Companhia de Água e Esgoto do Ceará

DEN - Diretoria de Planejamento
GPROJ - Gerência de Projetos

Itaitinga - CE

Projeto Básico do Sistema de Esgotamento Sanitário do Complexo Penitenciário de Itaitinga e Aquiraz

VOLUME I
Memorial Descritivo e de Cálculo

Cagece

SETEMBRO/2018

EQUIPE TÉCNICA DA GPROJ – Gerência de Projetos

Produto: Projeto Básico do Sistema de Esgotamento Sanitário do Complexo Penitenciário de Itaitinga e Aquiraz - CE

Gerente de Projetos

Engº. Raul Tigre de Arruda Leitão

Coordenação de Projetos Técnicos

Engº. Gerardo Frota Neto

Coordenação de Serviços Técnicos de Apoio

Eng°. Bruno Cavalcante de Queiroz

Engenheiro Projetista

Engª. Larissa Goncalves Maia Caracas

Engª. Laryssa Barbosa Fernandes

Desenhos

João Maurício e Silva Neto

Francisco Carlos da Silva Ferreira

Edição

Sibelle Mendes Lima

Arquivo Técnico

Patrícia dos Santos Silva

Colaboração

Ana Beatriz Caetano de Oliveira

Gleiciane Cavalcante Gomes

I - APRESENTAÇÃO

O presente relatório consiste na elaboração do *Projeto Básico do Sistema de Esgotamento Sanitário do Complexo Penitenciário de Itaitinga e Aquiraz* - CE. O projeto é composto por rede coletora, estações elevatórias, linhas de recalque e estações de tratamento de esgoto para atender à solicitação da Secretaria da Justiça e Cidadania do Estado do Ceará (SEJUS). No quadro 01, encontra-se o resumo do projeto.

Quadro 01 – Processo motivador do projeto

Processo	Data	Interessado	Assunto
8042.001182/2018-54	26/03/2018	Governo do Estado do Ceará - SEJUS	Elaboração do Projeto Básico do Sistema de Esgotamento Sanitário do Complexo Penitenciário de Itaitinga e Aquiraz - CE

Este projeto constitui-se de 5 (cinco) volumes, com os seguintes elementos:

- **Volume I - Memorial Descritivo – Apresenta a concepção, as premissas e a descrição do projeto;**

  Memorial de Cálculo – Apresenta o dimensionamento do sistema.

- Volume II - Especificações Técnicas – Apresenta as prescrições para o controle tecnológico na execução dos elementos constituintes do projeto.

- Volume III
  - Tomo I – Peças Gráficas;
  - Tomo II – Peças Gráficas;
  - Tomo III – Peças Gráficas.

- Volume IV - Orçamento – Fornece os quantitativos e os custos de todos os materiais e serviços referentes às obras necessárias à execução do projeto.

- Volume V - Projeto Elétrico.

II - SUMÁRIO

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS 12
2 INTRODUÇÃO 13
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PROJETO 16
3.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO 16
3.2 LOCALIZAÇÃO DO CENTRO PENITENCIÁRIO ITAITINGA E AQUIRAZ 16
3.3 ECONOMIA 17
3.4 CARACTERÍSTICAS URBANAS 17
3.5 CONDIÇÕES SANITÁRIAS 18
3.6 CLIMA E PLUVIOMETRIA 19
4 ESTUDO POPULACIONAL E DE DEMANDA 22
4.1 POPULAÇÃO FIXA 22
4.2 PREVISÃO DE DEMANDAS 22
4.3 PARÂMETROS BÁSICOS 22
4.4 ÍNDICE DE ATENDIMENTO POPULACIONAL 22
4.5 COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DE CONSUMO 22
4.6 COEFICIENTE DE RETORNO 22
4.7 TAXA DE INFILTRAÇÃO 22
4.8 CONSUMO PER CAPITA 23
5 ELEMENTOS PARA CONCEPÇÃO DO SISTEMA 25
5.1 PARÂMETROS DO PROJETO 25
6 PROJETO PROPOSTO 28
6.1 DESCRIÇÃO GERAL 28
6.2 DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DO SISTEMA 30
6.2.1 REDE COLETORA 30
6.2.1.1 DEFINIÇÃO DO TRAÇADO E DO TIPO DE REDE 30
6.2.1.2 SOFTWARE UTILIZADO PARA DIMENSIONAMENTO 30
6.2.1.3 CRITÉRIOS PARA DIMENSIONAMENTO 31
6.2.1.4 ACESSÓRIOS DAS REDES COLETORAS 33
6.2.2 ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS 34
6.2.2.1 GRADEAMENTO 34
6.2.2.2 CAIXA DE AREIA 35
6.2.2.3 CALHA PARSHALL 35
6.2.2.4 POÇO DE SUCÇÃO 36

6.2.3 LINHA RECALQUE 36
6.2.4 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO 37
6.2.4.1 CARACTERÍSTICAS DOS EFLUENTES 37
6.2.4.2 IDENTIFICAÇÃO DO SISTEMA ADOTADO 37
6.2.5 DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DO SISTEMA DE TRATAMENTO 39
6.2.5.1 REATORES UASB 39
6.2.5.2 FILTROS SUBMERSOS AERADOS 39
6.2.5.3 DECANTADORES LAMELARES 40
6.2.5.4 TANQUE DE CONTATO 40
6.2.5.5 LEITO DE SECAGEM 41
6.3 EMISSÁRIO FINAL 41
7 PLANILHAS DE CÁLCULO 43
7.1 COMPLEXO 01 44
7.1.1 PLANILHA DE VAZÕES 44
7.1.2 CÁLCULO DA REDE COLETORA 46
7.1.3 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA E LINHA DE RECALQUE 29
7.1.3.1 TRATAMENTO PRELIMINAR 29
7.1.3.2 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO 34
7.1.4 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO 63
7.1.4.1 CARACTERÍSTICA DO ESGOTO 63
7.1.4.2 UASB 65
7.1.4.3 FILTRO SUBMERSO AERADO 74
7.1.4.4 DECANTADOR LAMELAR 81
7.1.4.5 TANQUE DE CONTATO 85
7.1.4.6 LEITO DE SECAGEM 88
7.1.4.7 EFICIÊNCIA 91
7.2 COMPLEXO 02 93
7.2.1 PLANILHA DE VAZÕES 93
7.2.2 CÁLCULO DA REDE COLETORA 95
7.2.3 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA E LINHA DE RECALQUE 100
7.2.3.1 TRATAMENTO PRELIMINAR 100
7.2.3.2 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO 106
7.2.4 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO 113
7.2.4.1 CARACTERÍSTICA DO ESGOTO 113
7.2.4.2 CRV 115

7.2.4.3 UASB 117
7.2.4.4 FILTRO SUBMERSO AERADO 126
7.2.4.5 DECANTADOR LAMELAR 133
7.2.4.6 TANQUE DE CONTATO 137
7.2.4.7 LEITO DE SECAGEM 141
7.2.4.8 EFICIÊNCIA 144
8 MANUAL DE OPERAÇÃO DA ETE 147
8.1 INTRODUÇÃO 147
8.2 MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO 147
8.2.1 REATOR UASB 147
8.2.1.1 PARTIDA DO SISTEMA 148
8.2.2 FILTRO SUBMERSO AERADO 148
8.2.3 SOPRADORES 148
8.2.4 DECANTADOR LAMELAR 149
8.2.5 TANQUE DE DOSAGEM DE SOLUÇÃO QUÍMICA 149
8.2.6 DESCARTE E DESIDRATAÇÃO DO LODO 149
8.3 RECOMENDAÇÕES GERAIS 150
8.4 MONITORAMENTO 150
9 ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS 153
9.1 FIBRA PULTRUDADA 153
9.1.1 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO 153
9.1.2 DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS E/OU SERVIÇOS 153
9.1.3 RESINA UTILIZADA 153
9.1.4 NORMAS RELACIONADAS 153
9.2 IMPERMEABILIZAÇÃO POLIMÉRICA 153
9.3 COMPORTAS 154
9.3.1 COMPORTAS DESLIZANTES 154
9.4 VÁLVULA DE RETENÇÃO PARA ESGOTO 154
9.5 BOMBAS SUBMERSÍVEIS 155
9.5.1 CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS 155
9.5.2 CURVA DA BOMBA EEE - COMPLEXO 01 157
9.5.3 CURVA DA BOMBA EEE - COMPLEXO 02 158
9.6 DIFUSORES 159
9.7 SOPRADORES 159
9.7.1 SOPRADORES COMPLEXO 01 159

9.7.2 SOPRADORES COMPLEXO 02 160
9.8 MEDIDOR DE VAZÃO ULTRASSÔNICO PARA CANAIS ABERTOS..... 160
9.9 MEIO SUPORTE SINTÉTICO..... 161
10 ART..... 163

III - LISTA DE IMAGENS

FIGURA 1 - MUNICÍPIO DE ITAITINGA 16
FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO CENTRO PENITENCIÁRIO 17
FIGURA 3 - ECONOMIA DE ITAITINGA 17
FIGURA 4 – CARACTERÍSTICAS URBANAS ITAITINGA 18
FIGURA 5 - CONDIÇÕES SANITÁRIAS ITAITINGA 19
FIGURA 6 - CLIMA E PLUVIOMETRIA DO CEARÁ 20
FIGURA 7 – LAYOUT GERAL DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO 29
FIGURA 8 - CALHA PARSHALL 35
FIGURA 9 - FLUXOGRAMA ETE 38

IV - LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - HABITANTES POR PRESÍDIO 23
TABELA 2 - RESUMO DAS VAZÕES DE PROJETO – ETAPA ÚNICA 26
TABELA 3 - CARACTERÍSTICAS CALHA PARSHALL 36
TABELA 4 - FREQUÊNCIA DE MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ETE . 151

Ficha Técnica

V - FICHA TÉCNICA – SES

Informações do Projeto:

Projeto		
PROJETO BÁSICO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO COMPLEXO PENITENCIÁRIO DE ITAITINGA E AQUIRAZ - CE		
Responsável Técnico (Projeto)		
LARISSA GONÇALVES MAIA CARACAS / LARYSSA BARBOSA FERNANDES		
Município	**Localidade**	**Data de Elaboração do Projeto**
ITAITINGA/AQUIRAZ	CEARÁ	AGOSTO/2018

Dados da População Complexo Penitenciário:

Complexo	Método de Estimativa Populacional	Taxa de Crescimento	Ano de Início do Projeto	População Inicial de Projeto
COMPLEXO 01	Saturação	-	2018	4.162
COMPLEXO 02	Saturação	-	2018	12.554

Vazões do Projeto Complexo Penitenciário:

Rede Coletora de Esgoto:

Complexo 01:

Diâmetros (mm)	Extensão Projetada (m)	Material
150	462,18	PVC OCRE
200	911,63	PVC OCRE
250	97,82	PVC OCRE
300	5,05	PVC OCRE
Total	**1.476,68**	**PVC OCRE**

Complexo 02:

Diâmetros (mm)	Extensão Projetada (m)	Material
150	940,84	PVC OCRE
200	726,11	PVC OCRE
250	590,47	PVC OCRE
400	55,64	PEAD SDR17 PN 10 PE100
400	577,63	PVC OCRE
500	14,42	DEFoFo
Total	**2.905,11**	**PVC OCRE/DEFoFo/PEAD**

Dados da Estação Elevatória do Complexo Penitenciário:

Complexo	Vazão (L/s)	Altura Manométrica (mca)	Potência (cv)	Nº de Bombas
COMPLEXO 01	21,3	9,2	5,5	1A+1R

COMPLEXO 02	66,2	11,5	15,2	1A+1R

Linha de Recalque do Complexo Penitenciário:

Complexo	Nº da LR	Extensão (m)	Diâmetro (mm)	Material	Ponto de Injetamento
COMPLEXO 01	LR-EEECP1	120,00	200	PVC DEFºFº	UASB
COMPLEXO 02	LR-EEECP2	45,00	300	PVC DEFºFº	CRV

Extravasor do Complexo Penitenciário:

Complexo	Nº do Extravasor	Extensão (m)	Diâmetro (mm)	Material
COMPLEXO 01	EV-EEECP1	162,20	300	PVC OCRE
COMPLEXO 02	EV-EEECP2	115,60	500	PVC DEFoFo

Estação de Tratamento de Esgoto – ETE:
Complexo 01:

Unidades	Quantidade	Dimensões	Situação
UASB	02	ø6,50m, h=5,00m	Projetado
FILTRO SUBMERSO AERADO	02	ø6,00m, h=4,50m	Projetado
DECANTADOR LAMELAR	02	C=5,29, L=2,55m	Projetado
TANQUE DE CONTATO	01	ø5,00m, h=1,10m	Projetado
LEITOS DE SECAGEM	08	C=5.50, L=3,50m	Projetado

Complexo 02:

Unidades	Quantidade	Dimensões	Situação
UASB	06	ø6,50m, h=5,00m	Projetado
FILTRO SUBMERSO AERADO	06	ø6,00m, h=4,50m	Projetado
DECANTADOR LAMELAR	06	C=5,29, L=2,55m	Projetado
TANQUE DE CONTATO	06	ø3,50m, h=1,10m	Projetado
LEITOS DE SECAGEM	21	C=7,00, L=3,50m	Projetado

Considerações Iniciais

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Tendo em vista a inexistência de sistema de esgotamento sanitário universalizado no centro penitenciário de Itaitinga e Aquiraz, foi solicitado pela Secretaria de Justiça e Cidadania do estado do Ceará (SEJUS) à GPROJ a elaboração do Projeto Básico do Sistema de Esgotamento Sanitário desta localidade.

Atualmente, o centro penitenciário de Itaitinga e Aquiraz é dividido em dois complexos (complexo 01 e complexo 02) e é esgotado por meio de fossas sépticas e estações de tratamento isoladas. Através da implantação do projeto básico de esgotamento sanitário, todas as fossas e ETE's existentes, serão desativadas e os estabelecimentos serão interligados à rede coletora e estações de tratamento da Cagece.

Todas as cotas apresentadas no projeto em questão foram disponibilizadas pela equipe de topografia da GPROJ, onde foi coletado a profundidade das caixas à montante da fossa dos estabelecimentos para dimensionamento da rede coletora, garantindo, assim, a interligação de cada prédio e desativação das fossas/ETE's existentes.

O estudo populacional da região foi realizado através do método da saturação, o número de habitantes por presídio foi fornecido pela SEJUS. Além disso, foi levado em consideração a construção de novas unidades, previstas pela secretaria de justiça.

Em ambos os complexos, a rede coletora encaminha o esgoto bruto à estação elevatória, enviando, posteriormente, à estação de tratamento de esgoto. A tecnologia de tratamento de ambos será através de ETE compacta em fibra, constituída de UASB, seguido por filtros submersos aerados (FSA), decantador lamelar (DL) e tanque de contato (TC) e desidratação do lodo em leitos de secagem (LS).

2 INTRODUÇÃO

O Saneamento Básico é indispensável para manutenção da saúde humana. A implantação dos sistemas públicos de abastecimento de água, esgotamento sanitário e destino adequado do lixo traz uma rápida e sensível melhoria na saúde e condições de vida de uma população. Como exemplo, podemos citar: Controle e prevenção de doenças; Promoção de hábitos higiênicos; Desenvolvimento de esportes; Melhoria da limpeza pública; Manutenção de praças e jardins; Combate a incêndios; Combate aos vetores.

Os povos primitivos associaram a ideia de águas sujas com a transmissão de doenças. Eles observaram que, em época de chuva, quando as águas se tornavam barrentas, ocorriam epidemias de febre tifóide e outras doenças nas populações que bebiam essas águas. Atualmente, essa coincidência entre o mau aspecto das águas e a transmissão de doenças nem sempre ocorre, pois os esgotos vão para os rios, através de tubulações, independentemente das chuvas. Assim sendo, as águas podem ser turvas sem conter patogênicos ou podem ser contaminados por patogênicos sem ficarem turvas (quando a quantidade de esgoto é pequena em relação ao volume da água do rio).

A falsa ideia de que somente as águas com alterações do sabor e da sua qualidade estética podem transmitir doenças pode ter, ás vezes, graves consequências. Muitas pessoas preferem, por exemplo, beber água cristalina e nascente ou de poços em lugar de torneira que é tratada e distribuída pelos serviços públicos.

Frequentemente, entretanto, a água dos poços e nascentes é contaminada pela proximidade de fossas e lançamentos de esgotos. A contaminação se dá por infiltração através do solo, de tal maneira que as partículas em suspensão (causadoras de turbidez) ficam retidas neste, enquanto que as bactérias e vírus, por serem muito menores, atravessam o solo atingindo a água do poço ou da nascente que, embora "limpa" passará a transmitir doenças.

Além do aspecto estético de doenças, a poluição pode causar também desequilíbrios ecológicos. Geralmente isso ocorre quando são lançadas ao rio grandes quantidades de resíduos orgânicos. A matéria orgânica é geralmente biodegradável seja ela proveniente de esgotos, ou qualquer outra origem, como restos de alimentos ou produtos industriais (açúcar, por exemplo). Sendo biodegradável, ela pode ser utilizada como alimento pelos micro-organismos decompositores da água (bactérias, fungos e outros seres saprófitos que vivem e proliferam normalmente nas áreas). Quanto maior for a quantidade de matéria orgânica lançada à água, maior o número de micro-organismos que aí se desenvolverão. Esses microrganismos respiram, consumindo o oxigênio dissolvido na água. Assim sendo, quanto

maior a quantidade de matéria biodegradável, maior o número de decompositores e maior o consumo de oxigênio.

Como a água constitui um ambiente pobre em oxigênio (por causa da baixa solubilidade deste) esse excessivo consumo respiratório pode causar a extinção de todo o oxigênio dissolvido. O que ocasiona a consequente morte dos peixes e outros seres aeróbicos.

O principal aspecto a merecer a nossa atenção é que a morte dos peixes neste caso, não é provocada pela presença de tóxicos ou de qualquer substância nociva, mas sim pelo excesso de alimentos no meio. Uma usina de açúcar pode poluir um rio por lançar nele nada mais do que açúcar.

Trata-se, pois, de um desequilíbrio ecológico e não de um envenenamento das águas e esta é a causa mais frequente de morte de rios poluídos.

Esse tipo de poluição não é nocivo ao homem, diretamente, pois este não faz parte dos ecossistemas aquáticos. Apenas os organismos que respiram dentro do ambiente líquido são afetados. Indiretamente, entretanto, o homem é prejudicado, seja pelo desaparecimento dos peixes que constituem uma importante fonte de alimento protéico, seja pelas dificuldades que a poluição em geral pode provocar em relação ao tratamento da água para abastecimento.

O saneamento básico é a medida de saúde pública mais eficaz quando se fala em prevenir doenças e reduzir gastos hospitalares, ou redireciona-los. Também é com o saneamento básico que se reduz drasticamente a mortalidade infantil e se aumenta a expectativa de vida de uma comunidade, sendo este um dos fatores componentes do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de um país.

O acesso das pessoas a serviços de saneamento básico, especialmente nos chamados “países em industrialização”, como o Brasil, ainda é restrito a sua classe econômica e sua distribuição geográfica. Isso acaba criando “bolsões” de pobreza: em lugares onde não há saneamento básico, geralmente faltam hospitais, escolas, postos policiais, ou seja, a população é completamente desassistida. O saneamento básico é a medida mais elementar de controle de doenças, e deve ser pensado desde os primórdios da ocupação de um território, pois dessa medida dependerá grande parte do crescimento da cidade.

Caracterização da Área de Projeto

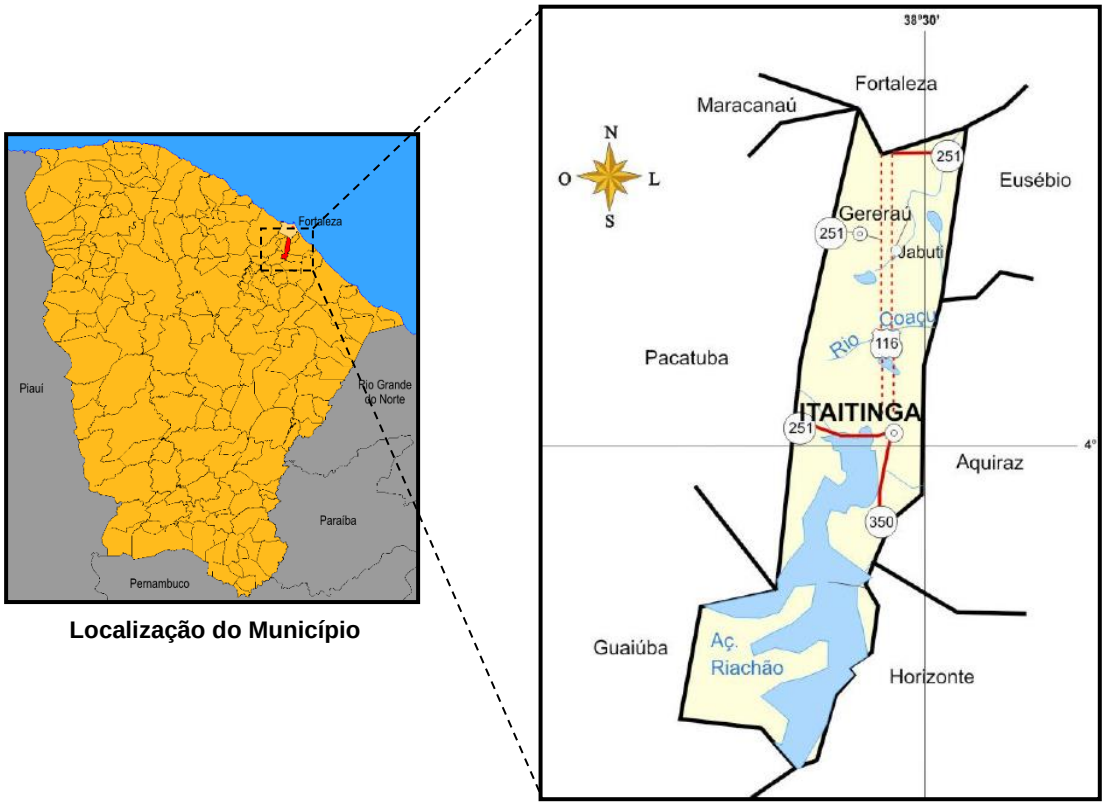
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PROJETO

3.1 Localização e Acesso

O município de Itaitinga, criado no ano de 1992 pela Lei Estadual Nº 3.338, localiza-se na Região Metropolitana de Fortaleza. Distante 27 km (sede) da Capital via rodovia BR-116. Faz limite com os municípios de Fortaleza, Eusébio e Maracanaú ao Norte, Guaiúba e Horizonte ao Sul, a Leste com Horizonte, Aquiraz e Eusébio e a Oeste com Pacatuba e Guaiúba.

A área ocupada pelo município é de 150,78 km2, estando a sede municipal localizada nas coordenadas 3º 58' 10" (lat.) e 38º 31' 41" (long.), a uma altitude de 67,0m

Figura 1 - Município de Itaitinga



Localização do Município

Situação do Município

3.2 Localização do Centro Penitenciário Itaitinga e Aquiraz

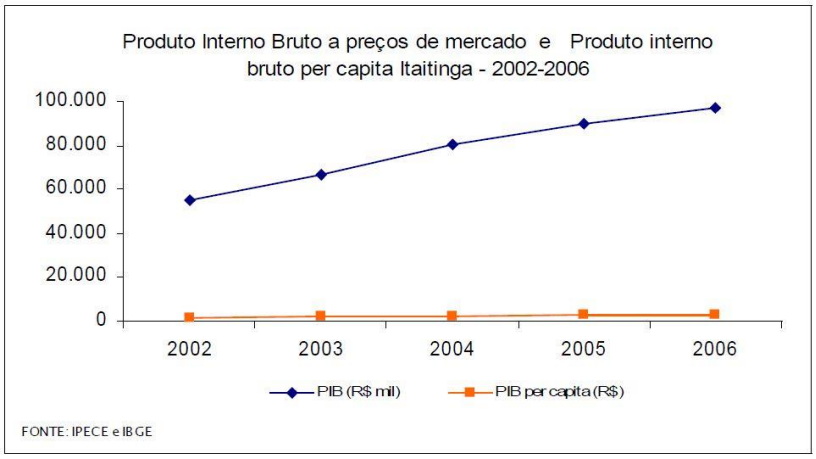
O centro penitenciário de Itaitinga e aquiraz está localizado à margem da BR-116, próximo ao Km 21. O centro é dividido em dois complexos, apresentados na imagem a seguir.

Figura 2 - Localização Centro Penitenciário

3.3 Economia

De acordo com dados do IPECE, a estrutura setorial do PIB do município de Itaitinga é dividida em: setor primário 3,44%, agricultura e pecuária, setor secundário que engloba atividades indústrias 21,19% e o setor terciário, comércio e demais serviços 75,38%.

Figura 3 - Economia de Itaitinga



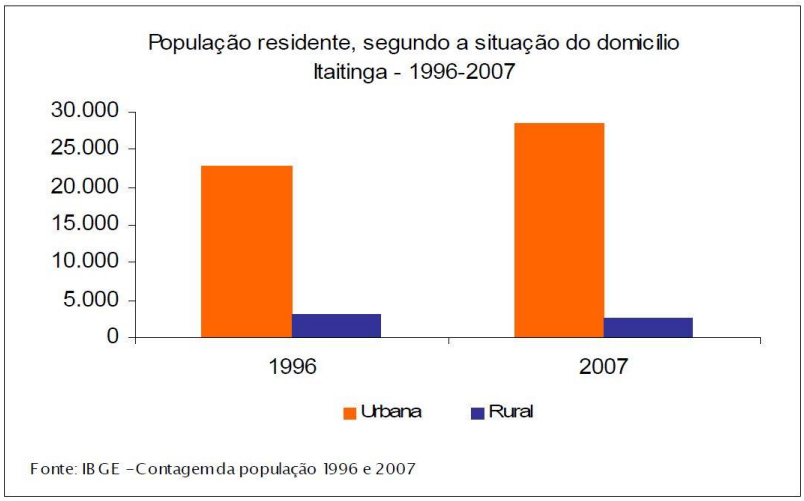
3.4 Características Urbanas

A taxa de urbanização do município é de 90,86%. A densidade demográfica do município é de 188,98 (hab/km²). A população de Itaitinga é composta, em sua maioria, de 58,95% de

pessoas entre 15 e 64 anos, 35,99% de pessoas de 0 a 14 anos e 5,06% de habitantes de 65 anos ou mais.

O número de domicílios na zona urbana do município no ano de 2007 era de 7.266 residências, com uma média de moradores 3,89 moradores por domicílio.

Figura 4 – Características Urbanas Itaitinga

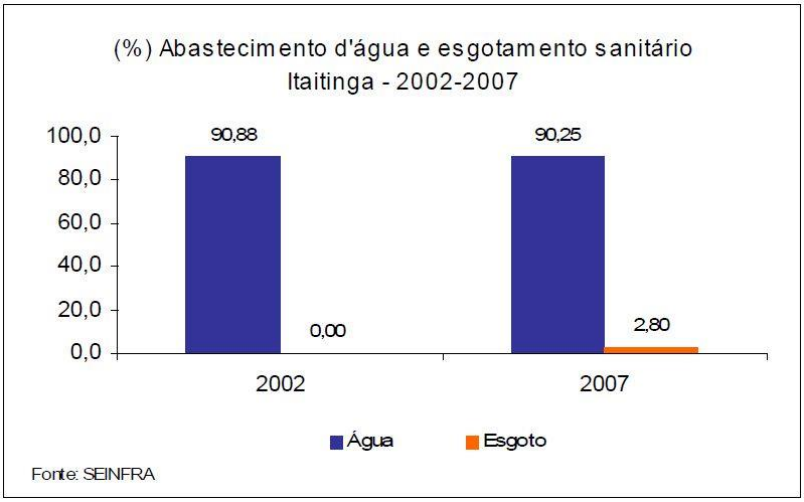


3.5 Condições Sanitárias

Em relação ao abastecimento d'água no ano de 2007, Itaitinga contava com 9.581 ligações reais e 8.771 ligações ativas e um volume produzido de 2.613.036 m³ de acordo com dados da CAGECE. A taxa de cobertura d'água urbana era de 90,25%.

Em relação a rede de esgotamento sanitário no ano de 2007, apenas 2,80% conta com esta cobertura, contando com apenas 235 ligações ativas localizadas em um único conjunto habitacional e com sérios problemas de mau cheiro e em sua estação de tratamento.

Figura 5 - Condições Sanitárias Itaitinga



3.6 Clima e Pluviometria

A má distribuição anual e interanual da chuva no semiárido cearense, mais de que os totais precipitados, é a característica do regime pluviométrico atuante em nossa região.

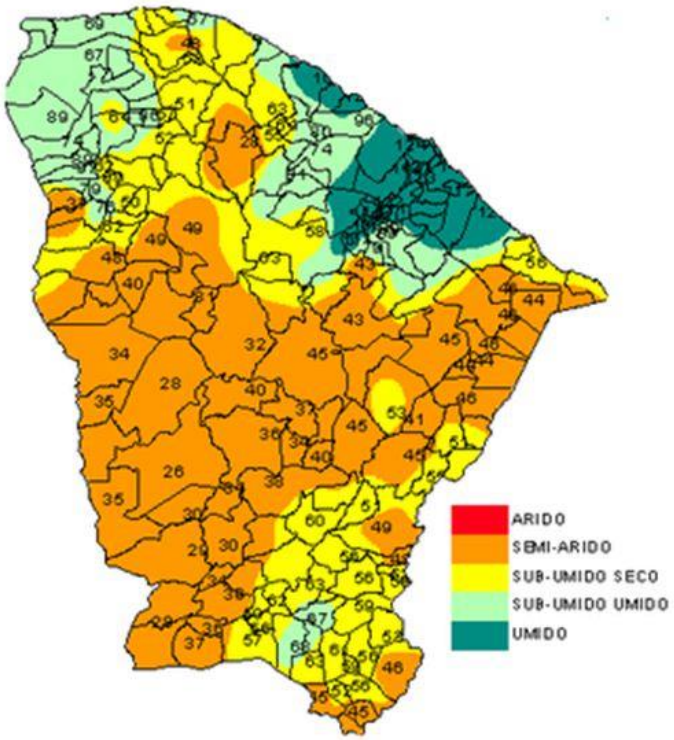
O município de Itaitinga caracteriza-se pela média de chuva da estação pluviométrica de Fortaleza.

A estação Itaitinga de medição de chuva diária, é a mais representativa do município, e apresenta os seguintes valores característicos:

- Média:.....1.416,4mm;
- Mês mais chuvoso:.....abril
- Trimestre mais chuvoso:.....janeiro/fevereiro/março/abril/maio;
- Semestre mais chuvoso:.....1º semestre;
- Temperatura média das máximas:.....28ºC;
- Temperatura média das mínimas:.....26ºC.

Na figura abaixo mostramos o mapa de isso valores do índice de aridez médio, calculado segundo a definição da ONU, para diversos postos pluviométricos do Estado do Ceará. Os valores médios foram calculados, com base nos anos de 1975 a 2002, para 119 estações que tem pelo menos 20 anos de dados.

Figura 6 - Clima e Pluviometria do Ceará



Estudo Populacional e de Demanda

4 ESTUDO POPULACIONAL E DE DEMANDA

4.1 População Fixa

O sucesso de um projeto está diretamente ligado à veracidade de suas premissas com a realidade dos fatos encontrados na prática. Partindo disto, temos uma grande probabilidade de funcionamento adequado de um projeto quanto mais próximas da realidade forem nossas previsões. No caso específico de projetos de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, uma das mais importantes premissas é a população de projeto, pois tem influência direta na determinação da demanda.

Como o centro penitenciário de Itaitinga e Aquiraz é compreendido apenas por presídios, foi levado em consideração a capacidade máxima de cada prédio, dados fornecidos pela SEJUS, sendo assim, não foi elaborado estudo populacional. Foi considerado a população do local igual a 0 (zero) e as vazões de cada prédio considerado como vazão pontual à rede coletora.

4.2 Previsão de Demandas

4.3 Parâmetros Básicos

Para a determinação das demandas de projeto, foram utilizados os parâmetros definidos, conforme a norma da Cagece (SPO 005).

4.4 Índice de Atendimento Populacional

O índice de atendimento Populacional Urbano considerado para o projeto em questão será de 100%, já que toda a rede coletora será executada em etapa única, e toda a população viável de atendimento será contemplada no projeto em questão.

4.5 Coeficientes de Variação de Consumo

Máximo Diário: K1 = 1,2

Máximo Horário: K2 = 1,5

Vazão Mínima: K3 = 0,5

4.6 Coeficiente de retorno

Coeficiente de Retorno: C = 0,8

4.7 Taxa de Infiltração

Ti = 0,25 l/s.Km

4.8 Consumo Per Capita

Foi considerado per capita de 300 l/hab.dia para os presídios. Segue tabela com número de habitantes fornecida pela SEJUS.

Tabela 1 - Habitantes por Presídio

COMPLEXO 01	
Presídio	**Capacidade máxima**
CPPL	1.812
STENIO GOMES	50
OTAVIO LOBO	100
IPPO II	1.000
CPMI	1.200
TOTAL	**4.162**
COMPLEXO 02	
CPPL II	1.832
CPPL III	1.832
CPPL IV	1.906
SEMI ABERTO	1.970
CEPIS	2.032
IRMÃ NEUDA	178
IPF	1.000
CTOC	632
SEGURANÇA MÁXIMA	168
CADEIA FEMININA	1.004
TOTAL	**12.554**

Fonte: SEJUS

Elementos para Concepção do Sistema

5 ELEMENTOS PARA CONCEPÇÃO DO SISTEMA

O projeto foi desenvolvido a partir de dados topográficos fornecidos pelo setor de topografia da GPROJ, o qual foi responsável por cadastrar tanto as cotas do terreno, como profundidade das caixas à montante das fossas existentes e ETES. O projeto é composto por rede coletora, duas estações elevatórias, duas linhas de recalque e duas estações de tratamento de esgoto. As vazões de projeto foram calculadas através de dados fornecidos pela Secretaria de Justiça e Cidadania(SEJUS).

Segue lista do material fornecido para elaboração do SES do projeto em questão:

- Topografia elaborada pela GPROJ;
- População informada pela SEJUS.

5.1 Parâmetros do Projeto

Para o cálculo das vazões, foram utilizados os seguintes parâmetros de dimensionamento:

Complexo 01:

- Estudo Populacional ..... Saturação;
- População Atendida (P_a) .....4.162 hab;
- Coeficiente do dia de maior consumo (K_1) 1,20;
- Coeficiente da hora de maior consumo (K2) 1,50;
- Coeficiente da hora de menor consumo (K3) 0,50;
- Coeficiente de retorno (q) 0,80;
- Consumo Per-Capita do presídio .....300 L/hab.dia;
- Índice de atendimento.....100,00%.

Complexo 02:

- Estudo Populacional ..... Saturação;
- População Atendida (P_a) .....12.554 hab;
- Coeficiente do dia de maior consumo (K_1) 1,20;
- Coeficiente da hora de maior consumo (K2) 1,50
- Coeficiente da hora de menor consumo (K3) 0,50

- Coeficiente de retorno (q) 0,80
- Consumo Per-Capita do presídio .....300 L/hab.dia
- Índice de atendimento.....100,00 %

Equação 1: Vazão Mínima

$$Q_{máx(d)} = (P_a \times q \times C \times K_3) / 86.400 + Ti$$

Equação 2: Vazão máxima

$$Q_{máx(h)} = (P_a \times q \times C \times K_1 \times K_2) / 86.400 + Ti$$

Equação 3: Vazão Média

$$Q_{méd} = (P_a \times C \times q) / 86.400 + Ti$$

A tabela 01 traz o resumo das vazões utilizadas no projeto:

Tabela 2 - Resumo das Vazões de Projeto – Etapa Única

VAZÃO – Etapa Única (L/s)			
Complexo	**Qmín**	**Qmed**	**Qmáx**
Complexo 01	6,15	11,93	21,18
Complexo 02	18,16	35,60	63,50

Projeto Proposto

6 PROJETO PROPOSTO

6.1 Descrição Geral

O projeto proposto compreende o esgotamento do centro penintenciário de Itaitinga e Aquiraz, através de dois complexos isolados, nomeados Complexo 01 e Complexo 02. O SES do Complexo 01 consta do esgotamento de 4.162 habitantes, através de uma rede coletora de aproximadamente 1.480 metros de extensão. Já o complexo 02 consta do esgotamento de 12.554 habitantes, através de uma rede coletora de aproximadamente 2.900 metros de extensão. Atendendo no total 16.716 habitantes através de uma rede coletora de aproximadamente 4.400 metros de extensão.

No complexo 01, o esgoto coletado será enviado por gravidade diretamente para elevatória EEE-CP1, e através da linha de recalque, bombeado até a ETE, que tem como destino final o riacho sem denominação.

Já no complexo 02, o esgoto coletado será enviado por gravidade diretamente para elevatória EEE-CP2, e através da linha de recalque, bombeado até a CRV e posteriormente distribuído em módulos da ETE, que tem como destino final o riacho sem denominação.

A tecnologia de tratamento de ambas as ETES do complexo penitenciário será ETE compacta em fibra, constituída de UASB, seguido por filtros submersos aerados (FSA), decantador lamelar (DL) e tanque de contato (TC) e desidratação do lodo em leitos de secagem (LS), caracterizando um tratamento a nível secundário do efluente, conforme padrão de lançamento exisgido pelo orgão ambiental.

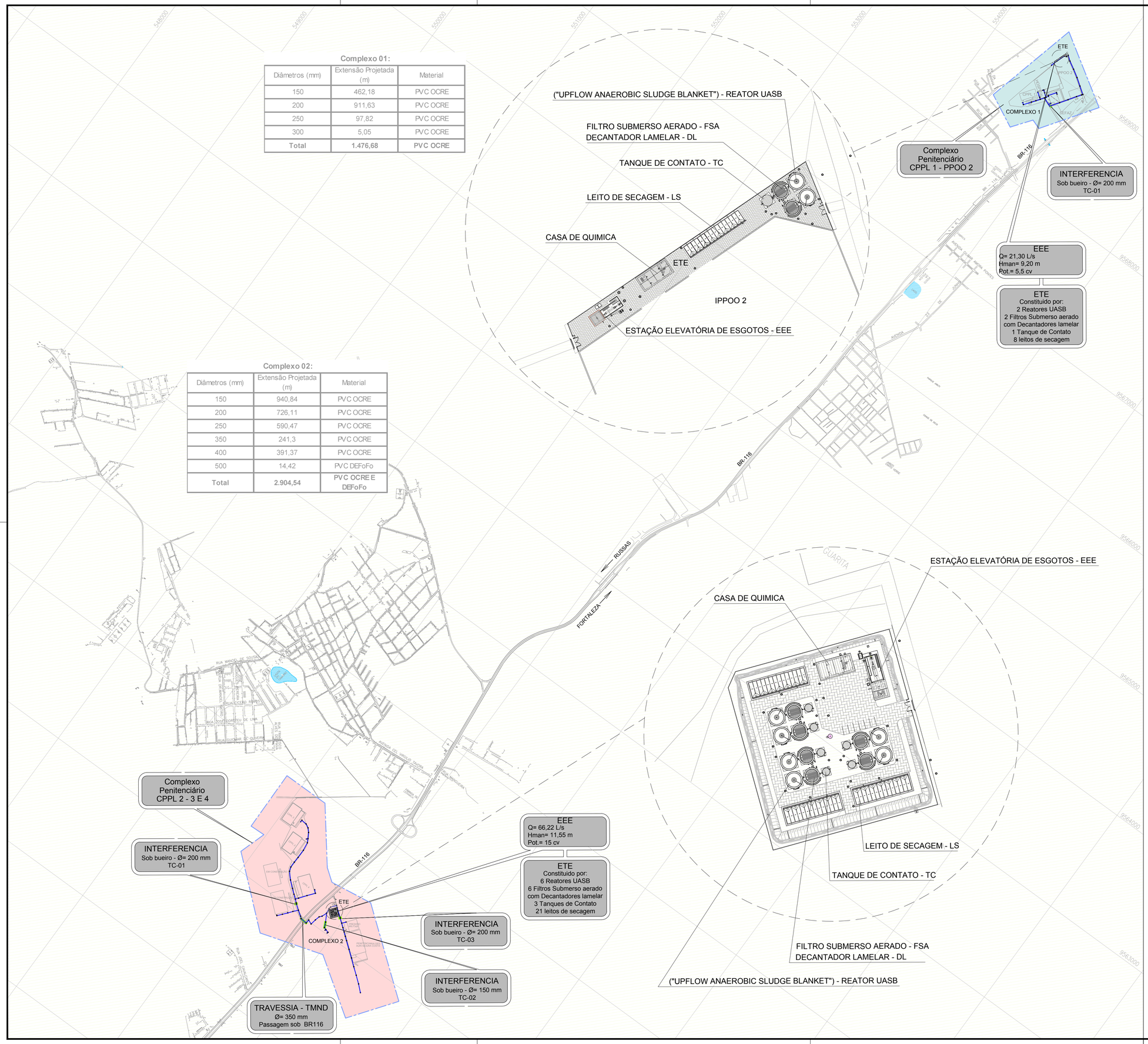
O projeto proposto compreende rede coletora de esgoto, duas estações elevatórias, duas linhas de recalque e duas estações de tratamento de esgoto.

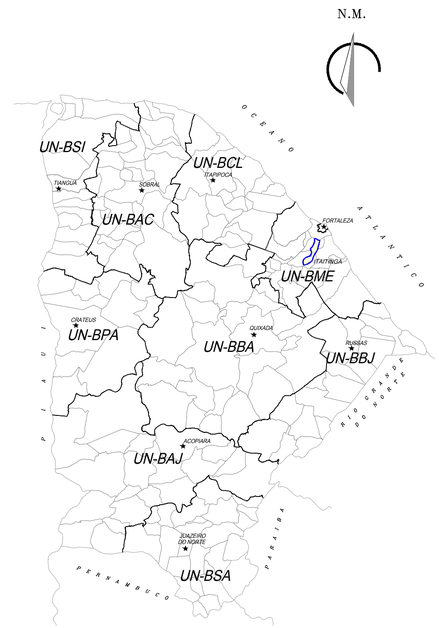
Complexo 01:

Diâmetros (mm)	Extensão Projetada (m)	Material
150	462,18	PVC OCRE
200	911,63	PVC OCRE
250	97,82	PVC OCRE
300	5,05	PVC OCRE
Total	**1.476,68**	**PVC OCRE**

Complexo 02:

Diâmetros (mm)	Extensão Projetada (m)	Material
150	940,84	PVC OCRE
200	726,11	PVC OCRE
250	590,47	PVC OCRE
350	241,3	PVC OCRE
400	391,37	PVC OCRE
500	14,42	PVC DEFoFo
Total	**2.904,54**	**PVC OCRE E DEFoFo**





LEGENDA

- LIMITE DA ÁREA DO PROJETO
- REDE COLETORA
- PV- POÇO DE VISITA EXISTENTE
- PV- POÇO DE VISITA
- PV C/ PONTA SECA
- PV C/ TUBO DE QUEDA
- INRERFERÊNCIA
- LIMITE DA ÁREA DO PROJETO COMPLEXO 1
- LIMITE DA ÁREA DO PROJETO COMPLEXO 2

Nº	DESCRIÇÃO	DATA	PROJETADO	DESENHADO

REVISÃO

Cagece

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ
DIRETORIA DE ENGENHARIA
GERÊNCIA DE PROJETOS

DESENHO: 01 | PRANCHA Nº: 01/01

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO COMPLEXO PENITENCIÁRIO DE ITAITINGA E AQUIRAZ - CE

PROJETO BÁSICO

COMPLEXO PENITENCIÁRIO
LAYOUT GERAL DOS SISTEMAS

GERÊNCIA:	ENGº RAUL TIGRE DE ARRUDA LEITÃO		
COORDENAÇÃO:	ENGº GERARDO FROTA NETO		
PROJETO:	ENGª LARISSA CARACAS RNP: 060136479-1, ENGª LARYSSA FERNANDES RNP: 061714250-5		
DESENHO:	FCARLOSF	ESCALA:	1:7500
ARQUIVO:	01_SES_ITAITINGA_COMPLEX. PENT._LAYOUT GERAL_01.01.dwg	DATA:	AGO/2018

6.2 Descrição das Unidades do Sistema

6.2.1 Rede Coletora

6.2.1.1 Definição do Traçado e do Tipo de Rede

O traçado da rede coletora de esgotos foi desenvolvido em atendimento às especificações técnicas de projeto vigentes na NBR 9649/1986 – projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário e as recomendações feitas pela equipe técnica de acompanhamento da CAGECE.

A partir do nivelamento geométrico do eixo das ruas, estabeleceu-se o sentido de escoamento de cada trecho e a escolha de soluções tipo de rede coletora, tendo- se adotado:

- Rede simples a 1/3 do meio-fio (lado contrário à rede de água), quando a mesma não apresenta interferência devido a existência de galerias de águas pluviais, caso geral;
- Rede dupla, com os coletores assentados nos terços direito e esquerdo, quando verificada a existência ou projeto de galeria de águas pluviais, e quando o leito trafegável se apresenta como avenida com canteiro central; ruas com largura superior a 18m e ruas de tráfego intenso;
- Poços de visita (PV) em todos os pontos singulares da rede coletora; no início das redes, reunião de trechos; mudanças de direção, de declividade, de diâmetro e de material;
- PV de 600 mm entre poços de visita, quando a distância entre os mesmos resultou superior a 80m. O PV de 600 mm adotado será utilizado entre dois trechos de mesma declividade.

Em seguida ao traçado da rede coletora, procedeu-se a numeração das singularidades e trechos e, posterior preenchimento das planilhas de cálculo, que serão apresentadas detalhadamente no projeto executivo.

6.2.1.2 Software Utilizado para Dimensionamento

O dimensionamento das redes coletoras de esgoto foi feito através do aplicativo CESG.

A metodologia usada pelo programa consiste em:

- Lançar graficamente a rede coletora sobre a planta topográfica dentro do programa;

- Gerar arquivo de exportação de dados em formato dxf, ter o arquivo no aplicativo de cálculo;
- Dimensionar a rede;
- Gerar os arquivos de retorno das informações de cálculo para o AutoCAD;
- Obter a planta final.

Os parâmetros de projeto utilizados pelo aplicativo estão de acordo com a NBR 9649 de nov/86, a qual preconiza que os coletores sejam dimensionados com base no atendimento de uma tensão trativa, com valor mínimo admissível de 0,6 Pa.

O processo de dimensionamento é feito com base na propagação de vazões, no recobrimento mínimo, diâmetro mínimo, na relação y/d máxima e na declividade econômica, considerando o máximo possível as condições topográficas do local.

Ressalta-se, porém que o programa também leva em conta imposições diversas como altura de recobrimento, interferências, vazões concentradas. Embora o mesmo gere uma numeração sequencial crescente por coletor, a numeração de PV's é meramente cadastral, e pode ser adequada livremente caso a caso, de acordo com as necessidades impostas pelo o usuário.

O programa permite ainda ajustar a configuração para cálculo de todos os trechos de uma só vez, ou o cálculo chamado de "manual", onde se deve intervir no dimensionamento de cada trecho, impondo diâmetro, profundidades, e demais condições necessárias para desenvolvimento do projeto. Além disso, o aplicativo usa o software gráfico para o desenho da rede, eliminando a necessidade de desenhista, inclusive o trabalho de lançar manualmente as informações de cada trecho, e dos PV's. Com isso se evita aqueles erros que ocorrem com frequência quando tal processo é feito de forma manual.

6.2.1.3 Critérios para Dimensionamento

a) Regime hidráulico de escoamento

As redes coletoras foram projetadas para funcionar como conduto livre em regime permanente e uniforme, de modo que a declividade da linha de energia seja equivalente à declividade da tubulação e igual à perda de carga unitária.

b) Vazões mínimas

A vazão mínima considerada para dimensionamento da rede coletora está de acordo com as

recomendações da NBR 9649 da ABNT, onde é recomendado o valor de 5 l/s como menor vazão a ser utilizada nos cálculos. De acordo com a norma, tal valor corresponde ao pico instantâneo de vazão decorrente da descarga de um vaso sanitário. Diante do exposto, para efeito de dimensionamento, sempre que a vazão de jusante do trecho for inferior a 5 l/s, foi adotado o valor citado como vazão mínima.

c) Diâmetro mínimo

Apesar da NBR 9649/86 admitir a utilização de diâmetro de até 100 mm, no projeto ora elaborado foi considerado ∅ de 150 mm como o mínimo adotado nas redes coletoras públicas, conforme normas da Cagece.

d) Declividade mínima

A declividade mínima adotada obedece a requisitos da ABNT, ou seja, a mesma foi dimensionada de forma a proporcionar para cada trecho da rede, desde o início do plano, uma tensão trativa média igual ou superior a 0,6 Pa, determinada pela expressão aproximada, para coeficiente de Manning n = 0,010.

$I_{min} = 0{,}0035.\ Q_i^{\ -0{,}47}$

Onde:

I_{min} = declividade mínima em m/m

Q_i = vazão de jusante do trecho em início de plano em l/s

e) Declividade máxima

A máxima declividade admissível é aquela para qual se tem uma velocidade na tubulação da ordem de 5,0 m/s para a vazão de final de plano, conforme equação abaixo.

$I_{máx} = 2{,}66.Q_f^{\ -0{,}67}$

Onde:

$I_{máx}$ = declividade máxima em m/m

Q_f = vazão de jusante do trecho em final de plano em l/s

f) Lâmina d’água máxima

Nas redes coletoras, as tubulações são projetadas para funcionar com lâmina igual ou inferior a 75% do diâmetro, sendo a parte superior (25%) destinada à ventilação do sistema, ocorrência de imprevistos e flutuações excepcionais do nível de esgotos. O diâmetro que atende a tal condição pode ser calculado conforme abaixo mostrado.

$$D = \left(0{,}0352 . \frac{Q_f}{\sqrt{I}} \right)^{0{,}375}$$

Onde: D = diâmetro em m; Q_f = vazão final em m³/s; I = declividade em m/m

g) Lâmina d'água mínima

Não há limite quanto à lâmina d'água mínima, tendo em vista que o critério que define a tensão trativa, considera o processo de autolimpeza nas tubulações, desde que pelo menos uma vez por dia, o sistema atinja uma tensão trativa igual ou superior a 0,6 Pa.

h) Velocidade crítica

Nos casos em que a velocidade final se mostrou superior a velocidade crítica, a lâmina de água máxima fica reduzida a 50% do diâmetro do coletor. Para os casos onde se tem Y/D > 0,5 o programa considera o aumento do diâmetro da tubulação. A velocidade crítica é definida pela seguinte equação:

$$Vc = 6 \sqrt{gRh}$$

Onde: Vc = velocidade crítica em m/s; g = aceleração da gravidade em m/s²; Rh = raio hidráulico para a vazão final em m

i) Condições de controle de remanso

É verificada a influência do remanso no trecho de montante, sempre que a cota do nível da água na saída de qualquer PV ou TIL, ficar acima de qualquer das cotas do nível de água de entrada.

Nos casos onde a profundidade é a mínima, o programa Cesg, faz coincidir a geratriz superior dos tubos. Para profundidades maiores a coincidência dos níveis de água de montante e de jusante em PV ou TL é feita automaticamente pelo programa, de forma a se evitar remansos. Nos casos em que se tem mais de um coletor afluente, o nível da água de jusante coincide com o nível mais baixo dentre os coletores de montante.

6.2.1.4 Acessórios das Redes Coletoras

a) Poços de visita

Convencionalmente foram empregados poços de visita nos seguintes casos:

- Nas cabeceiras das redes;
- Nas mudanças de direção dos coletores;

- Nas alterações de diâmetro;
- Nos encontros de coletores;
- Em posições intermediárias, respeitando a distância máxima de 120,00m e considerando a utilização de PV de 600 mm sempre que a distância entre PV supere 80m.

b) Caixa de passagem

Dimensionadas por necessidades construtivas, para permitir a passagem de equipamentos para limpeza do trecho de jusante, naquelas situações onde a existência de alguma interferência inviabilizou a construção de PV's.

c) Degrau

Considerado para desníveis, variando até 0,70m, entre a cota do coletor afluente e o PV.

d) Tubo de queda

Dispositivo instalado nos PV's, quando o coletor afluente apresenta degrau com altura superior a 0,70m.

6.2.2 Estações Elevatórias

No caso específico do Centro Penitenciário de Itaitinga e Aquiraz, foram necessárias 2 (duas) estações elevatórias de esgoto bruto, uma destinada à ETE do complexo 01 e outra destinada à ETE complexo 02. Ambas as elevatórias serão dotadas de grade, caixa de areia e calha parshall e serão responsáveis por recalcar toda vazão afluente às ETES projetadas. Ambas as elevatórias do centro constam de gerador e bomba reserva

As estações elevatórias de esgoto bruto, bem como suas linhas de recalque, foram dimensionadas prevendo a vazão do sistema para a população de saturação da área, sendo assim, o horizonte de projeto se estende até a construção de novas sedes ou ampliação das existentes.

6.2.2.1 Gradeamento

Constitui-se de gradeamento formado por barras em aço inox 316L, paralelas, igualmente espaçadas entre si, destinadas à remoção de sólidos grosseiros ou em suspensão, protegendo os equipamentos e tubulações de obstruções.

Seu dimensionamento consiste em definir as seções e o espaçamento das barras que irão

compor o gradeamento, incluindo sua inclinação com a horizontal. Em função destas características, da vazão máxima do sistema e a velocidade média do esgoto através das grades, determina-se largura e comprimento do canal de acesso da grade, bem como as perdas de cargas para grade limpa e com 50% de obstrução.

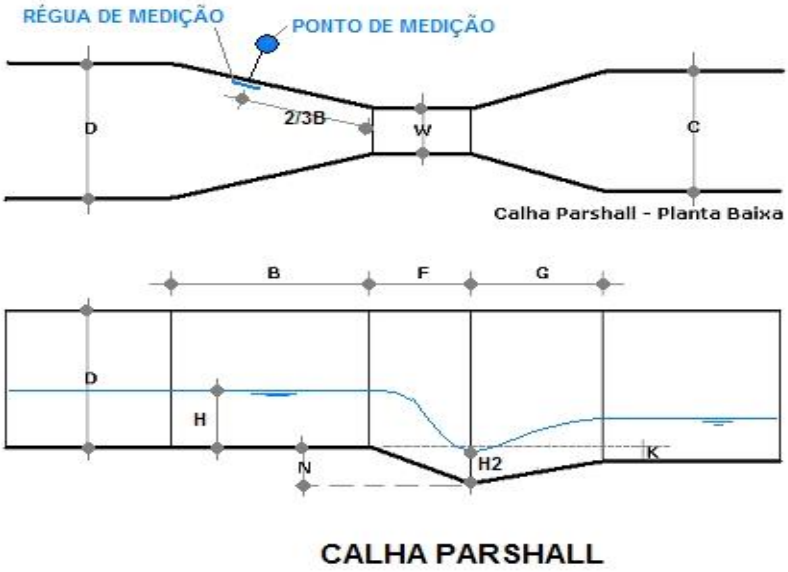
6.2.2.2 Caixa de Areia

Para remoção de areia e outros resíduos inertes, com diâmetro igual ou superior a 0,2mm e densidade de 2,65 g/cm³, será utilizado caixa de areia de limpeza manual dotado de dois canais paralelos idênticos, com seção do tipo retangular, com rebaixo de forma a permitir que a variação da velocidade seja em torno de +/- 20% em relação a 0,30m/s. O dimensionamento foi realizado para funcionamento alternado.

6.2.2.3 Calha Parshall

A calha Parshall constitui dispositivo para medição de vazão e regulador de velocidade. Como medidor de vazão com ponto de leitura único (a dois terço do início da garganta), deverá operar em escoamento livre, ou seja, com a carga no ponto crítico seja menor ou igual 60% da carga à montante do ponto de medição (H2/H ≤ 0,6) para os Parshall de 3, 6 e 9 pol e menor ou igual a 70% (H2/H ≤ 0,7) para os demais, sendo que estas alturas estão apresentadas abaixo.

Figura 8 - Calha Parshall



Possuem dimensões padronizadas na literatura técnica. Sua especificação é definida pela largura da garganta (W), em função das vazões mínima e máxima do sistema em questão,

conforme apresentado abaixo:

Tabela 3 - Características Calha Parshall

W		Q min (l/s)	Q max (l/s)	W		Q min (l/s)	Q máx. (l/s)
(pol)	(cm)			(pol)	(cm)		
3pol	7,6	0,85	53,8	4	122,0	36,79	1921,5
6pol	15,2	1,52	110,4	5	152,5	62,80	2422,0
9pol	22,9	2,55	251,9	6	183,0	74,40	2929,0
1	30,5	3,11	455,6	7	213,5	115,40	3440,0
1 1/2	45,7	4,25	696,2	8	244,0	130,70	3950,0
2	61,0	11,89	936,7	10	305,0	200,00	5660,0
3	91,5	17,26	1426,3	-	-	-	-

6.2.2.4 Poço de Sucção

O poço de sucção armazenará o esgoto de forma a manter condições de operação das bombas, em termos de níveis mínimos e máximos, com tempo de detenção médio limitado à 30 minutos e tempo de ciclo médio de 10 minutos (aqui considerados na pior condição), conforme recomendação da Norma NBR 12.208/92 – Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário.

6.2.3 Linha Recalque

A metodologia utilizada para dimensionamento da linha de recalque é apresentada a seguir.

A linha de recalque foi dimensionada em uma primeira aproximação pela fórmula de Bresse:

$D = K.Q^{1/2}$

Onde:

D = diâmetro do emissário (m)

K = fator de Bresse (Variável em função da velocidade média)

Q = vazão (m^3/s)

Na realidade, a adoção do coeficiente da fórmula de Bresse equivale à fixação de uma velocidade média a que se denomina velocidade econômica (Azevedo Neto, Manual de Hidráulica, Volume I, página 271).

O relativamente baixo valor de K traduz a importância cada vez mais significativa dos custos de energia elétrica para os usuários em geral e particularmente para as concessionárias dos serviços de água e de esgotos.

Com base nas velocidades e perdas de carga resultantes, os diâmetros serão aumentados ou diminuídos de maneira a obter bombas e materiais de emissários correntes no comércio.

Os materiais previstos na linha de recalque foi:

- Para 100 < DN ≤ 500mm.....PVC DEF°F°
- Para 500 mm > DN > 1000 mm.....FºFº
- Para DN ≥ 1000 mm.....Aço

Serão empregadas, preferencialmente, tubulações em PVC DEFoFo nas linhas de recalque uma vez que esse material apresenta uma melhor relação custo/benefício quando comparado ao ferro dúctil para baixas pressões e menores perdas de carga e diâmetros pequenos.

6.2.4 Estação de Tratamento de Esgoto

As ETES foram projetadas para atendimento às demandas e às legislações ambientais vigentes, que recomenda efluente com concentração de DBO menor que 120mg/L e coliformes de 1000 NMP/100mL. Ambas as estações terão o tratamento pela tecnologia de ETE compacta em fibra de vidro.

6.2.4.1 Características dos Efluentes

O conhecimento das características das águas residuárias constitui um dos primeiros passos para o estudo preliminar de projetos, em que os possíveis tipos de tratamentos só podem ser selecionados a partir do levantamento destas características. Da mesma forma, é conhecido também o potencial poluidor, quando estes efluentes são lançados no corpo receptor sem tratamento adequado.

Os esgotos dos presídios, a ser contemplados com a infraestrutura prevista no presente projeto, apresentam características típicas de efluentes sanitários domésticos.

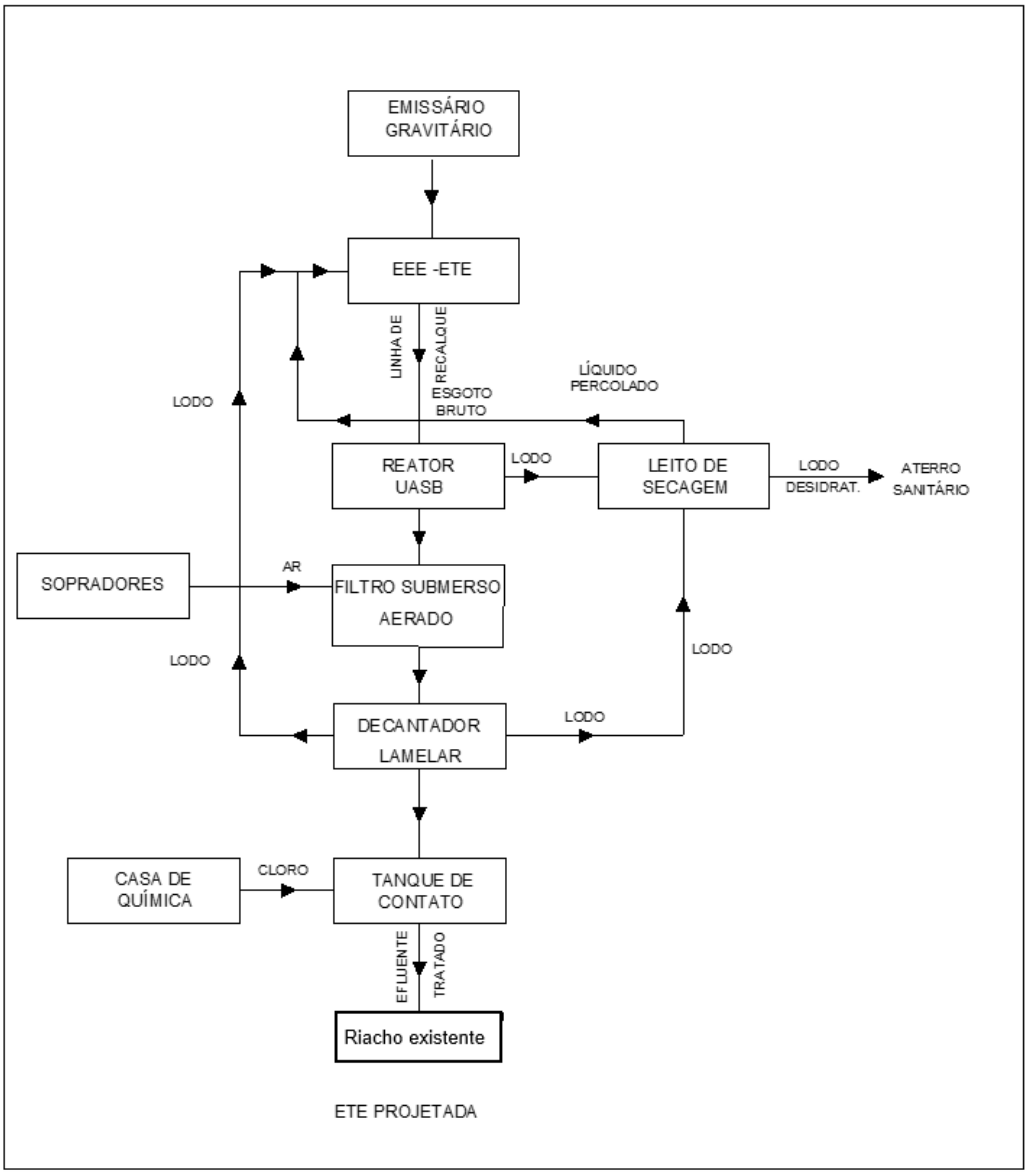
6.2.4.2 Identificação do Sistema Adotado

Tendo em vista as características dos efluentes, optou-se por adotar um tratamento biológico dos despejos. Assim, o tratamento será feito através de um sistema constituído de:

- Reatores UASB;
- Filtros submersos aerados (FSAs);
- Decantadores lamelares;
- Tanques de contato (cloração);
- Leitos de secagem.

Todos as unidades do sistema serão em fibra de vidro com exceção do leito de secagem que será em concreto. O fluxograma da ETE é apresentado na Figura abaixo.

Figura 9 - Fluxograma ETE



A fim de facilitar a operação da ETE, foram considerados 2 (dois) módulos para o complexo 01 e 6 (seis) módulos para o complexo 02, tendo um total de:

COMPLEXO 01:

- 2 (dois) reatores UASB;
- 2 (dois) FSA;
- 2 (dois) decantadores lamelar;
- 1 (um) tanque de contato;
- 1 (um) leito de secagem com 8 (oito) células.

COMPLEXO 02:

- 6 (seis) reatores UASB;
- 6 (seis) FSA;
- 6 (seis) decantadores lamelar;
- 6 (seis) tanque de contato;
- 3 (três) leitos de secagem com 7 (oito) células cada.

6.2.5 Descrição das Unidades do Sistema de Tratamento

6.2.5.1 Reatores UASB

Nos reatores tipo UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), a depuração decorre de um intenso contato entre o esgoto e um manto de lodo suspenso, previamente maturado no equipamento, rico em microrganismos anaeróbios. A tecnologia aplicada e o controle em tratamento de esgoto através dos reatores UASB e FSA são frutos de intensas pesquisas no âmbito da engenharia sanitária.

As características e parâmetros para os reatores UASB de ambas as ETES são os seguintes:

- Diâmetro .....6,50 m
- Altura útil .....5,00 m

O lodo descartado dos reatores UASB será encaminhado ao leito de secagem ou retornará para a EEE-ETE.

6.2.5.2 Filtros Submersos Aerados

O filtro submerso aerado (FSA) é composto de um tanque preenchido com material suporte, através do qual esgoto e ar fluem permanentemente. O meio suporte é mantido sob total imersão pelo fluxo hidráulico.

Ambas as ETES contarão com FSAs atendendo às seguintes características:

- Diâmetro .....6,00 m
- Altura útil .....4,50 m
- Área específica do meio suporte..... 365 m³/m²

No Complexo 01, a aeração será feita por 1 (um) conjunto soprador e 1 um conjunto de reserva com potência de 18,5 CV cada e sobrepressão de 700 mbar, já no complexo 02, a aeração seráfeita por meio de 2 (dois) conjuntos soprador e 1 (um) conjunto reserva com potência de 35 CV cada e sob pressão de 700 mbar. Não esquecer de considerar o inversor de frequência no projeto elétrico, para regular a vazão de ar dos conjuntos sopradores.

6.2.5.3 Decantadores Lamelares

A finalidade do decantador é remover os sólidos sedimentáveis, de forma a permitir que o efluente esteja em condições de ser lançado no corpo receptor ou de ser submetido a tratamento terciário.

Em ambas as ETES, serão empregados decantadores lamelares com as características a seguir:

- Quantidade de decantadores por módulo.....1 un
- Velocidade de sedimentação.....1,25 cm/min
- Comprimento .....5,29 m
- Largura total.....2,55 m
- Comprimento da placa.....1,00 m
- Quantidade de placas por decantador.....49 un

O lodo proveniente dos decantadores e do FSA será descartado no leito de secagem e também poderá retornar a EEE-ETE para retornar ao início do processo.

6.2.5.4 Tanque de Contato

No tanque de contato, é feita a cloração do efluente, com a finalidade de desinfecção. No complexo 01, a dosagem da solução de hipoclorito de sódio será feita através de 2 (dois) tanques de solução de 250 L e bombas dosadoras. Já no complexo 02, a dosagem da solução de hipoclorito de sódio será feita através de 3 (três) tanques de solução de 500 L e bombas dosadoras.

Características do tanque de contato:

Complexo 01:

- Diâmetro .....5,00 m
- Profundidade útil .....1,10 m

Complexo 02:

- Diâmetro .....3,50 m
- Profundidade útil .....1,10 m

6.2.5.5 Leito de Secagem

No leito de secagem ocorre a desidratação do lodo. O líquido percolado dos leitos é colhido em um sistema de drenagem, retornando a estação elevatória de esgoto da ETE para posterior recirculação ao reator UASB. O lodo desidratado deverá ser encaminhado ao aterro sanitário, onde será feita sua disposição final.

O leito de secagem do complexo 01 será constituído de 8 células e do complexo 02 será constituído de 7 células. Em ambos, a soleira drenante será composta por areia e pedregulho. A camada suporte será feita de placas de concreto, assentadas com areia grossa com juntas de 2 cm. O sistema de drenagem será constituído de tubos de concreto com diâmetro de 150 mm, colocados no fundo do leito. O fundo do leito deverá ter inclinação de 1% no sentido do coletor de escoamento do líquido filtrado.

Complexo 01:

- Quantidade de células leito.....08 un
- Largura da célula .....3,50 m
- Comprimento da célula .....5,50 m

Complexo 02:

- Quantidade de células leito.....07 un
- Largura da célula .....3,50 m
- Comprimento da célula .....7,00 m

6.3 Emissário Final

Em ambas as ETEs, o efluente tratado será encaminhado, através de emissário final, a um riacho sem denominação.

Complexo 01:

- Diâmetro .....300 mm

- Extensão .....162,20 m
- Material ..... PVC rígido (NBR 7362)

Complexo 02:

- Diâmetro .....500 mm
- Extensão .....115,60 m
- Material .....PVC DEFoFo

Planilhas de Cálculo

7 PLANILHAS DE CÁLCULO

A seguir, serão mostradas as planilhas de dimensionamento que deram embasamento ao projeto em estudo. Divididos em:

- **COMPLEXO 01**
- **COMPLEXO 02**

7.1 Complexo 01

7.1.1 Planilha de Vazões

VAZÕES DE PROJETO - COMPLEXO 01

Parâmetros Básicos

No cálculo das vazões de projeto, foram admitidos os seguintes parâmetros:

P = População	4.162	hab
q presidio. = *contribuição per capita dos presidios*	300	L/hab.d
C = coeficiente de retorno	0,8	
k_1 = coeficiente de máxima vazão diária	1,2	
k_2 = coeficiente de máxima vazão horária	1,5	
k3 = coeficiente de mínima vazão horária	0,5	
L = comprimento de rede	1.476,68	m
T_i = taxa de contribuição de infiltração	0,00025	L/s.m

As vazões são calculadas a partir das seguintes equações:

Vazão Mínima

A vazão mínima ($Q_{mín}$), em L/s, é dada por:

$Q_{min} = K_3 \times P \times q \times C / 86.400 + L \times T_i$

Vazão Média

A vazão média ($Q_{méd}$), em L/s, é obtida pela seguinte equação:

$Q_{méd} = P \times q \times C / 86.400 + L \times Ti$

Vazão Máxima

A vazão média ($Q_{méd}$), em L/s, é assim obtida:

$Q_{máx} = K1 \times K_2 \times P \times q \times C / 86.400 + L \times T_i$

Vazão Total de Projeto

A vazão total afluente à Estação de Tratamento de Esgoto do centro penitenciário de Itaitinga/Aquiraz corresponde ao somatório das vazões pontuais de cada presídio, e a taxa de infiltração da rede. Sendo assim temos que:

Vazão Mínima

$Q_{mín}$ = vazão mínima	6,1	L/s
$Q_{mín}$ = vazão mínima	531,34	m³/d

Vazão Média

$Q_{méd}$ = vazão média	11,9	L/s
$Q_{méd}$ = vazão média	1.030,78	m³/d

Vazão Máxima

$Q_{máx}$ = vazão máxima	21,2	L/s
$Q_{máx}$ = vazão máxima	1.829,88	m³/d

7.1.2 Cálculo da Rede Coletora

PLANILHA DE CÁLCULO DA REDE COLETORA DE ESGOTO DO COMPLEXO PENITENCIÁRIO DE ITAITINGA 1

Coletor	Trecho	PV mont PV jus	Extensão (m)	Cont.Lin (L/s.Km) Ini /Fim	Cont.Tre (L/s) Ini /Fim	Q Pontual (L/s)	Q mont (L/s) Ini/Fim	Q jus (L/s) Ini/Fim	Diâmetro	Declividade (m/m)	Cota Terreno mon/jus	Cota G.I. Coletor mon/jus	Rec.Col (m) mon/jus	Prof. Vala (m) mon/jus	Y/D ini/fim	V (m/s) ini/fim	T.Arr. (Pa) Vc (m/s)	n Manning
C1	1-1	1	20	0,25	0,005	9,06	9,06	9,065	150	0,0099	33,973	32,873	0,95	1,1	0,48	1,09	3,53	0,01
		2		0,25	0,005	9,06	9,06	9,065			33,775	32,675	0,95	1,1	0,48	1,09	3,58	0,01
	1-2	2	75,91	0,25	0,019	0	9,065	9,084	150	0,0067	33,775	32,675	0,95	1,1	0,54	0,94	2,56	0,01
		3		0,25	0,019	0	9,065	9,084			33,218	32,168	0,9	1,05	0,54	0,94	3,72	0,01
	1-3	3	40,46	0,25	0,01	0	9,084	9,094	200	0,0011	33,218	32,118	0,9	1,1	0,58	0,48	0,6	0,01
		4		0,25	0,01	0	9,084	9,094			33,39	32,073	1,117	1,317	0,58	0,48	4,39	0,01
	1-4	4	40,47	0,25	0,01	0	9,094	9,104	200	0,0011	33,39	32,073	1,117	1,317	0,58	0,48	0,6	0,01
		5		0,25	0,01	0	9,094	9,104			34,065	32,027	1,837	2,037	0,58	0,48	4,39	0,01
	1-5	5	39,44	0,25	0,01	0	9,371	9,381	200	0,0011	34,065	32,027	1,837	2,037	0,59	0,48	0,6	0,01
		6		0,25	0,01	0	9,371	9,381			34,527	31,984	2,343	2,543	0,59	0,48	4,42	0,01
	1-6	6	68,43	0,25	0,017	0	9,81	9,827	200	0,0011	34,527	31,984	2,343	2,543	0,62	0,48	0,6	0,01
		7		0,25	0,017	0	9,81	9,827			34,006	31,91	1,896	2,096	0,62	0,48	4,46	0,01
	1-7	7	18,95	0,25	0,005	0	9,958	9,962	200	0,0011	34,006	31,91	1,896	2,096	0,62	0,48	0,6	0,01
		8		0,25	0,005	0	9,958	9,962			33,985	31,889	1,896	2,096	0,62	0,48	4,47	0,01
	1-8	8	12,39	0,25	0,003	0	9,962	9,965	200	0,0011	33,985	31,889	1,896	2,096	0,62	0,48	0,6	0,01
		9		0,25	0,003	0	9,962	9,965			33,986	31,876	1,91	2,11	0,62	0,48	4,47	0,01
	1-9	9	80	0,25	0,02	0	9,965	9,985	200	0,0011	33,986	31,876	1,91	2,11	0,63	0,48	0,6	0,01
		10		0,25	0,02	0	9,965	9,985			34,712	31,79	2,722	2,922	0,63	0,48	4,47	0,01
	1-10	10	79,47	0,25	0,02	0	9,985	10,005	200	0,0011	34,712	31,79	2,722	2,922	0,63	0,48	0,6	0,01
		11		0,25	0,02	0	9,985	10,005			33,932	31,705	2,027	2,227	0,63	0,48	4,47	0,01
	1-11	11	79,83	0,25	0,02	0	10,005	10,025	200	0,0138	33,932	31,705	2,027	2,227	0,3	1,24	4,67	0,01
		12		0,25	0,02	0	10,005	10,025			31,705	30,605	0,9	1,1	0,3	1,24	3,49	0,01
	1-12	12	47,25	0,25	0,012	0	10,025	10,037	200	0,0443	31,705	30,605	0,9	1,1	0,23	1,89	11,66	0,01
		13		0,25	0,012	0	10,025	10,037			29,613	28,513	0,9	1,1	0,23	1,89	3,08	0,01
	1-13	13	12,13	0,25	0,003	0	10,037	10,04	200	0,0401	29,613	28,513	0,9	1,1	0,23	1,82	10,8	0,01
		14		0,25	0,003	0	10,037	10,04			29,126	28,026	0,9	1,1	0,23	1,82	3,11	0,01
	1-14	14	79,97	0,25	0,02	0	10,04	10,06	200	0,0077	29,126	28,026	0,9	1,1	0,35	1,01	2,94	0,01
		15		0,25	0,02	0	10,04	10,06			28,514	27,414	0,9	1,1	0,35	1,01	3,72	0,01
	1-15	15	79,86	0,25	0,02	0	10,06	10,08	200	0,0059	28,514	27,414	0,9	1,1	0,38	0,92	2,39	0,01
		16		0,25	0,02	0	10,06	10,08			28,043	26,943	0,9	1,1	0,38	0,92	3,82	0,01

	1-16	16	79,69	0,25	0,02	0	10,08	10,1	200	0,0045	28,043	26,943	0,9	1,1	0,41	0,83	1,93	0,01
		17		0,25	0,02	0	10,08	10,1			27,684	26,584	0,9	1,1	0,41	0,83	3,93	0,01
	1-17	17	79,73	0,25	0,02	0	10,1	10,12	200	0,0192	27,684	26,584	0,9	1,1	0,28	1,41	6,09	0,01
		18		0,25	0,02	0	10,1	10,12			26,152	25,052	0,9	1,1	0,28	1,41	3,38	0,01
	1-18	18	52,97	0,25	0,013	0	10,12	10,133	200	0,0148	26,152	25,052	0,9	1,1	0,3	1,28	4,95	0,01
		19		0,25	0,013	0	10,12	10,133			25,37	24,27	0,9	1,1	0,3	1,28	3,47	0,01
	1-19	19	20,59	0,25	0,005	0	10,133	10,138	200	0,0011	25,37	24,27	0,9	1,1	0,63	0,48	0,6	0,01
		20		0,25	0,005	0	10,133	10,138			25,816	24,248	1,368	1,568	0,63	0,48	4,49	0,01
	1-20	20	18,39	0,25	0,005	5	15,138	15,143	250	0,0009	25,816	24,198	1,368	1,618	0,59	0,5	0,6	0,01
		21		0,25	0,005	5	15,138	15,143			25,988	24,182	1,556	1,806	0,59	0,5	4,93	0,01
	1-21	21	79,43	0,25	0,02	0	15,143	15,163	250	0,0009	25,988	24,182	1,556	1,806	0,59	0,5	0,6	0,01
		22		0,25	0,02	0	15,143	15,163			27,747	24,111	3,386	3,636	0,59	0,5	4,93	0,01
	1-22	22	5,05	0,25	0,001	0	21,178	21,179	300	0,0008	27,747	24,061	3,386	3,686	0,57	0,51	0,6	0,01
		23		0,25	0,001	0	21,178	21,179			28,2	24,057	3,843	4,143	0,57	0,51	5,34	0,01
C2	1-18	24	48,25	0,25	0,012	0,25	0,25	0,262	150	0,0094	34,752	33,702	0,9	1,05	0,19	0,65	1,58	0,01
		25		0,25	0,012	0,25	0,25	0,262			34,3	33,25	0,9	1,05	0,19	0,65	2,47	0,01
	2-18	25	18,95	0,25	0,005	0	0,262	0,267	150	0,0124	34,3	33,25	0,9	1,05	0,18	0,71	1,97	0,01
		5		0,25	0,005	0	0,262	0,267			34,065	33,015	0,9	1,05	0,18	0,71	2,39	0,01
C3	1-18	26	12,44	0,25	0,003	0,125	0,125	0,128	150	0,0452	35,06	34,01	0,9	1,05	0,13	1,12	5,38	0,01
		27		0,25	0,003	0,125	0,125	0,128			34,498	33,448	0,9	1,05	0,13	1,12	2,07	0,01
	2-18	27	78,62	0,25	0,02	0	0,128	0,148	150	0,0027	34,498	33,448	0,9	1,05	0,26	0,42	0,6	0,01
		28		0,25	0,02	0	0,128	0,148			34,748	33,235	1,363	1,513	0,26	0,42	2,82	0,01
	3-18	28	7,82	0,25	0,002	0	0,148	0,15	150	0,0027	34,748	33,235	1,363	1,513	0,26	0,42	0,6	0,01
		29		0,25	0,002	0	0,148	0,15			34,816	33,214	1,453	1,603	0,26	0,42	2,82	0,01
	4-18	29	24,04	0,25	0,006	0	0,15	0,156	150	0,0027	34,816	33,214	1,453	1,603	0,26	0,42	0,6	0,01
		30		0,25	0,006	0	0,15	0,156			34,587	33,148	1,289	1,439	0,26	0,42	2,82	0,01
	5-18	30	14,6	0,25	0,004	0	0,426	0,429	150	0,0027	34,587	33,022	1,415	1,565	0,26	0,42	0,6	0,01
		6		0,25	0,004	0	0,426	0,429			34,527	32,982	1,395	1,545	0,26	0,42	2,82	0,01
C4	1-18	31	10,38	0,25	0,003	0,25	0,25	0,253	150	0,0445	34,72	33,67	0,9	1,05	0,13	1,12	5,31	0,01
		32		0,25	0,003	0,25	0,25	0,253			34,258	33,208	0,9	1,05	0,13	1,12	2,07	0,01
	2-18	32	26,38	0,25	0,007	0	0,253	0,259	150	0,0027	34,258	33,208	0,9	1,05	0,26	0,42	0,6	0,01
		33		0,25	0,007	0	0,253	0,259			34,96	33,136	1,674	1,824	0,26	0,42	2,82	0,01
	3-18	33	42,34	0,25	0,011	0	0,259	0,27	150	0,0027	34,96	33,136	1,674	1,824	0,26	0,42	0,6	0,01
		30		0,25	0,011	0	0,259	0,27			34,587	33,022	1,415	1,565	0,26	0,42	2,82	0,01
C5	5-1	34	22,05	0,25	0,006	0,125	0,125	0,131	150	0,0138	34,311	33,261	0,9	1,05	0,17	0,74	2,14	0,01
		7		0,25	0,006	0,125	0,125	0,131			34,006	32,956	0,9	1,05	0,17	0,74	2,36	0,01
C6	6-1	35	60,4	0,25	0,015	6	6	6,015	150	0,0218	29,064	27,564	1,35	1,5	0,31	1,3	5,6	0,01
		22		0,25	0,015	6	6	6,015			27,747	26,247	1,35	1,5	0,31	1,3	3,04	0,01

7.1.3 Estação Elevatória e Linha de Recalque

7.1.3.1 Tratamento Preliminar

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 01

TRATAMENTO PRELIMINAR - EEE COMPLEXO 01

Vazões de Projeto

As vazões de projeto afluentes à estação elevatória são apresentadas no quadro a seguir:

Etapa	Vazão (L/s)		
	Mínima	Média	Máxima
ÚNICA	6,15	11,93	21,18

Calha Parshall

O medidor de vazão para a elevatória será a calha parshall. A partir das vazões máximas e mínimas, pela tabela abaixo define-se suas dimensões, especificando-o pela largura de sua seção estrangulada (garganta).

w		$Q_{mín}$	$Q_{máx}$	n	k
pol	cm	(L/s)	(L/s)		
3	7,6	0,85	53,8	1,547	0,176
6	15,2	1,52	110,4	1,580	0,381
9	22,9	2,55	251,9	1,530	0,535
12	30,5	3,11	455,6	1,522	0,690
18	45,8	4,25	696,2	1,538	1,054
24	61,0	11,89	936,7	1,550	1,426
36	91,5	17,26	1426,3	1,566	2,182
48	122,0	36,79	1921,5	1,578	2,935
60	152,5	62,80	2422,0	1,587	3,728

Fonte: Alem Sobrinho e Tsutiya (2011)

Largura da garganta adotada W 3 pol

Coeficientes da Calha Parshall

Coeficiente n n 1,547

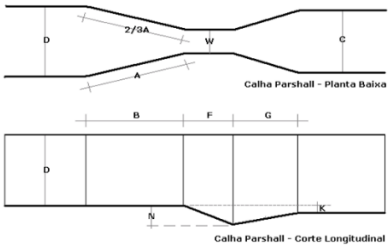
Coeficiente k k 0,176

Equação utilizada: $Q = k \cdot H^n \longrightarrow$ Q = 0,176 H^ 1,547

Altura da lâmina d'água (H) a 2/3 da seção convergente

A altura da lâmina d'água é calculada a partir da seguinte relação:

$$Q = k \cdot H^n \rightarrow H = \left(\frac{Q}{K}\right)^{\frac{1}{n}}$$



Onde,

Hmáx = 0,254 m

Hméd = 0,176 m

Hmín = 0,114 m

Rebaixo (Z) em relação à soleira do vertedor da caixa de areia

$$z = \frac{Q_{máx} \cdot H_{mín} - Q_{mín} \cdot H_{máx}}{Q_{máx} - Q_{mín}}$$

O rebaixo na calha parshall é utilizado a fim de adaptar o canal da caixa de areia para forma retangular, tornando a variação de velocidade no canal tolerável.

Temos que:
Z = 0,06 m

Altura da lâmina de água (h) antes do rebaixo
Corresponde a diferença entre a altura de lâmina d'água (H) e o rebaixo (Z).

$$h = H - z$$

Onde,
hmáx = 0,197 m
hméd = 0,118 m
hmín = 0,057 m

Grade

O gradeamento é a primeira parte da remoção dos sólidos no tratamento preliminar de resíduos domésticos ou industriais. São dispositivos de retenção e, serão em barras de aço inox dispostas paralelamente em vertical ou inclinada de modo a permitir o fluxo normal do esgoto. O espaçamento das barras é definico em termos das dimensões dos sólidos retidos.

Tipo de grade	Abertura a (mm)	Seção da barra (e x p)	
		(mm)	pol
Grosseira	40 - 100	9,5 x 50,0	3/8 x 2
		9,5 x 63,5	3/8 x 2 1/2
		12,7 x 38,1	1/2 x 1 1/2
		12,7 x 50,0	1/2 x 2
Média	20 - 40	7,9 x 50,0	5/16 x 2
		9,5 x 38,1	**3/8 x 1 1/2**
		9,5 x 50,0	3/8 x 2
Fina	10 - 20	6,4 x 38,1	1/4 x 1 1/2
		7,9 x 38,1	5/16 x 1 1/2
		9,5 x 38,1	3/8 x 1 1/2

Fonte: Adaptado de NBR 12209/2011

Gradeamento adotado	
Tipo de Limpeza	**MANUAL**
Tipo de Grade	**MÉDIA**
Abertura (a)	20 mm
Espess.da barra (e)	9,5 mm
Profundidade (p)	38,1 mm
Inclinação (θ)	60 °

Eficiência
Expressa pela fórmula:

$$E = \frac{a}{a + t}$$

E = 67,8%

Área útil (Au)

A área útil é a razão entre a vazão máxima afluente e a velocidade do escoamento entre barras. Valores ideais para a velocidade do fluxo entre barras devem ser inferiores a 1,2 m/s, conforme NBR 12209/2011. Jordão e Pessoa (2011) recomendam velocidades entre 0,4 e 1,2 m/s.

$$A_u = \frac{Q_{máx}}{v_o}$$

Velocidade adotada vo = 0,4 m/s
Au = 0,053 m²

Área total (At)
Calculada em função da eficiência da grade.

$$A_t = \frac{A_u}{E}$$

Área da seção do canal At = 0,078 m²

Comprimento do canal da grade
O comprimento do canal de acesso deve ser tal que evite o turbilhonamento junto à grade. Este comprimento é função do tempo de detenção adotado para este canal e da vazão máxima afluente.

$$L_g = \frac{Q_{máx} \cdot TDH}{A_t}$$

onde;
TDH = *3* *seg*

Comprimento do canal (Lg) = 0,81 m
Comprimento do canal adotado (Lgadot) = 0,8 m

Largura teórica do canal da grade
Função da parea do canal e da altura máxima da caixa de areia

$$b_g = \frac{A_t}{h_{máx}}$$

Largura do canal (bg) = 0,40 m
Largura do canal adotado (bg) = 0,40 m

Verificação das velocidades

	Q (m³/s)	H (m)	H - z (m)	At (m²)	Au (m²)	V (m/s)
mín	0,0061	0,114 m	0,057 m	0,0229	0,0155	0,4
méd	0,0119	0,176 m	0,118 m	0,0474	0,0321	0,4
máx	0,0212	0,254 m	0,197 m	0,0789	0,0535	0,4

Os valores obtidos apresentam-se entre 0,4 e 1,2 m/s, valores recomendados pela NBR 12209/2011 e por Jordão e Pessoa (2011).

Perda de carga
A determinação da perda de carga na grade de barras deverá considerar o modelo selecionado, o tipo de operação de limpeza, localização e detalhes construtivos. A perda de carga pode ser calculada considerando-se que o comportamento hidráulico é idêntico ao escoamento através do orifício. Ver equação a seguir:

$$h_f = \frac{1{,}43 \cdot (V^2 - v^2)}{2g}$$

V é a velocidade máxima através das barras, calculada para 50% de obstrução, ou seja, 2 vezes a velocidade máxima para seção sem obstrução, dada por: $V = 2 \cdot v_{máx}$
v é a velocidade à montante da grade e igual a: $v = v_{máx} \cdot E$
g é a aceleração da gravidade no valor de 9,81 m/s².

Portanto, os valores das velocidades e da perda de carga são:

Velocidade através da grade	V	0,79	m/s
Velocidade à montante da grade	v	0,27	m/s
Perda de carga calculada	h_f	0,04	m

Conforme NBR 12209/2011, a perda de carga mínima para grades com limpeza manual deve ser 15 cm. Assim,

Perda de carga adotada	h_f	0,15	m

Quantidade de barras (n)

Calcula-se o número de barras de uma grade relacionando a largura do canal da grade, a espessura da barra e o afastamento entre elas. Como mostra a fórmula a seguir:

$$N = \frac{b_g}{a + t}$$

n = 13,56

n adotado = 14 barras

Caixa de Areia

A largura da caixa de areia deve ser tal que a velocidade do fluxo não ultrapasse aquela recomendada em projeto. A NBR limita em 0,4 m/s a velocidade do fluxo quando a caixa estiver operando em vazão máxima. Assim, a largura da caixa de areia é função da vazão máxima, da altura da lâmina de esgoto na caixa de areia e da velocidade do fluxo na caixa (adotada). A equação (José Alves Nunes, 2001) para cálculo da largura do desarenador é mostrada abaixo:

$$b = \frac{Q_{máx}}{h_{máx} \cdot v_o}$$

Vo	0,4	m/s
b	0,27	m
b adot	0,4	m

	Q (m³s)	h (m)	A = b·h (m²)	v = Q/A (m/s)	Verif.
máx	0,0212	0,197	0,079	0,27	OK
méd	0,0119	0,118	0,047	0,25	OK
mín	0,0061	0,057	0,023	0,27	OK

Comprimento (L)

Segundo E.P.Jordão, o funcionamento da caixa de areia está condicionado ao comportamento do fluxo de esgoto da câmara de sedimentação. O trajeto da partícula de areia é função da velocidade de sedimentação (para partículas com diâmetro menor que 0,20 mm, densidade 2,65 e velocidade 0,02 m/s) e da velocidade crítica do fluxo longitudinal. Na prátia adota-se a seguinte equação:

$$L = f \cdot h_{máx}$$

f =	22,5	
L =	4,44	m
L adot =	4	m

Verificação da taxa de escoamento superficial

$$I = \frac{Q_{méd}}{A_{sup}}$$

I = 644,235 m³/m²*dia

O valor obtido encontra-se dentro da faixa recomendada pela NBR 12209/2011, entre 600 a 1300 m³/m²*dia.

Altura útil

A profundidade necessária para o acúmulo de material que sedimenta na caixa de areia no intervalo entre limpezas pode ser obtida pela seguinte equação:

$$H_{acum} = \frac{V_{acum}}{A_{sup}}$$

Onde:

Taxa de produção de material retido (R) =	0,00004	m³/m³
Quantidade de material retido (M) =	0,0412	m³/dia
Frequência de limpeza (i) =	7	dias
Volume de acumulação (V) =	0,289	m³
Largura depósito de areia (b) =	0,4	m
Comprimento do depósito de areia (L) =	4	m
Profundidade do depósito de areia (H acum) =	0,180	m
Prof. do depósito de areia adotada (H acum. adot) =	0,2	m

7.1.3.2 Estação Elevatória de Esgoto

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 01

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO

Vazões de Projeto

As vazões de projeto afluentes à estação elevatória são apresentadas no quadro a seguir:

Etapa	Vazão (L/s)		
	Mínima	Média	Máxima
ÚNICA	6,15	11,93	21,18

Tubulação de Recalque

O diâmetro da tubulação de recalque (D) foi selecionado através da fórmula de Bresse:

$D = K \times \sqrt{Q}$

onde:

K = coeficiente (adotado)	1,2
Q = vazão máxima afluente (m^3/s)	0,02118
D = diâmetro calculado (mm)	174,64

A velocidade na tubulação (v) é assim calculada:

$v = Q / (p \times D^2 / 4)$

Os diâmetros e as velocidades resultantes são indicados no quadro abaixo:

Trecho	D (mm)		v (m/s)
	Calculado	Adotado	
Subida	175	200	0,7
Barrilete	175	200	0,7
Linha de adução	175	200	0,7

As velocidades obtidas atendem ao intervalo de 0,60 a 2,50 m/s recomendado.

Perdas de Carga

<u>a) Perda de Carga Contínua</u>

A perda de carga contínua (h_{fc}) é dada pela fórmula de Hazen-Williams:

$h_{fc} = 10,643 \times Q^{1,85} \times C^{-1,85} \times D^{-4,87} \times L$

onde:

Q = vazão de bombeamento (m^3/s)

C = coeficiente de rugosidade

D = diâmetro da tubulação (m)

L = extensão da tubulação (m)

As perdas de carga contínuas, para tubulação nova e para tubulação velha, são obtidas conforme o quadro a seguir:

Trecho	D (mm)	L (m)	C		h_{fc} ($Q^{1,85}$)	
			Tubo novo	Tubo velho	Tubo novo	Tubo velho
Subida	200	3,0	130,0	105,0	9,94	14,76
Barrilete	200	2,5	130,0	105,0	8,28	12,30
Linha de recalque	200	115,0	140,0	130,0	332,21	381,02
				Total	350,43	408,08

b) Perda de Carga Localizada

A perda de carga localizada (h_{fl}) é calculada pela seguinte fórmula:

$h_{fl} = Sk \times v^2 / 2g$

onde:

k = coeficiente relativo às perdas de carga nas singularidades

v = velocidade na tubulação (m/s)

g = aceleração da gravidade (m/s²)

Os valores dos somatórios do coeficiente k foram obtidos conforme o quadro a seguir:

Tipo de singularidade	Subida		Barrilete		Linha de recalque	
	Quant.	k	Quant.	k	Quant.	k
Ampliação gradual		0,00		0,00		0,00
Curva de 90°	1	0,40	1	0,40	4	1,60
Curva de 45°		0,00		0,00		0,00
Curva de 22°30'		0,00		0,00		0,00
Entrada de Borda		0,00		0,00		0,00
Entrada normal		0,00		0,00		0,00
Junção de 45°		0,00		0,00		0,00
Redução gradual		0,00		0,00		0,00
Registro de gaveta		0,00	1	0,20	2	0,40
Saída de canalização		0,00		0,00	2	2,00
Tê de passagem direta		0,00	2	1,20	2	1,20
Tê de saída lateral		0,00		0,00		0,00
Válvula de retenção		0,00	1	2,50		0,00
Sk		0,40		4,30		5,20

As perdas de carga localizadas são determinadas no quadro a seguir:

Trecho	Sk	D (mm)	v (Q m/s)	h_{fl} (Q^2)
Subida	0,40	200	31,85	20,68
Barrilete	4,30	200	31,85	222,28
Linha de recalque	5,20	200	31,85	268,81
			Total	511,77

Altura Geométrica

As alturas geométricas (H_g) mínima e máxima são dadas, respectivamente, por:

$H_{g,mín} = C_{lanç} - NA_{máx}$ e $H_{g,máx} = C_{lanç} - NA_{mín}$

onde:

$C_{lanç}$ = cota de lançamento do esgoto	31,500	m
$NA_{máx}$ = cota do nível máximo no poço de sucção	23,404	m
$NA_{mín}$ = cota do nível mínimo no poço de sucção	22,904	m

Sendo assim, tem-se:

$H_{g,mín}$ = altura geométrica mínima	8,10	m
$H_{g,máx}$ = altura geométrica máxima	8,60	m

Altura Manométrica

A altura manométrica (H_m) é dada por:

$H_m = H_g + h_{fc} + h_{fl}$

Logo, as expressões representativas da altura manométrica são as seguintes:

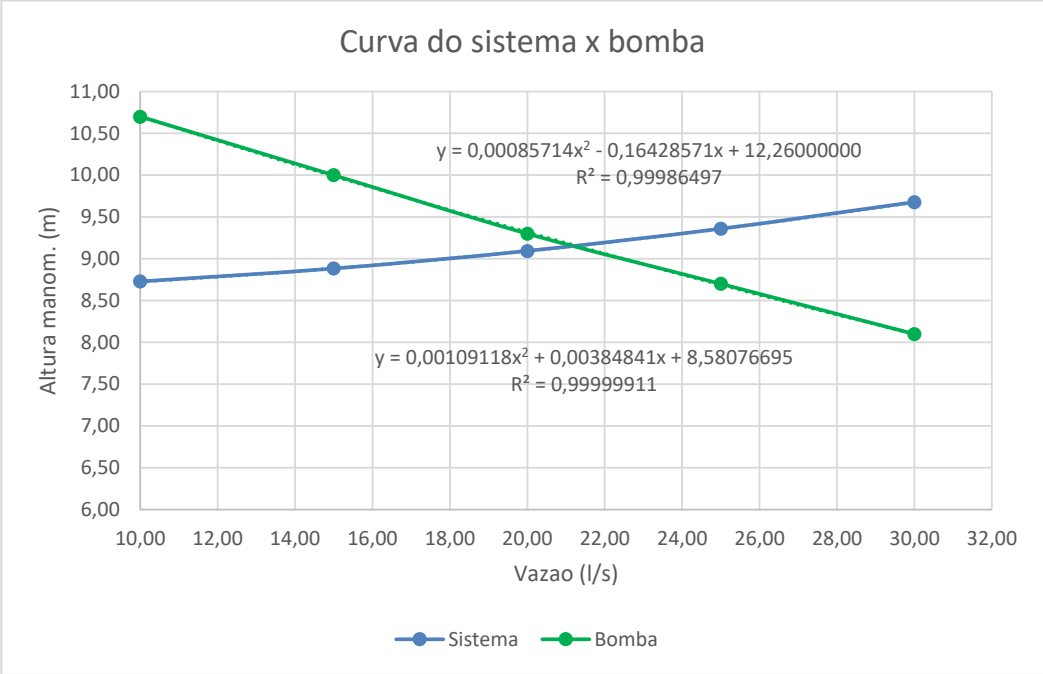
$$H_{m,mín} = 8{,}10 + 350{,}43\ Q^{1,85} + 511{,}77\ Q^2$$

$$\mathbf{H_{m,máx} = 8{,}60 + 408{,}08\ Q^{1,85} + 511{,}77\ Q^2}$$

Curvas do Sistema e Pontos de Operação

Os pontos das curvas características do sistema são determinados no quadro a seguir:

Q (L/s)	$H_{m,mín}$ (m)	$H_{m,máx}$ (m)	Bomba (m)
10,00	8,22	8,73	10,7
15,00	8,36	8,88	10
20,00	8,55	9,09	9,3
25,00	8,80	9,36	8,7
30,00	9,09	9,68	8,1



Ponto de Operação

O ponto de operação encontrado através da interseção da curva do sistema vs a curva da bomba é:

Vazão de bombeamento	21,30	L/s
Altura manométrica	9,20	m

Conjunto Motor-Bomba

Será adotado conjunto motor-bomba com as seguintes caracterísiticas:

Marca	Flyght	
Modelo de referência	NP 3102	
Curva	Adaptive 422	
Tipo	Submersivel	
Número de bombas	1+1	
Potência nominal	5,5	CV
Vazão	21,30	L/s (cada)
Altura manométrica	9,20	m
Rotação	1.800	rpm

Poço de Sucção

<u>a) Volume Útil</u>

O volume útil do poço de sucção (V_u) é estimado pela seguinte expressão:

$V_u = 2,5 \times Q_b$

onde:

Q_b = vazão da bomba 1,278 m^3/min

Logo:

V_u = volume útil do poço de sucção 3,20 m³

Serão adotadas as seguintes dimensões para o poço de sucção:

A SPO-024 define como 0,50 metros como altura útil mínima. Para o cálculo da área de poços retangulares, a mesma norma fixa dimensão mínima de 2 metros.

C = Comprimento	3,30	m
L = Largura	2,00	m
$H_{ucalc.}$ = altura útil calculada	0,48	m
H_u = altura útil	0,50	m

Obs: Os poços são compartimentados, sendo 2 (dois) poços vaso-comunicantes, resultando as dimensões adotadas.

O volume útil corrigido vale, então:

V_u = volume útil corrigido 3,30 m³

b) Volume Morto

O volume morto (V_m) é o volume compreendido entre o fundo do poço de sucção e o nível mínimo do esgoto em seu interior, sendo assim calculado:

$V_m = A_b \times H_{mín}$

onde:

A_b = área da base do poço de sucção	6,60	m²
$H_{mín}$ = altura mínima	0,50	m

Segundo SPO-024 para bombas submersíveis, adotar o valor recomendado pelo fabricante ou no mínimo 50 cm.

Com isso, obtém-se:

V_m = volume morto do poço de sucção 3,30 m³

c) Volume Efetivo

O volume efetivo (V_e) é o volume compreendido entre o fundo do poço de sucção e o nível médio de

$V_e = V_m + V_u / 2$

V_e = volume efetivo do poço de sucção 4,95 m³

d) Tempo de Detenção

O tempo de detenção média no poço de sucção (T_d) é dado por:

$T_d = V_e / Q_{méd}$

onde:

V_e = volume efetivo do poço de sucção	4,95	m³
$Q_{méd}$ = vazão média	0,716	m³/min

Logo:

T_d = tempo de detenção no poço de sucção 6,9 min

Este valor atende ao tempo máximo de 30 min recomendado pela NBR 12208.

Ciclo de Funcionamento

O ciclo de funcionamento da bomba (T_C) é dado por:

$T_C = T_S + T_D$

onde:

T_S = tempo de subida (min) = V_u / Q_a

T_D = tempo de descida (min) = V_u / (Q_b - Q_a)

V_u = volume útil do poço de sucção (m³)

Q_a = vazão afluente (m³/min)

Q_b = vazão de bombeamento (m³/min)

Os tempos obtidos, para as vazões afluentes de início e final de plano, são apresentados no quadro a seguir:

Etapa	Vazão (m³/min)		T_S (min)	T_D (min)	T_C (min)
Início de plano	$Q_{mín}$	0,369	8,9	3,6	12,6
	$Q_{méd}$	0,716	4,6	5,9	10,5
	$Q_{máx}$	1,271	2,6	455,2	457,8

Os ciclos de funcionamento são superiores à 10 min, atendendo à recomendação de que o conjunto motor-bomba não execute mais de 6 paradas por hora.

Cálculo do NPSH

A sigla NPSH (Net Positive Succion Head) é adotada universalmente para designar a energia disponível na sucção. Há dois valores a considerar: NPSH requerido que é uma característica da bomba, fornecida pelo fabricante e o NPSH disponível, que é uma característica das instalações de sucção, que pode ser calculada pelas equações abaixo:

$$\text{NPSH disp} = \frac{\text{Pa} - \text{Pv}}{\gamma} - \text{z} - \text{Hf} \qquad \text{z} = \text{hbomba} - \text{hmin, suc}$$

Onde:

h_{bomba} = Cota do eixo da bomba	22,654	
$h_{mín,suc}$ = Cota do NA mínimo do poço de sucção	22,904	
Z = altura de sucção	0,250	m
P_a = Pressão atmosférica	10330	Kg/m²
P_v = Pressão de vapor	433,0	Kg/m²
g = Peso específico da água	1000	Kg/m³
h_f = Perda de carga localizada na sucção	0,009390827	m
$NPSH_{disp.}$	9,64	m
$NPSH_{req.}$	4,23	m

Como NPSHdisp. > HPSHreq. o sistema funcionará normalmente

7.1.4 Estação de Tratamento de Esgoto

7.1.4.1 Característica do Esgoto

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 01

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE

Cargas Orgânicas

As cargas orgânicas do esgoto afluente (L_0), em kg/d, são assim calculadas:

$L_0 = P \times c / 1.000$

onde:

Parb = população arbitrária	4.162	hab
c = contribuição *per capita* de DBO ou DQO, admitindo-se os seguintes valores:		
c_{DBO} = contribuição *per capita* de DBO (adotada)	50	g/hab.d
c_{DQO} = contribuição *per capita* de DQO (adotada)	100	g/hab.d

Logo, as cargas orgânicas são:

L_{DBO} = carga afluente de DBO	208,10	kg/d
L_{DQO} = carga afluente de DQO	416,20	kg/d

Concentrações

As concentrações do esgoto afluente (S_0), em mg/L, são dadas por:

$S_0 = L_0 / Q_{méd} \times 1.000$

Portanto, as concentrações calculadas são:

$S_{0,DBO}$ = concentração afluente de DBO	201,89	mg/L
$S_{0,DQO}$ = concentração afluente de DQO	403,77	mg/L

Adotaram-se as seguintes concentrações:

$S_{0,DBO}$ = concentração afluente de DBO	350	mg/L
$S_{0,DQO}$ = concentração afluente de DQO	700	mg/L
N_0 = concentração afluente de coliformes	5,0E+07	NMP/100 mL

7.1.4.2 UASB

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 01

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

UASB

Volume do Reator

O volume total do reator (V), em m³, é dado por:

$V = Q_{méd} \times TDH$

onde:

Qméd = vazão média	42,95	m³/h
TDH = tempo de detenção hidráulica (adotado)	8,0	h

Sendo assim, tem-se:

V = volume total	343,60	m³

O volume unitário (V_u), correspondente a cada módulo, é assim calculado:

$V_u = V / N$

onde:

N = número de módulos (adotado)	2

Logo:

V_u = volume unitário	171,80	m³

Com isso, as vazões unitárias, referentes a um módulo, valem:

$Q_{méd}$ = vazão média unitária	21,48	m³/h
$Q_{máx}$ = vazão máxima unitária	38,12	m³/h

Os cálculos apresentados a seguir correspondem às vazões unitárias.

Dimensões do Reator

A área do reator (A), em m², é dada por:

$A = V_u / H$

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 01

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

onde:

H = altura útil (adotada)	5,00	m

Assim, tem-se:

A = área do reator	34,36	m²

Serão adotados reatores circulares com as seguintes dimensões:

D = Diâmetro	6,62	m
D(adot) = Diâmetro adotado	6,50	m
A = área corrigida	33,17	m²

O diâmetro adotado apresenta-se inferior ao calculado, mas pode ser considerado já que os tempos de detenção ficarão dentro dos limites admitidos.

Tempo de Detenção Corrigido

Considerando as dimensões adotadas, o volume unitário corrigido (V_u) é, então:

$V_u = A \times H$

V_u = volume unitário corrigido	165,83	m³

Logo, o tempo de detenção hidráulica corrigido passa a ser:

$TDH = V_u / Q$

$TDH_{méd}$ = tempo de detenção hidráulica para $Q_{méd}$	7,72	h
$TDH_{mín}$ = tempo de detenção hidráulica para $Q_{máx}$	4,35	h

Estes valores encontram-se entre 6 e 9 hrs para a vazão média, e entre 4 e 6 hrs para a vazão máxima, atendendo aos critérios recomendados.

Cargas Aplicadas

A carga hidráulica volumétrica (CHV), em m³/m³.d, é dada por:

$CHV = Q / V$

Portanto, os valores obtidos para a vazão média e para a vazão máxima são:

$CHV_{méd}$ = carga hidráulica volumétrica para $Q_{méd}$ 3,11 m³/m³.d

$CHV_{máx}$ = carga hidráulica volumétrica para $Q_{máx}$ 5,52 m³/m³.d

Estes valores encontram-se abaixo de 4,00 m³/m³.d para a vazão média, e abaixo de 6,0 m³/m³.d para a vazão máxima, atendendo aos critérios recomendados.

Velocidades Superficiais

A velocidade superficial de fluxo (v), em m/h, é assim calculada:

$v = Q / A$

Logo, as velocidades obtidas para a vazão média e para vazão máxima são:

$v_{méd}$ = velocidade superficial para $Q_{méd}$ 0,6 m/h

$v_{máx}$ = velocidade superficial para $Q_{máx}$ 1,1 m/h

Estes valores encontram-se abaixo de 0,7 m/h para a vazão média, e abaixo de 1,2 m/h para a vazão máxima, estando dentro da faixa recomendada.

Tubos de Distribuição

A área de influência dos tubos de distribuição do esgoto afluente (A_i) é dada por:

$A_i = A / N_d$

onde:

N_d = número de distribuidores (adotado) 12

Com isso, tem-se:

A_i = área de influência do distribuidor 2,76 m²

A área de influência dos tubos de distribuição encontra-se em torno de 2,0 e 3,0 m², atendendo aos critérios recomendados.

A velocidade descendente nos tubos de distribuição (v_{td}) é assim calculada:

$v_{td} = (Q_{máx} / N / N_d) / (p \times D_d^2 / 4)$

onde:

D_{td} = diâmetro do tubo de distribuição (adotado) 100 mm

Logo:

v_{td} = velocidade descendente 0,11 m/s

A velocidade descendente nos tubos de distribuição encontra-se abaixo de 0,20 m/s, atendendo aos critérios

Estimativas das Eficiências e Concentrações do Efluente

A eficiência de remoção de DBO (E_{DBO}) é calculada pela seguinte equação:

$E_{DBO} = 100 \times (1 - 0{,}70 \times TDH^{-0{,}50})$

E_{DBO} = eficiência de remoção de DBO 74,8 %

Para a eficiência de remoção de DQO (E_{DQO}), tem-se:

$E_{DQO} = 100 \times (1 - 0{,}68 \times TDH^{-0{,}35})$

E_{DQO} = eficiência de remoção de DQO 66,7 %

Para a eficiência de remoção de coliformes (E_{CF}), adotou-se:

E_{CF} = eficiência de remoção de coliformes 90,0 %

As concentrações efluentes são dadas por:

$S = S_0 - (E \times S_0)/100$ $N = N_0 - (E \times N_0)/100$

onde:

S_0 e N_0 = concentrações do esgoto afluente

Aplicando-se os valores na equação, as concentrações obtidas são as seguintes:

S_{DBO} = concentração efluente de DBO 88,2 mg/L

S_{DQO} = concentração efluente de DQO 233,1 mg/L

N = concentração efluente de coliformes 5,0E+06 NMP/100 mL

Produção de Metano e de Biogás

A parcela de DQO convertida em metano (DQO_{CH4}), em kgDQO/d, é calculada pela seguinte equação:

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 01

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

$DQO_{CH4} = Q_{méd} \times (S_0 - S_{DQO}) - Y_{obs} \times Q_{méd} \times S_0$

onde:

Y_{obs} = coeficiente de produção de sólidos (adotado)	0,21	$kgDQO_{lodo}/kgDQO_{apl}$

Tem-se, portanto:

DQO_{CH4} = parcela de DQO convertida em metano	164,87	kgDQO/d

O fator de correção para a temperatura operacional do reator, K (t), em kgDQO/m³, é dado por:

$K(t) = (P \times K) / [R \times (273 + t)]$

onde:

t = temperatura operacional do reator	28	°C
P = pressão atmosférica	1	atm
K = DQO correspondente a um mol de CH_4	64	gDQO/mol
R = constante universal dos gases	0,08206	atm.L/mol.°K

Logo:

K (t) = fator de correção para a temperatura	2,59	kgDQO/m³

A produção volumétrica de metano (Q_{CH4}), em m³/d, é, então, calculada pela seguinte relação:

$Q_{CH4} = DQO_{CH4} / K(t)$

Aplicando os valores obtidos, tem-se:

Q_{CH4} = vazão de metano	63,63	m³/d

Para a determinação da produção total de biogás (Q_g), deve ser considerado o teor de metano no biogás:

$Q_g = Q_{CH4} / p_{CH4}$

onde:

p_{CH4} = percentual de metano no biogás (adotado)	80	%

Portanto:

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 01

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

Q_g = vazão de biogás 79,54 m³/d

Coletor de Gás

A área dos coletores de gás (A_g), em m², é dada por:

$A_g = N_g \times 3{,}14 \times ((Dg^2)/4 - (Dr^2)/4)$

onde:

N_g = número de coletores por reator (adotado)	1	
Dg = Diâmetro do coletor de gás	1,50	m
Dr = Diâmetro da rosa de distribuição	0,70	m

Sendo assim:

A_g = área total dos coletores de gás 1,38 m²

Obs: A área do coletor circular é calculada pela fórmula da coroa circular.

A taxa de liberação de biogás nos coletores (v_g), em m³/m².h, vale, então:

$v_g = Q_g / A_g$

v_g = taxa de liberação de biogás 2,40 m³/m².h

A taxa encontra-se acima de 1,0 m³/m².h e abaixo de 5,0 m³/m².h, atendendo aos limites recomendados.

Abertura para o Decantador

As velocidades através das aberturas (v_a), em m/h, são dadas por:

$v_a = Q / A_a$

$Aa = 3{,}14 \times ((Dr^2)/4 - (Ds^2)/4)$

onde:

Na = Número de Aberturas dos decantadores	1	unid
La = Largura das Aberturas dos decantadores	0,80	m
Dr = Diâmetro do reator	6,50	m
Ds = Diâmetro do separador trifásico	3,65	m
A_a = área das aberturas para os decantadores	22,71	m²

Logo, as velocidades obtidas para a vazão média e para a vazão máxima são:

$v_{a,méd}$ = velocidade nas aberturas para $Q_{méd}$	0,95	m/h
$v_{a,máx}$ = velocidade nas aberturas para $Q_{máx}$	1,68	m/h

As velocidades encontram-se abaixo de 2,5 m/h para a vazão média, e abaixo de 4,0 m/h para a vazão máxima, atendendo aos limites recomendados.

Decantador

As taxas de aplicação superficial (v_d), em m/h, são dadas por:

$v_d = Q / A_d$

onde:

Nd = Número de decantadores	1	unid
Dd = Diâmetro de decantação (maior)	6,50	m
Dd = Diâmetro de decantação (menor)	1,50	m
A_d =área do decantador	31,40	m²

Obs: A área do decantador, corresponde a área entre a parede do reator até o compartimento de distribuição/saída/separador de fases, conforme peças gráficas. Esta área é calculada pela fórmula da coroa circular.

Com isso, as taxas obtidas para a vazão média e para a vazão máxima são:

$v_{d,méd}$ = taxa de aplicação superficial para $Q_{méd}$	0,7	m/h
$v_{d,máx}$ = taxa de aplicação superficial para $Q_{máx}$	1,2	m/h

As taxas encontram-se entre de 0,6 e 0,8 m/h para a vazão média, e menor/igual a 1,2 m/h para a vazão máxima, atendendo aos limites recomendados.

O tempo de detenção hidráulica nos decantadores (TDH_d) é assim calculado:

$TDH_d = N_d \times V_d / Q$

onde:

H_d =altura total do decantador	2,24	m
V_d = volume do decantador	43,31	m³

Obs: O volume do decantador é a soma do volume da coroa circular, somado com o volume do cilindro e decrescido do volume do tronco de cone.

Os tempos de detenção obtidos para a vazão média e para a vazão máxima são:

$TDH_{d,méd}$ = tempo de detenção para Q_{med}	2,0	h
$TDH_{d,máx}$ = tempo de detenção para $Q_{máx}$	1,1	h

Os valores encontram-se acima de 1,5 h para a vazão média, e acima de 1,0 h para a vazão máxima, atendendo aos limites mínimos recomendados.

Produção de Lodo

A produção mássica de lodo no UASB (Plodo), em kgSS/d, é dada por:

$P_{lodo} = Y \times DQO_{apl}$

onde:

Y = coeficiente de produção de sólidos (adotado)	0,15	kgSS/kgDQO$_{apl}$
DQO_{apl} = carga de DQO aplicada	416,20	kgDQO/d

Com isso:

P_{lodo} = produção de lodo	62,43	kgSS/d

A vazão de lodo (Q_{lodo}), em m³/d, é dada por:

$Q_{lodo} = P_{lodo} / (g \times C_{lodo})$

onde:

g = densidade do lodo (adotada)	1.020	kgSS/m³
C_{lodo} = concentração de sólidos no lodo (adotada)	4,0	%

Tem-se, então:

Q_{lodo} = vazão de lodo	1,53	m³/d

7.1.4.3 Filtro Submerso Aerado

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 01

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

FILTRO SUBMERSO AERADO

Cargas Orgânicas Afluentes

As cargas orgânicas afluentes ao FSA (L), em kg/d, são dadas por:

$L_{DBO} = S_{DBO} \times Q_{méd} / 1.000$ $L_{DQO} = S_{DQO} \times Q_{méd} / 1.000$

onde:

SDBO = concentração efluente de DBO no UASB	88,2	mg/L
SDQO = concentração efluente de DQO no UASB	233,1	mg/L

Logo:

L_{DBO} = carga afluente de DBO	90,91	kgDBO/d
L_{DQO} = carga afluente de DQO	240,27	kgDQO/d

Volume do Meio Suporte

A área do meio suporte (A_{ms}) é assim calculada:

$A_{ms} = L_{DQO} / TA_{ms}$

onde:

TA_{ms} = taxa de aplicação do meio suporte (adotada)	7,0	gDQO/m².d

Assim, tem-se:

A_{ms} = área do meio suporte	34.324,97	m²

O volume do meio suporte (V_{ms}) é dado por:

$V_{ms} = A_{ms} / AE_{ms}$

onde:

AE_{ms} = área específica do meio suporte (adotado)	365	m²/m³

Logo:

V_{ms} = volume do meio suporte	94,04	m³

Volume Requerido

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 01

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

O volume total necessário para o FSA (V) é dado por:

$V = V_{ms} / FE$

onde:

FE = fator de empacotamento (adotado)	0,9	

Com isso, obtém-se:

V = volume requerido	104,49	m³

O volume unitário (V_u), correspondente a cada módulo, é assim calculado:

$V_u = V / N$

onde:

N = número de módulos (adotado)	2	

Logo:

V_u = volume unitário	52,25	m³

Dimensões

As dimensões adotadas para os filtros são as seguintes:

H = altura útil do FSA	4,50	m
H = altura útil do Meio Suporte	4,12	m
A = área	12,68	m
D = diâmetro	4,02	m
D(adot) = Diâmetro adotado	6,00	m
V_u = volume unitário resultante	116,43	m³
V_{DL} = volume do Decantador Lamelar	36,38	m³
V_{TR} = volume total requerido	88,63	m³

$V_{TR} = V_{DL} + V_u$

Obs: Como o volume requerido está inferior ao volume unitário resultante, o dimensionamento do FSA está compatível.

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 01

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

Demanda de Oxigênio

A demanda de oxigênio (DO_2) é dada por:

$DO_2 = T_{ar} \times L_{DBO}$

onde:

T_{ar} = taxa de aeração (adotada)	3,3	$kgO_2/kgDBO$

Logo:

DO_2 = demanda de oxigênio	300,02	kg/d
DO_2 = demanda de oxigênio	12,50	kg/h

Sopradores

A vazão de ar necessária ao sistema (Q_{ar}) é calculada pela seguinte equação:

$Q_{ar} = DO_2 / (FT \times J \times T \times E)$

onde:

n = número de sopradores operando (adotado)	1	
FT = fator de trabalho (adotado)	0,50	
J = densidade do ar	1,2	kg/m^3
T = percentual de oxigênio no ar (adotado)	21	%
E = eficiência do sistema de aeração (adotada)	20	%

Assim, tem-se, por soprador:

Q_{ar} = vazão de ar	496,03	m^3/h
Q_{ar} = vazão de ar	8,27	m^3/min
Q_{ar} = vazão de ar	0,138	m^3/s

A pressão de trabalho (p_t) é dada por:

$p_t = H + \Delta h$

onde:

H = coluna d'água (adotada)	5,00	m
Δh = perda de carga na tubulação de ar	1,50	m

Logo:

p_t = pressão de trabalho	6,50	m

A potência do soprador é assim calculada:

$P = Q_{ar} \times \rho \times g \times p_t / (\eta \times 1.000)$

onde:

ρ = densidade do líquido	1.000	kg/m³
g = aceleração da gravidade	9,81	m/s²
η = rendimento do conjunto soprador (adotado)	75	%

Logo:

P = potência do conjunto soprador	11,71	kW
P = potência do conjunto soprador	15,92	CV
f = folga (adotada)	15	%
P = potência corrigida = P × (1 + f)	18,30	CV

Será adotado conjunto soprador com as seguintes caracterísiticas:

Número de sopradores	1	+ 1 reserva
Potência nominal	18,5	CV
Vazão	8,6	m³/min
Sobrepressão	700	mbar
Rotação	2.000	rpm

Difusores de Ar

As características dos difusores de ar são as seguintes:

N_d = número de difusores por módulo (adotado)	60	
n = quantidade de difusores por área	2,1	un/m²
Q_d = vazão de ar por difusor = $Q_{ar} / (N \times N_d)$	4,13	m³/h

Os valores ideais para os difusores de ár é de 0,5 a 6 un/m². E a vazão de ár deve estar entre 1,2 a 7,2 m³/h, pois tratam-se de difusores de bolhas finas.

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 01

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

Produção de Lodo

A produção mássica de lodo no FSA (P_{lodo}), em kgSS/d, é dada por:

$P_{lodo} = Y \times L_{DBO}$

onde:

Y = coeficiente de produção de sólidos (adotado)	0,75	$kgSS/kgDBO_{apl}$

Logo:

P_{lodo} = produção de lodo	68,19	kgSS/d

A produção de lodo volátil (P_{SSV}), em kgSS/d, é obtida pela seguinte equação:

$P_{SSV} = SSV/SS \times P_{lodo}$

onde:

SSV/SS = teor de sólidos voláteis (adotado)	75	%

Com isso, obtém-se:

P_{SSV} = produção de sólidos voláteis	51,14	kgSSV/d

A quantidade de lodo aeróbio recirculado e removido do UASB (Plodo,rem) é dada por:

$P_{lodo,rem} = P_{lodo} - P_{SSV} \times E_{SSV}$

onde:

ESSV = remoção de SSV no UASB (adotado)	30	%

Logo:

Plodo,rem = carga de lodo aeróbio removida do UASB	52,84	kgSS/d

Concentrações Efluentes

As concentrações efluentes de DBO e de DQO são dadas por:

$S_{DBO} = S_{0,DBO} - (E_{DBO} \times S_{0,DBO})/100$ $\quad$ $S_{DQO} = S_{0,DQO} - (E_{DQO} \times S_{0,DQO})/100$

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 01

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

onde:

$S_{0,DBO}$ = concentração afluente de DBO	88,2	mg/L
$S_{0,DQO}$ = concentração afluente de DQO	233,1	mg/L
E_{DBO} = eficiência de remoção de DBO (adotada)	79	%
E_{DQO} = eficiência de remoção de DQO (adotada)	74	%

Logo:

S_{DBO} = concentração efluente de DBO	18,5	mg/L
S_{DQO} = concentração efluente de DQO	60,6	mg/L

7.1.4.4 Decantador Lamelar

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 01

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

DECANTADOR LAMELAR

Comprimento Relativo

A distância entre as placas normal ao fluxo (d) é dada por:

$d = e \times \text{sen}\theta$

onde:

e = espaçamento entre as placas (adotado)	8,0	cm
θ = inclinação das placas (adotada)	60	°

Sendo assim, tem-se:

d = distância entre as placas normal ao fluxo	6,9	cm

O comprimento útil do elemento tubular (l_u) é calculado pela seguinte equação:

$l_u = 0{,}9 \times (l - e \cos\theta)$

onde:

l = comprimento da placa (adotado)	1,00	m

Logo:

l_u = comprimento útil do elemento tubular	86,4	cm

O comprimento relativo é, então, dado por:

$L = l_u / d$

L = comprimento relativo	12,5

Área Superficial Útil

A área superficial útil (A) é assim calculada:

$A = Q_{máx} / (F \times V_s)$

onde:

$Q_{máx}$ = vazão máxima afluente	0,02118	m^3/s
F = fator de forma = senq (senq + L x cosq)	6,17	

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 01

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

V_s = velocidade de sedimentação (adotada)	1,25	cm/min
V_s = velocidade de sedimentação	2,08E-04	m/s

Com isso, tem-se:

A = área superficial útil	16,48	m²

A área superficial útil unitária (A_u), correspondente a cada módulo, é dada por:

$A_u = A / N$

onde:

N = número de módulos (adotado)	2	

Logo:

A_u = área superficial útil unitária	8,24	m³

Número de Placas

O número de canais entre as placas do decantador (n) é dado por:

$n = A_u \times \text{sen}\theta\ (a \times d)$

onde:

a = largura da placa (adotada)	2,15	m

Logo:

n = número de canais entre as placas	48	

O número de placas (n_p) é, então, dado por:

n_p = número de placas = n + 1	49	

Comprimento

O comprimento do decantador é obtido através da seguinte equação:

$C = l \times \cos\theta + [n \times d + (n + 1) \times b] / \text{sen}\theta$

onde:

b = espessura da placa (adotada)	1,0	cm

Logo:

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 01

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

C = comprimento do decantador 4,89 m

Volume Total do Decantador Lamelar

V_{DL} = Volume Quadrado (V_{DLR}) + Volume Tronco de Pirâmide (V_{DLP})

$V_{DLR} = H_{DLR} \times A_{DLR} \text{ X } C_{DLR}$

$V_{DLP} = (H_{DLP}/3)X(A_{DLP} + (RAIZ(A_{DLP}xa_{DLP})+a_{DLP}))$

H_{DLR} = altura do Decantador Lamelar retangular	1,95	m
a_{DLR} = largura do Decantador Lamelar retangular	2,55	m
C_{DLR} = comprimento do Decantador Lamelar retangular	5,29	m
V_{DLR} = Volume do Decantador Lamelar Retangular	26,31	m
H_{DLP} = altura do Decantador Lamelar pirâmidal	1,70	m
A_{DLP} = Área maior do Decantador Lamelar Pirâmidal	13,49	m
$_{aDLP}$ = Área menor do Decantador Lamelar Pirâmidal	0,87	m
V_{DLP} = Volume do Decantador Lamelar Pirâmidal	10,07	m

V_{DL} = volume do Decantador Lamelar Total 36,38 m^3

7.1.4.5 Tanque de Contato

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 01

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

TANQUE DE CONTATO

Volume do Tanque

O volume unitário dos tanques de contato (V), em m³, é dado por:

$V = Q_{méd} \times t / N$

onde:

$Q_{méd}$ = vazão média afluente	0,72	m³/min
t = tempo de contato (adotado)	30	min
N = número de módulos (adotado)	1	unid

Sendo assim, tem-se:

V = volume unitário	21,47	m³

O tempo de contato referente à vazão máxima ($t_{mín}$) fica sendo:

$t_{mín} = V / (Q_{máx} \times N)$

$Q_{máx}$ = vazão máxima afluente	1,27	m³/min
N = número de módulos (adotado)	1	unid
$t_{mín}$ = tempo de contato para $Q_{máx}$	16,9	min

Este valor encontra-se acima de 15 min, atendendo aos critérios recomendados.

Dimensões do Tanque

Serão adotados tanques retangulares com as seguintes dimensões:

D = diâmetro	5,00	m
H = altura útil	1,09	m
Hadot = altura útil adotada	1,10	m

Concentração de Cloro

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 01

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

A concentração de cloro a ser aplicada (C), em mg/L, é dada por:

$C = [(N_0 / N)^{1/3} – 1] / (0,23 \times t)$

onde:

N_0 = concentração afluente de coliformes	5.000.000	NMP/100mL
N = concentração efluente de coliformes (adotada)	1.000	NMP/100mL

Logo, os valores obtidos para a vazão média e para a vazão máxima são:

$C_{méd}$ = concentração de cloro para $Q_{méd}$	2,3	mg/L
$C_{máx}$ = concentração de cloro para $Q_{máx}$	4,1	mg/L

Consumo de Cloro e Vazão de Dosagem

A vazão de dosagem da solução de hipoclorito de sódio (D) é calculada pela seguinte equação:

$D = Q_{méd} \times C / T$

onde:

$Q_{méd}$ = vazão média de esgoto	1.030,78	m^3/d
C = concentração de cloro aplicada (adotada)	5,0	mg/L
T = teor de cloro ativo na solução (adotado)	10	%

Com isso, obtém-se:

D = vazão de dosagem da solução de hipoclorito	51,54	L/d

Volume do Tanque de Dosagem

O volume útil do tanque de dosagem da solução de hipoclorito (V_{td}) é dado por:

$V_{td} = D \times t_a / N_{td}$

onde:

t_a = tempo de armazenamento (adotado)	10	d
N_{td} = número de tanques por módulo (adotado)	2	

Portanto:

V_{td} = volume útil do tanque de dosagem	257,70	L
V_{td} = volume do tanque de dosagem (adotado)	250	L

7.1.4.6 Leito de Secagem

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 01

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

LEITO DE SECAGEM

Produção de Lodo

O lodo descartado nos leitos de secagem refere-se ao lodo produzido no UASB mais o lodo originalmente aeróbio retornado ao UASB:

Plodo = Plodo,UASB + Plodo,rem

onde:

Plodo,UASB = produção de lodo no UASB	62,43	kgSS/d
Plodo,rem = produção de lodo aeróbio removido do FSA	52,84	kgSS/d

Logo:

P_{lodo} = produção total de lodo descartado	115,27	kgSS/d

A vazão total de lodo descartado (Q_{lodo}) é dada por:

$Q_{lodo} = P_{lodo} / (g \times C_{lodo})$

onde:

g = densidade do lodo (adotada)	1.020	kgSS/m³
C_{lodo} = concentração de sólidos no lodo (adotada)	4,0	%

Assim, tem-se:

Q_{lodo} = vazão total de lodo descartado	2,83	m³/d

Área Requerida

A área requerida para os leitos de secagem (A) é função da carga de sólidos em suspensão aplicada, definida na NBR 12209:

$A = P_{lodo} \times t / C_s$

onde:

t = ciclo de operação (adotado)	15	d
C_s = carga de sólidos aplicada (adotada)	15	kgSS/m²

Logo:

A = área requerida	115,27	m²

Dimensões

Serão adotadas as seguintes dimensões:

N = número de leitos de secagem	8	
L = largura	3,50	m
C = comprimento	5,50	m
A = área total resultante = N × L × C	154,00	m²

Altura da Lâmina de Lodo

A altura da lâmina de lodo nos leitos de secagem (h_{lodo}) é dada por:

$h_{lodo} = Q_{lodo} \times t / A$

Logo:

h_{lodo} = altura da lâmina de lodo	0,28	m

7.1.4.7 Eficiência

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 01

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

EFICIÊNCIAS DO SISTEMA

DBO

A eficiência global de remoção de DBO é calculada através das seguinte equação:

$E_{DBO} = 100 \times (S_0 - S) / S_0$

onde:

S_0 = concentração afluente de DBO	350,0	mg/L
S = concentração efluente final de DBO	18,5	mg/L

Logo:

E_{DBO} = eficiência global de remoção de DBO	94,71	%

DQO

A eficiência global de remoção de DBO é calculada através das seguinte equação:

$E_{DBO} = 100 \times (S_0 - S) / S_0$

onde:

S_0 = concentração afluente de DQO	700,0	mg/L
S = concentração efluente final de DQO	60,6	mg/L

Logo:

E_{DBO} = eficiência global de remoção de DBO	91,34	%

Coliformes

A eficiência global da ETE em termos de remoção de coliformes é dada por:

$E_{CF} = 100 \times (N_0 - N) / N_0$

onde:

N_0 = concentração afluente de coliformes	5E+07	NMP/100 mL
N = concentração efluente final de coliformes	1.000	NMP/100mL

Logo:

E_{CF} = eficiência de remoção de coliformes	99,998	%

A concentração obtida no efluente final atende ao limite máximo de 1.000 NMP/100 mL estabelecido pela Organização Mundial de Saúde para irrigação irrestrita.

7.2 Complexo 02

7.2.1 Planilha de vazões

VAZÕES DE PROJETO - COMPLEXO 02

Parâmetros Básicos

No cálculo das vazões de projeto, foram admitidos os seguintes parâmetros:

P = População	12.554	hab
q presidio. = *contribuição per capita dos presidios*	300	L/hab.d
C = coeficiente de retorno	0,8	
k_1 = coeficiente de máxima vazão diária	1,2	
k_2 = coeficiente de máxima vazão horária	1,5	
k3 = coeficiente de mínima vazão horária	0,5	
L = comprimento de rede	2.904,54	m
T_i = taxa de contribuição de infiltração	0,00025	L/s.m

As vazões são calculadas a partir das seguintes equações:

Vazão Mínima

A vazão mínima ($Q_{mín}$), em L/s, é dada por:

$Q_{min} = K_3 \times P \times q \times C / 86.400 + L \times T_i$

Vazão Média

A vazão média ($Q_{méd}$), em L/s, é obtida pela seguinte equação:

$Q_{méd} = P \times q \times C / 86.400 + L \times Ti$

Vazão Máxima

A vazão média ($Q_{méd}$), em L/s, é assim obtida:

$Q_{máx} = K1 \times K_2 \times P \times q \times C / 86.400 + L \times T_i$

Vazão Total de Projeto

A vazão total afluente à Estação de Tratamento de Esgoto do centro penitenciário de Itaitinga/Aquiraz corresponde ao somatório das vazões pontuais de cada presídio, e a taxa de infiltração da rede. Sendo assim temos que:

Vazão Mínima

$Q_{mín}$ = vazão mínima	18,2	L/s
$Q_{mín}$ = vazão mínima	1.569,22	m³/d

Vazão Média

$Q_{méd}$ = vazão média	35,6	L/s
$Q_{méd}$ = vazão média	3.075,70	m³/d

Vazão Máxima

$Q_{máx}$ = vazão máxima	63,5	L/s
$Q_{máx}$ = vazão máxima	5.486,07	m³/d

7.2.2 Cálculo da Rede Coletora

PLANILHA DE CÁLCULO DA REDE COLETORA DE ESGOTO DO COMPLEXO PENITENCIÁRIO DE ITAITINGA 2 E AQUIRAZ

Coletor	Trecho	PV mont PV jus	Extensão (m)	Cont.Lin (L/s.Km) Ini /Fim	Cont.Tre (L/s) Ini /Fim	Q Pontual (L/s)	Q mont (L/s) Ini/Fim	Q jus (L/s) Ini/Fim	Diâmetro	Declividade (m/m)	Cota Terreno mon/jus	Cota G.I. Coletor mon/jus	Rec.Col (m) mon/jus	Prof. Vala (m) mon/jus	Y/D ini/fim	V (m/s) ini/fim	T.Arr. (Pa) Vc (m/s)	n Manning
C1	1-1	1	18,17	0,25	0,005	9,16	9,16	9,165	150	0,0198	60,059	57,308	2,601	2,751	0,4	1,41	6,17	0,01
		2		0,25	0,005	9,16	9,16	9,165			59,7	56,949	2,601	2,751	0,4	1,41	3,35	0,01
	1-2	2	49,72	0,25	0,012	0,00	9,165	9,177	200	0,0011	59,7	56,899	2,601	2,801	0,58	0,48	0,6	0,01
		3		0,25	0,012	0,00	9,165	9,177			59,4	56,843	2,357	2,557	0,58	0,48	4,4	0,01
	1-3	3	39,33	0,25	0,01	0,00	9,177	9,187	200	0,0011	59,4	56,843	2,357	2,557	0,58	0,48	0,6	0,01
		4		0,25	0,01	0,00	9,177	9,187			59,2	56,799	2,201	2,401	0,58	0,48	4,4	0,01
	1-4	4	40,79	0,25	0,01	0,00	9,187	9,197	200	0,0011	59,2	56,799	2,201	2,401	0,58	0,48	0,6	0,01
		5		0,25	0,01	0,00	9,187	9,197			59,05	56,754	2,096	2,296	0,58	0,48	4,4	0,01
	1-5	5	55,53	0,25	0,014	0,00	9,197	9,211	200	0,0011	59,05	56,754	2,096	2,296	0,59	0,48	0,6	0,01
		6		0,25	0,014	0,00	9,197	9,211			58,8	56,692	1,908	2,108	0,59	0,48	4,4	0,01
	1-6	6	37,43	0,25	0,009	0,00	18,375	18,384	250	0,0008	58,8	56,005	2,545	2,795	0,7	0,5	0,59	0,01
		7		0,25	0,009	0,00	18,375	18,384			58,8	55,975	2,575	2,825	0,7	0,5	5,11	0,01
	1-7	7	75,34	0,25	0,019	0,00	18,384	18,403	250	0,0008	58,8	55,975	2,575	2,825	0,7	0,5	0,59	0,01
		8		0,25	0,019	0,00	18,384	18,403			58,846	55,914	2,682	2,932	0,7	0,5	5,12	0,01
	1-8	8	78,46	0,25	0,02	0,00	18,403	18,422	250	0,0266	58,846	55,914	2,682	2,932	0,26	1,83	9,84	0,01
		9		0,25	0,02	0,00	18,403	18,422			54,977	53,827	0,9	1,15	0,26	1,83	3,65	0,01
	1-9	9	53,4	0,25	0,013	0,00	18,422	18,436	250	0,0371	54,977	53,827	0,9	1,15	0,24	2,06	12,76	0,01
		10		0,25	0,013	0,00	18,422	18,436			52,997	51,847	0,9	1,15	0,24	2,06	3,52	0,01
	1-10	10	53,47	0,25	0,013	0,00	18,436	18,449	250	0,0097	52,997	51,847	0,9	1,15	0,34	1,28	4,45	0,01
		11		0,25	0,013	0,00	18,436	18,449			52,478	51,328	0,9	1,15	0,34	1,28	4,06	0,01
	1-11	11	39,46	0,25	0,01	0,00	18,449	18,459	250	0,0286	52,478	51,328	0,9	1,15	0,25	1,88	10,43	0,01
		12		0,25	0,01	0,00	18,449	18,459			51,348	50,198	0,9	1,15	0,25	1,88	3,62	0,01
	1-12	12	77,97	0,25	0,019	9,85	28,309	28,328	250	0,0491	51,348	50,198	0,9	1,15	0,28	2,58	19,15	0,01
		13		0,25	0,019	9,85	28,309	28,328			47,519	46,369	0,9	1,15	0,28	2,58	3,75	0,01
	1-13	13	77,11	0,25	0,019	0,00	28,328	28,348	250	0,0416	47,519	46,369	0,9	1,15	0,29	2,43	16,81	0,01
		14		0,25	0,019	0,00	28,328	28,348			44,311	43,161	0,9	1,15	0,29	2,43	3,81	0,01
	1-14	14	53,75	0,25	0,013	0,00	28,348	28,361	250	0,0354	44,311	43,161	0,9	1,15	0,3	2,3	14,82	0,01
		15		0,25	0,013	0,00	28,348	28,361			42,407	41,257	0,9	1,15	0,3	2,3	3,88	0,01
	1-15	15	44,08	0,25	0,011	0,00	28,361	28,372	250	0,0256	42,407	41,257	0,9	1,15	0,33	2,04	11,47	0,01
		16		0,25	0,011	0,00	28,361	28,372			41,28	40,13	0,9	1,15	0,33	2,04	4,02	0,01
	1-16	16	33,95	0,25	0,008	0,00	37,957	37,966	400	0,0006	41,28	37,206	3,674	4,074	0,55	0,54	0,6	0,01
		17		0,25	0,008	0,00	37,957	37,966			40,429	37,186	2,843	3,243	0,55	0,54	6,11	0,01
	1-17	17	10,67	0,25	0,003	0,00	37,966	37,968	400	0,0006	40,429	37,186	2,843	3,243	0,55	0,54	0,6	0,01

Coletor	Trecho	PV mont PV jus	Extensão (m)	Cont.Lin (L/s.Km) Ini /Fim	Cont.Tre (L/s) Ini /Fim	Q Pontual (L/s)	Q mont (L/s) Ini/Fim	Q jus (L/s) Ini/Fim	Diâmetro	Declividade (m/m)	Cota Terreno mon/jus	Cota G.I. Coletor mon/jus	Rec.Col (m) mon/jus	Prof. Vala (m) mon/jus	Y/D ini/fim	V (m/s) ini/fim	T.Arr. (Pa) Vc (m/s)	n Manning
		18		0,25	0,003	0,00	37,966	37,968			40,244	37,18	2,664	3,064	0,55	0,54	6,11	0,01
	1-18	18	58,33	0,25	0,015	0,00	37,968	37,983	400	0,0037	40,244	37,18	2,664	3,064	0,33	1,07	2,68	0,01
		19		0,25	0,015	0,00	37,968	37,983			38,262	36,962	0,9	1,3	0,33	1,07	5,08	0,01
	1-19	19	56,23	0,25	0,014	0,00	48,194	48,208	400	0,058	38,262	36,962	0,9	1,3	0,18	3,04	25,47	0,01
		20		0,25	0,014	0,00	48,194	48,208			35	33,7	0,9	1,3	0,18	3,04	3,98	0,01
	1-20	20	22,63	0,25	0,006	0,00	48,208	48,214	400	0,0504	35	33,7	0,9	1,3	0,19	2,89	22,82	0,01
		21		0,25	0,006	0,00	48,208	48,214			33,86	32,56	0,9	1,3	0,19	2,89	4,04	0,01
	1-21	21	55,64	0,25	0,014	0,00	48,214	48,228	350	0,0167	33,86	30	3,51	3,86	0,3	1,98	9,83	0,01
		22		0,25	0,014	0,00	48,214	48,228			31,96	29,07	2,54	2,89	0,3	1,98	4,6	0,01
	1-22	22	37,15	0,25	0,009	0,00	48,228	48,237	400	0,0005	31,96	28,91	2,65	3,05	0,66	0,55	0,6	0,01
		23		0,25	0,009	0,00	48,228	48,237			32,327	28,891	3,036	3,436	0,66	0,55	6,4	0,01
	1-23	23	44,43	0,25	0,011	0,00	48,237	48,248	400	0,011	32,327	28,891	3,036	3,436	0,28	1,69	6,97	0,01
		24		0,25	0,011	0,00	48,237	48,248			29,7	28,4	0,9	1,3	0,28	1,69	4,77	0,01
	1-24	24	52,53	0,25	0,013	0,00	48,248	48,261	400	0,0005	29,7	28,4	0,9	1,3	0,66	0,55	0,6	0,01
		25		0,25	0,013	0,00	48,248	48,261			32,245	28,372	3,473	3,873	0,66	0,55	6,4	0,01
	1-25	25	42,92	0,25	0,011	0,00	48,261	48,272	400	0,0005	32,245	28,372	3,473	3,873	0,66	0,55	0,6	0,01
		26		0,25	0,011	0,00	48,261	48,272			33,02	28,35	4,27	4,67	0,66	0,55	6,4	0,01
	1-26	26	26,8	0,25	0,007	0,00	48,272	48,279	400	0,0005	33,02	28,35	4,27	4,67	0,66	0,55	0,6	0,01
		27		0,25	0,007	0,00	48,272	48,279			31,529	28,336	2,793	3,193	0,66	0,55	6,41	0,01
	1-27	27	48,25	0,25	0,012	0,00	48,279	48,291	400	0,0233	31,529	28,336	2,793	3,193	0,23	2,2	12,51	0,01
		28		0,25	0,012	0,00	48,279	48,291			28,512	27,212	0,9	1,3	0,23	2,2	4,4	0,01
	1-28	28	45,21	0,25	0,011	0,00	53,361	53,373	400	0,0005	28,512	24,633	3,479	3,879	0,72	0,55	0,6	0,01
		29		0,25	0,011	0,00	53,361	53,373			27,896	24,61	2,886	3,286	0,72	0,55	6,5	0,01
	1-29	29	21,15	0,25	0,005	0,00	53,373	53,378	400	0,0005	27,896	24,61	2,886	3,286	0,72	0,55	0,6	0,01
		30		0,25	0,005	0,00	53,373	53,378			28	24,599	3,001	3,401	0,72	0,55	6,5	0,01
	1-30	30	55	0,25	0,014	0,00	53,378	53,392	400	0,0005	28	24,599	3,001	3,401	0,72	0,55	0,6	0,01
		31		0,25	0,014	0,00	53,378	53,392			27,196	24,571	2,225	2,625	0,72	0,55	6,5	0,01
	1-31	31	22,38	0,25	0,006	0,00	53,392	53,397	400	0,0005	27,196	24,571	2,225	2,625	0,72	0,55	0,6	0,01
		32		0,25	0,006	0,00	53,392	53,397			26,724	24,559	1,765	2,165	0,72	0,55	6,5	0,01
	1-32	32	14,42	0,25	0,004	0,00	63,493	63,496	500	0,0005	26,724	22,654	3,57	4,07	0,55	0,58	0,65	0,01
		33		0,25	0,004	0,00	63,493	63,496			27	22,647	3,853	4,353	0,55	0,58	6,82	0,01
C2	2-1	34	14,72	0,25	0,004	9,16	9,16	9,164	200	0,0019	57,47	56,083	1,187	1,387	0,5	0,59	0,93	0,01
		6		0,25	0,004	9,16	9,16	9,164			58,8	56,055	2,545	2,745	0,5	0,59	4,19	0,01
C3	3-1	35	33,3	0,25	0,008	9,53	9,53	9,538	150	0,0072	40,149	37,9	2,099	2,249	0,54	0,98	2,78	0,01
		36		0,25	0,008	9,53	9,53	9,538			40,128	37,66	2,318	2,468	0,54	0,98	3,72	0,01
	3-2	36	77,51	0,25	0,019	0,00	9,538	9,558	200	0,0011	40,128	37,61	2,318	2,518	0,6	0,48	0,6	0,01

Coletor	Trecho	PV mont PV jus	Extensão (m)	Cont.Lin (L/s.Km) Ini /Fim	Cont.Tre (L/s) Ini /Fim	Q Pontual (L/s)	Q mont (L/s) Ini/Fim	Q jus (L/s) Ini/Fim	Diâmetro	Declividade (m/m)	Cota Terreno mon/jus	Cota G.I. Coletor mon/jus	Rec.Col (m) mon/jus	Prof. Vala (m) mon/jus	Y/D ini/fim	V (m/s) ini/fim	T.Arr. (Pa) Vc (m/s)	n Manning
		37		0,25	0,019	0,00	9,538	9,558			40,5	37,525	2,775	2,975	0,6	0,48	4,43	0,01
	3-3	37	77,94	0,25	0,019	0,00	9,558	9,577	200	0,0011	40,5	37,525	2,775	2,975	0,6	0,48	0,6	0,01
		38		0,25	0,019	0,00	9,558	9,577			41,917	37,44	4,277	4,477	0,6	0,48	4,44	0,01
	3-4	38	31,15	0,25	0,008	0,00	9,577	9,585	200	0,0011	41,917	37,44	4,277	4,477	0,6	0,48	0,6	0,01
		16		0,25	0,008	0,00	9,577	9,585			41,28	37,406	3,674	3,874	0,6	0,48	4,44	0,01
C4	4-1	39	4,62	0,25	0,001	0,00	0	0,001	150	0,0264	44,755	42,622	1,983	2,133	0,15	0,93	3,54	0,01
		40		0,25	0,001	0,00	0	0,001			44,775	42,5	2,125	2,275	0,15	0,93	2,2	0,01
	4-2	40	49,96	0,25	0,012	10,16	10,161	10,174	200	0,0011	44,775	42,395	2,18	2,38	0,64	0,48	0,59	0,01
		41		0,25	0,012	10,16	10,161	10,174			44,5	42,342	1,958	2,158	0,64	0,48	4,49	0,01
	4-3	41	49,96	0,25	0,012	0,00	10,174	10,186	200	0,0011	44,5	42,342	1,958	2,158	0,64	0,48	0,59	0,01
		42		0,25	0,012	0,00	10,174	10,186			44,642	42,289	2,153	2,353	0,64	0,48	4,49	0,01
	4-4	42	46,89	0,25	0,012	0,00	10,187	10,199	200	0,0222	44,642	42,289	2,153	2,353	0,27	1,48	6,83	0,01
		43		0,25	0,012	0,00	10,187	10,199			42,35	41,25	0,9	1,1	0,27	1,48	3,33	0,01
	4-5	43	50,21	0,25	0,013	0,00	10,199	10,211	200	0,0814	42,35	41,25	0,9	1,1	0,2	2,35	18,91	0,01
		19		0,25	0,013	0,00	10,199	10,211			38,262	37,162	0,9	1,1	0,2	2,35	2,89	0,01
C5	5-1	44	3,41	0,25	0,001	0,00	0	0,001	150	0,0053	44,642	43,024	1,468	1,618	0,22	0,53	1,01	0,01
		42		0,25	0,001	0,00	0	0,001			44,642	43,006	1,486	1,636	0,22	0,53	2,63	0,01
C6	6-1	45	9,85	0,25	0,002	2,51	2,51	2,512	150	0,0573	27,615	26,009	1,456	1,606	0,16	1,42	8,14	0,01
		46		0,25	0,002	2,51	2,51	2,512			27,051	25,445	1,456	1,606	0,16	1,42	2,26	0,01
	6-2	46	30,94	0,25	0,008	0,00	2,512	2,52	150	0,002	27,051	25,445	1,456	1,606	0,36	0,44	0,6	0,01
		47		0,25	0,008	0,00	2,512	2,52			26,895	25,382	1,363	1,513	0,36	0,44	3,25	0,01
	6-3	47	22,44	0,25	0,006	0,00	5,033	5,038	150	0,0015	26,895	25,107	1,638	1,788	0,59	0,46	0,6	0,01
		48		0,25	0,006	0,00	5,033	5,038			26,905	25,073	1,682	1,832	0,59	0,46	3,82	0,01
	6-4	48	49,49	0,25	0,012	0,00	5,038	5,051	150	0,0015	26,905	25,073	1,682	1,832	0,59	0,46	0,6	0,01
		49		0,25	0,012	0,00	5,038	5,051			28,25	25	3,1	3,25	0,59	0,46	3,83	0,01
	6-5	49	79,43	0,25	0,02	0,00	5,051	5,07	150	0,0015	28,25	25	3,1	3,25	0,6	0,46	0,6	0,01
		28		0,25	0,02	0,00	5,051	5,07			28,512	24,883	3,479	3,629	0,6	0,46	3,83	0,01
C7	7-1	50	9,78	0,25	0,002	2,51	2,51	2,512	150	0,055	27,433	25,71	1,573	1,723	0,16	1,4	7,89	0,01
		47		0,25	0,002	2,51	2,51	2,512			26,895	25,172	1,573	1,723	0,16	1,4	2,27	0,01
C8	8-1	51	79,68	0,25	0,02	0,84	0,84	0,86	150	0,0953	39,148	38,098	0,9	1,05	0,11	1,46	9,58	0,01
		52		0,25	0,02	0,84	0,84	0,86			31,554	30,504	0,9	1,05	0,11	1,46	1,9	0,01
	8-2	52	79,7	0,25	0,02	0,00	0,86	0,88	150	0,0638	31,554	30,504	0,9	1,05	0,12	1,27	7,02	0,01

Coletor	Trecho	PV mont PV jus	Extensão (m)	Cont.Lin (L/s.Km) Ini /Fim	Cont.Tre (L/s) Ini /Fim	Q Pontual (L/s)	Q mont (L/s) Ini/Fim	Q jus (L/s) Ini/Fim	Diâmetro	Declividade (m/m)	Cota Terreno mon/jus	Cota G.I. Coletor mon/jus	Rec.Col (m) mon/jus	Prof. Vala (m) mon/jus	Y/D ini/fim	V (m/s) ini/fim	T.Arr. (Pa) Vc (m/s)	n Manning
		53		0,25	0,02	0,00	0,86	0,88			26,468	25,418	0,9	1,05	0,12	1,27	1,99	0,01
	8-3	53	79,57	0,25	0,02	0,00	0,88	0,9	150	0,0061	26,468	25,418	0,9	1,05	0,21	0,56	1,14	0,01
		54		0,25	0,02	0,00	0,88	0,9			25,98	24,93	0,9	1,05	0,21	0,56	2,58	0,01
	8-4	54	79,98	0,25	0,02	0,00	0,9	0,92	150	0,0027	25,98	24,93	0,9	1,05	0,26	0,42	0,6	0,01
		55		0,25	0,02	0,00	0,9	0,92			26,155	24,713	1,292	1,442	0,26	0,42	2,82	0,01
	8-5	55	79,84	0,25	0,02	0,00	0,92	0,94	150	0,0027	26,155	24,713	1,292	1,442	0,26	0,42	0,6	0,01
		56		0,25	0,02	0,00	0,92	0,94			26,046	24,497	1,399	1,549	0,26	0,42	2,82	0,01
	8-6	56	79,91	0,25	0,02	3,16	4,1	4,12	150	0,0016	26,046	24,497	1,399	1,549	0,51	0,46	0,61	0,01
		57		0,25	0,02	3,16	4,1	4,12			26,311	24,365	1,796	1,946	0,51	0,46	3,66	0,01
	8-7	57	80,2	0,25	0,02	0,00	4,12	4,14	150	0,0016	26,311	24,365	1,796	1,946	0,51	0,46	0,61	0,01
		58		0,25	0,02	0,00	4,12	4,14			26,316	24,234	1,932	2,082	0,51	0,46	3,66	0,01
	8-8	58	80,52	0,25	0,02	0,00	4,14	4,16	150	0,0016	26,316	24,234	1,932	2,082	0,51	0,46	0,61	0,01
		59		0,25	0,02	0,00	4,14	4,16			26,096	24,102	1,844	1,994	0,51	0,46	3,66	0,01
	8-9	59	44,9	0,25	0,011	0,00	9,17	9,181	200	0,0011	26,096	23,108	2,788	2,988	0,58	0,48	0,6	0,01
		60		0,25	0,011	0,00	9,17	9,181			26,027	23,058	2,769	2,969	0,58	0,48	4,4	0,01
	8-10	60	10,07	0,25	0,003	0,89	10,071	10,074	200	0,0011	26,027	23,058	2,769	2,969	0,63	0,48	0,6	0,01
		61		0,25	0,003	0,89	10,071	10,074			26,026	23,047	2,779	2,979	0,63	0,48	4,48	0,01
	8-11	61	61,3	0,25	0,015	0,00	10,074	10,089	200	0,0011	26,026	23,047	2,779	2,979	0,63	0,48	0,6	0,01
		62		0,25	0,015	0,00	10,074	10,089			26,4	22,982	3,218	3,418	0,63	0,48	4,48	0,01
	8-12	62	26,13	0,25	0,007	0,00	10,089	10,095	200	0,0011	26,4	22,982	3,218	3,418	0,63	0,48	0,6	0,01
		32		0,25	0,007	0,00	10,089	10,095			26,724	22,954	3,57	3,77	0,63	0,48	4,48	0,01
C9	9-1	63	40,01	0,25	0,01	5,00	5	5,01	150	0,035	27,5	24,557	2,793	2,943	0,25	1,46	7,5	0,01
		59		0,25	0,01	5,00	5	5,01			26,096	23,158	2,788	2,938	0,25	1,46	2,78	0,01

7.2.3 Estação Elevatória e Linha de Recalque

7.2.3.1 Tratamento Preliminar

TRATAMENTO PRELIMINAR - EEE COMPLEXO 02

Vazões de Projeto

As vazões de projeto afluentes à estação elevatória são apresentadas no quadro a seguir:

Etapa	Vazão (L/s)		
	Mínima	Média	Máxima
ÚNICA	18,16	35,60	63,50

Calha Parshall

O medidor de vazão para a elevatória será a calha parshall. A partir das vazões máximas e mínimas, pela tabela abaixo define-se suas dimensões, especificando-o pela largura de sua seção estrangulada (garganta).

w		$Q_{mín}$	$Q_{máx}$	n	k
pol	cm	(L/s)	(L/s)		
3	7,6	0,85	53,8	1,547	0,176
6	15,2	1,52	110,4	1,580	0,381
9	22,9	2,55	251,9	1,530	0,535
12	30,5	3,11	455,6	1,522	0,690
18	45,8	4,25	696,2	1,538	1,054
24	61,0	11,89	936,7	1,550	1,426
36	91,5	17,26	1426,3	1,566	2,182
48	122,0	36,79	1921,5	1,578	2,935
60	152,5	62,80	2422,0	1,587	3,728

Fonte: Alem Sobrinho e Tsutiya (2011)

Largura da garganta adotada W 6 pol

Coeficientes da Calha Parshall

Coeficiente n n 1,58

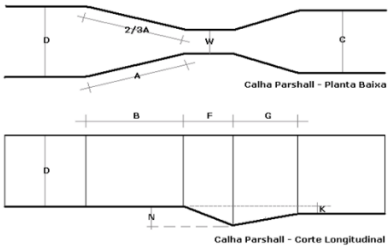
Coeficiente k k 0,381

Equação utilizada: $Q = k \cdot H^n \longrightarrow$ Q = 0,381 H^ 1,58

Altura da lâmina d'água (H) a 2/3 da seção convergente

A altura da lâmina d'água é calculada a partir da seguinte relação:

$$Q = k \cdot H^n \rightarrow H = \left(\frac{Q}{K}\right)^{\frac{1}{n}}$$



Onde,

Hmáx = 0,322 m

Hméd = 0,223 m

Hmín = 0,146 m

Rebaixo (Z) em relação à soleira do vertedor da caixa de areia

$$z = \frac{Q_{máx} \cdot H_{mín} - Q_{mín} \cdot H_{máx}}{Q_{máx} - Q_{mín}}$$

O rebaixo na calha parshall é utilizado a fim de adaptar o canal da caixa de areia para forma retangular, tornando a variação de velocidade no canal tolerável.

Temos que:

Z = 0,08 m

Altura da lâmina de água (h) antes do rebaixo
Corresponde a diferença entre a altura de lâmina d'água (H) e o rebaixo (Z).

$$h = H - z$$

Onde,
hmáx = 0,247 m
hméd = 0,148 m
hmín = 0,071 m

Grade

O gradeamento é a primeira parte da remoção dos sólidos no tratamento preliminar de resíduos domésticos ou industriais. São dispositivos de retenção e, serão em barras de aço inox dispostas paralelamente em vertical ou inclinada de modo a permitir o fluxo normal do esgoto. O espaçamento das barras é definico em termos das dimensões dos sólidos retidos.

Tipo de grade	Abertura a (mm)	Seção da barra (e x p)	
		(mm)	pol
Grosseira	40 - 100	9,5 x 50,0	3/8 x 2
		9,5 x 63,5	3/8 x 2 1/2
		12,7 x 38,1	1/2 x 1 1/2
		12,7 x 50,0	1/2 x 2
Média	20 - 40	7,9 x 50,0	5/16 x 2
		9,5 x 38,1	3/8 x 1 1/2
		9,5 x 50,0	**3/8 x 2**
Fina	10 - 20	6,4 x 38,1	1/4 x 1 1/2
		7,9 x 38,1	5/16 x 1 1/2
		9,5 x 38,1	3/8 x 1 1/2

Fonte: Adaptado de NBR 12209/2011

Gradeamento adotado	
Tipo de Limpeza	**MANUAL**
Tipo de Grade	**MÉDIA**
Abertura (a)	20 mm
Espess.da barra (e)	9,5 mm
Profundidade (p)	50 mm
Inclinação (θ)	50 °

Eficiência
Expressa pela fórmula:

$$E = \frac{a}{a + t}$$

E = 67,8%

Área útil (Au)

A área útil é a razão entre a vazão máxima afluente e a velocidade do escoamento entre barras. Valores ideais para a velocidade do fluxo entre barras devem ser inferiores a 1,2 m/s, conforme NBR 12209/2011. Jordão e Pessoa (2011) recomendam velocidades entre 0,4 e 1,2 m/s.

$$A_u = \frac{Q_{máx}}{v_o}$$

Velocidade adotada vo = 0,4 m/s

Au = 0,159 m²

Área total (At)
Calculada em função da eficiência da grade.

$$A_t = \frac{A_u}{E}$$

Área da seção do canal At = 0,234 m²

Comprimento do canal da grade
O comprimento do canal de acesso deve ser tal que evite o turbilhonamento junto à grade. Este comprimento é função do tempo de detenção adotado para este canal e da vazão máxima afluente.

$$L_g = \frac{Q_{máx} \cdot TDH}{A_t}$$

onde;
TDH = 3 *seg*

Comprimento do canal (Lg) = 0,81 m
Comprimento do canal adotado (Lgadot) = 1 m

Largura teórica do canal da grade
Função da parea do canal e da altura máxima da caixa de areia

$$b_g = \frac{A_t}{h_{máx}}$$

Largura do canal (bg) = 0,95 m
Largura do canal adotado (bg) = 0,65 m

Verificação das velocidades

	Q (m³/s)	H (m)	H - z (m)	At (m²)	Au (m²)	V (m/s)
mín	0,0182	0,146 m	0,071 m	0,0458	0,0311	0,58
méd	0,0356	0,223 m	0,148 m	0,0961	0,0652	0,55
máx	0,0635	0,322 m	0,247 m	0,1603	0,1086	0,58

Os valores obtidos apresentam-se entre 0,4 e 1,2 m/s, valores recomendados pela NBR 12209/2011 e por Jordão e Pessoa (2011).

Perda de carga
A determinação da perda de carga na grade de barras deverá considerar o modelo selecionado, o tipo de operação de limpeza, localização e detalhes construtivos. A perda de carga pode ser calculada considerando-se que o comportamento hidráulico é idêntico ao escoamento através do orifício. Ver equação a seguir:

$$h_f = \frac{1{,}43 \cdot (V^2 - v^2)}{2g}$$

V é a velocidade máxima através das barras, calculada para 50% de obstrução, ou seja, 2 vezes a velocidade máxima para seção sem obstrução, dada por: $V = 2 \cdot v_{máx}$
v é a velocidade à montante da grade e igual a: $v = v_{máx} \cdot E$
g é a aceleração da gravidade no valor de 9,81 m/s².

Portanto, os valores das velocidades e da perda de carga são:
Velocidade através da grade V 1,17 m/s

Velocidade à montante da grade	v	0,40	m/s
Perda de carga calculada	h_f	0,09	m

Conforme NBR 12209/2011, a perda de carga mínima para grades com limpeza manual deve ser 15 cm. Assim,

Perda de carga adotada	h_f	0,15	m

Quantidade de barras (n)

Calcula-se o número de barras de uma grade relacionando a largura do canal da grade, a espessura da barra e o afastamento entre elas. Como mostra a fórmula a seguir:

$$N = \frac{b_g}{a + t}$$

n =	22,03	
n adotado =	23	barras

Caixa de Areia

A largura da caixa de areia deve ser tal que a velocidade do fluxo não ultrapasse aquela recomendada em projeto. A NBR limita em 0,4 m/s a velocidade do fluxo quando a caixa estiver operando em vazão máxima. Assim, a largura da caixa de areia é função da vazão máxima, da altura da lâmina de esgoto na caixa de areia e da velocidade do fluxo na caixa (adotada). A equação (José Alves Nunes, 2001) para cálculo da largura do desarenador é mostrada abaixo:

$$b = \frac{Q_{máx}}{h_{máx} \cdot v_o}$$

Vo	0,4	m/s
b	0,64	m
b adot	0,65	m

	Q (m³s)	h (m)	A = b·h (m²)	v = Q/A (m/s)	Verif.
máx	0,0635	0,247	0,160	0,40	OK
méd	0,0356	0,148	0,096	0,37	OK
mín	0,0182	0,071	0,046	0,40	OK

Comprimento (L)

Segundo E.P.Jordão, o funcionamento da caixa de areia está condicionado ao comportamento do fluxo de esgoto da câmara de sedimentação. O trajeto da partícula de areia é função da velocidade de sedimentação (para partículas com diâmetro menor que 0,20 mm, densidade 2,65 e velocidade 0,02 m/s) e da velocidade crítica do fluxo longitudinal. Na prátia adota-se a seguinte equação:

$$L = f \cdot h_{máx}$$

f =	22,5	
L =	5,55	m
L adot =	4	m

Verificação da taxa de escoamento superficial

$$I = \frac{Q_{méd}}{A_{sup}}$$

I = 1182,96 m³/m²*dia

O valor obtido encontra-se dentro da faixa recomendada pela NBR 12209/2011, entre 600 a 1300 m³/m²*dia.

Altura útil

A profundidade necessária para o acúmulo de material que sedimenta na caixa de areia no intervalo entre limpezas pode ser obtida pela seguinte equação:

$$H_{acum} = \frac{V_{acum}}{A_{sup}}$$

Onde:

Taxa de produção de material retido (R) =	0,00004	m³/m³
Quantidade de material retido (M) =	0,1230	m³/dia
Frequência de limpeza (i) =	5	dias
Volume de acumulação (V) =	0,615	m³
Largura depósito de areia (b) =	0,65	m
Comprimento do depósito de areia (L) =	4	m
Profundidade do depósito de areia (H acum) =	0,237	m
Prof. do depósito de areia adotada (H acum. adot) =	0,2	m

7.2.3.2 Estação Elevatória de Esgoto

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO COMPLEXO 02

Vazões de Projeto

As vazões de projeto afluentes à estação elevatória são apresentadas no quadro a seguir:

Etapa	Vazão (L/s)		
	Mínima	Média	Máxima
ÚNICA	18,16	35,60	63,50

Tubulação de Recalque

O diâmetro da tubulação de recalque (D) foi selecionado através da fórmula de Bresse:

$D = K \times \sqrt{Q}$

onde:

K = coeficiente (adotado)	1,2
Q = vazão máxima afluente (m^3/s)	0,06350
D = diâmetro calculado (mm)	302,38

A velocidade na tubulação (v) é assim calculada:

$v = Q / (p \times D^2 / 4)$

Os diâmetros e as velocidades resultantes são indicados no quadro abaixo:

Trecho	D (mm)		v (m/s)
	Calculado	Adotado	
Subida	302	300	0,9
Barrilete	302	300	0,9
Linha de adução	302	300	0,9

As velocidades obtidas atendem ao intervalo de 0,60 a 2,50 m/s recomendado.

Perdas de Carga

a) Perda de Carga Contínua

A perda de carga contínua (h_{fc}) é dada pela fórmula de Hazen-Williams:

$h_{fc} = 10{,}643 \times Q^{1,85} \times C^{-1,85} \times D^{-4,87} \times L$

onde:

Q = vazão de bombeamento (m^3/s)

C = coeficiente de rugosidade

D = diâmetro da tubulação (m)

L = extensão da tubulação (m)

As perdas de carga contínuas, para tubulação nova e para tubulação velha, são obtidas conforme o quadro a seguir:

Trecho	D (mm)	L (m)	C		h_{fc} ($Q^{1,85}$)	
			Tubo novo	Tubo velho	Tubo novo	Tubo velho
Subida	300	3,0	130,0	105,0	1,38	2,05
Barrilete	300	2,5	130,0	105,0	1,15	1,71
Linha de recalque	300	26,1	140,0	130,0	10,47	12,00
				Total	13,00	15,76

b) Perda de Carga Localizada

A perda de carga localizada (h_{fl}) é calculada pela seguinte fórmula:

$h_{fl} = Sk \times v^2 / 2g$

onde:

k = coeficiente relativo às perdas de carga nas singularidades

v = velocidade na tubulação (m/s)

g = aceleração da gravidade (m/s²)

Os valores dos somatórios do coeficiente k foram obtidos conforme o quadro a seguir:

Tipo de singularidade	Subida		Barrilete		Linha de recalque	
	Quant.	k	Quant.	k	Quant.	k
Ampliação gradual		0,00		0,00		0,00
Curva de 90°	1	0,40	1	0,40	1	0,40
Curva de 45°		0,00		0,00		0,00
Curva de 22°30'		0,00		0,00		0,00
Entrada de Borda		0,00		0,00		0,00
Entrada normal		0,00		0,00		0,00
Junção de 45°		0,00		0,00		0,00
Redução gradual		0,00		0,00		0,00
Registro de gaveta		0,00	1	0,20		0,00
Saída de canalização		0,00		0,00		0,00
Tê de passagem direta		0,00	2	1,20		0,00
Tê de saída lateral		0,00		0,00		0,00
Válvula de retenção		0,00	1	2,50		0,00
Sk		0,40		4,30		0,40

As perdas de carga localizadas são determinadas no quadro a seguir:

Trecho	Sk	D (mm)	v (Q m/s)	h_{fl} (Q^2)
Subida	0,40	300	14,15	4,08
Barrilete	4,30	300	14,15	43,91
Linha de recalque	0,40	300	14,15	4,08
			Total	52,08

Altura Geométrica

As alturas geométricas (H_g) mínima e máxima são dadas, respectivamente, por:

$H_{g,mín} = C_{lanç} - NA_{máx}$ e $H_{g,máx} = C_{lanç} - NA_{mín}$

onde:

$C_{lanç}$ = cota de lançamento do esgoto	32,450	m
$NA_{máx}$ = cota do nível máximo no poço de sucção	21,930	m
$NA_{mín}$ = cota do nível mínimo no poço de sucção	21,230	m

Sendo assim, tem-se:

$H_{g,mín}$ = altura geométrica mínima 10,52 m

$H_{g,máx}$ = altura geométrica máxima 11,22 m

Altura Manométrica

A altura manométrica (H_m) é dada por:

$H_m = H_g + h_{fc} + h_{fl}$

Logo, as expressões representativas da altura manométrica são as seguintes:

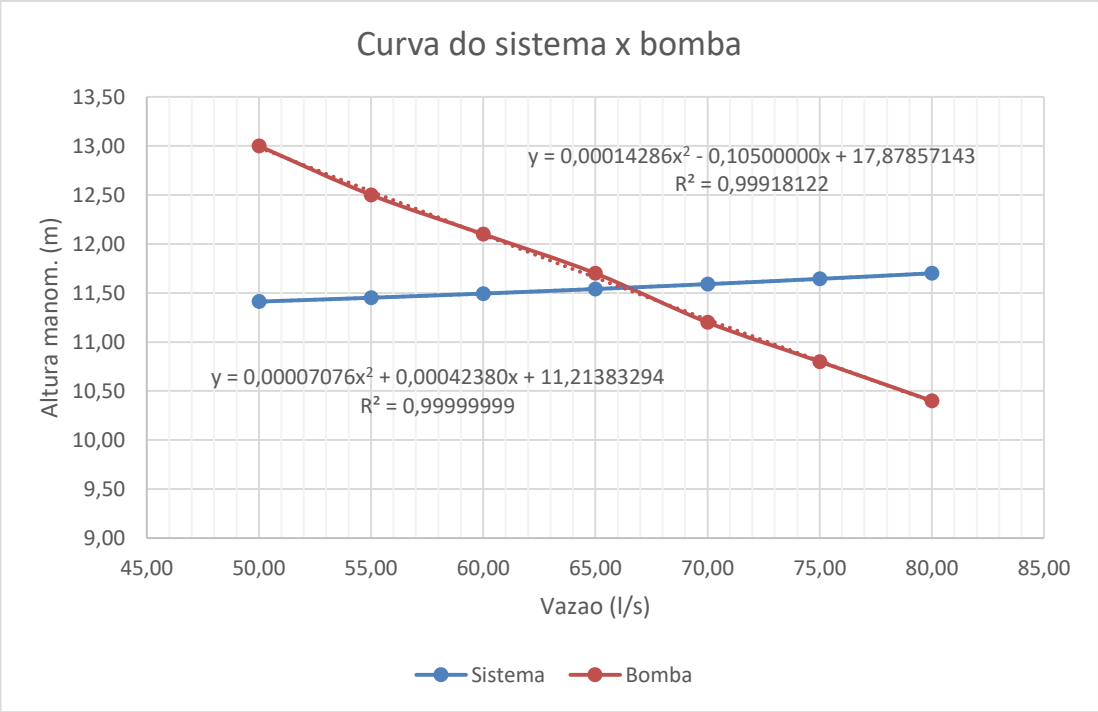
$$H_{m,mín} = 10{,}52 + 13{,}00\ Q^{1{,}85} + 52{,}08\ Q^2$$

$$\mathbf{H_{m,máx} = 11{,}22 + 15{,}76\ Q^{1{,}85} + 52{,}08\ Q^2}$$

Curvas do Sistema e Pontos de Operação

Os pontos das curvas características do sistema são determinados no quadro a seguir:

Q (L/s)	$H_{m,mín}$ (m)	$H_{m,máx}$ (m)	Bomba (m)
50,00	10,70	11,41	13
55,00	10,74	11,45	12,5
60,00	10,78	11,49	12,1
65,00	10,82	11,54	11,7
70,00	10,87	11,59	11,2
75,00	10,92	11,64	10,8
80,00	10,97	11,70	10,4



Ponto de Operação

O ponto de operação encontrado através da interseção da curva do sistema vs a curva da bomba é:

Vazão de bombeamento 66,22 L/s

Altura manométrica 11,55 m

Conjunto Motor-Bomba

Será adotado conjunto motor-bomba com as seguintes caracterísiticas:

Marca	Flyght	
Modelo de referência	NP 3153 LT	
Curva	414	
Tipo	SUBMERSIVEL	
Número de bombas	1+1	
Potência nominal	15,0	HP
Vazão	66,22	L/s (cada)
Altura manométrica	11,55	m
Rotação	1.755	rpm

Poço de Sucção

a) Volume Útil

O volume útil do poço de sucção (V_u) é estimado pela seguinte expressão:

$V_u = 2,5 \times Q_b$

onde:

Q_b = vazão da bomba 3,973 m³/min

Logo:

V_u = volume útil do poço de sucção 9,93 m³

Serão adotadas as seguintes dimensões para o poço de sucção:

A SPO-024 define como 0,50 metros como altura útil mínima. Para o cálculo da área de poços retangulares, a mesma norma fixa dimensão mínima de 2 metros.

C = Comprimento	3,00	m
L = Largura	5,00	m
$H_{ucalc.}$ = altura útil calculada	0,66	m
H_u = altura útil	0,70	m

Obs: Os poços são compartimentados, sendo 2 (dois) poços vaso-comunicantes, resultando as dimensões adotadas.

O volume útil corrigido vale, então:

V_u = volume útil corrigido 10,50 m³

b) Volume Morto

O volume morto (V_m) é o volume compreendido entre o fundo do poço de sucção e o nível mínimo do esgoto em seu interior, sendo assim calculado:

$V_m = A_b \times H_{mín}$

onde:

A_b = área da base do poço de sucção 15,00 m²

$H_{mín}$ = altura mínima 0,50 m

Segundo SPO-024 para bombas submersíveis, adotar o valor recomendado pelo fabricante ou no mínimo 50 cm.

Com isso, obtém-se:

V_m = volume morto do poço de sucção 7,50 m³

c) Volume Efetivo

O volume efetivo (V_e) é o volume compreendido entre o fundo do poço de sucção e o nível médio de

$V_e = V_m + V_u / 2$

V_e = volume efetivo do poço de sucção 12,75 m³

d) Tempo de Detenção

O tempo de detenção média no poço de sucção (T_d) é dado por:

$T_d = V_e / Q_{méd}$

onde:

V_e = volume efetivo do poço de sucção 12,75 m³

$Q_{méd}$ = vazão média 2,136 m³/min

Logo:

T_d = tempo de detenção no poço de sucção 6,0 min

Este valor atende ao tempo máximo de 30 min recomendado pela NBR 12208.

Ciclo de Funcionamento

O ciclo de funcionamento da bomba (T_C) é dado por:

$T_C = T_S + T_D$

onde:

T_S = tempo de subida (min) = V_u / Q_a

T_D = tempo de descida (min) = $V_u / (Q_b - Q_a)$

V_u = volume útil do poço de sucção (m³)

Q_a = vazão afluente (m³/min)

Q_b = vazão de bombeamento (m³/min)

Os tempos obtidos, para as vazões afluentes de início e final de plano, são apresentados no quadro a seguir:

Etapa	Vazão (m³/min)		T_S (min)	T_D (min)	T_C (min)
Início de plano	$Q_{mín}$	1,090	9,6	3,6	13,3
	$Q_{méd}$	2,136	4,9	5,7	10,6
	$Q_{máx}$	3,810	2,8	64,3	67,1

Os ciclos de funcionamento são superiores à 10 min, atendendo à recomendação de que o conjunto motor-bomba não execute mais de 6 paradas por hora.

Cálculo do NPSH

A sigla NPSH (Net Positive Succion Head) é adotada universalmente para designar a energia disponível na sucção. Há dois valores a considerar: NPSH requerido que é uma característica da bomba, fornecida pelo fabricante e o NPSH disponível, que é uma característica das instalações de sucção, que pode ser calculada pelas equações abaixo:

$$\text{NPSH disp} = \frac{\text{Pa} - \text{Pv}}{\gamma} - \text{z} - \text{Hf} \qquad \text{z} = \text{hbomba} - \text{hmin,suc}$$

Onde:

h_{bomba} = Cota do eixo da bomba 20,980

$h_{mín,suc}$ = Cota do NA mínimo do poço de sucção 21,230

Z = altura de sucção 0,250 m

P_a = Pressão atmosférica 10330 Kg/m²

P_v = Pressão de vapor	433,0	Kg/m²
g = Peso específico da água	1000	Kg/m³
h_f = Perda de carga localizada na sucção	0,017927605	m

$NPSH_{disp.}$	9,63	m
$NPSH_{req.}$	6,70	m

Como NPSHdisp. > HPSHreq. o sistema funcionará normalmente

7.2.4 Estação de Tratamento de Esgoto

7.2.4.1 Característica do Esgoto

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 02

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE

Cargas Orgânicas

As cargas orgânicas do esgoto afluente (L_0), em kg/d, são assim calculadas:

$L_0 = P \times c / 1.000$

onde:

Parb = população arbitrária	12.554	hab
c = contribuição *per capita* de DBO ou DQO, admitindo-se os seguintes valores:		
c_{DBO} = contribuição *per capita* de DBO (adotada)	50	g/hab.d
c_{DQO} = contribuição *per capita* de DQO (adotada)	100	g/hab.d

Logo, as cargas orgânicas são:

L_{DBO} = carga afluente de DBO	627,70	kg/d
L_{DQO} = carga afluente de DQO	1.255,40	kg/d

Concentrações

As concentrações do esgoto afluente (S_0), em mg/L, são dadas por:

$S_0 = L_0 / Q_{méd} \times 1.000$

Portanto, as concentrações calculadas são:

$S_{0,DBO}$ = concentração afluente de DBO	204,08	mg/L
$S_{0,DQO}$ = concentração afluente de DQO	408,17	mg/L

Adotaram-se as seguintes concentrações:

$S_{0,DBO}$ = concentração afluente de DBO	350	mg/L
$S_{0,DQO}$ = concentração afluente de DQO	700	mg/L
N_0 = concentração afluente de coliformes	5,0E+07	NMP/100 mL

7.2.4.2 CRV

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 02		
Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto		
CRV - CAIXA REPARTIDORA DE VAZÃO		
Parâmetros de projeto		
Tempo de detenção hidráulica (TDH)	0,04	h
Vazão média ($Q_{méd}$)	128,15	m³/h
Vazão máxima ($Q_{máx}$)	228,59	m³/h
Volume da CRV		
Volume total (V)	5,10	m³
Número de CRV (N)	1	un
Volume unitário (V_1)	5,10	m³
Dimensões da CRV		
Altura útil (H)	1,50	m
Área (A)	3,40	m²
Diâmetro (D)	2,00	m
Área corrigida (A_{corrig})	3,14	m²
volume unitário corrigido	4,71	m³
Verificação de Área, Volume e TDH Corrigidos		
Área total corrigida (A_t)	3,14	m²
Volume total corrigido (V_t)	4,71	m³
Tempo de detenção hidráulica (TDH)	0,0370	h

7.2.4.3 UASB

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 02

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

UASB

Volume do Reator

O volume total do reator (V), em m³, é dado por:

$V = Q_{méd} \times TDH$

onde:

Qméd = vazão média	128,15	m³/h
TDH = tempo de detenção hidráulica (adotado)	8,0	h

Sendo assim, tem-se:

V = volume total	1.025,20	m³

O volume unitário (V_u), correspondente a cada módulo, é assim calculado:

$V_u = V / N$

onde:

N = número de módulos (adotado)	6

Logo:

V_u = volume unitário	170,87	m³

Com isso, as vazões unitárias, referentes a um módulo, valem:

$Q_{méd}$ = vazão média unitária	21,36	m³/h
$Q_{máx}$ = vazão máxima unitária	38,10	m³/h

Os cálculos apresentados a seguir correspondem às vazões unitárias.

Dimensões do Reator

A área do reator (A), em m², é dada por:

$A = V_u / H$

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 02

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

onde:

H = altura útil (adotada)	5,00	m

Assim, tem-se:

A = área do reator	34,17	m²

Serão adotados reatores circulares com as seguintes dimensões:

D = Diâmetro	6,60	m
D(adot) = Diâmetro adotado	6,50	m
A = área corrigida	33,17	m²

O diâmetro adotado apresenta-se inferior ao calculado, mas pode ser considerado já que os tempos de detenção ficarão dentro dos limites admitidos.

Tempo de Detenção Corrigido

Considerando as dimensões adotadas, o volume unitário corrigido (V_u) é, então:

$V_u = A \times H$

V_u = volume unitário corrigido	165,83	m³

Logo, o tempo de detenção hidráulica corrigido passa a ser:

$TDH = V_u / Q$

$TDH_{méd}$ = tempo de detenção hidráulica para $Q_{méd}$	7,76	h
$TDH_{mín}$ = tempo de detenção hidráulica para $Q_{máx}$	4,35	h

Estes valores encontram-se entre 6 e 9 hrs para a vazão média, e entre 4 e 6 hrs para a vazão máxima, atendendo aos critérios recomendados.

Cargas Aplicadas

A carga hidráulica volumétrica (CHV), em m³/m³.d, é dada por:

$CHV = Q / V$

Portanto, os valores obtidos para a vazão média e para a vazão máxima são:

$CHV_{méd}$ = carga hidráulica volumétrica para $Q_{méd}$ 3,09 m³/m³.d

$CHV_{máx}$ = carga hidráulica volumétrica para $Q_{máx}$ 5,51 m³/m³.d

Estes valores encontram-se abaixo de 4,00 m³/m³.d para a vazão média, e abaixo de 6,0 m³/m³.d para a vazão máxima, atendendo aos critérios recomendados.

Velocidades Superficiais

A velocidade superficial de fluxo (v), em m/h, é assim calculada:

$v = Q / A$

Logo, as velocidades obtidas para a vazão média e para vazão máxima são:

$v_{méd}$ = velocidade superficial para $Q_{méd}$ 0,6 m/h

$v_{máx}$ = velocidade superficial para $Q_{máx}$ 1,1 m/h

Estes valores encontram-se abaixo de 0,7 m/h para a vazão média, e abaixo de 1,2 m/h para a vazão máxima, estando dentro da faixa recomendada.

Tubos de Distribuição

A área de influência dos tubos de distribuição do esgoto afluente (A_i) é dada por:

$A_i = A / N_d$

onde:

N_d = número de distribuidores (adotado) 12

Com isso, tem-se:

A_i = área de influência do distribuidor 2,76 m²

A área de influência dos tubos de distribuição encontra-se em torno de 2,0 e 3,0 m², atendendo aos critérios recomendados.

A velocidade descendente nos tubos de distribuição (v_{td}) é assim calculada:

$v_{td} = (Q_{máx} / N / N_d) / (p \times D_d^2 / 4)$

onde:

D_{td} = diâmetro do tubo de distribuição (adotado) 100 mm

Logo:

v_{td} = velocidade descendente 0,11 m/s

A velocidade descendente nos tubos de distribuição encontra-se abaixo de 0,20 m/s, atendendo aos critérios

Estimativas das Eficiências e Concentrações do Efluente

A eficiência de remoção de DBO (E_{DBO}) é calculada pela seguinte equação:

$E_{DBO} = 100 \times (1 - 0{,}70 \times TDH^{-0{,}50})$

E_{DBO} = eficiência de remoção de DBO 74,9 %

Para a eficiência de remoção de DQO (E_{DQO}), tem-se:

$E_{DQO} = 100 \times (1 - 0{,}68 \times TDH^{-0{,}35})$

E_{DQO} = eficiência de remoção de DQO 66,8 %

Para a eficiência de remoção de coliformes (E_{CF}), adotou-se:

E_{CF} = eficiência de remoção de coliformes 90,0 %

As concentrações efluentes são dadas por:

$S = S_0 - (E \times S_0)/100$ $N = N_0 - (E \times N_0)/100$

onde:

S_0 e N_0 = concentrações do esgoto afluente

Aplicando-se os valores na equação, as concentrações obtidas são as seguintes:

S_{DBO} = concentração efluente de DBO 87,9 mg/L

S_{DQO} = concentração efluente de DQO 232,4 mg/L

N = concentração efluente de coliformes 5,0E+06 NMP/100 mL

Produção de Metano e de Biogás

A parcela de DQO convertida em metano (DQO_{CH4}), em kgDQO/d, é calculada pela seguinte equação:

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 02

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

$DQO_{CH4} = Q_{méd} \times (S_0 - S_{DQO}) - Y_{obs} \times Q_{méd} \times S_0$

onde:

Y_{obs} = coeficiente de produção de sólidos (adotado)	0,21	$kgDQO_{lodo}/kgDQO_{apl}$

Tem-se, portanto:

DQO_{CH4} = parcela de DQO convertida em metano	164,34	kgDQO/d

O fator de correção para a temperatura operacional do reator, K (t), em kgDQO/m³, é dado por:

$K(t) = (P \times K) / [R \times (273 + t)]$

onde:

t = temperatura operacional do reator	28	°C
P = pressão atmosférica	1	atm
K = DQO correspondente a um mol de CH_4	64	gDQO/mol
R = constante universal dos gases	0,08206	atm.L/mol.°K

Logo:

K (t) = fator de correção para a temperatura	2,59	kgDQO/m³

A produção volumétrica de metano (Q_{CH4}), em m³/d, é, então, calculada pela seguinte relação:

$Q_{CH4} = DQO_{CH4} / K(t)$

Aplicando os valores obtidos, tem-se:

Q_{CH4} = vazão de metano	63,43	m³/d

Para a determinação da produção total de biogás (Q_g), deve ser considerado o teor de metano no biogás:

$Q_g = Q_{CH4} / p_{CH4}$

onde:

p_{CH4} = percentual de metano no biogás (adotado)	80	%

Portanto:

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 02

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

Q_g = vazão de biogás 79,28 m³/d

Coletor de Gás

A área dos coletores de gás (A_g), em m², é dada por:

$A_g = N_g \times 3{,}14 \times ((Dg^2)/4 - (Dr^2)/4)$

onde:

N_g = número de coletores por reator (adotado)	1	
Dg = Diâmetro do coletor de gás	1,50	m
Dr = Diâmetro da rosa de distribuição	0,70	m

Sendo assim:

A_g = área total dos coletores de gás 1,38 m²

Obs: A área do coletor circular é calculada pela fórmula da coroa circular.

A taxa de liberação de biogás nos coletores (v_g), em m³/m².h, vale, então:

$v_g = Q_g / A_g$

v_g = taxa de liberação de biogás 2,39 m³/m².h

A taxa encontra-se acima de 1,0 m³/m².h e abaixo de 5,0 m³/m².h, atendendo aos limites recomendados.

Abertura para o Decantador

As velocidades através das aberturas (v_a), em m/h, são dadas por:

$v_a = Q / A_a$

$Aa = 3{,}14 \times ((Dr^2)/4 - (Ds^2)/4)$

onde:

Na = Número de Aberturas dos decantadores	1	unid
La = Largura das Aberturas dos decantadores	0,80	m
Dr = Diâmetro do reator	6,50	m
Ds = Diâmetro do separador trifásico	3,65	m
A_a = área das aberturas para os decantadores	22,71	m²

Logo, as velocidades obtidas para a vazão média e para a vazão máxima são:

$v_{a,méd}$ = velocidade nas aberturas para $Q_{méd}$	0,94	m/h
$v_{a,máx}$ = velocidade nas aberturas para $Q_{máx}$	1,68	m/h

As velocidades encontram-se abaixo de 2,5 m/h para a vazão média, e abaixo de 4,0 m/h para a vazão máxima, atendendo aos limites recomendados.

Decantador

As taxas de aplicação superficial (v_d), em m/h, são dadas por:

$v_d = Q / A_d$

onde:

Nd = Número de decantadores	1	unid
Dd = Diâmetro de decantação (maior)	6,50	m
Dd = Diâmetro de decantação (menor)	1,50	m
A_d =área do decantador	31,40	m²

Obs: A área do decantador, corresponde a área entre a parede do reator até o compartimento de distribuição/saída/separador de fases, conforme peças gráficas. Esta área é calculada pela fórmula da coroa circular.

Com isso, as taxas obtidas para a vazão média e para a vazão máxima são:

$v_{d,méd}$ = taxa de aplicação superficial para $Q_{méd}$	0,7	m/h
$v_{d,máx}$ = taxa de aplicação superficial para $Q_{máx}$	1,2	m/h

As taxas encontram-se entre de 0,6 e 0,8 m/h para a vazão média, e menor/igual a 1,2 m/h para a vazão máxima, atendendo aos limites recomendados.

O tempo de detenção hidráulica nos decantadores (TDH_d) é assim calculado:

$TDH_d = N_d \times V_d / Q$

onde:

H_d =altura total do decantador	2,24	m
V_d = volume do decantador	43,31	m³

Obs: O volume do decantador é a soma do volume da coroa circular, somado com o volume do cilindro e decrescido do volume do tronco de cone.

Os tempos de detenção obtidos para a vazão média e para a vazão máxima são:

$TDH_{d,méd}$ = tempo de detenção para Q_{med}	2,0	h
$TDH_{d,máx}$ = tempo de detenção para $Q_{máx}$	1,1	h

Os valores encontram-se acima de 1,5 h para a vazão média, e acima de 1,0 h para a vazão máxima, atendendo aos limites mínimos recomendados.

Produção de Lodo

A produção mássica de lodo no UASB (Plodo), em kgSS/d, é dada por:

$P_{lodo} = Y \times DQO_{apl}$

onde:

Y = coeficiente de produção de sólidos (adotado)	0,15	kgSS/kgDQO$_{apl}$
DQO_{apl} = carga de DQO aplicada	1.255,40	kgDQO/d

Com isso:

P_{lodo} = produção de lodo	188,31	kgSS/d

A vazão de lodo (Q_{lodo}), em m³/d, é dada por:

$Q_{lodo} = P_{lodo} / (g \times C_{lodo})$

onde:

g = densidade do lodo (adotada)	1.020	kgSS/m³
C_{lodo} = concentração de sólidos no lodo (adotada)	4,0	%

Tem-se, então:

Q_{lodo} = vazão de lodo	4,62	m³/d

7.2.4.4 Filtro Submerso Aerado

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 02

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

FILTRO SUBMERSO AERADO

Cargas Orgânicas Afluentes

As cargas orgânicas afluentes ao FSA (L), em kg/d, são dadas por:

$L_{DBO} = S_{DBO} \times Q_{méd} / 1.000$ $L_{DQO} = S_{DQO} \times Q_{méd} / 1.000$

onde:

SDBO = concentração efluente de DBO no UASB	87,9	mg/L
SDQO = concentração efluente de DQO no UASB	232,4	mg/L

Logo:

L_{DBO} = carga afluente de DBO	270,20	kgDBO/d
L_{DQO} = carga afluente de DQO	714,79	kgDQO/d

Volume do Meio Suporte

A área do meio suporte (A_{ms}) é assim calculada:

$A_{ms} = L_{DQO} / TA_{ms}$

onde:

TA_{ms} = taxa de aplicação do meio suporte (adotada)	7,0	gDQO/m².d

Assim, tem-se:

A_{ms} = área do meio suporte	102.113,24	m²

O volume do meio suporte (V_{ms}) é dado por:

$V_{ms} = A_{ms} / AE_{ms}$

onde:

AE_{ms} = área específica do meio suporte (adotado)	365	m²/m³

Logo:

V_{ms} = volume do meio suporte	279,76	m³

Volume Requerido

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 02

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

O volume total necessário para o FSA (V) é dado por:

$V = V_{ms} / FE$

onde:

FE = fator de empacotamento (adotado)	0,9	

Com isso, obtém-se:

V = volume requerido	310,84	m³

O volume unitário (V_u), correspondente a cada módulo, é assim calculado:

$V_u = V / N$

onde:

N = número de módulos (adotado)	6	

Logo:

V_u = volume unitário	51,81	m³

Dimensões

As dimensões adotadas para os filtros são as seguintes:

H = altura útil do FSA	4,50	m
H = altura útil do Meio Suporte	4,12	m
A = área	12,58	m
D = diâmetro	4,00	m
D(adot) = Diâmetro adotado	6,00	m
V_u = volume unitário resultante	116,43	m³
V_{DL} = volume do Decantador Lamelar	36,38	m³
V_{TR} = volume total requerido	88,19	m³

$V_{TR} = V_{DL} + V_u$

Obs: Como o volume requerido está inferior ao volume unitário resultante, o dimensionamento do FSA está compatível.

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 02

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

Demanda de Oxigênio

A demanda de oxigênio (DO_2) é dada por:

$DO_2 = T_{ar} \times L_{DBO}$

onde:

T_{ar} = taxa de aeração (adotada)	3,3	$kgO_2/kgDBO$

Logo:

DO_2 = demanda de oxigênio	891,66	kg/d
DO_2 = demanda de oxigênio	37,15	kg/h

Sopradores

A vazão de ar necessária ao sistema (Q_{ar}) é calculada pela seguinte equação:

$Q_{ar} = DO_2 / (FT \times J \times T \times E)$

onde:

n = número de sopradores operando (adotado)	2	
FT = fator de trabalho (adotado)	0,50	
J = densidade do ar	1,2	kg/m^3
T = percentual de oxigênio no ar (adotado)	21	%
E = eficiência do sistema de aeração (adotada)	20	%

Assim, tem-se, por soprador:

Q_{ar} = vazão de ar	737,10	m^3/h
Q_{ar} = vazão de ar	12,29	m^3/min
Q_{ar} = vazão de ar	0,205	m^3/s

A pressão de trabalho (p_t) é dada por:

$p_t = H + \Delta h$

onde:

H = coluna d'água (adotada)	5,00	m
Δh = perda de carga na tubulação de ar	1,50	m

Logo:

p_t = pressão de trabalho	6,50	m

A potência do soprador é assim calculada:

$P = Q_{ar} \times \rho \times g \times p_t / (\eta \times 1.000)$

onde:

ρ = densidade do líquido	1.000	kg/m³
g = aceleração da gravidade	9,81	m/s²
η = rendimento do conjunto soprador (adotado)	75	%

Logo:

P = potência do conjunto soprador	17,41	kW
P = potência do conjunto soprador	23,65	CV
f = folga (adotada)	15	%
P = potência corrigida = P × (1 + f)	27,20	CV

Será adotado conjunto soprador com as seguintes caracterísiticas:

Número de sopradores	2	+ 1 reserva
Potência nominal	35,0	CV
Vazão	15,5	m³/min
Sobrepressão	700	mbar
Rotação	1.750	rpm

Difusores de Ar

As características dos difusores de ar são as seguintes:

N_d = número de difusores por módulo (adotado)	60	
n = quantidade de difusores por área	2,1	un/m²
Q_d = vazão de ar por difusor = $Q_{ar} / (N \times N_d)$	4,10	m³/h

Os valores ideais para os difusores de ár é de 0,5 a 6 un/m². E a vazão de ár deve estar entre 1,2 a 7,2 m³/h, pois tratam-se de difusores de bolhas finas.

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 02

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

Produção de Lodo

A produção mássica de lodo no FSA (P_{lodo}), em kgSS/d, é dada por:

$P_{lodo} = Y \times L_{DBO}$

onde:

Y = coeficiente de produção de sólidos (adotado)	0,75	$kgSS/kgDBO_{apl}$

Logo:

P_{lodo} = produção de lodo	202,65	kgSS/d

A produção de lodo volátil (P_{SSV}), em kgSS/d, é obtida pela seguinte equação:

$P_{SSV} = SSV/SS \times P_{lodo}$

onde:

SSV/SS = teor de sólidos voláteis (adotado)	75	%

Com isso, obtém-se:

P_{SSV} = produção de sólidos voláteis	151,99	kgSSV/d

A quantidade de lodo aeróbio recirculado e removido do UASB (Plodo,rem) é dada por:

$P_{lodo,rem} = P_{lodo} - P_{SSV} \times E_{SSV}$

onde:

ESSV = remoção de SSV no UASB (adotado)	30	%

Logo:

Plodo,rem = carga de lodo aeróbio removida do UASB	157,05	kgSS/d

Concentrações Efluentes

As concentrações efluentes de DBO e de DQO são dadas por:

$S_{DBO} = S_{0,DBO} - (E_{DBO} \times S_{0,DBO})/100$ $\quad$ $S_{DQO} = S_{0,DQO} - (E_{DQO} \times S_{0,DQO})/100$

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 02

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

onde:

$S_{0,DBO}$ = concentração afluente de DBO	87,9	mg/L
$S_{0,DQO}$ = concentração afluente de DQO	232,4	mg/L
E_{DBO} = eficiência de remoção de DBO (adotada)	79	%
E_{DQO} = eficiência de remoção de DQO (adotada)	74	%

Logo:

S_{DBO} = concentração efluente de DBO	18,4	mg/L
S_{DQO} = concentração efluente de DQO	60,4	mg/L

7.2.4.5 Decantador Lamelar

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 02

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

DECANTADOR LAMELAR

Comprimento Relativo

A distância entre as placas normal ao fluxo (d) é dada por:

$d = e \times \text{sen}\theta$

onde:

e = espaçamento entre as placas (adotado)	8,0	cm
θ = inclinação das placas (adotada)	60	°

Sendo assim, tem-se:

d = distância entre as placas normal ao fluxo	6,9	cm

O comprimento útil do elemento tubular (l_u) é calculado pela seguinte equação:

$l_u = 0{,}9 \times (l - e \cos\theta)$

onde:

l = comprimento da placa (adotado)	1,00	m

Logo:

l_u = comprimento útil do elemento tubular	86,4	cm

O comprimento relativo é, então, dado por:

$L = l_u / d$

L = comprimento relativo	12,5

Área Superficial Útil

A área superficial útil (A) é assim calculada:

$A = Q_{máx} / (F \times V_s)$

onde:

$Q_{máx}$ = vazão máxima afluente	0,06350	m^3/s
F = fator de forma = senq (senq + L x cosq)	6,17	

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 02

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

V_s = velocidade de sedimentação (adotada)	1,25	cm/min
V_s = velocidade de sedimentação	2,08E-04	m/s

Com isso, tem-se:

A = área superficial útil	49,40	m²

A área superficial útil unitária (A_u), correspondente a cada módulo, é dada por:

$A_u = A / N$

onde:

N = número de módulos (adotado)	6	

Logo:

A_u = área superficial útil unitária	8,23	m³

Número de Placas

O número de canais entre as placas do decantador (n) é dado por:

$n = A_u \times \text{sen}\theta\ (a \times d)$

onde:

a = largura da placa (adotada)	2,15	m

Logo:

n = número de canais entre as placas	48

O número de placas (n_p) é, então, dado por:

n_p = número de placas = n + 1	49

Comprimento

O comprimento do decantador é obtido através da seguinte equação:

$C = l \times \cos\theta + [n \times d + (n + 1) \times b] / \text{sen}\theta$

onde:

b = espessura da placa (adotada)	1,0	cm

Logo:

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 02

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

C = comprimento do decantador 4,89 m

Volume Total do Decantador Lamelar

V_{DL} = Volume Quadrado (V_{DLR}) + Volume Tronco de Pirâmide (V_{DLP})

$V_{DLR} = H_{DLR} \times A_{DLR} \text{ X } C_{DLR}$

$V_{DLP} = (H_{DLP}/3)X(A_{DLP} + (RAIZ(A_{DLP}xa_{DLP})+a_{DLP}))$

H_{DLR} = altura do Decantador Lamelar retangular	1,95	m
a_{DLR} = largura do Decantador Lamelar retangular	2,55	m
C_{DLR} = comprimento do Decantador Lamelar retangular	5,29	m
V_{DLR} = Volume do Decantador Lamelar Retangular	26,31	m
H_{DLP} = altura do Decantador Lamelar pirâmidal	1,70	m
A_{DLP} = Área maior do Decantador Lamelar Pirâmidal	13,49	m
$_{aDLP}$ = Área menor do Decantador Lamelar Pirâmidal	0,87	m
V_{DLP} = Volume do Decantador Lamelar Pirâmidal	10,07	m

V_{DL} = volume do Decantador Lamelar Total 36,38 m^3

7.2.4.6 Tanque de Contato

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 02

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

TANQUE DE CONTATO

Volume do Tanque

O volume unitário dos tanques de contato (V), em m³, é dado por:

$V = Q_{méd} \times t / N$

onde:

$Q_{méd}$ = vazão média afluente	2,14	m³/min
t = tempo de contato (adotado)	30	min
N = número de módulos (adotado)	6	unid

Sendo assim, tem-se:

V = volume unitário	10,68	m³

O tempo de contato referente à vazão máxima ($t_{mín}$) fica sendo:

$t_{mín} = V / (Q_{máx} \times N)$

$Q_{máx}$ = vazão máxima afluente	3,81	m³/min
N = número de módulos (adotado)	6	unid
$t_{mín}$ = tempo de contato para $Q_{máx}$	16,8	min

Este valor encontra-se acima de 15 min, atendendo aos critérios recomendados.

Dimensões do Tanque

Serão adotados tanques retangulares com as seguintes dimensões:

D = diâmetro	3,50	m
H = altura útil	1,11	m
Hadot = altura útil adotada	1,10	m

Concentração de Cloro

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 02

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

A concentração de cloro a ser aplicada (C), em mg/L, é dada por:

$C = [(N_0 / N)^{1/3} - 1] / (0{,}23 \times t)$

onde:

N_0 = concentração afluente de coliformes	5.000.000	NMP/100mL
N = concentração efluente de coliformes (adotada)	1.000	NMP/100mL

Logo, os valores obtidos para a vazão média e para a vazão máxima são:

$C_{méd}$ = concentração de cloro para $Q_{méd}$	2,3	mg/L
$C_{máx}$ = concentração de cloro para $Q_{máx}$	4,2	mg/L

Consumo de Cloro e Vazão de Dosagem

A vazão de dosagem da solução de hipoclorito de sódio (D) é calculada pela seguinte equação:

$D = Q_{méd} \times C / T$

onde:

$Q_{méd}$ = vazão média de esgoto	3.075,70	m³/d
C = concentração de cloro aplicada (adotada)	5,0	mg/L
T = teor de cloro ativo na solução (adotado)	10	%

Com isso, obtém-se:

D = vazão de dosagem da solução de hipoclorito	153,79	L/d

Volume do Tanque de Dosagem

O volume útil do tanque de dosagem da solução de hipoclorito (V_{td}) é dado por:

$V_{td} = D \times t_a / N_{td}$

onde:

t_a = tempo de armazenamento (adotado)	10	d
N_{td} = número de tanques por módulo (adotado)	3	

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 02

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

Portanto:

V_{td} = volume útil do tanque de dosagem	512,62	L
V_{td} = volume do tanque de dosagem (adotado)	500	L

7.2.4.7 Leito de Secagem

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 02

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

LEITO DE SECAGEM

Produção de Lodo

O lodo descartado nos leitos de secagem refere-se ao lodo produzido no UASB mais o lodo originalmente aeróbio retornado ao UASB:

Plodo = Plodo,UASB + Plodo,rem

onde:

Plodo,UASB = produção de lodo no UASB	188,31	kgSS/d
Plodo,rem = produção de lodo aeróbio removido do FSA	157,05	kgSS/d

Logo:

P_{lodo} = produção total de lodo descartado	345,36	kgSS/d

A vazão total de lodo descartado (Q_{lodo}) é dada por:

$Q_{lodo} = P_{lodo} / (g \times C_{lodo})$

onde:

g = densidade do lodo (adotada)	1.020	kgSS/m³
C_{lodo} = concentração de sólidos no lodo (adotada)	4,0	%

Assim, tem-se:

Q_{lodo} = vazão total de lodo descartado	8,46	m³/d

Área Requerida

A área requerida para os leitos de secagem (A) é função da carga de sólidos em suspensão aplicada, definida na NBR 12209:

$A = P_{lodo} \times t / C_s$

onde:

t = ciclo de operação (adotado)	15	d
C_s = carga de sólidos aplicada (adotada)	15	kgSS/m²

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 02

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

Logo:

A = área requerida	345,36	m²

Dimensões

Serão adotadas as seguintes dimensões:

N = número de leitos de secagem	21	
L = largura	3,50	m
C = comprimento	7,00	m
A = área total resultante = N × L × C	514,50	m²

Altura da Lâmina de Lodo

A altura da lâmina de lodo nos leitos de secagem (h_{lodo}) é dada por:

$h_{lodo} = Q_{lodo} \times t / A$

Logo:

h_{lodo} = altura da lâmina de lodo	0,25	m
$h_{lodo\ adot}$ = altura da lâmina de lodo (adotada)	0,32	m

7.2.4.8 Eficiência

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - COMPLEXO 02

Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto

EFICIÊNCIAS DO SISTEMA

DBO

A eficiência global de remoção de DBO é calculada através das seguinte equação:

$E_{DBO} = 100 \times (S_0 - S) / S_0$

onde:

S_0 = concentração afluente de DBO	350,0	mg/L
S = concentração efluente final de DBO	18,4	mg/L

Logo:

E_{DBO} = eficiência global de remoção de DBO	94,73	%

DQO

A eficiência global de remoção de DBO é calculada através das seguinte equação:

$E_{DBO} = 100 \times (S_0 - S) / S_0$

onde:

S_0 = concentração afluente de DQO	700,0	mg/L
S = concentração efluente final de DQO	60,4	mg/L

Logo:

E_{DBO} = eficiência global de remoção de DBO	91,37	%

Coliformes

A eficiência global da ETE em termos de remoção de coliformes é dada por:

$E_{CF} = 100 \times (N_0 - N) / N_0$

onde:

N_0 = concentração afluente de coliformes	5E+07	NMP/100 mL
N = concentração efluente final de coliformes	1.000	NMP/100mL

Logo:

E_{CF} = eficiência de remoção de coliformes	99,998	%

A concentração obtida no efluente final atende ao limite máximo de 1.000 NMP/100 mL estabelecido pela Organização Mundial de Saúde para irrigação irrestrita.

Manual de Operação da ETE

8 MANUAL DE OPERAÇÃO DA ETE

8.1 Introdução

Para o adequado funcionamento do sistema de tratamento, é fundamental que a ETE seja devidamente operada por pessoal qualificado, seguindo as instruções aqui apresentadas.

O objetivo das presentes instruções é funcionar como um manual de operação e manutenção da ETE, de modo que as instalações atendam aos serviços previstos, sem oferecer riscos ao operador e ao meio ambiente.

Unidades componentes da ETE:

- Reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB);
- Filtro submerso aerado (FSA);
- Decantador lamelar;
- Tanque de contato;
- Leito de secagem;
- Casa dos sopradores e do gerador;
- Casa de operação e de química.

8.2 Manutenção e Operação

8.2.1 Reator UASB

Semanalmente, deverá ser feita a descarga de lodo do reator, através da válvula destinada para tal, localizada na caixa de manobra.

Recomenda-se a verificação diária da presença de material flutuante acumulado na parte superior do reator. A passagem de alguns materiais flutuantes para a zona de sedimentação é inevitável e o excesso destes poderá entupir as aberturas da calha coletora, comprometendo a homogeneidade da coleta.

Pelo menos duas vezes por semana, deverá ser feita descarga de escuma acumulada no topo do reator, utilizando-se válvula própria. A camada de escuma forma-se naturalmente no processo, podendo dificultar a oclusão das bolhas, caso acumule-se em quantidade excessiva ou ocorra o seu ressecamento.

Recomenda-se a permanente verificação das condições de passagem das tubulações condutoras de biogás, que deverão permanecer sempre desobstruídas. Deve-se ter cuidado

ao operar o reator UASB, evitando-se o uso de cigarro ou de chamas e a ocorrência de faíscas, pois o biogás gerado contém metano, que é um gás combustível.

A fim de prevenir a liberação de maus odores, é necessário que o reator UASB mantenha-se sempre tampado.

8.2.1.1 Partida do Sistema

Dadas as características dos esgotos sanitários a serem tratados, a partida da ETE, no que se refere ao reator UASB, poderá ser realizada sem que haja necessidade de inoculação. No entanto, poderá levar mais de 3 meses para que o sistema de tratamento se torne estável e atinja as condições desejadas.

Com isso, poderá haver vantagens em se usar um inóculo (lodo digerido de boa qualidade) no início da operação de outro reator anaeróbio (UASB), para se reduzir ao máximo o seu período de maturação. Porém, se o inóculo não estiver disponível, é perfeitamente possível se iniciar a operação sem lodo no reator.

8.2.2 Filtro Submerso Aerado

As principais perturbações na operação do FSA estão relacionadas a uma formação atípica da espuma no tanque e a uma flutuação do lodo no decantador, perdendo-se com o efluente final.

Caso se verifique uma cor escura, quase negra, na espuma do FSA (causada por condições anaeróbias, por quantidade de ar insuficiente ou pela presença de despejos tóxicos), deverá ser providenciado o aumento na vazão de ar dos sopradores e/ou a identificação dos despejos responsáveis pela toxicidade do esgoto.

Se for observada uma espuma marrom escura, grossa e oleosa (provocada por lodo super oxidado ou elevada idade do lodo), deve-se aumentar a descarga do lodo de excesso do FSA/decantador.

Ocorrendo a formação de uma espuma branca intensa e agrupada, pode-se aumentar a idade do lodo pela redução do descarte do mesmo, borrifar água sobre a espuma, ou identificar e desviar a fonte de despejo não-biodegradável possivelmente responsável pelo problema.

8.2.3 Sopradores

Havendo necessidade de manutenção ou reparo no conjunto soprador, o soprador reserva será utilizado. O soprador só deverá ser acionado se sua respectiva válvula de saída de ar estiver aberta.

O nível de óleo no conjunto soprador deverá ser verificado semanalmente, adicionando-se a quantidade adequada de óleo caso seja necessário, seguindo a recomendação do fabricante.

Deverá contemplar inversor de frequência, para variar a vazão de ar, de acordo com a necessidade operacional.

8.2.4 Decantador Lamelar

O decantador deverá ser constantemente vistoriado pelo operador, verificando se a sedimentação está ocorrendo normalmente e se o líquido sobrenadante sai com perfeita clarificação, sem arraste de lodo.

Periodicamente, deverá ser realizada limpeza das paredes, das calhas e das placas do decantador com esguichamento de água, visando remover incrustações.

8.2.5 Tanque de Dosagem de Solução Química

O tanque de dosagem de solução química refere-se ao tanque que comporta a solução de hipoclorito de sódio a 10% a ser dosada no tanque de contato.

O carregamento do tanque de dosagem deverá seguir os seguintes passos:

- Encher com água o tanque;
- Colocar no tanque, a medida de hipoclorito calculada (ou outra concentração, conforme a demanda de cloro residual).
- Ajustar a abertura do registro, de modo que o residual de produto químico na saída do tanque corresponda à análise.
- Diariamente, deverá ser verificado o volume da solução de hipoclorito de sódio no tanque de dosagem.

8.2.6 Descarte e Desidratação do Lodo

O lodo do reator UASB e do FSA/decantador lamelar deverá ser descartado de acordo com os parâmetros estabelecidos no projeto.

No reator UASB, será considerada uma idade de lodo de 30 dias. Assim, a frequência de descarte adotada será feita de acordo com esta idade de lodo. A descarga poderá também ser feita semanalmente, desde que se despejem apenas volumes proporcionais ao volume total de 30 dias. O descarte é feito através dos registros existentes no lado externo do reator. Nos primeiros meses de operação, não será necessário o descarte do lodo excedente.

Para o lodo proveniente do decantador lamelar, poderá ser adotada uma idade de lodo de 10

dias. Este poderá ser descartado diretamente no leito de secagem ou ser encaminhado para EEE para posterior recirculação ao reator UASB. A recirculação tem por objetivo completar a estabilização do material biodegradável restante no lodo e ajudar no desempenho da digestão anaeróbia no reator UASB.

A retirada do lodo desidratado no leito de secagem será feita tão logo à desidratação permita. Para retirada dos resíduos serão utilizadas pás. O material deverá ser devidamente acondicionado para ser encaminhado ao aterro do município.

8.3 Recomendações Gerais

- O operador da ETE deverá utilizar equipamentos de proteção individual, tais como: luvas, botas, máscara e bata.
- Devem ser seguidas todas as orientações dos fabricantes referentes à manutenção e à operação de equipamentos como: lubrificação, limpeza, conservação, ajustes e recomendações de uso.
- O operador deverá adotar hábitos de higienização adequados e suas mãos devem ser lavadas e desinfetadas sempre após o trabalho na ETE.
- Não será permitido o acesso de pessoas estranhas e de animais à ETE.
- Deve-se evitar o máximo possível, o contato direto com os esgotos. Caso haja contato, deve-se lavar e desinfetar as partes do corpo atingidas com uma solução de hipoclorito, álcool ou outro produto equivalente.
- Todas as unidades da ETE deverão ser mantidas fechadas, salvo quando submetidas à manutenção ou inspeção.

8.4 Monitoramento

A título de sugestão, para acompanhar o funcionamento da ETE, recomenda-se que sejam realizadas análises no afluente, no efluente e nos reatores. As frequências recomendadas de determinação dos parâmetros a serem analisados são apresentadas no Quadro 3.1. As características do efluente final da estação deverão obedecer aos padrões de emissão especificados pela SEMACE.

Tabela 4 - Frequência de Monitoramento dos Parâmetros Físico-Químicos da ETE

Parâmetro	Afluente	Reator UASB	FSA	Efluente
pH	Diária	Diária	-	Diária
Temperatura (°C)	Diária	Diária	-	Diária
Alcalinidade (mg$CaCO_3$/L)	Semanal	Semanal	-	Semanal
Ácidos graxos voláteis (mg HAc/L)	Semanal	Semanal	-	Semanal
Sólidos totais (mg/L)	-	Mensal	Mensal	-
Sólidos sedimentáveis (mL/L)	Semanal	-	Semanal	Semanal
Produção de biogás (m^3/d)	-	Diária	-	-
OD (mg/L)	-	-	Semanal	-
DQO (mg/L)	Semanal	-	-	Semanal
DBO (mg/L)	Quinzenal	-	-	Quinzenal
Nitrato (mg/L)	Mensal	-	-	Mensal
Nitrito (mg/L)	Mensal	-	-	Mensal
Amônia (mg/L)	Mensal	-	-	Mensal
Fósforo total (mg/L)	Mensal	-	-	Mensal
Cloro residual (mg/L)	-	-	-	Semanal
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	Mensal	-	-	Mensal

Especificações Técnicas

9 ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

9.1 Fibra Pultrudada

9.1.1 Processos de Fabricação

O processo utilizado é a pultrusão, que consiste na fabricação de perfis contínuos com excelente acabamento superficial e pigmentação durante o processo de produção. Possui teor de fibra na ordem de 70% e 30% de resina, o que confere ao material desempenho mecânico superior com elevada resistência à ataques químicos.

9.1.2 Descrição dos Produtos e/ou Serviços

Guarda corpo modelo GCS02 em fibra de vidro e resina éster vinílica, fornecido em perfis pultrudados para serem montados e instalados em campo, composto dos seguintes itens:

- Montantes: tubo quadrado 50,8 mm x 1100 mm para serem instalados a cada 1200 mm;
- Passa mão: Perfil U 58,9mm x 25 mm x 4 mm;
- Barra intermediária: barra ômega 58 mm x 25 mm;
- Rodapé: Barra “W” 102 mm x 25 mm;
- Sapata: base quadrada 150mm x 150mm x 65mm, com 4 furos;
- Acessórios de fixação em aço inox 316.

9.1.3 Resina Utilizada

Possui como característica a sua alta resistência à corrosão, principalmente em ambientes quimicamente mais agressivos; aditivada para proteção a raios UV, excelentes propriedades de isolamento térmico e elétrico, características antichama (auto extinguível), alta resistência mecânica e baixo peso.

9.1.4 Normas Relacionadas

ASTM-D-2583:1995 (Dureza Barcol), IEC 60092-101-(ensaios de queima), ASTM E 84 (resistência ao fogo), ASTM D 2565 (intemperismo), IMO MSC 61 (67) (emissão de fumaça e toxidade) e USCG (ABS) Integridade ao fogo.

9.2 Impermeabilização polimérica

BAUCRYL 10.000 é um látex acrílico, apresentado na forma de emulsão, aniônico, isento de plastificantes, formulado a partir de um copolímero de éster de ácido acrílico, estireno e

aditivos especiais. Como impermeabilizante, pode ser aplicado tanto na forma de argamassa polimérica como de membrana acrílica, especialmente indicada para impermeabilização de áreas sujeitas a movimentações, com grande elasticidade e inodoro.

Sólidos - 40% ± 1

PH - 8,0 a 10,0

Densidade - 1,00 ± 0,05 g/cm³

Viscosidade (Brookfield RVT 3/20) - 4500 a 5500 CPS

Aplicado na forma de argamassa polimérica (AP20), numa única operação executa-se a regularização, a impermeabilização e a proteção mecânica.

Argamassa polimérica (AP20) - 0,9 kg/m2 espessura 1 cm.

9.3 Comportas

9.3.1 Comportas Deslizantes

Comportas deslizantes: Quadro estrutural: ASTM A240 TP 316; comporta: ASTM A240 TP 316; haste ascendente: ASTM A276 TP 316; vedação lateral: UHMW (polietileno de ultra alta densidade molecular); cordão compressão: borracha nitrílica; vedação inferior: borracha nitrílica; classe de vedação: superior AWWA C513; parafusos e porcas: AISI 316; chumbadores de fixação: chumbadores químicos + prisioneiros de AISI 316; tipo de fixação: embutido no concreto; pintura padrão fornecedor (peças não inox); identificação: plaquetas de aço inoxidável. **Acionamento:** atuador elétrico integral com acionamento emergencial volante (440VAC, 60 hz, trifásico, IP 68); 2 chaves limites de curso (abrir e fechar); 2 chaves limites de torque (abrir e fechar); painel elétrico integral para comando local e remoto. **Acessórios:** prolongamento completo (guias laterais prolongadas, eixo, luva, mancal e prisioneiros).

9.4 Válvula de Retenção para Esgoto

Válvula de Retenção para Esgoto, constituída em uma única peça móvel, isenta de Eixos, mancais, molas ou pesos. Ângulo de Abertura de 35º, proporcionando fechamento rápido. Corpo e Tampa em Fo. Nodular ASTM A536 Grau 65.45.12. Possibilita a retirada da tampa, para manutenção, de todas as peças internas sem a necessidade de desmontar o corpo da tubulação. Extremidades flangeadas de acordo com a ABNT NBR 7675 – PN10; Obturador em Buna-N (ASTM D2000 BG) com alma em aço e reforço em Nylon na área de flexão. Face-

a-face de acordo com a Norma DIN 3202 – Coluna F6, Instalação entre flanges com furação ABNT NBR 7675 – PN10. **Acionamento:** Auto Operada.

Terão válvulas deste modelo, com as mesmas especificações acima nos diâmetros de 400 mm e 500 mm.

9.5 Bombas Submersíveis

9.5.1 Características das Bombas

Bombas para transporte de efluentes, com camisa de refrigeração (aço inoxidável).

Tipo de instalação: Semipermanente;

Rotor: aberto auto limpante;

Frequência: 60Hz;

Tipo de partida: suave;

Nº de fase: trifásico;

Nº de polos: 4;

Tensão de operação: 380V;

Sensor térmico: termocontato nas bobinas do estator;

Sensor de umidade: FLS (câmara do estator);

Material do Impulsor: Ferro fundido (GG25);

Material da Carcaça: Ferro fundido (GG25);

Material do Eixo: Aço inoxidável (AISI 431);

Selo Mecânico Interno: WCCR / WCCR;

Selo Mecânico Externo: WCCR / WCCR;

Classe de isolação: H(180ºC).

Acessórios:

Conexão de descarga;

Tubo guia 3” em aço galvanizado;

Suporte do tubo guia: 3” aço galvanizado;

Corrente ½” aço galvanizado;

Mini CAS II – 230 VCA;

Soquete 11 pinos.

As bombas submersíveis deverão apresentar rotor antiabrasivo e anticorrosivo, além do agitador mecânico acoplado a bomba.

9.5.2 Curva da Bomba EEE - COMPLEXO 01

xylem

NP 3102 LT 3~ Adaptive 422

FLYGT

Curva de desempenho

Bomba

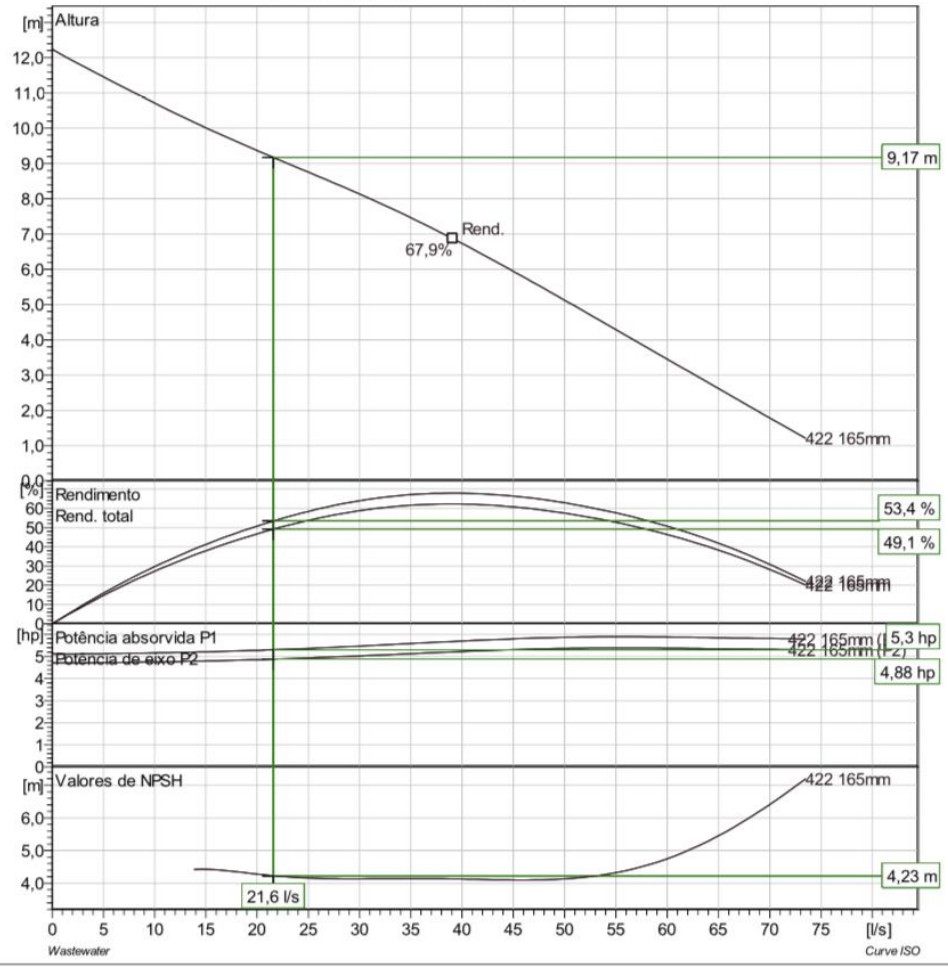
Discharge Flange Diameter	5 7/8 inch
Suction Flange Diameter	150 mm
Impeller diameter	6 1/2"
Number of blades	2

Motor

Motor #	N3102.920 18-11-4AS-W IE3 5.5hp
Stator variant	71
Frequência	60 Hz
Rated voltage	200 V
Número de pólos	4
Fases	3~
Potência nominal	5,5 hp
Corrente nominal	15 A
Corrente de partida	99 A
Velocidade nominal	1800 rpm

Fator de potência	
1/1 Load	0,89
3/4 Load	0,84
1/2 Load	0,72

Motor efficiency	
1/1 Load	91,8 %
3/4 Load	91,3 %
1/2 Load	89,4 %



Project	Project ID	Created by	Created on	Last update
			8/2/2018	

9.5.3 Curva da Bomba EEE - COMPLEXO 02

xylem

NP 3153 LT 3~ 414

FLYGT

Curva de desempenho

Bomba

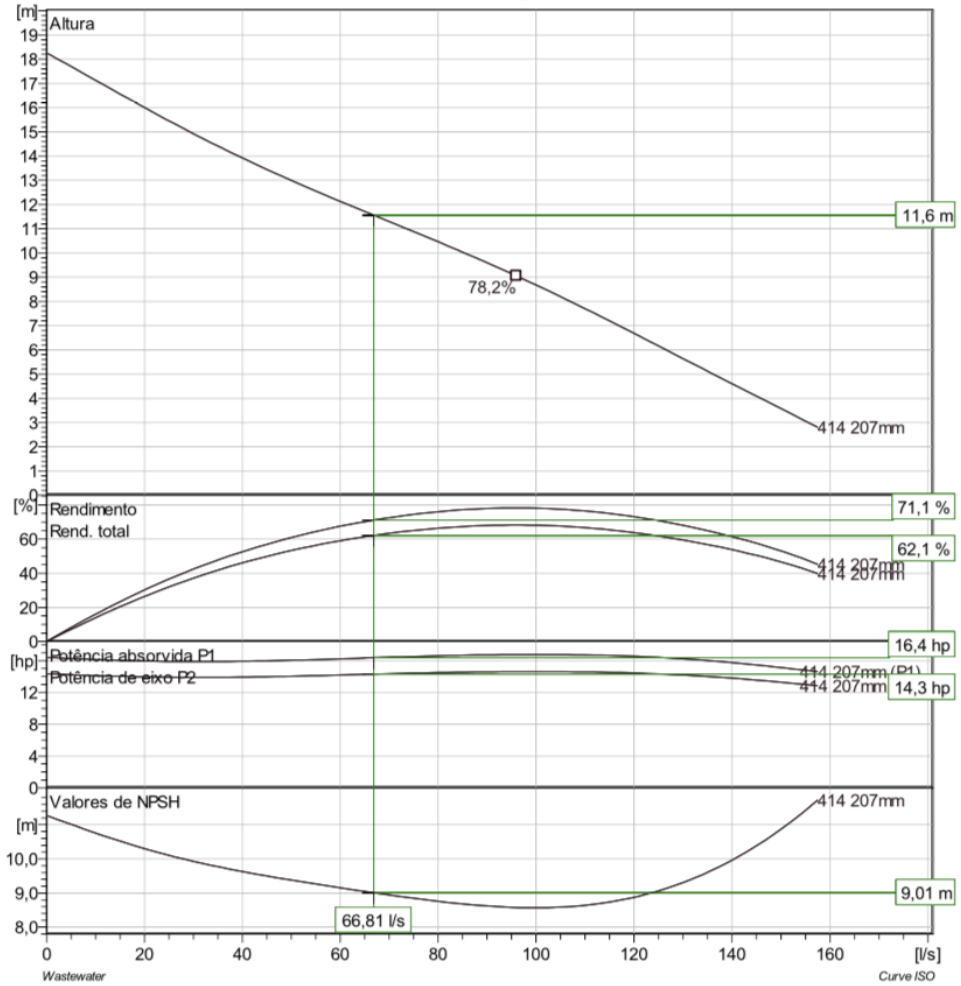
Discharge Flange Diameter	7 7/8 inch
Suction Flange Diameter	200 mm
Impeller diameter	8 1/8"
Number of blades	2

Motor

Motor #	N3153.185 21-15-4AA-W 15hp
Stator variant	6
Frequência	60 Hz
Rated voltage	380 V
Número de pólos	4
Fases	3~
Potência nominal	15 hp
Corrente nominal	23 A
Corrente de partida	133 A
Velocidade nominal	1755 rpm

Fator de potência	
1/1 Load	0,84
3/4 Load	0,79
1/2 Load	0,69

Motor efficiency	
1/1 Load	87,0 %
3/4 Load	88,0 %
1/2 Load	88,0 %



Project	Project ID	Created by	Created on	Last update
			7/5/2018	

9.6 Difusores

		Características Construtivas	Vazão de Ar	Membrana
Difusor Circular de Membrana B&F 230mm, Bolha Fina - Soldado		O difusor circular de membrana de bolha fina, com sistema triplo, antientupimento (backflow) é montado sobre bases e conexões em termoplásticos especiais. É indicado para a grande maioria dos casos em razão de sua elevada transferência de oxigênio. Sua base soldada ao tubo garante maior resistência e melhor coeficiente hidrodinâmico, assegurando maior eficiência de operação e durabilidade.	Mínima: 0,020 m³/min Máxima: 0,120 m³/min	Produzida em EPDM, Nitrílica, Neoprene, SBR e,compostos especiais.

9.7 Sopradores

9.7.1 Sopradores Complexo 01

MODELO *MODEL*	Ø BOCAIS *Ø NOZZLES*	RPM	SOPRADORES TRILÓBULARES/*TRI-LOBULAR BLOWERS* SOBREPRESSÃO (mbar)/*PRESSURE (mbar)*															
			300		400		500		600		700		800		900		1000	
			m³/min	Pt (hp)	m³/min	Pt (hp)	m³/min	Pt (hp)	m³/min	Pt (hp)	m³/min	Pt (hp)	m³/min	Pt (hp)	m³/min	Pt (hp)	m³/min	Pt (hp)
SRT1027	4" 1)	1400	6,1	5,5	5,9	7,2	5,6	9,0	5,4	10,8	5,2	12,6	5,0	14,4	4,9	16,2	4,7	18,0
		1750	8,1	6,9	7,8	9,1	7,6	11,4	7,4	13,6	7,2	15,8	7,0	18,1	6,8	20,3	6,7	22,5
		2000	9,5	7,9	9,3	10,5	9,0	13,0	8,8	15,6	8,6	18,2	8,4	20,7	8,2	23,3	8,1	25,8
		2500	12,3	10,1	12,1	13,3	11,8	16,5	11,6	19,7	11,4	22,9	11,2	26,1	11,1	29,3	10,9	32,5
		3000	15,1	12,5	14,9	16,3	14,6	20,1	14,4	23,9	14,2	27,8	14,0	31,6	13,9	35,4	13,7	39,3
		3450	17,7	14,7	17,4	19,1	17,2	23,5	17,0	27,9	16,8	32,3	16,6	36,7	16,4	41,1	16,2	45,5
		4300	22,5	19,4	22,2	24,8	22,0	30,3	21,7	35,8	21,6	41,3	21,4	46,8	21,2	52,3	21,0	57,8
		4800	25,3	22,4	25,0	28,5	24,8	34,7	24,6	40,8	24,4	46,9	24,2	53,0	24,0	59,1	23,8	65,3
SRT1039	6" 1)	1400	8,6	7,7	8,2	10,2	7,9	12,8	7,6	15,3	7,3	17,8	-	-	-	-	-	-
		1750	11,4	9,8	11,0	12,9	10,7	16,1	10,4	19,2	10,1	22,4	-	-	-	-	-	-
		2000	13,4	11,2	13,0	14,9	12,7	18,5	12,4	22,1	12,1	25,7	-	-	-	-	-	-
		2500	17,4	14,4	17,0	18,9	16,7	23,4	16,3	27,9	16,1	32,4	-	-	-	-	-	-
		3000	21,4	17,7	21,0	23,1	20,6	28,5	20,3	33,9	20,0	39,3	-	-	-	-	-	-
		3450	24,9	20,8	24,6	27,1	24,2	33,3	23,9	39,5	23,6	45,7	-	-	-	-	-	-
		4300	31,7	27,5	31,3	35,2	31,0	43,0	30,7	50,7	30,4	58,5	-	-	-	-	-	-
		4800	35,7	31,8	35,3	40,5	35,0	49,1	34,7	57,8	34,4	66,4	-	-	-	-	-	-
SRT1334	6"	1200	10,8	9,5	10,3	12,6	9,9	15,7	9,6	18,7	9,2	21,8	8,9	24,9	8,7	28,0	-	-
		1400	13,0	11,1	12,6	14,8	12,2	18,4	11,8	22,0	11,5	25,6	11,2	29,2	10,9	32,8	-	-
		1750	17,0	14,2	16,6	18,7	16,2	23,2	15,8	27,7	15,5	32,2	15,2	36,7	14,9	41,2	14,6	45,7
		2000	19,8	16,4	19,4	21,6	19,0	26,7	18,7	31,9	18,3	37,0	18,0	42,2	17,7	47,3	17,5	52,5
		2500	25,5	21,2	25,1	27,7	24,7	34,1	24,3	40,5	24,0	47,0	23,7	53,4	23,4	59,8	23,2	66,3
		3000	31,2	26,5	30,8	34,2	30,4	41,9	30,0	49,6	29,7	57,4	29,4	65,1	29,1	72,8	28,8	80,5
		3800	40,3	36,1	39,9	45,8	39,5	55,6	39,1	65,4	38,8	75,2	38,5	85,0	38,2	94,8	37,9	104,5
SRT1348	6"	1200	15,5	17,0	14,9	21,3	14,4	25,7	13,9	30,0	13,5	34,4	-	-	-	-	-	-
		1400	18,7	19,8	18,1	24,9	17,6	30,0	17,1	35,0	16,7	40,1	-	-	-	-	-	-
		1750	24,3	24,7	23,7	31,1	23,2	37,4	22,7	43,8	22,3	50,2	-	-	-	-	-	-
		2000	28,3	28,3	27,7	35,5	27,2	42,8	26,8	50,1	26,3	57,3	-	-	-	-	-	-
		2500	36,3	35,3	35,7	44,4	35,2	53,5	34,8	62,6	34,3	71,7	-	-	-	-	-	-
		3000	44,4	42,4	43,8	53,3	43,3	64,2	42,8	75,1	42,4	86,0	-	-	-	-	-	-
		3800	57,2	53,7	56,6	67,5	56,1	81,3	55,6	95,1	55,2	108,9	-	-	-	-	-	-
SRT1643	8" 2)	1000	16,9	15,1	16,1	20,0	15,5	25,0	14,9	29,9	14,3	34,8	13,8	39,7	-	-	-	-
		1200	21,2	18,3	20,5	24,2	19,8	30,1	19,2	36,0	18,7	41,9	18,1	47,9	17,7	53,8	-	-
		1600	29,9	25,1	29,1	33,0	28,5	40,8	27,9	48,7	27,3	56,6	26,8	64,4	26,3	72,3	25,9	80,2
		1750	33,1	27,8	32,4	36,4	31,7	45,0	31,1	53,6	30,6	62,2	30,1	70,8	29,6	79,4	29,1	88,0
		2200	42,9	36,3	42,2	47,1	41,5	58,0	40,9	68,8	40,4	79,6	39,9	90,4	39,4	101,2	38,9	112,1
		2500	49,4	42,5	48,7	54,8	48,0	67,1	47,4	79,4	46,9	91,7	46,4	104,0	45,9	116,3	45,4	128,6
		3000	60,3	54,0	59,5	68,8	58,9	83,5	58,3	98,3	57,7	113,0	57,2	127,8	56,7	142,6	56,3	157,3
SRT1661	8" 2)	1000	23,6	21,5	22,5	28,5	21,5	35,4	20,6	42,4	19,8	49,4	-	-	-	-	-	-
		1200	29,7	26,1	28,6	34,5	27,7	42,8	26,8	51,2	26,0	59,6	-	-	-	-	-	-
		1600	42,1	35,9	40,9	47,0	40,0	58,2	39,1	69,3	38,3	80,5	-	-	-	-	-	-
		1750	46,7	39,7	45,6	51,9	44,6	64,1	43,7	76,3	42,9	88,5	-	-	-	-	-	-
		2200	60,5	52,2	59,4	67,6	58,4	82,9	57,5	98,3	56,7	113,6	-	-	-	-	-	-
		2500	69,7	61,4	68,6	78,9	67,7	96,3	66,8	113,7	66,0	131,1	-	-	-	-	-	-
		3000	85,1	78,5	84,0	99,4	83,0	120,4	82,2	141,3	81,3	162,2	-	-	-	-	-	-

9.7.2 Sopradores Complexo 02

MODELO MODEL	Ø BOCAIS Ø NOZZLES	RPM	SOPRADORES TRILÓBULARES/*TRI-LOBULAR BLOWERS* SOBREPRESSÃO (mbar)/*PRESSURE (mbar)*															
			300		400		500		600		700		800		900		1000	
			m³/min	Pt (hp)	m³/min	Pt (hp)	m³/min	Pt (hp)	m³/min	Pt (hp)	m³/min	Pt (hp)	m³/min	Pt (hp)	m³/min	Pt (hp)	m³/min	Pt (hp)
SRT1027	4" 1)	1400	6,1	5,5	5,9	7,2	5,6	9,0	5,4	10,8	5,2	12,6	5,0	14,4	4,9	16,2	4,7	18,0
		1750	8,1	6,9	7,8	9,1	7,6	11,4	7,4	13,6	7,2	15,8	7,0	18,1	6,8	20,3	6,7	22,5
		2000	9,5	7,9	9,3	10,5	9,0	13,0	8,8	15,6	8,6	18,2	8,4	20,7	8,2	23,3	8,1	25,8
		2500	12,3	10,1	12,1	13,3	11,8	16,5	11,6	19,7	11,4	22,9	11,2	26,1	11,1	29,3	10,9	32,5
		3000	15,1	12,5	14,9	16,3	14,6	20,1	14,4	23,9	14,2	27,8	14,0	31,6	13,9	35,4	13,7	39,3
		3450	17,7	14,7	17,4	19,1	17,2	23,5	17,0	27,9	16,8	32,3	16,6	36,7	16,4	41,1	16,2	45,5
		4300	22,5	19,4	22,2	24,8	22,0	30,3	21,7	35,8	21,6	41,3	21,4	46,8	21,2	52,3	21,0	57,8
		4800	25,3	22,4	25,0	28,5	24,8	34,7	24,6	40,8	24,4	46,9	24,2	53,0	24,0	59,1	23,8	65,3
SRT1039	6" 1)	1400	8,6	7,7	8,2	10,2	7,9	12,8	7,6	15,3	7,3	17,8	-	-	-	-	-	-
		1750	11,4	9,8	11,0	12,9	10,7	16,1	10,4	19,2	10,1	22,4	-	-	-	-	-	-
		2000	13,4	11,2	13,0	14,9	12,7	18,5	12,4	22,1	12,1	25,7	-	-	-	-	-	-
		2500	17,4	14,4	17,0	18,9	16,7	23,4	16,3	27,9	16,1	32,4	-	-	-	-	-	-
		3000	21,4	17,7	21,0	23,1	20,6	28,5	20,3	33,9	20,0	39,3	-	-	-	-	-	-
		3450	24,9	20,8	24,6	27,1	24,2	33,3	23,9	39,5	23,6	45,7	-	-	-	-	-	-
		4300	31,7	27,5	31,3	35,2	31,0	43,0	30,7	50,7	30,4	58,5	-	-	-	-	-	-
		4800	35,7	31,8	35,3	40,5	35,0	49,1	34,7	57,8	34,4	66,4	-	-	-	-	-	-
SRT1334	6"	1200	10,8	9,5	10,3	12,6	9,9	15,7	9,6	18,7	9,2	21,8	8,9	24,9	8,7	28,0	-	-
		1400	13,0	11,1	12,6	14,8	12,2	18,4	11,8	22,0	11,5	25,6	11,2	29,2	10,9	32,8	-	-
		1750	17,0	14,2	16,6	18,7	16,2	23,2	15,8	27,7	15,5	32,2	15,2	36,7	14,9	41,2	14,6	45,7
		2000	19,8	16,4	19,4	21,6	19,0	26,7	18,7	31,9	18,3	37,0	18,0	42,2	17,7	47,3	17,5	52,5
		2500	25,5	21,2	25,1	27,7	24,7	34,1	24,3	40,5	24,0	47,0	23,7	53,4	23,4	59,8	23,2	66,3
		3000	31,2	26,5	30,8	34,2	30,4	41,9	30,0	49,6	29,7	57,4	29,4	65,1	29,1	72,8	28,8	80,5
		3800	40,3	36,1	39,9	45,8	39,5	55,6	39,1	65,4	38,8	75,2	38,5	85,0	38,2	94,8	37,9	104,5
SRT1348	6"	1200	15,5	17,0	14,9	21,3	14,4	25,7	13,9	30,0	13,5	34,4	-	-	-	-	-	-
		1400	18,7	19,8	18,1	24,9	17,6	30,0	17,1	35,0	16,7	40,1	-	-	-	-	-	-
		1750	24,3	24,7	23,7	31,1	23,2	37,4	22,7	43,8	22,3	50,2	-	-	-	-	-	-
		2000	28,3	28,3	27,7	35,5	27,2	42,8	26,8	50,1	26,3	57,3	-	-	-	-	-	-
		2500	36,3	35,3	35,7	44,4	35,2	53,5	34,8	62,6	34,3	71,7	-	-	-	-	-	-
		3000	44,4	42,4	43,8	53,3	43,3	64,2	42,8	75,1	42,4	86,0	-	-	-	-	-	-
		3800	57,2	53,7	56,6	67,5	56,1	81,3	55,6	95,1	55,2	108,9	-	-	-	-	-	-
SRT1643	8" 2)	1000	16,9	15,1	16,1	20,0	15,5	25,0	14,9	29,9	14,3	34,8	13,8	39,7	-	-	-	-
		1200	21,2	18,3	20,5	24,2	19,8	30,1	19,2	36,0	18,7	41,9	18,1	47,9	17,7	53,8	-	-
		1600	29,9	25,1	29,1	33,0	28,5	40,8	27,9	48,7	27,3	56,6	26,8	64,4	26,3	72,3	25,9	80,2
		1750	33,1	27,8	32,4	36,4	31,7	45,0	31,1	53,6	30,6	62,2	30,1	70,8	29,6	79,4	29,1	88,0
		2200	42,9	36,3	42,2	47,1	41,5	58,0	40,9	68,8	40,4	79,6	39,9	90,4	39,4	101,2	38,9	112,1
		2500	49,4	42,5	48,7	54,8	48,0	67,1	47,4	79,4	46,9	91,7	46,4	104,0	45,9	116,3	45,4	128,6
		3000	60,3	54,0	59,5	68,8	58,9	83,5	58,3	98,3	57,7	113,0	57,2	127,8	56,7	142,6	56,3	157,3
SRT1661	8" 2)	1000	23,6	21,5	22,5	28,5	21,5	35,4	20,6	42,4	19,8	49,4	-	-	-	-	-	-
		1200	29,7	26,1	28,6	34,5	27,7	42,8	26,8	51,2	26,0	59,6	-	-	-	-	-	-
		1600	42,1	35,9	40,9	47,0	40,0	58,2	39,1	69,3	38,3	80,5	-	-	-	-	-	-
		1750	46,7	39,7	45,6	51,9	44,6	64,1	43,7	76,3	42,9	88,5	-	-	-	-	-	-
		2200	60,5	52,2	59,4	67,6	58,4	82,9	57,5	98,3	56,7	113,6	-	-	-	-	-	-
		2500	69,7	61,4	68,6	78,9	67,7	96,3	66,8	113,7	66,0	131,1	-	-	-	-	-	-
		3000	85,1	78,5	84,0	99,4	83,0	120,4	82,2	141,3	81,3	162,2	-	-	-	-	-	-

9.8 Medidor de Vazão Ultrassônico para Canais Abertos

O sensor de nível deverá atender as seguintes características:

- Medição sem contato com o meio medido;
- Aplicação: medir vazão de esgoto em estações;
- Fluido: Esgoto a 29º - 30ºC;
- Material: Polipropileno com conexão de 1.1/2 BSP;
- Grau de proteção: IP68;
- Faixa de operação: 0,2 e 4,0 m;
- Ângulo de emissão: 5 a 6°;
- Temperatura de operação: -30º C à +90º C;

- Compensação de temperatura incorporada e automática;

O conversor deverá atender as seguintes características:

- Vazão: 0 a 800 l/s.
- Grau de proteção: IP65;
- Circuito eletrônico: microprocessado;
- Material: plástico PBT reforçado com fibra de vidro e Display LCD (Vazão instantânea);
- Indicação simultânea ou alternada de vazão e totalização, contendo também as
- Unidades de engenharia e o valor medido. Duas funções de totalização (resetável e acumulativa).
- Escala: configurável através do teclado frontal;
- Linearização: até 32 pontos;
- Função: programação completa, medição de nível, medição de vazão em canal aberto.
- Pressão Atmosférica;
- Possuir saídas analógicas (4-20mA) e digital. Frequência de trabalho: 80KHZ (Nominal);
- Alimentação: 12 a 36 VCC e Conexão elétrica: prensa cabo 2x m20x1,5 + 2x ½ NPT(F).

9.9 Meio Suporte Sintético

O meio suporte sintético é um produto desenvolvido com alta tecnologia para auxiliar os sistemas convencionais de tratamento de efluentes na oxidação da carga orgânica. Este é um elemento plástico que, em contato com o efluente, permite a fixação dos micro-organismos em seu interior que oxidam a carga orgânica.

Com seu desenho exclusivo, o anel de enchimento (meio suporte móvel) apresenta um conjunto de ranhuras externas que conferem maior mistura e movimentação.

Características:

- Formato: cilíndrico com exclusiva ranhura externa;
- Temperatura máxima: 100 ºC;
- Área superficial ≥ 365 m^2/m^3.

ART

10 ART

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-CE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº CE20180376463

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Ceará

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

LARISSA GONÇALVES MAIA CARACAS
Título profissional: **ENGENHEIRA CIVIL** RNP: **060136479-1**

2. Contratante

Contratante: **CAGECE - CIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ** CPF/CNPJ: **07.040.108/0001-57**
RUA DR. LAURO VIEIRA CHAVES 1030 Nº: **1030**
Complemento: Bairro: **AEROPORTO**
Cidade: **FORTALEZA** UF: **CE** CEP: **60420280**
País: **Brasil**
Telefone: **31011794** Email: **raul.leitao@cagece.com.br**
Contrato: **Não especificado** Celebrado em:
Valor: **R$ 5.000,00** Tipo de contratante: **PESSOA JURIDICA DE DIREITO PRIVADO**
Ação Institucional: **NENHUMA - NÃO OPTANTE**

3. Dados da Obra/Serviço

Proprietário: **CAGECE - CIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ** CPF/CNPJ: **07.040.108/0001-57**
RUA DR. LAURO VIEIRA CHAVES 1030 Nº: **1030**
Complemento: Bairro: **AEROPORTO**
Cidade: **FORTALEZA** UF: **CE** CEP: **60420280**
Telefone: **31011794** Email: **raul.leitao@cagece.com.br**
Coordenadas Geográficas: **Latitude: -3.771855 Longitude: -38.535035**
Data de Início: **10/07/2018** Previsão de término: **14/08/2018**
Finalidade: **Saneamento básico**

4. Atividade Técnica

21 - ELABORAÇÃO	Quantidade	Unidade
6 - PROJETO BÁSICO > RESOLUÇÃO 1025 -> OBRAS E SERVIÇOS - CONSTRUÇÃO CIVIL -> SANEAMENTO -> #1604 - REDE DE ESGOTO	4,40	km
6 - PROJETO BÁSICO > RESOLUÇÃO 1025 -> OBRAS E SERVIÇOS - CONSTRUÇÃO CIVIL -> SANEAMENTO -> #3077 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO	2,00	un
6 - PROJETO BÁSICO > RESOLUÇÃO 1025 -> OBRAS E SERVIÇOS - CONSTRUÇÃO CIVIL -> SANEAMENTO -> #3078 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS	2,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração do Projeto Básico do SES do Complexo Penitenciário de Itaitinga e Aquiraz. Composto por rede coletora, estações elevatórias e 2 (duas) estações de tratamento de esgoto em fibra do tipo UASB+FSA+DL+TC+LS e emissário final.

6. Declarações

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

SINDICATO DOS ENGENHEIROS NO ESTADO DO CEARÁ (SENGE-CE)

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Fortaleza, 16 de Agosto de 2018
Local data

Larissa Gonçalves Maia Caracas
LARISSA GONÇALVES MAIA CARACAS - CPF: 448.533.193-87

Eng. Raul Tigre de Arruda Leitão
Gerente de Projetos de Engenharia
CPROJ - CAGECE
CAGECE - CIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ - CNPJ: 07.040.108/0001-57

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.
* Somente é considerada válida a ART quando estiver cadastrada no CREA, quitada, possuir as assinaturas originais do profissional e contratante.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 82,94** Pago em: **14/08/2018** Nosso Número: **8212767996**

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-CE

ART OBRA / SERVIÇO
Nº CE20180378113

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Ceará

INICIAL
EQUIPE à CE20180376463

1. Responsável Técnico

LARYSSA BARBOSA FERNANDES
Título profissional: **ENGENHEIRO AMBIENTAL** RNP: **061714250-5**

2. Contratante

Contratante: **CAGECE - CIA DE AGUA E ESGOTO DO CEARA** CPF/CNPJ: **07.040.108/0001-57**
AVENIDA AVENIDA LAURO VIEIRA CHAVES 1030 Nº: **1030**
Complemento: Bairro: **VILA UNIÃO**
Cidade: **FORTALEZA** UF: **CE** CEP: **60422901**
País: **Brasil**
Telefone: **(85) 3101-1789** Email: **raul.leitao@cagece.com.br**
Contrato: **Não especificado** Celebrado em:
Valor: **R$ 5.000,00** Tipo de contratante: **PESSOA JURIDICA DE DIREITO PUBLICO**
Ação Institucional: **NENHUMA - NÃO OPTANTE**

3. Dados da Obra/Serviço

Proprietário: **CAGECE - CIA DE AGUA E ESGOTO DO CEARA** CPF/CNPJ: **07.040.108/0001-57**
AVENIDA LAURO VIEIRA CHAVES 1030 Nº: **1030**
Complemento: Bairro: **VILA UNIÃO**
Cidade: **FORTALEZA** UF: **CE** CEP: **60422901**
Telefone: **(85) 3101-1789** Email: **raul.leitao@cagece.com.br**
Coordenadas Geográficas: **Latitude: -3.771855 Longitude: -38.535035**
Data de Inicio: **10/07/2018** Previsão de término: **20/08/2018**
Finalidade: **Saneamento básico**

4. Atividade Técnica

21 - ELABORAÇÃO	Quantidade	Unidade
6 - PROJETO BÁSICO > RESOLUÇÃO 1025 -> OBRAS E SERVIÇOS - CONSTRUÇÃO CIVIL -> SANEAMENTO -> #1604 - REDE DE ESGOTO	4,40	km
6 - PROJETO BÁSICO > RESOLUÇÃO 1025 -> OBRAS E SERVIÇOS - CONSTRUÇÃO CIVIL -> SANEAMENTO -> #3077 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO	2,00	un
6 - PROJETO BÁSICO > RESOLUÇÃO 1025 -> OBRAS E SERVIÇOS - CONSTRUÇÃO CIVIL -> SANEAMENTO -> #3078 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS	2,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração do Projeto Básico do SES do Complexo Penitenciário de Itaitinga e Aquiraz. Composto por rede coletora, estações elevatórias e 2 (duas) estações de tratamento de esgoto em fibra do tipo UASB+FSA+DL+TC+LS e emissário final.

6. Declarações

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

SINDICATO DOS ENGENHEIROS NO ESTADO DO CEARÁ (SENGE-CE)

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Fortaleza, 28 de agosto de 2018
Local data

Laryssa B. Fernandes
LARYSSA BARBOSA FERNANDES - CPF: 961.939.133-00

Eng. Raul Tiete de Arruda Leitão
Gerente de Projetos de Saneamento
GPROJ - CAGECE
CAGECE - CIA DE AGUA E ESGOTO DO CEARA - CNPJ: 07.040.108/0001-57

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.
* Somente é considerada válida a ART quando estiver cadastrada no CREA, quitada, possuir as assinaturas originais do profissional e contratante.

10. Valor

Valor da ART: **R$ 82,94** Pago em: **27/08/2018** Nosso Número: **8212770868**