a 15
- Taxa de aplicação de sólidos ($\text{kg SST}/\text{m}^2 \times \text{ciclo}$) \Rightarrow 15 (Segundo a NBR 12.209)

3.5.6 – Lagoa Anaeróbia

- Profundidade (h) \Rightarrow 4,0 a 5,0 m;
- Tempo de detenção hidráulica (TDH) \Rightarrow 3 a 6 dias;
- Taxa de aplicação volumétrica (L_v) \Rightarrow 0,1 a 0,3 $\text{kg DBO}_5/(\text{m}^3 \times \text{dia})$;

- Carga de DBO afluente - (S_o) \Rightarrow calculada para cada alternativa;
- Eficiência na remoção de DBO (E) \Rightarrow 60%.

3.5.7 – Lagoas Facultativas

- Profundidade (h) \Rightarrow 1,5 a 3,0 m;
- Taxa de Aplicação Superficial (TAS) \Rightarrow Varia com a temperatura local, latitude, exposição solar, altitude entre outros. Adotado o limite entre as faixas para regiões com inverno e insolação moderados, e regiões com inverno quente e elevada insolação \Rightarrow 240 kg DBO₅/(m³ x dia);
- Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) \Rightarrow 15 a 45 dias;
- Coeficiente de Remoção de DBO \Rightarrow $K_{20^{\circ}\text{C}} = 0,20 \text{ d}^{-1}$ (precedida de lagoa anaeróbia), e $K_{20^{\circ}\text{C}} = 0,30 \text{ d}^{-1}$ (para lagoa facultativa única);
- Remoção de DBO e SS \Rightarrow 75 a 85%; e
- Remoção de coliformes \Rightarrow 80 a 90%.

3.5.8 – Lagoas de Maturação

- Profundidade (h) \Rightarrow 0,8 a 1,5 m;
- Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) = 3 a 6 dias;
- Carga de coliformes *per capita*: 10^9 a 10^{12} CF/dia;
- Concentração máxima na mistura do efluente/corpo receptor ≤ 1000 CF/100 ml;
- Remoção de coliformes do sistema de lagoas: 99 a 99,99% (função do corpo receptor).

4. DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO

4. DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO

4.1 – Vazões de Pré-Dimensionamento das Redes Coletoras

Com base no estudo do crescimento populacional de Icaraí de Minas calculou-se a população a ser atendida pelo sistema de esgotos sanitários.

A população de cada uma das sub-bacias foi calculada a partir da área de cada uma, multiplicada pela densidade correspondente ao setor a que pertence.

Na obtenção das vazões de cada sub-bacia foram calculadas as vazões de esgotos domésticos somadas as vazões de infiltração, utilizando-se da população em cada área de contribuição e os critérios e parâmetros descritos no Capítulo 3.

Como citado no item 3.2.2 a vazão de infiltração é dada por:

- 25% da vazão máxima horária doméstica; ou
- $CI = a \times L \rightarrow a = (0,01 \text{ a } 0,2) \text{ l/s} \times \text{km de rede coletora existente};$

$L = \text{Extensão de rede.}$

Sendo utilizado o índice que apresentar a menor infiltração.

Para o Estudo de Concepção foi realizado o Levantamento Topográfico da sede urbana de Icaraí de Minas que permitiu avaliar o correto número da extensão de rede para contabilizar no cálculo da vazão de infiltração. No Estudo de Reconhecimento, Volume 1 deste trabalho, apresentou-se uma expectativa da vazão para o projeto.

Portanto, por meio do levantamento topográfico, foram contabilizados 20.693 metros de redes coletoras sendo elas existentes e a projetar.

Logo, considerando a primeira alternativa para o cálculo da vazão de infiltração obtém-se 1,61 l/s de CI ao final de plano (pior situação).

Para a segunda alternativa será adotado 0,1 l/s x km de rede (índice normalmente adotado pela COPASA). Contabilizadas as redes coletoras obtém-se 2,07 l/s de coeficiente de infiltração.

Entre as duas alternativas a que apresenta a menor infiltração é a primeira: 25% da vazão máxima horária.

As vazões utilizadas para o cálculo das redes coletoras estão apresentadas nos Quadros 4.1.1 a 4.1.2.

**QUADRO 4.1.1 – VAZÕES CONTRIBUINTES DAS SUB-BACIAS - ANO 2.008
SEDE URBANA DE ICARAÍ DE MINAS – REDES COLETORAS E ELEVATÓRIA**

SUB-BACIAS	POPULAÇÃO (hab)		VAZÕES (l/s)						
			DOMÉSTICA			Q _{infiltração}	TOTAL		
	TOTAL	ATENDIDA	Q _{mín}	Q _{média}	Q _{máx.hor}		Q _{mín}	Q _{média}	Q _{máx.hor}
SB-1	184	184	0,09	0,18	0,33	0,08	0,17	0,26	0,41
SB-2	715	715	0,35	0,71	1,27	0,32	0,67	1,03	1,59
SB-3	153	153	0,08	0,15	0,27	0,07	0,14	0,22	0,34
SB-4	110	110	0,05	0,11	0,20	0,05	0,10	0,16	0,24
SB-5	126	126	0,06	0,12	0,22	0,06	0,12	0,18	0,28
SB-6	66	66	0,03	0,07	0,12	0,03	0,06	0,09	0,15
SB-7	282	282	0,14	0,28	0,50	0,13	0,27	0,41	0,63
SB-8	48	48	0,02	0,05	0,09	0,02	0,05	0,07	0,11
SB-9	179	179	0,09	0,18	0,32	0,08	0,17	0,26	0,40
SB-10	505	505	0,25	0,50	0,90	0,22	0,47	0,72	1,12
TOTAL	2.367	2.367	1,17	2,34	4,22	1,06	2,23	3,40	5,28

C: 0,80
 K1: 1,2
 K2: 1,5
 K3: 0,5
 q: 107 l/hab x dia
 Infiltração: 25% Q máx.
 Atendimento: 100%

Q_{DOMÉSTICA} :
 $Q_{mín} = (Pop.atendida \times C \times K3 \times At) / 86400$
 $Q_{média} = (Pop.atendida \times C \times At) / 86400$
 $Q_{máx.hor} = Q_{média} \times K1 \times K2$
Q_{TOTAL} :
 $Q_{mín} = ((Pop.atendida \times C \times K3 \times At) / 86400) + Q_{inf}$
 $Q_{média} = ((Pop.atendida \times C \times At) / 86400) + Q_{inf}$
 $Q_{máx.hor} = (Q_{média} \times K1 \times K2) + Q_{inf}$

QUADRO 4.1.2 – VAZÕES CONTRIBUINTE DAS SUB-BACIAS - ANO 2.028
SEDE URBANA DE ICARAI DE MINAS – REDE COLETORA E ELEVATORIA

SUB-BACIAS	POPULAÇÃO (hab)		VAZÕES (l/s)						
			DOMÉSTICA			Q _{infiltração}	TOTAL		
	TOTAL	ATENDIDA	Q _{mín}	Q _{média}	Q _{máx.hor}		Q _{mín}	Q _{média}	Q _{máx.hor}
SB-1	281	281	0,14	0,28	0,50	0,13	0,26	0,40	0,63
SB-2	1.091	1.091	0,54	1,08	1,95	0,49	1,03	1,57	2,43
SB-3	233	233	0,12	0,23	0,42	0,10	0,22	0,34	0,52
SB-4	167	167	0,08	0,17	0,30	0,07	0,16	0,24	0,37
SB-5	193	193	0,10	0,19	0,34	0,09	0,18	0,28	0,43
SB-6	100	100	0,05	0,10	0,18	0,04	0,09	0,14	0,22
SB-7	430	430	0,21	0,43	0,77	0,19	0,40	0,62	0,96
SB-8	74	74	0,04	0,07	0,13	0,03	0,07	0,11	0,16
SB-9	272	272	0,13	0,27	0,49	0,12	0,26	0,39	0,61
SB-10	770	770	0,38	0,76	1,37	0,34	0,72	1,11	1,72
TOTAL	3.612	3.612	1,79	3,58	6,44	1,61	3,40	5,19	8,05

C: 0,80
 K1: 1,2
 K2: 1,5
 K3: 0,5
 q: 107 l/hab x dia
 Infiltração: 25% Q máx.
 Atendimento: 100%

Q_{DOMÉSTICA} :
 $Q_{mín} = (Pop.atendida \times C \times K3 \times At) / 86400$
 $Q_{média} = (Pop.atendida \times C \times At) / 86400$
 $Q_{máx.hor} = Q_{média} \times K1 \times K2$
Q_{TOTAL} :
 $Q_{mín} = ((Pop.atendida \times C \times K3 \times At) / 86400) + Q_{inf}$
 $Q_{média} = ((Pop.atendida \times C \times At) / 86400) + Q_{inf}$
 $Q_{máx.hor} = (Q_{média} \times K1 \times K2) + Q_{inf}$

4.2 – Vazões de Pré-Dimensionamento da Elevatória de Esgoto Bruto

Para desenvolvimento das alternativas de concepção para o SES de Icaraí de Minas foi observado a necessidade de execução de 01 (uma) elevatória de esgoto bruto ao final da rede, junto à área da Estação de Tratamento de Esgotos.

A elevatória projetada teve suas vazões definidas a partir das contribuições da rede coletora.

As vazões utilizadas para o cálculo da elevatória da sede urbana foram extraídas dos Quadros 4.1.1 e 4.1.2.

4.3 – Vazões para Pré-Dimensionamento da ETE

O Sistema de Esgotos Sanitários da sede urbana de Icaraí de Minas será constituído de uma única ETE, portanto, a vazão de dimensionamento do sistema de tratamento corresponderá a toda contribuição de esgotos da população.

Utilizando-se do índice de atendimento adotado de 100% ao longo do período de alcance de projeto obtiveram-se as populações atendidas no sistema (2.008 – 2.028).

Na obtenção das vazões para o pré-dimensionamento da ETE foram calculadas as vazões ano a ano, conforme apresentado no Quadro 4.3.1.

QUADRO 4.3.1 - VAZÕES DO S.E.S. DA SEDE URBANA DE ICARAÍ DE MINAS - ETE

ANO	POPULAÇÃO (hab)		NÍVEL DE ATENDIMENTO (%)	VAZÕES (l/s)						
				DOMÉSTICA			Q _{infiltração}	TOTAL		
	TOTAL	ATENDIDA		Q _{min}	Q _{média}	Q _{máx.hor}		Q _{min}	Q _{média}	Q _{máx.hor}
2.008	2.367	2.367	100	1,17	2,34	4,22	1,06	2,23	3,40	5,28
2.009	2.426	2.426	100	1,20	2,40	4,33	1,08	2,28	3,48	5,41
2.010	2.486	2.486	100	1,23	2,46	4,43	1,11	2,34	3,57	5,54
2.011	2.541	2.541	100	1,26	2,52	4,53	1,13	2,39	3,65	5,67
2.012	2.598	2.598	100	1,29	2,57	4,63	1,16	2,45	3,73	5,79
2.013	2.656	2.656	100	1,32	2,63	4,74	1,18	2,50	3,82	5,92
2.014	2.715	2.715	100	1,35	2,69	4,84	1,21	2,56	3,90	6,05
2.015	2.776	2.776	100	1,38	2,75	4,95	1,24	2,61	3,99	6,19
2.016	2.838	2.838	100	1,41	2,81	5,06	1,27	2,67	4,08	6,33
2.017	2.901	2.901	100	1,44	2,87	5,17	1,29	2,73	4,17	6,47
2.018	2.966	2.966	100	1,47	2,94	5,29	1,32	2,79	4,26	6,61
2.019	3.032	3.032	100	1,50	3,00	5,41	1,35	2,85	4,36	6,76
2.020	3.100	3.100	100	1,54	3,07	5,53	1,38	2,92	4,45	6,91
2.021	3.159	3.159	100	1,57	3,13	5,63	1,41	2,97	4,54	7,04
2.022	3.220	3.220	100	1,60	3,19	5,74	1,44	3,03	4,63	7,18
2.023	3.282	3.282	100	1,63	3,25	5,85	1,46	3,09	4,72	7,32
2.024	3.346	3.346	100	1,66	3,31	5,97	1,49	3,15	4,81	7,46
2.025	3.410	3.410	100	1,69	3,38	6,08	1,52	3,21	4,90	7,60
2.026	3.476	3.476	100	1,72	3,44	6,20	1,55	3,27	4,99	7,75
2.027	3.543	3.543	100	1,76	3,51	6,32	1,58	3,33	5,09	7,90
2.028	3.612	3.612	100	1,79	3,58	6,44	1,61	3,40	5,19	8,05

C: 0,80

K1: 1,2

K2: 1,5

K3: 0,5

q: 107 l/hab x dia

Infiltração: 25% Q máx.

Atendimento: 100%

Q_{DOMÉSTICA} : $Q_{\min} = (\text{Pop.atendida} \times C \times K3 \times At) / 86400$ $Q_{\text{média}} = (\text{Pop.atendida} \times C \times At) / 86400$ $Q_{\text{máx.hor}} = Q_{\text{média}} \times K1 \times K2$ **Q_{TOTAL} :** $Q_{\min} = ((\text{Pop.atendida} \times C \times K3 \times At) / 86400) + Q_{\text{inf}}$ $Q_{\text{média}} = ((\text{Pop.atendida} \times C \times At) / 86400) + Q_{\text{inf}}$ $Q_{\text{máx.hor}} = (Q_{\text{média}} \times K1 \times K2) + Q_{\text{inf}}$

5. ESTUDO DAS ALTERNATIVAS DE CONCEPÇÃO

5. ESTUDOS DAS ALTERNATIVAS DE CONCEPÇÃO

5.1 – Introdução

A elaboração do Estudo de Concepção do Sistema de Esgotos Sanitários da Sede do município de Icaraí de Minas tem como meta a escolha da melhor alternativa técnica, econômica e ambiental para coletar, transportar e tratar os esgotos dessa localidade.

O desenvolvimento das alternativas de concepção do sistema foi baseado em estudos para definição do plano de escoamento das redes coletoras, do traçado de interceptores, de locais para implantação de elevatória e, conseqüentemente, do traçado da linha de recalque, dos locais para implantação da estação de tratamento de esgotos e dos tipos de processos para tratamento.

A topografia de Icaraí de Minas favorece o escoamento dos esgotos com a concentração destes a jusante da área urbana do município. Assim, o traçado das redes coletoras e seu pré-dimensionamento foram realizados sem necessidade de concepções alternativas, optando-se por uma concepção única que representasse o melhor plano de escoamento para o sistema. Além disso, Icaraí de Minas apresenta algumas redes coletoras já implantadas pela COPASA que serão, posteriormente, cadastradas e verificadas suas condições hidráulicas para aproveitamento no projeto básico.

A Estação de Tratamento de Esgotos existente está locada a jusante do centro urbano de Icaraí de Minas ao final da Rua Cel. José Bernardino, estrada para São Romão, para onde é encaminhado todo o esgoto da sede urbana por gravidade. A estação será desativada, pois se encontra em estado precário de funcionamento. No mesmo local será implantada uma ETE para a vazão de final de plano de projeto. Para tanto, serão estudadas alternativas de concepção de tratamento que melhor se ajustam à área, à região de Icaraí de Minas e à disposição do efluente final.

Para a escolha das alternativas de processo de tratamento de esgotos da sede urbana de Icaraí de Minas priorizou-se as opções com processos não mecanizados, com baixo consumo energético e facilidade de operação. Dessa forma, as alternativas propostas para estudo constituem basicamente de:

- Reator UASB + Lagoa de Polimento;

- Sistema de Lagoas de Estabilização (Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação).

Observa-se que, pelo supracitado, para efeito de avaliação dos custos as alternativas de tratamento são as que influenciam nos orçamentos finais das alternativas.

Assim, o Estudo de Concepção apresentado, a seguir, analisará técnica e economicamente as alternativas de tratamento comparando-as e procurando pela melhor opção de projeto para a sede do município de Icaraí de Minas.

5.2 – Ligações Prediais

Para previsão do custo global da alternativa a ser eleita como sendo a melhor opção para o SES de Icaraí de Minas são estimados os custos de implantação das ligações prediais para a localidade.

Para a estimativa do número de ligações prediais de esgoto utilizou-se dos dados populacionais para o ano de 2.008, ano de início de projeto, e também do índice de habitante por domicílio e relação do número de economias por ligações prediais de água existentes retirados dos relatórios da COPASA - IBO/IBG de Dez/2.007.

$$N^{\circ} \text{ Ligações} = \frac{P_{at}}{I_{hab/dom} \times R_{E/L}}$$

Onde:

- P_{at} \Rightarrow População atendida;
- $I_{hab/dom}$ \Rightarrow Índice de habitante por domicílio = 3,65 (IBO/IBG - COPASA);
- $R_{E/L}$ \Rightarrow Relação do número de economias por ligações predial = 1,01 (IBO/IBG - COPASA).

O Quadro 5.2.1 apresenta uma estimativa do número de ligações prediais a serem implantadas em 2.008.

QUADRO 5.2.1 – ESTIMATIVA DO NÚMERO DE LIGAÇÕES PREDIAIS

POPULAÇÃO (hab)		NÚMERO DE LIGAÇÕES PREDIAIS A IMPLANTAR
TOTAL	ATENDIDA	
2.367	2.367	642

O número de ligações residenciais do sistema de abastecimento de água de Icaraí de Minas, informado pelo IBO/IBG COPASA, é de 750 ligações, sendo coerente com o valor pré-dimensionado de 642 ligações prediais de esgoto. A diferença entre os valores deve-se a população inferida de ambos.

5.3 – Redes Coletoras

O Estudo de Reconhecimento do sistema de esgoto sanitário existente em Icaraí de Minas apontou que o mesmo encontra-se parcialmente implantado, constituído por rede coletora e estação de tratamento.

A rede coletora existente foi implantada em parte das ruas (50%) concentrando os esgotos num ponto abaixo da área urbana, na estrada vicinal com saída para São Romão, onde está localizada a ETE existente. Existem, ainda, fossas sépticas comunitárias dispersas no restante da cidade.

A concepção de um novo sistema aproveitará as redes coletoras existentes e deverá considerar a complementação das mesmas nos arruamentos dos bairros mais distantes, uma vez que a topografia é favorável para reunir por gravidade todo o esgoto na atual área da ETE.

As redes coletoras perfazem uma extensão total de 20.693 metros sendo 6.456 metros de redes existentes e 14.237 metros projetados a implantar pré-dimensionadas seguindo os parâmetros e critérios definidos no Capítulo 3.

A extensão da rede coletora pré-dimensionada, por diâmetro e por material está apresentada no Quadro 5.3.1.

O plano de esgotamento está apresentado no Volume 2, Tomo 2.2 – Desenhos.

QUADRO 5.3.1 – PRÉ-DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA

REDE COLETORA A IMPLANTAR			
SUB-BACIA	DIÂMETRO (mm)	MATERIAL	EXTENSÃO REDE (m)
1	150	PVC	1.520
2	150	PVC	5.583
3	150	PVC	2.003
4	150	PVC	1.001
5	150	PVC	1.139
6	150	PVC	746
7	150	PVC	1.686
8	150	PVC	286
9	150	PVC	273
TOTAL IMPLANTAR			14.237
REDE COLETORA EXISTENTE			
10	150	-	6.456
TOTAL GERAL			20.693

5.4 – Estação de Tratamento de Esgotos

Segundo o Estudo de Reconhecimento do sistema de esgoto sanitário da sede urbana de Icaraí de Minas a cidade possui uma Estação de Tratamento de Esgotos composta por tratamento preliminar, reator anaeróbio e valas de infiltração. A Estação de Tratamento de Esgotos existente está locada a jusante do centro urbano de Icaraí de Minas ao final da Rua Cel. José Bernardino, estrada para São Romão, para onde é encaminhado todo o esgoto, atualmente coletado, da sede urbana, por gravidade.

A ETE é administrada pela Prefeitura Municipal de Icaraí de Minas e, atualmente, encontra-se em estado precário de operação. Em visita técnica realizada ao local observou-se o descaso com a área e as unidades de tratamento, conforme fotos 5.4.1 a 5.4.5.

A ETE foi projetada pela COPASA em 2.002 por meio do Programa de Saneamento Rural. A Prefeitura não possui o cadastro das unidades, o que dificulta a verificação das mesmas.

**FOTO 5.4.1 – ÁREA DA ETE
DETALHE PARA A PLANTAÇÃO DE MILHO NA ÁRAE DA ETE**



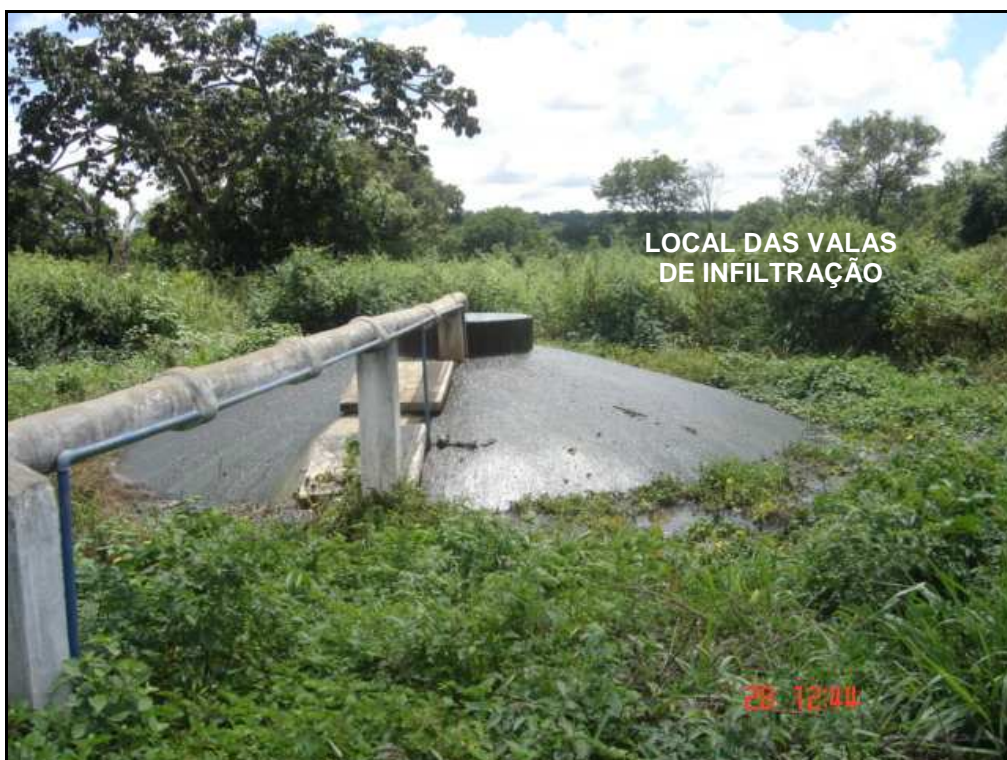
**FOTO 5.4.2 – ÁREA DA ETE
DETALHE PARA AS CONDIÇÕES DO TRATAMENTO PRELIMINAR**



FOTO 5.4.3 – VISTA DO QUEIMADOR DE GÁS, TRATAMENTO PRELIMINAR E TUBULAÇÃO PARA O REATOR



**FOTO 5.4.4 – VISTA DO REATOR ANAERÓBIO
DETALHE PARA O TRASBORDAMENTO DO ESGOTO,
E LOCAL DAS VALAS DE INFILTRAÇÃO AO FUNDO**



**FOTO 5.4.5 – VISTA DO REATOR ANAERÓBIO
DETALHE PARA O TRASBORDAMENTO DO ESGOTO PELAS PAREDES DO REATOR**



Pelas fotos 5.4.4 e 5.4.5 pode-se perceber que os dispositivos de distribuição do esgoto na superfície do reator encontram-se completamente colmatados, provocando o escoamento do esgoto bruto pelo lado de fora do reator. Como consequência, tem-se a disposição inadequada no solo de efluente não tratado. De forma geral, a situação atual da estação é de completo abandono, como pode ser comprovado nas fotos apresentadas.

Considerando tal situação e sabendo que apenas o tratamento preliminar seguido de reator anaeróbio não são suficientes para dotar o efluente tratado com eficiência para a disposição no solo, como vem ocorrendo atualmente na estação, decidiu-se que a ETE não será aproveitada para o projeto, sendo desativada. No mesmo local será implantada uma nova ETE para a vazão de final de plano de projeto. Para tanto, serão estudadas alternativas de concepção de tratamento que melhor se ajustam à área disponível e às características do esgoto gerado em Icaraí de Minas aliado à destinação apropriada para os efluentes.

Para a concepção do tratamento a ser utilizado pela ETE serão estudadas duas alternativas, sendo elas:

- Reator UASB + Lagoa de Polimento;
- Sistema de Lagoas (Lagoa Anaeróbia+Lagoa Facultativa+Lagoa de Maturação).

Observa-se que a nova concepção de tratamento deve contemplar a unidade de desinfecção do esgoto tratado antes de sua disposição final ao solo, visto que o município não apresenta corpo d'água perene. Segundo a Carta do Brasil de 1968 havia um corpo d'água que passava pelo município, o Riacho do Angico, que a muitos anos encontra-se seco.

Considerando as limitações para o lançamento de efluentes no município, foram constituídas as alternativas de tratamento, visando-se sempre à remoção de organismos patogênicos por meio de lagoas de maturação, por constituírem uma alternativa bastante econômica de desinfecção, dispensando mão de obra qualificada, consumo de produtos químicos e energia.

Como citado, a área onde será implantada a ETE é de propriedade da Prefeitura Municipal e está disponível para o empreendimento. Segundo Levantamentos Geotécnicos realizados na área o solo caracteriza-se por Solo de Aluvião.

Para as sondagens de reconhecimento da área foram efetuados dois furos de sondagem à percussão e sete furos de sondagem a trado, uniformemente distribuídos pelo terreno. O solo apresenta camada superficial de areia fina argilosa, com espessura de aproximadamente 1 metro, podendo chegar a 2 metros em alguns pontos. As camadas inferiores são formadas por argila pouco arenosa, seguida de argila siltosa com pedregulho, com exceção de alguns pontos que apresentam silte arenoso, silte argiloso, ou silte com pedregulho. As sondagens a trado não identificaram o nível d'água, entretanto nas sondagens à percussão o nível d'água foi registrado nas profundidades de 1,60 e 1,04 metros. O perfil geotécnico apresenta praticamente as mesmas camadas uniformemente espalhadas em toda a área e não há indícios de fatores limitantes dos aspectos construtivos do sistema.

No entanto, quando da elaboração do projeto executivo um projeto geotécnico deverá ser detalhado, inclusive com a definição do processo para impermeabilização dos taludes e fundos das lagoas de estabilização.

5.4.1 – Estudo de Autodepuração

Quando o esgoto é lançado em um corpo receptor torna-se necessário um estudo de autodepuração deste curso d'água para avaliar se o lançamento provocará alterações na qualidade da água e demais danos ambientais.

Como supracitado, Icaraí de Minas não possui um corpo d'água que drena a cidade. Sendo assim, o esgoto tratado será disposto diretamente no solo, em um talvegue seco ao fundo da área da Estação de Tratamento de Esgotos e, conseqüentemente, não será realizado um estudo de autodepuração.

5.4.2 – Descrição das Alternativas de Tratamento

As alternativas para o processo de tratamento da ETE - Icaraí de Minas estão definidas no Quadro 5.4.1, a seguir.

QUADRO 5.4.1 – ALTERNATIVAS PARA O PROCESSO DE TRATAMENTO DA ETE-ICARAÍ DE MINAS

Alternativa I	<i>Reator Anaeróbio seguido de Lagoas de Polimento em série</i>
Alternativa II	<i>Sistema de Lagoas de estabilização: Lagoas Anaeróbias + Lagoa Facultativa + Lagoas de Maturação</i>

5.4.2.1 - Alternativa I – *Reator Anaeróbio + Lagoas de Polimento em série*

A Alternativa I é constituída por 3 Reatores Anaeróbios de Manta de Lodo (Reatores UASB) e uma série de 4 Lagoas de Polimento após os Reatores. O emprego de um processo anaeróbio de tratamento possibilita baixo consumo de energia e baixa produção de lodo na ETE. Além disso, a operação dos reatores UASB é simples e o sistema apresenta baixo custo de implantação.

As Lagoas de Polimento foram escolhidas como pós-tratamento dos Reatores Anaeróbios por proporcionarem, principalmente, a remoção de organismos patogênicos, sendo que na primeira lagoa da série, ocorre também remoção adicional de matéria orgânica. As lagoas foram dimensionadas como lagoas de maturação, com o cuidado de se empregar para a primeira lagoa um tempo de detenção um pouco superior às demais, com o objetivo de se evitar sobrecarga orgânica.

Inicialmente foi prevista a distribuição dos Reatores em duas etapas para implantação da ETE, de forma que dois módulos atenderiam a primeira etapa, de 2.008 a 2.017, e a partir daí a inclusão de mais um módulo seria suficiente para atender o final de plano. O objetivo da divisão em etapas é avaliar a necessidade de expansão das unidades com o decorrer da operação, em função da vazão afluyente à estação de tratamento. O Quadro 5.4.2 apresenta a modulação dos Reatores de acordo com as etapas de implantação da ETE.

QUADRO 5.4.2 – MODULAÇÃO DOS REATORES

ETAPAS	ANO	POPULÇÃO ATENDIDA (hab.)	VAZÃO MÉDIA (l/s)	NÚMERO DE MÓDULO DO REATOR	TDH (h)
1a ETAPA	2.008	2.367	3,40	2	9,0
	2.009	2.426	3,48	2	8,8
	2.010	2.486	3,57	2	8,5
	2.011	2.541	3,65	2	8,4
	2.012	2.598	3,73	2	8,2
	2.013	2.656	3,82	2	8,0
	2.014	2.715	3,90	2	7,8
	2.015	2.776	3,99	2	7,7
	2.016	2.838	4,08	2	7,5
	2.017	2.901	4,17	2	7,3
2a ETAPA	2.018	2.966	4,26	3	10,7
	2.019	3.032	4,36	3	10,5
	2.020	3.100	4,45	3	10,3
	2.021	3.159	4,54	3	10,1
	2.022	3.220	4,63	3	9,9
	2.023	3.282	4,72	3	9,7
	2.024	3.346	4,81	3	9,5
	2.025	3.410	4,90	3	9,3
	2.026	3.476	4,99	3	9,2
	2.027	3.543	5,09	3	9,0
	2.028	3.612	5,19	3	8,8

Os critérios utilizados para o dimensionamento dos Reatores estão resumidos no Quadro 5.4.3.

O dimensionamento e as verificações quanto às condições de operação dos Reatores são apresentados no Quadro 5.4.4.

O cálculo das Lagoas de Maturação está apresentado no Quadro 5.4.5.

QUADRO 5.4.3 – PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO DOS REATORES UASB

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO						
CIDADE:		ICARAÍ DE MINAS				
NÍVEL DE TRATAMENTO		UNIDADE				
SECUNDÁRIO		REATOR ANAERÓBIO				
POLIMENTO		LAGOAS DE MATURAÇÃO				
DETERMINAÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA						
PARÂMETROS PARA PRÉ DIMENSIONAMENTO			UNIDADE	VALOR		
CONSUMO <i>PER CAPITA</i>			ℓ / (habxdia)	107,00		
TEMPO DE DETENÇÃO HIDRÁULICA (TDH)			horas	10 a 7		
ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE GÁS METANO			m³CH₄/kgDQO	0,35		
ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS			%	70		
ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE SÓLIDOS			kgSST/kgDQO	0,15		
CONCENTRAÇÃO DO LODO			%	4		
DENSIDADE DO LODO			kg/m³	1020		
TEMPERATURA ESGOTO			°C	24		
CARGA DBO / <i>PER CAPITA</i>			kg / (habxdia)	0,045		
RELAÇÃO DQO / DBO			-	1,7		
RELAÇÃO SÓLIDOS TOTAIS/SÓLIDOS VOLÁTEIS			SST/SSV	1,14		
CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES			gN/gSSV	0,065		
CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES			gP/gSSV	0,015		
DADOS UTILIZADOS						
POPULAÇÕES E VAZÕES	SIGLA	UNID	2.008	2.017	2.018	2.028
POPULAÇÃO	Pop	hab.	2.367	2.901	2.966	3.612
ÍNDICE DE ATENDIMENTO	Ind.at	%	100%	100%	100%	100%
POPULAÇÃO ATENDIDA	Pop	hab.	2.367	2.901	2.966	3.612
VAZÃO AFLUENTE MÉDIA S/ INFILTRAÇÃO	Q _{méd}	l/s	2,34	2,87	2,94	3,58
VAZÃO AFLUENTE MÉDIA C/ INFILTRAÇÃO	Q _{méd+inf}	l/s	3,40	4,17	4,26	5,19
VAZÃO AFLUENTE MÁXIMA S/ INFILTRAÇÃO	Q _{máx}	l/s	4,22	5,17	5,29	6,44
VAZÃO AFLUENTE MÁXIMA C/ INFILTRAÇÃO	Q _{máx + inf}	l/s	5,28	6,47	6,61	8,05

QUADRO 5.4.4 – DIMENSIONAMENTO DOS REATORES UASB

CÁLCULO DA MODULAÇÃO DOS REATORES						
DISCRIMINAÇÃO	SIGLA	UNID	1ª etapa		2ª etapa	
			2.008	2.017	2.018	2.028
Vazão afluyente média	Q _{méd}	l/s	3,40	4,17	4,26	5,19
Volume útil necessário	V _{util}	m³	98	120	123	149
Modulação adotada	N	unid	2	2	3	3
Volume útil necessário/módulo	V _{nec}	m³	49,00	60,00	41,00	49,67
DIMENSIONAMENTO DO MÓDULO						
DISCRIMINAÇÃO	SIGLA	UNID	ADOTADO			
Volume útil (adotar no máximo 1.500 m³ por módulo)	V _{util}	m³	54,95			
Altura útil (Adotar entre 3 e 6 metros)	H _{util}	m	4,50			
Comprimento	Comp	m	3,70			
Largura	Larg	m	3,30			
Área	Área	m²	12,21			
DADOS POR MÓDULO						
ITEM	PARÂMETROS	FÓRMULA	Q _{MÉD}			
			2.008	2.017	2.018	2.028
1	Vazão média por módulo s/ Inf. (m³/h)	Q _{méd} :	4,22	5,17	3,53	4,29
2	Vazão média por módulo c/ inf.(m³/h)	Q _{méd+inf} :	6,12	7,50	5,11	6,23
3	Vazão maxima por módulo c/ inf.(m³/h)	Q _{máx+inf} :	9,50	11,64	7,93	9,66
4	Carga por módulo (kgDBO/dia)	Pop x Ind.at x 0,045 / (N)	53,25	65,27	44,49	54,18
5	Concentração DBO (mg/l)	(3)x1000 / 24x(2)	363	363	363	363
6	Concentração DQO (kgDQO/m³) ou (g/l)	(4) x 1,7/1000	0,62	0,62	0,62	0,62

CONTINUAÇÃO QUADRO 5.4.4 – DIMENSIONAMENTO DOS REATORES UASB

VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES OPERACIONAIS DO REATOR - (POR MÓDULO)

ITEM	PARÂMETROS	FÓRMULA	Q _{MÉD}				OBSERVAÇÕES
			2.008	2.017	2.018	2.028	
7	Velocidade superficial Q _{méd} (m/h)	(2) / (A)	0,5	0,6	0,4	0,5	Velocidades preferencialmente na faixa de 0,5 a 0,7m/h e sempre inferior a 2,0 m/h
8	Velocidade superficial Q _{máx} (m/h)	(3) / (A)	0,8	1,0	0,6	0,8	Velocidades preferencialmente na faixa de 0,9 a 1,1 m/h
9	Tempo de detenção hidráulica (h)	(V _{util}) / (2)	9,0	7,3	10,7	8,8	O TRH normalmente adotado é de 8 h para temp média de 20 °C
10	Carga hidráulica volumétrica (m³/(m³xdia))	(2) x24 / (V _{util})	2,7	3,3	2,2	2,7	Deve ser inferior a 5 m³/(m³xdia)
11	Carga orgânica volumétrica (kgDQO/(m³xdia))	(2) x (6) x24 / (V _{util})	1,6	2,0	1,4	1,7	Deve ser inferior a 5 kgDQO/(m³xdia) em esgotos estritamente domésticos
12	Estimativa eficiência de remoção de DBO (%)	$100 \times (1 - 0,708 \times (9)^{-0,5})$	76,4	73,8	78,4	76,2	As eficiências esperadas para os reatores UASB geralmente estão na faixa de 60 a 75%
13	Estimativa eficiência de remoção de DQO (%)	$100 \times (1 - 0,68 \times (9)^{-0,35})$	68,5	66,1	70,4	68,3	As eficiências esperadas para os reatores UASB geralmente estão na faixa de 55 a 70%
14	Produção de gás metano	$(2) \times 24 \times (6) / 1000 \times (13) \times 0,35$	21,7	25,7	18,6	22,0	Taxa de produção de 0,35 m³CH ₄ /kgDQO
15	Produção de biogás	(14) / 0,70	31,0	36,7	26,6	31,4	Concentração de CH ₄ no biogás 70-80%
16	Taxa biogás(m³/biogás/(m² x dia)	(15) / (A)	2,5	3,0	2,2	2,6	A taxa de produção de biogás deve ser no mínimo de 1,0 e no máximo entre 3,0 e 5,0.
17	Concentração DBO efluente (mg/l)	(5)-((12)x(5))	86	95	78	86	
18	Concentração DQO efluente (mg/l)	$(6) \times 1000 - ((13) \times 1000 \times (6))$	194	209	183	196	

YC ENGENHARIA

QUADRO 5.4.5 – DIMENSIONAMENTO DAS LAGOAS DE MATURAÇÃO

DADOS DE ENTRADA				
DISCRIMINAÇÃO		ANO	VALOR	
POPULAÇÃO ATENDIDA (hab.)		2.008	2.367	
		2.028	3.612	
VAZÃO		2.008	m³/dia	l/s
			293,76	3,40
			2.028	448,28
TEMPERATURA (°C)		24		
CARGA PER- CAPITA DE COLIFORMES FECAIS (CF/hab. x dia)		1,0E+10		
ALTURA DA BORDA LIVRE (m)		0,5		
EFICIÊNCIA CONSIDERADA PARA O REATOR(%)		80		
CONCENTRAÇÃO DE COLIFORMES NO CORPO RECEPTOR (CF/ 100 ml)		0		
PARÂMETROS AFLUENTE				
CARGA DE COLIFORMES FECAIS (CF/ d)		3,61E+13		
CONCENTRAÇÃO DE CF	ESGOTO BRUTO (CF/ 100 ml)		8,06E+06	
	EFLUENTE - REATOR (CF/ 100 ml)		1,61E+06	
REMOÇÃO DE COLIFORMES NA LAGOA DE MATURAÇÃO				
TIPO DE REGIME		MISTURA COMPLETA		
NÚMERO DE LAGOAS		1ª LAGOA	DEMAIS LAGOAS	
		1	3	
TEMPO DE DETENÇÃO (dia)		6,0	10,5	
VOLUME (m³)	TOTAL		1.762,55	3.084,46
	CADA LAGOA		1.762,55	1.028,15
ÁREA (m²)		1.762,55	1.028,15	
PROFUNDIDADE (m)		1,00	1,00	
LARGURA (m)		34,28	26,18	
COMPRIMENTO (m)		51,42	39,27	
DIMENSÕES ÚTEIS ADOTADAS	LARGURA ADOTADA (m)		35,00	30,00
	COMPRIMENTO ADOTADO(m)		55,00	40,00
	ÁREA ADOTADA (m2)		1.925,00	1.200,00
	VOLUME REAL (m³)		1.925,00	1.200,00
TEMPO DE DETENÇÃO EM CADA LAGOA (dia)		7	4,1	
TEMPO DE DETENÇÃO TOTAL APLICADO (dia)		7	12	
COEFICIENTE DE DECAIMENTO BACTERIANO - 24°C		1,4	1,4	
CONCENTRAÇÃO EFLUENTE DE COLIFORMES (CF/ 100 ml)		158.375	522	
EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE COLIFORMES NA MATURAÇÃO (%)		90,17	99,67	
EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DECOLIFORMES NO SISTEMA (%)		99,99		
ESTIMATIVA DA DBO EFLUENTE				
Kt - CORREÇÃO DO COEFICIENTE DE REMOÇÃO (D ⁻¹)		0,24		
CONCENTRAÇÃO DE DBO AFLUENTE AO REATOR(mg/l)	2.008	363		
	2.028	363		
CONCENTRAÇÃO DE DBO AFLUENTE ÀS LAGOAS (mg/l)	2.008	109		
	2.028	109		
CONCENTRAÇÃO DE DBO ₅ EFLUENTE - 1ª LAGOA (mg/l)	ANO	SOLÚVEL	TOTAL	
	2.008	42	77	
	2.028	42	77	
EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE DBO PARA O SISTEMA REATOR + LAGOA DE MATURAÇÃO (%)	2.008	79		
	2.028	79		

Para disposição e secagem do lodo dos Reatores foram pré-dimensionados 3 leitos de secagem de $(3 \times 6) \text{ m}^2$.

Para dispor todo o resíduo da ETE, proveniente da EEB, do tratamento preliminar (gradeamento e caixa de areia) e dos Reatores, foi pré-dimensionado um aterro controlado onde foram dispostas 11 (onze) células para atendimento de final de plano. As células possuem 3 metros de profundidade sendo sub-divididas em camadas de 40 cm onde se alterna uma camada de resíduo e uma de solo. Logo, o volume total da célula é de 171 m^3 sendo o volume útil de material aterrado igual a $50,10 \text{ m}^3$. O restante do volume, $120,90 \text{ m}^3$, é composto por solo utilizado para sobrepor o material aterrado.

O tratamento preliminar pré-dimensionado será composto por Calha Parshall de 3" para medição de vazão, caixa de areia de limpeza manual com profundidade de 0,10 m, largura de 0,25 m e comprimento de 2,0 metros, e gradeamento fino com espaçamento entre as grades de 2 cm.

Para operação desta alternativa será necessário a implantação de uma elevatória para alteamento dos esgotos a ser enviado ao tratamento preliminar junto ao Reator UASB, com cota de terreno superior ao reator.

Para definição do conjunto moto-bomba a ser utilizado na estação elevatória foi realizado um pré-dimensionamento com o qual gerou-se um estudo técnico e econômico, apresentado no Quadro 5.4.6, onde foram avaliados diversos fabricantes de bombas para escolha da melhor opção de conjunto moto-bomba. Desta forma, concluiu-se que a opção de uma única bomba submersível em operação da marca ABS modelo EG 20 BVX é a que apresenta melhor custo global de implantação e operação.

Características da Estação Elevatória

- Conjunto Moto-Bomba Submersível da marca ABS modelo EG 20 BVX
- Ponto de Operação: 8,05 l/s x 7,89 m.c.a.;
- Rendimento Hidráulico: 45,20%;
- Potência do motor: 2,0 cv;
- Diâmetro do Rotor: 163 mm;

QUADRO 5.4.6 – ESTUDO TÉCNICO E ECONOMICO ENTRE OS CONJUNTOS MOTO-BOMBA

PRÉ-DIMENSIONAMENTO

EE-FINAL: ALTERNATIVA UASB + LAGOA DE POLIMENTO

RECALQUE: DIÂMETRO 100 mm - 78 m

PONTO DE OPERAÇÃO REQUERIDO:

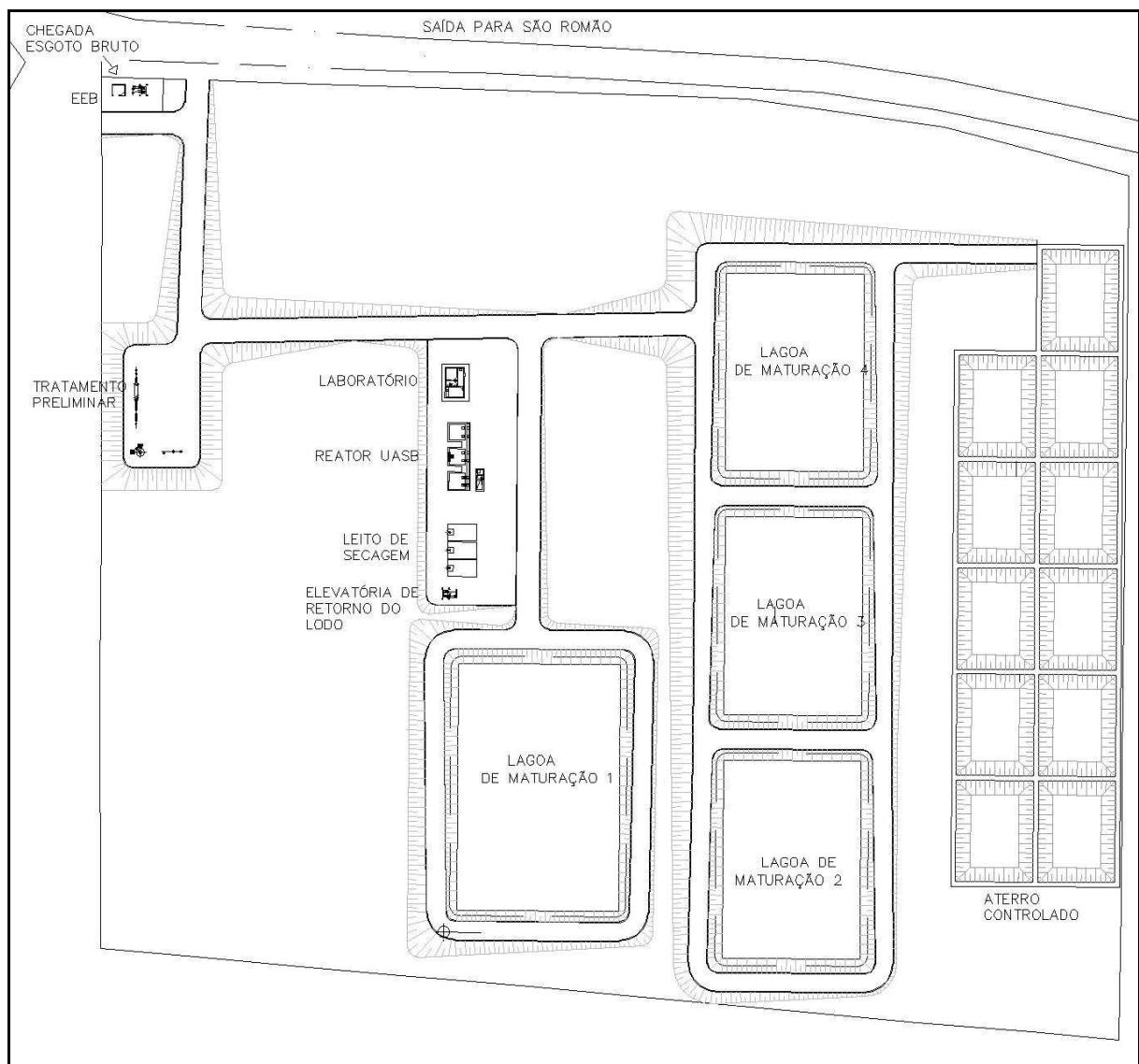
 $Q_{MÁX} = 8,05 \text{ l/s}$ $H_{MAN} = 7,89 \text{ m.c.a}$

ESPECIFICAÇÕES		SUBMERSÍVEL			HORIZONTAL	RE-AUTOESCORVANTE
		ABS	KSB	FLYGT	KSB	ESCO
DADOS DOS CONJUNTOS MOTO-BOMBA	MODELO	EJ 20 BVX	KRT80-200 E / 24 XG	DP 3057.181 MT	Megaflow K 50-160	ESCO MASTER LP-2
	NÚMERO DE CONJUNTOS	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1
	$Q_{DA \text{ BOMBA}}$ (l/s)	8,05	8,05	8,30	8,05	8,05
	H_{MAN} (m)	7,89	7,89	7,89	7,89	7,89
	VELOCIDADE (m/s)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
	η HIDRÁULICO (%)	45,20	45,00	25,30	63,00	43,70
	POTÊNCIA (cv)	2,00	3,40	2,06	2,00	4,00
	POTÊNCIA INSTALADA (cv)	1,87	1,88	3,45	1,34	1,94
	ROTAÇÃO (rpm)	1.750	1.750	3.310	1.750	1.770
CUSTO	EQUIPAMENTOS (R\$)	13.618,00	20.253,00	7.264,00	10.314,00	18.260,00
	CUSTO ENERGIA 2.008 A 2.028 (R\$)	39.784,26	39.961,08	71.077,02	28.543,63	41.149,85
	INSTALAÇÃO (R\$)	75.000,00	75.000,00	75.000,00	130.000,00	130.000,00
	TOTAL (R\$)	128.402,26	135.214,08	153.341,02	168.857,63	189.409,85

- Rotação: 1750 rpm;
- Diâmetro Máximo dos Sólidos: 60 mm.
- Poço de Sucção:
- Área: (2,0 x 2,0) m²
- Altura entre níveis: 0,50 m.

A seguir, apresenta-se um *layout* da Alternativa I.

FIGURA 5.4.2 – LAYOUT DA ETE - ALTERNATIVA I



5.4.2.2 - Alternativa II – Sistema de Lagoas de Estabilização

A Alternativa II trata-se de um Sistema de Lagoas de Estabilização composto por 2 Lagoas Anaeróbias, em paralelo, seguidas de uma Lagoa Facultativa e três Lagoas de Maturação interligadas em série. A escolha desse sistema foi motivada, principalmente, pelo clima favorável na região (muita insolação), e pela simplicidade na operação. Entretanto, não é um sistema compacto e requer grande disponibilidade de área para implantação.

O dimensionamento das lagoas é apresentado nos Quadros 5.4.7 a 5.4.9.

Nesta alternativa, o esgoto da sede urbana de Icaraí de Minas entrará na Estação de Tratamento de Esgotos por gravidade seguindo pelas unidades de tratamento. Portanto, não será necessária a implantação de uma elevatória para alteamento dos esgotos.

O tratamento preliminar pré-dimensionado será composto por Calha Parshall de 3" para medição de vazão, caixa de areia de limpeza manual com profundidade de 0,10 m, largura de 0,25 m e comprimento de 2,0 metros, e gradeamentos grosso e fino com espaçamento entre as grades de 4 e 2 cm, respectivamente.

As lagoas anaeróbias devem ser limpas quando a camada de lodo atingir, aproximadamente, a metade da altura útil. Neste projeto, o descarte de lodo deverá ser realizado a cada 10 anos. Considerando que o acúmulo do lodo na lagoa é de $0,01 \text{ m}^3/\text{hab.} \times \text{ano}$, tem-se, ao final de 10 anos, 361 m^3 de lodo acumulado. Sugere-se que o descarte comece no oitavo ano sendo realizados 4 descartes até o décimo ano em camadas de 30 cm. Logo, cerca de 90 m^3 de lodo serão descartados em uma lagoa de lodo com uma área prevista de $(17,5 \times 17,5) \text{ m}^2$ e profundidade de 1,2 m. Uma outra área deverá ser prevista, pois haverá outro descarte ainda no alcance do projeto.

Para dispor o resíduo da ETE, proveniente do tratamento preliminar (gradeamento e caixa de areia), foi pré-dimensionado um aterro controlado onde foram dispostas 04 (quatro) células para atendimento de final de plano. As células possuem 3 metros de profundidade sub-divididas em camadas de 40 cm onde se alterna uma camada de resíduo e uma de solo. Logo, o volume total da célula é de 171 m^3 sendo o volume útil de material aterrado igual a $50,10 \text{ m}^3$. O restante do volume, $120,90 \text{ m}^3$, é composto por solo utilizado para sobrepor o material aterrado.

QUADRO 5.4.7 – DIMENSIONAMENTO DAS LAGOAS ANAERÓBIAS

DADOS DE ENTRADA			
DISCRIMINAÇÃO	ANO	VALOR	
POPULAÇÃO ATENDIDA (hab.)	2.008	2.367	
	2.028	3.612	
VAZÃO MÉDIA	2.008	m³/dia	l/s
		293,76	3,4
		2.028	448,42
TEMPERATURA (°C)		24	
CARGA ORGÂNICA PER CAPITA (kg DBO / hab. x dia)		0,045	
TAXA DE APLICAÇÃO VOLUMÉTRICA (kg DBO ₅ / m³ x dia)		0,2	
PROFUNDIDADE ÚTIL ADOTADA PARA A LAGOA (m)		4,5	
ALTURA DA BORDA LIVRE (m)		0,5	
EFICIÊNCIA CONSIDERADA PARA A LAGOA (%)		60	
PARÂMETROS AFLUENTE			
CARGA ORGÂNICA AFLUENTE		mg/s	kgDBO x dia
	2.008	1.232,81	106,52
	2.028	1.881,25	162,54
CONCENTRAÇÃO DE DBO AFLUENTE (mg/l)	2.008	363	
	2.028	362	
DIMENSIONAMENTO			
VOLUME REQUERIDO PARA A LAGOA (m³)		812,70	
TEMPO DE DETENÇÃO (dia)	2.008	3	
	2.028	2	
ÁREA REQUERIDA (m²)		180,60	
NÚMERO DE LAGOAS		2	
LARGURA / COMPRIMENTO (m) - MEIA PROFUNDIDADE		9,50	
LARGURA / COMPRIMENTO- ADOTADA (m) - MEIA PROFUNDIDADE		11,50	
ÁREA ADOTADA (m²)		132,25	
VOLUME RESULTANTE (m³)		1190,25	
TEMPO DE DETENÇÃO ADOTADO (dia)	2.008	4	
	2.028	3	
TALUDE ADOTADO		VERTICAL	2
		HORIZONTAL	3
COMPRIMENTO / LARGURA DO FUNDO (m)		4,75	
COMPRIMENTO / LARGURA NO NÍVEL DO ESGOTO (m)		18,25	
COMPRIMENTO / LARGURA NA CRISTA DO TALUDE (m)		19,75	
PARÂMETROS DO EFLUENTE			
CARGA ORGÂNICA	2.008	mg/s	kgDBO x dia
		493,13	42,61
		2.028	752,50
CONCENTRAÇÃO DE DBO ₅ (mg/l)	2.008	145	
	2.028	145	

QUADRO 5.4.8 – DIMENSIONAMENTO DA LAGOA FACULTATIVA

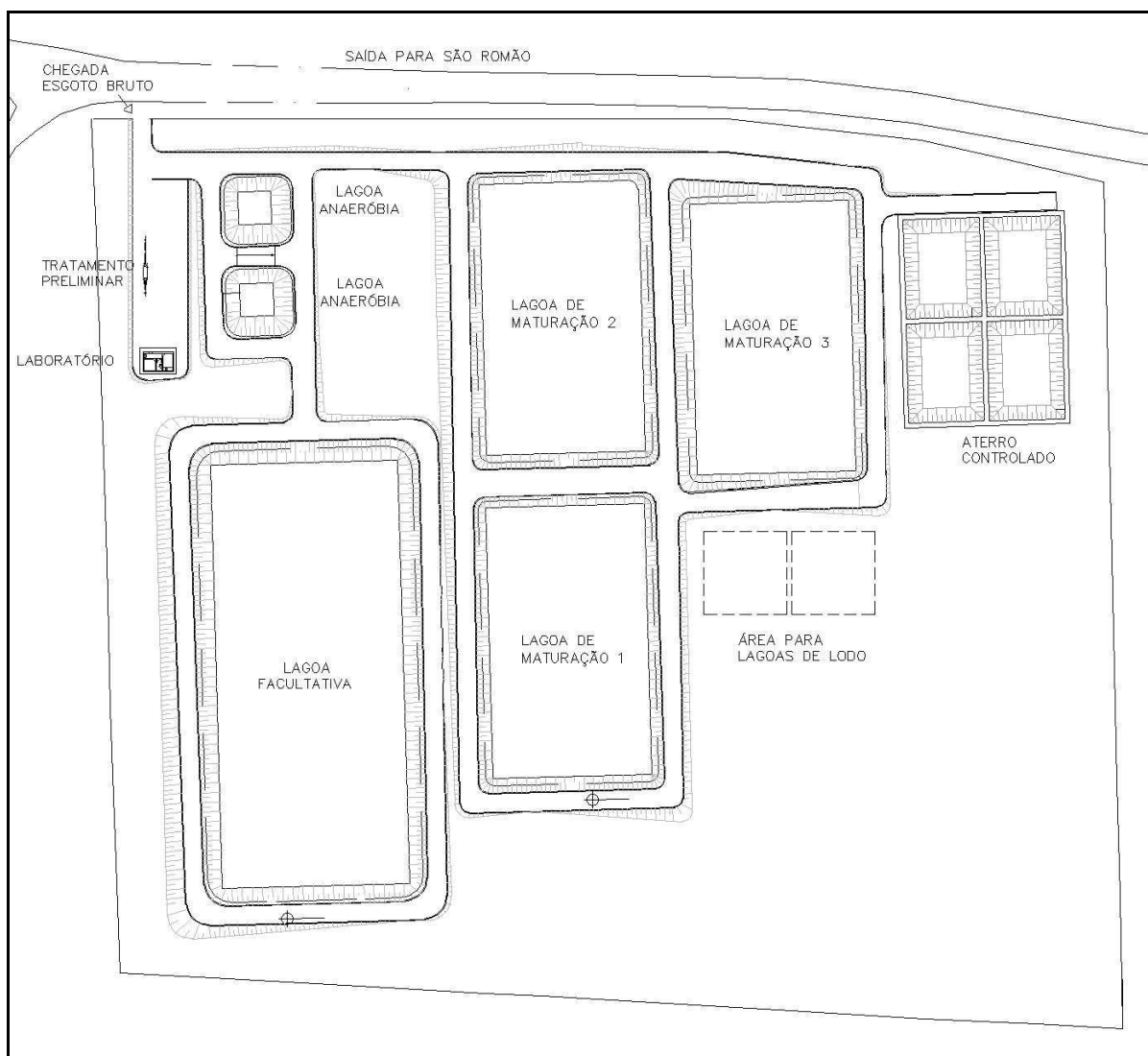
DADOS DE ENTRADA			
DISCRIMINAÇÃO	ANO	VALOR	
POPULAÇÃO ATENDIDA (hab.)	2.008	2.367	
	2.028	3.612	
VAZÃO	2.008	m³/dia	l/s
		293,76	3,40
	2.028	448,42	5,19
TEMPERATURA (°C)		24	
TAXA DE APLICAÇÃO SUPERFICIAL (kg DBO / ha x dia)		240	
K - COEFICIENTE DE REMOÇÃO (D ⁻¹)		0,20	
PROFUNDIDADE ÚTIL ADOTADA PARA A LAGOA (m)		2,0	
ALTURA DA BORDA LIVRE (m)		0,5	
EFICIÊNCIA CONSIDERADA PARA A LAGOA FACULTATIVA (%)		60	
PARÂMETROS EFLUENTE DA LAGOA ANAERÓBIA / AFUENTE LAGOA FACULTATIVA			
CARGA ORGÂNICA	2.008	mg/s	kgDBO x dia
		493,13	42,61
	2.028	752,50	65,02
CONCENTRAÇÃO DE DBO (mg/l)	2.008	145	
	2.028	145	
DIMENSIONAMENTO			
ÁREA REQUERIDA PARA A LAGOA (m²)		2.709,00	
NÚMERO DE LAGOAS		1	
RELAÇÃO COMPRIMENTO / LARGURA		2,50	
LARGURA (m) - MEIA PROFUNDIDADE		32,92	
COMPRIMENTO (m) - MEIA PROFUNDIDADE		82,30	
LARGURA ADOTADA (m) - MEIA PROFUNDIDADE		40,00	
COMPRIMENTO ADOTADO (m) - MEIA PROFUNDIDADE		90,00	
ÁREA RESULTANTE (m²)		3.600,00	
VOLUME RESULTANTE (m³)		7.200,00	
RELAÇÃO COMPRIMENTO / LARGURA ADOTADO		2,25	
TEMPO DE DETENÇÃO ADOTADO (dia)	2.008	25	
	2.028	16	
TALUDE ADOTADO		VERTICAL	2
		HORIZONTAL	3
LARGURA DO FUNDO (m)		37,00	
LARGURA NO NÍVEL DO ESGOTO (m)		43,00	
LARGURA NA CRISTA DO TALUDE (m)		44,50	
COMPRIMENTO DO FUNDO (m)		87,00	
COMPRIMENTO NO NÍVEL DO ESGOTO (m)		93,00	
COMPRIMENTO NA CRISTA DO TALUDE (m)		94,50	
PARÂMETROS DO EFLUENTE			
Kt - CORREÇÃO DO COEFICIENTE DE REMOÇÃO (D ⁻¹)		0,24	
CARGA ORGÂNICA	2.008	mg/s	kgDBO x dia
		189,87	16,40
	2.028	335,12	28,95
CONCENTRAÇÃO DE DBOs (mg/l)	2.008	SOLÚVEL	TOTAL
		20,84	55,84
	2.028	29,57	64,57
EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE DBO PARA A LAGOA FACULTATIVA (%)	2.008	61	
	2.028	55	
EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE DBO PARA O SISTEMA DE LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA (%)	2.008	85	
	2.028	82	

QUADRO 5.4.9 – DIMENSIONAMENTO DAS LAGOAS DE MATURAÇÃO

DADOS DE ENTRADA				
DISCRIMINAÇÃO		ANO	VALOR	
POPULAÇÃO ATENDIDA (hab.)		2.008	2.367	
		2.028	3.612	
VAZÃO		2.008	m³/dia	l/s
			293,76	3,40
			2.028	448,42
TEMPERATURA (°C)			24	
CARGA PER CAPITA DE COLIFORMES FECAIS (CF/hab. x dia)			1,0E+10	
ALTURA DA BORDA LIVRE (m)			0,5	
EFICIÊNCIA CONSIDERADA PARA A LAGOA ANAERÓBIA (%)			40	
CONCENTRAÇÃO DE COLIFORMES NO CORPO RECEPTOR (CF/ 100 ml)			0	
PARÂMETROS AFLUENTE				
CARGA DE COLIFORMES FECAIS (CF/ d)			3,61E+13	
CONCENTRAÇÃO DE CF	ESGOTO BRUTO (CF/ 100 ml)		8,05E+06	
	EFLUENTE - LAGOA ANAERÓBIA (CF/ 100 ml)		4,83E+06	
REMOÇÃO DE COLIFORMES NA LAGOA FACULTATIVA				
TIPO DE REGIME			FLUXO DISPERSO	
NÚMERO DE LAGOAS			1	
RELAÇÃO COMPRIMENTO/LARGURA			2,25	
d - NÚMERO DE DISPERSÃO			0,41	
Kb - COEFICIENTE DE REMOÇÃO DE COLIFORMES (d ⁻¹)			0,26	
TEMPO DE DETENÇÃO (dia)			16	
COEFICIENTE - (a)			2,8	
CONCENTRAÇÃO EFLUENTE DE COLIFORMES (CF/ 100 ml)			4,17E+05	
EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DECOLIFORMES (anaeróbia+facultativa) (%)			94,82	
REMOÇÃO DE COLIFORMES NA LAGOA DE MATURAÇÃO				
TIPO DE REGIME			MISTURA COMPLETA	
NÚMERO DE LAGOAS			3	
TEMPO DE DETENÇÃO (dia)			12	
VOLUME (m³)	TOTAL		5.381,04	
	CADA LAGOA		1.793,68	
ÁREA (m²)			1.793,68	
PROFUNDIDADE (m)			1,00	
LARGURA (m)			34,58	
COMPRIMENTO (m)			51,87	
DIMENSÕES ÚTEIS ADOTADA	LARGURA ADOTADA (m)		35,00	
	COMPRIMENTO ADOTADO(m)		60,00	
	ÁREA ADOTADA (m2)		2.100,00	
	VOLUME REAL (m³)		2.100,00	
TEMPO DE DETENÇÃO TOTAL (dia)			14	
COEFICIENTE DE DECAIMENTO BACTERIANO			1,4	
CONCENTRAÇÃO EFLUENTE DE COLIFORMES (CF/ 100 ml)			968	
EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE COLIFORMES NA MATURAÇÃO (%)			99,77	
EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DECOLIFORMES NO SISTEMA (%)			99,99	

A seguir, apresenta-se um *layout* da Alternativa II.

FIGURA 5.4.2 – LAYOUT DA ETE - ALTERNATIVA II



5.5 – Conclusão

As alternativas analisadas apresentam desempenhos equivalentes na remoção de matéria orgânica e organismos patogênicos, conforme pode ser visto no Quadro 5.5.1.

QUADRO 5.5.1 – COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO DAS ALTERNATIVAS

ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO	REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA (DBO)	REMOÇÃO DE ORGANISMOS PATOGÊNICOS (CF)	ÁREA TOTAL PARA IMPLANTAÇÃO (m ²)
I - REATOR UASB + LAGOAS DE POLIMENTO	79%	99,99%	39.097
II - LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO	82%	99,99%	39.097

Com relação aos requisitos de área para implantação das estações seria esperado que a primeira alternativa apresentasse menor área devido ao fato dos Reatores UASB constituírem um sistema compacto, entretanto esta alternativa requer maior área para implantação do aterro controlado para disposição dos resíduos do tratamento preliminar, elevatória e do lodo resultantes dos Reatores. Já a segunda alternativa, que requer grandes áreas devido à taxa de aplicação superficial das lagoas de estabilização, requer menores áreas para disposição dos resíduos da ETE. Sendo assim, as duas alternativas, ao final da disposição das unidades nos *layouts*, apresentaram os mesmos requisitos de área.

O tratamento dos esgotos confere ao efluente final padrão de lançamento, segundo a OMS – Organização Mundial da Saúde, para irrigação irrestrita e infiltração no solo desde que não haja contaminação do lençol freático. O efluente pode ser aproveitado para irrigação na própria ETE, em jardins e áreas verdes, ou para irrigação de culturas conforme a distância e interesse dos produtores.

Visto que as alternativas analisadas são semelhantes em termos de eficiência e constatando, através de estudo geotécnico, que a disponibilidade de área não é fator limitante ou de inviabilidade técnica, a escolha será guiada pela análise econômica das alternativas propostas.

A seguir apresenta-se o Quadro 5.5.2 com resumo das alternativas de tratamento.

QUADRO 5.5.2 – RESUMO DAS ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO

ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO	UNIDADES	QUANTIDADE	DIMENSÕES
I - REATOR UASB + LAGOAS DE POLIMENTO	REACTORES	3	ALTURA: 4,50 m COMPRIMENTO: 3,70 m LARGURA: 3,30 m
	LAGOAS DE POLIMENTO	1	PROFUNDIDADE: 1,0 m LARGURA: 35,0 m COMPRIMENTO: 55,0 m
		3	PROFUNDIDADE: 1,0 m LARGURA: 30,0 m COMPRIMENTO: 40,0 m
	TRATAMENTO PRELIMINAR	1	CALHA PARSHALL: w=3" CAIXA DE AREIA: COMPRIMENTO:2,0 m/ LARGURA: 0,25 m/ PROF: 0,10 m GRADEAMENTO FINO
	LEITO DE SECAGEM	3	LARGURA:3,0 m COMPRIMENTO: 6,0 m
	ATERRO	11	VOL. TOTAL: 171 m ³ VOL. RESÍDUOS: 50,10 m ³ VOL. TERRA: 120,90 m ³
II - LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO	LAGOA ANAERÓBIA	2	PROFUNDIDADE: 4,50 m LARGURA: 11,50 m COMPRIMENTO: 11,50 m
	LAGOA FACULTATIVA	1	PROFUNDIDADE: 2,0 m LARGURA: 40,0 m COMPRIMENTO: 90,0 m
	LAGOA DE MATURACÃO	3	PROFUNDIDADE: 1,0 m LARGURA: 35,0 m COMPRIMENTO: 60,0 m
	TRATAMENTO PRELIMINAR	1	CALHA PARSHALL: w=3" CAIXA DE AREIA: COMPRIMENTO:2,0 m/ LARGURA: 0,25 m/ PROF: 0,10 m GRADEAMENTO GROSSO E FINO
	LAGOS DE LODO	2	ÁREA: 17,5 m x 17,5 m PROF: 1,2 m
	ATERRO	4	VOL. TOTAL CÉLULA: 171 m ³ VOL. RESÍDUOS: 50,10 m ³ VOL. TERRA: 120,90 m ³

6. ESTIMATIVA DE CUSTOS DAS ALTERNATIVAS

6. ESTIMATIVA DE CUSTOS DAS ALTERNATIVAS

A estimativa de custos foi realizada para todo o SES de Icaraí de Minas, contemplando as ligações prediais, redes coletoras e estação de tratamento de esgotos, buscando uma visão ampla do custo de implantação do sistema.

Como o plano de esgotamento das redes coletoras é de concepção única, favorecido pela topografia do município, as alternativas de tratamento são as únicas responsáveis pelas diferenças no custo total do sistema de esgotamento sanitário.

Para o estudo comparativo das alternativas a serem apresentadas, e conseqüentemente, a escolha da melhor opção para implantação da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), a estimativa de custo não considerou a etapalização das unidades da ETE, sendo assim considerado o custo de investimento de todas as unidades projetadas para final de plano, incluindo todas as células de aterro controlado e lagoas de lodo a serem implantadas.

Os custos de investimentos de cada alternativa foram estimados a partir do pré-dimensionamento das unidades constituintes considerando as dimensões das principais unidades que compõem cada alternativa, as áreas a serem desapropriadas, os volumes de corte e aterro, os volumes de concreto, materiais e equipamentos.

A estimativa de custo das unidades de ligações prediais e rede coletora foi apresentada a partir do levantamento de quantitativos baseados no plano de esgotamento realizado com auxílio do levantamento topográfico da região.

As redes coletoras e linha de recalque tiveram seus custos estimados a partir de um custo unitário por metro linear de rede, com base em projetos elaborados recentemente.

O custo estimado de implantação da estação elevatória foi realizado após o prévio dimensionamento, a conseqüente escolha dos conjuntos moto-bombas e do tipo de construção adotado. O custo da construção civil foi estimado com base em outras unidades já projetadas com semelhança no porte e condições operacionais. Os equipamentos foram valorados através de consulta a fornecedores específicos.

Os custos de execução das Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário foram estimados a partir de comparação com unidades de porte e características técnicas

semelhantes, além de comparação com as características topográficas do terreno estudado.

As alternativas, objeto deste estudo, são:

- Alternativa I: Reator UASB + Lagoa de Polimento;
- Alternativa II: Sistema de Lagoas de Estabilização (Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação).

O custo comparativo das duas alternativas é apresentado no Quadro 6.1.

QUADRO 6.1 – RESUMO DE CUSTOS DAS ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO

Unidade do Sistema	Custo (R\$)	
	ALTERNATIVA I	ALTERNATIVA II
INSTALAÇÕES PRELIMINARES/CANTEIRO DE OBRAS	12.027,76	12.027,76
TERRAPLENAGEM	322.663,10	436.619,86
TRATAMENTO PRELIMINAR	19.450,19	18.671,50
REATOR ANAERÓBIO MANTA DE LODO - UASB	356.671,34	-
QUEIMADORES DE GÁS	15.488,22	-
LAGOAS ANAERÓBIAS	-	92.443,75
LAGOA FACULTATIVA	-	149.031,55
LAGOAS DE MATURAÇÃO	513.855,51	404.987,55
DRENAGEM DE FUNDO DAS LAGOAS	226.516,20	384.288,45
LEITOS DE SECAGEM	70.246,22	-
ELEVATÓRIA DE RETORNO DO PERCOLADO	73.618,10	-
INTERLIGAÇÕES	33.199,73	28.546,34
LABORATÓRIO	30.586,62	30.586,62
REDE DISTRIBUIDORA DE ÁGUA POTÁVEL	19.870,59	19.870,59
DRENAGEM PLUVIAL	116.398,77	116.398,77
URBANIZAÇÃO E PAISAGISMO	206.868,73	206.868,73
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	35.443,99	14.240,00
ATERROS CONTROLADOS	121.339,13	39.182,86
LAGOAS DE LODO	-	14.069,09
DESAPROPRIAÇÃO	11.718,85	11.718,85
TOTAL	2.185.963,06	1.979.552,29

A estimativa de custos das alternativas indica que o processo de tratamento por lagoas de estabilização (Alternativa II) é o que confere menor custo de investimento

à implantação da estação de tratamento de esgotos. A diferença de custo entre as duas alternativas equivale a R\$ 206.410,77, dessa forma, o custo da Alternativa I é cerca de 10% superior ao da Alternativa II.

À estimativa de custos da Alternativa I deve ser somado o custo da estação elevatória de esgoto bruto, requisitada para desempenho operacional do processo de tratamento considerado nessa alternativa.

Os custos das unidades que compõem todo o sistema de tratamento são apresentados de forma resumida no Quadro 6.2.

QUADRO 6.2 – RESUMO DE CUSTOS DAS UNIDADES DO SES DE ICARAÍ DE MINAS

Unidade do SES	ALTERNATIVA I Custo (R\$)	ALTERNATIVA II Custo (R\$)
REDE COLETORA	1.353.833,74	1.353.833,74
LIGAÇÕES PREDIAIS	188.388,00	188.388,00
INTERCEPTORES	-	-
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE)	2.185.963,06	1.979.552,29
ELEVATÓRIA	129.014,87	-
TOTAL	3.857.199,67	3.521.774,03

Avaliando a influência das alternativas em relação ao custo total do sistema de esgotamento sanitário pode-se perceber que a diferença de custos entre as duas alternativas é de R\$ 335.425,64, encarecendo o sistema em cerca de 10% em relação à alternativa mais barata.

Dessa forma, a estimativa de custos das alternativas propostas neste estudo de concepção direciona a escolha pelo processo de tratamento contemplado na Alternativa II - Sistema de Lagoas de Estabilização - por corresponder à alternativa de menor custo.

O sistema de lagoas de estabilização é uma forma simples de tratamento de esgotos com grande facilidade operacional (sem necessidade de equipamentos mecânicos e consumo energético praticamente nulo) e excelente desempenho na remoção de matéria orgânica e organismos patogênicos. A construção, operação e manutenção das lagoas são bastante simples, e não requer mão de obra especializada. As

lagoas de estabilização são muito indicadas para as condições da região, que apresenta disponibilidade de área suficiente e clima favorável.

Assim, a escolha pela ALTERNATIVA II é economicamente e tecnicamente viável para implantação do SES de Icaraí de Minas.

Salienta-se que, apesar da simplicidade operacional do sistema de tratamento, a manutenção do sistema não é dispensada e torna-se imprescindível para o bom funcionamento e desempenho da estação de tratamento. Por isso, é importante que sejam rigorosamente realizados, nos prazos adequados, os procedimentos de limpeza de material retido nas grades e caixa de areia, capina do entorno da estação, principalmente das bordas das lagoas, descarte de lodo excedente e destinação final dos resíduos.

A instalação da estação de tratamento deve contar ainda com um período de *start up* do sistema e treinamento de pessoal para operação adequada da ETE

As estimativas de custo detalhadas são apresentadas nos quadros constantes no anexo deste estudo de concepção.

ANEXO

ANEXO A – PLANILHAS DA ESTIMATIVA DE CUSTO