



Projeto de Ampliação da Estação de Tratamento de Água de Catalão

Sistema de Abastecimento de Água – SAA

Volume I - Projeto Hidráulico
Tomo II – Memorial Descritivo e de Cálculo da ETA



PREFEITURA MUNICIPAL DE CATALÃO - GO
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
AMPLIAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

ART nº 0720220091722

RESUMO:

Projeto de Engenharia da Ampliação do Sistema de Produção de Água Tratada, ETA, com melhorias nas unidades existentes. Envolvendo Projeto Hidromecânico, Projeto Elétrico, Projeto Estrutural e Orçamento da: ETA Pré-fabricada de 300 L/s ciclo completo, Estrutura de Distribuição de Água Bruta, Nova Calha Parshall da ETA Existente, Novo Tanque de Contato da ETA Existente, Estruturas de Controles de vazão e nível, Reservatório Pulmão 2000 m³, Tratamento do Lodo Gerado (UTR), Nova Elevatória de Água Tratada, Nova Rede de Drenagem descarte de Águas Servidas, Novas Câmaras de Manobras e Interligações com medição de vazão.

PROJETISTA:

Pedro Henrique Silva Barbosa
Engenheiro Civil
Fone/ e-mail: (61) 3963-7215 / arkis@terra.com.br

COORDENADOR(ES) DO PROJETO:

Paulo Ricardo Silva Mendes/ Carlos Joadir Mendes
Engenheiro Civil
Fone/ e-mail: (62) 3963-7215 / paulorsm@terra.com.br

VOLUME:

VOLUME I - PROJETO HIDRÁULICO
Tomo II – Memorial Descritivo e de Cálculo da ETA

REFERÊNCIA:

Novembro / 2022

<i>Revisão</i>	<i>Descrição</i>	<i>Data</i>
0	Emissão Inicial	11/2022



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-DF

ART Obra ou serviço
0720220091722

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Distrito Federal

1. Responsável Técnico

PAULO RICARDO SILVA MENDES

Título profissional: **Engenheiro Civil**

RNP: **1009533673**

Registro: **18574/D-GO**

Empresa contratada: **ARKIS INFRAESTRUTURA URBANA S/C LTDA EPP** Registro: **5799-DF**

2. Dados do Contrato

Contratante: **PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE CATALÃO**

CNPJ: **01.505.643/0001-50**

Rua Nassin Agel

Número: 505

Bairro: Setor Central

CEP: 75701-050

Cidade: Catalão

UF: GO

Complemento:

E-Mail: licitação@catalão.gov.gov.br

Fone: (64)34415000

Contrato:

Celebrado em: 23/06/2022

Valor Obra/Serviço R\$: 298.765,00

Fim em: 23/06/2023

Vinculada a ART:

Tipo de contratante: Pessoa Jurídica de Direito Público

Ação institucional: Órgão Público

3. Dados da Obra/Serviço

Data de Início das Atividades do Profissional: 01/07/2022

Data de Fim das Atividades do Profissional: 23/06/2023

Coordenadas Geográficas: -18.154481,-47.944278

Finalidade: **Saneamento básico**

Código/Obra pública:

Proprietário: **PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE CATALÃO**

CNPJ: **01.505.643/0001-50**

E-Mail: licitação@catalão.gov.gov.br

Fone: (64) 34415000

1º Endereço

Rua Nassin Agel

Número: 505

Bairro: Setor Central

CEP: 75701-050

Complemento:

Cidade: Catalão - GO

4. Atividade Técnica

Coordenação

Projeto de sistema de abastecimento de água estação de tratamento de água

Quantidade **Unidade**

1,0000 unidade

Elaboração

Projeto de sistema de abastecimento de água estação de tratamento de água

Quantidade **Unidade**

0,5850 metro cúbico por segundo

Projeto de sistema de abastecimento de água instalações hidráulicas em sistemas de abastecimento de água

10,0000 unidade

Projeto de sistema de abastecimento de água tanques ou reservatórios de água

2.000,0000 metros cúbicos

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder à baixa desta ART.

5. Observações

ELABORAÇÃO DE PROJETO DE REFORMA E AMPLIAÇÃO A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA) DA CIDADE DE CATALÃO (QFINAL: 585 L/s, EEAT, RAPO 2.000m³, TRATAMENTO E REUSO DAS ÁGUAS DE LAVAGEM, INTERLIGAÇÕES, EDIFICAÇÕES, TROCA DE VÁLVULAS E COMPORTAS, CÂMARAS DE MANOBRAS, ESTRUTURAS DE MEDIÇÃO DE VAZÃO).

6. Declarações

Acessibilidade: Não: Declaro que as regras de acessibilidade, previstas nas normas técnicas da ABNT e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.

7. Entidade de Classe

NENHUMA

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Gym, 04 de novembro de 2022.

Local

Data

Paulo R. S. Mendes.

PAULO RICARDO SILVA MENDES - CPF: 011.XXX.XXX-98

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE CATALÃO CNPJ: 01.505.643/0001-50

9. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante de pagamento ou conferência no site do Crea.
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site: www.creadf.org.br

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.



www.creadf.org.br
informacao@creadf.org.br
Tel: (61) 3961-2800





SAE CATALÃO – SUPERINTENDÊNCIA DE ÁGUA E ESGOTOS

CATALÃO - SEDE

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

AMPLIAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

VOLUME I: PROJETO BÁSICO

TOMO I: MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULOS

Novembro / 2022

CATALÃO - GO
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
AMPLIAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

CONTRATO: N° 014/2022

RESUMO:

Este documento apresenta o Memorial Descritivo e de Cálculos do Projeto Básico dos Sistemas de Tratamento para a Ampliação da ETA da sede de Catalão.

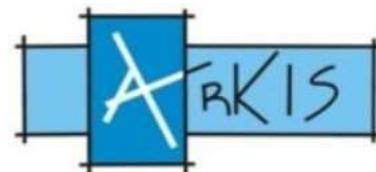
REV.	DATA	TIPO	DESCRIÇÃO	POR	VERIFICADO	AUTORIZADO	APROVADO
0	Nov/2022	A	ORIGINAL	Paulo	Joadir		

EMISSIONES

TIPOS	A - PARA APROVAÇÃO B - REVISÃO	C - ORIGINAL D - CÓPIA
-------	-----------------------------------	---------------------------

PROJETISTA:**ARKIS INFRAESTRUTURA LTDA**

CNPJ: 04.447.729/0001-61
Rua SAI, Quadra 5-C, Lote 19, nº S/N, sala: 201 e 203
CEP: 71.200-055 - Bairro: Zona Industrial (Guara) – Brasília DF
(61) 3963-7215

**EQUIPE TÉCNICA:**

Paulo Ricardo Silva Mendes
Carlos Joadir Mendes

VOLUME:

VOLUME I: PROJETO BÁSICO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO
TOMO I: Memorial Descritivo e de Cálculos

REFERÊNCIA:**Novembro/2022**

SUMÁRIO

O Projeto de Ampliação da Estação de Tratamento de Água de Catalão - GO é VOLUME I – ESTUDO DE CONCEPÇÃO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO

TOMO I: Descritivo Técnico

VOLUME I - PROJETO HIDROMECÂNICO

TOMO II: Memorial Descritivo e de Cálculos

VOLUME I - ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

TOMO III: Especificações

VOLUME I – PROJETO HIDROMECÂNICO

TOMO IV: Desenhos

VOLUME IV – PROJETO ELÉTRICO

TOMO I: Memorial Descritivo e de Cálculos

VOLUME V – PROJETO ESTRUTURAL

TOMO I: Memorial Descritivo e de Cálculos

VOLUME VI – ORÇAMENTO

TOMO I: Planilha de Orçamento

TOMO II: Memória de Cálculos e Quantitativos

ÍNDICE

1	INFORMAÇÕES PRELIMINARES	1
1.1	GLOSSÁRIO INFORMATIVO	3
1.1.1	Siglas de Nomenclatura Típica	3
2	DEFINIÇÃO DOS ELEMENTOS DA ETA.....	4
2.1	DESCRIÇÃO PRÉVIA DO SISTEMA PROPOSTO DOS MÓDULOS DA ETA	4
2.1.1	Descrição dos novos módulos de tratamento a serem implantados	5
2.2	ELEMENTOS CONSTITUINTES DA NOVA ETA PRÉ-FABRICADA	5
2.2.1	Disposição das unidades de tratamento e conexões conforme NBR 122165	6
2.2.2	Diretrizes Normativas para as unidades de tratamento	6
2.3	METODOLOGIA DE CÁLCULOS	15
2.3.1	Dimensionamentos	15
3	DEFINIÇÃO GERAL DO SISTEMA DE TRATAMENTO.....	19
3.1	DEFINIÇÃO DA TIPOLOGIA DA ETA PRÉ-FABRICADA	19
3.1.1	Elementos componentes da ETA Modular.....	19
3.2	PRÉ-DIMENSIONAMENTOS DAS ESTRUTURAS DA ETA PRÉ-FABRICADA	19

3.2.1	Escopo de Fornecimento do Módulo de Tratamento da ETA Pré-Fabricada 19	
3.2.2	Responsabilidade de fornecimento dos Módulos da ETA Pré-Fabricada ..	31
3.2.3	Responsabilidades do SAE CATALÃO para a aquisição da ETA pré-fabricada	33
3.2.4	Garantia do Módulo de Tratamento Pré-Fabricado.....	33
3.2.5	Custos de Tributação e Oneração	34
3.2.6	Custos Financeiros do Módulos da Tratamento da ETA pré-fabricada.....	34
4	MEMÓRIA DE CÁLCULOS.....	38
4.1.1	Processos de operação da ETA	38
4.2	CONCLUSÕES FINAIS.....	41
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
6	ANEXOS.....	46
6.1	PEÇAS GRÁFICAS	46

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.	Determinação do poço de visita a partir do diâmetro da tubulação e contribuição.....	18
Tabela 2.	Arranjo do o Estoque dos Produtos Químicos	26
Tabela 3.	Resumo dos Parâmetros de Custo Energético (ETA).....	35
Tabela 4.	Investimento Financeiro na ETA Pré-Fabricada	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01.	Tempos de Contato conforme Portaria MS 2.914/2011.....	25
Figura 02.	: Evolução dos investimentos para ETA Pré-Fabricada.....	37

1 INFORMAÇÕES PRELIMINARES

No Tomo I do Descritivo Técnico do Estudo de Concepção dos Sistemas de Tratamento (Volume 0), constam as informações preliminares de descrição da localidade e do sistema de tratamento. Estão relacionadas no estudo de concepção as seguintes informações:

- Descrição do Município
- Caracterização
- História
- Localização
- Formação Administrativa
- Acessos
- Informações Geográficas Segundo o IBGE
- Trabalho e Rendimento
- Educação
- Glossário Informativo
- Generalidades
- Siglas de Nomenclatura Típica
- Terminologias
- Termos Técnicos
- Prescrições Técnicas
- Considerações Iniciais
- Abordagem Sobre a Literatura Técnica
- Tratamento Convencional de Água
- Qualidade de Água
- Avaliação do Desempenho de ETA's
- Operação de Sistemas de Abastecimento de Água
- Critérios e Parâmetros de Projeto
- Diretrizes Técnicas de Projeto
- Objetivos
- Apresentação
- Caracterização da Área de Projeto do Sistema Existente
- Registro Fotográfico das Áreas de Interesse
- Documentos Disponibilizados pelo SAE CATALÃO
- Planejamento dos Trabalhos

-
- Elementos a Serem Propostos
 - Cronograma de Trabalho
 - Serviços Preliminares
 - Diagnóstico dos Elementos Existentes
 - Caracterização da Área de Projeto e do Sistema Existente
 - Vistoria Técnica
 - Descrição Geral da Estação Existente de Tratamento de Água
 - Características Básicas e Histórico do Sistema
 - Parâmetros Normativos de Ampliação da ETA de Catalão-GO
 - Atividades Necessárias Conforme NBR12216
 - Avaliação de Elementos Críticos
 - Prognóstico dos Elementos a Serem Propostos
 - Elementos Constituintes da Nova ETA Pré-Fabricada
 - Disposição das Unidades de Tratamento e Conexões Conforme NBR 12216
 - Diretrizes Normativas para as Unidades de Tratamento
 - Premissas Técnicas
 - Demais Elementos Constituintes ao Tratamento
 - Avaliação do Monitoramento de Qualidade e Acessórios
 - Descrição do Sistema Proposto dos Módulos da ETA e da UTR
 - Descrição dos Novos Módulos de Tratamento a Serem Implantados
 - Unidade de Tratamento de Resíduos (UTR)
 - Concepção Geral das Alternativas Propostas
 - Análise Preliminar das Alternativas para os Módulos de Tratamento
 - Análise dos Materiais Disponíveis
 - Definição do Material do Módulo da ETA Pré-Fabricada
 - Análise dos Arranjos Tipicamente Utilizados
 - Pré-Dimensionamentos das Unidades
 - Escopo de Fornecimento do Módulo de Tratamento
 - Responsabilidade de Fornecimento dos Módulos da ETA Pré-Fabricada
 - Responsabilidades do SAE CATALÃO para a Aquisição da ETA pré fabricada
 - Garantia
 - Custos de Tributação e Oneração
 - Custos Financeiros das Estruturas
 - Módulos da Tratamento da ETA Pré-Fabricada

-
- Módulos de Tratamento da UTR
 - Estudo Econômico para a Concepção dos Sistemas de Tratamento
 - Alternativas para o Módulo Pré-Fabricados da ETA
 - Alternativas para a UTR
 - Demais Recomendações para Implantação do Módulo Complementar da Eta
 - Conclusões Finais
 - Fotos Gerais da Visita
 - Análises de Qualidade da Água Bruta
 - Cronograma de Planejamento
 - Propostas Técnicas Recebidas dos Módulos de ETA Pré-Fabricados
 - Propostas Técnicas das UTR Mecanizadas

1.1 Glossário Informativo

1.1.1 Siglas de Nomenclatura Típica

A seguir se apresentam as siglas tipicamente utilizadas no corpo do texto.

AAB – Adutora de água bruta

AAT – Adutora de água tratada

EAB – Estação elevatória de água bruta

EAT – Estação elevatória de água tratada

ETA – Estação de tratamento de água

RAP – Reservatório apoiado

RDA – Rede de distribuição de água

REL – Reservatório elevado

RSE – Reservatório semienterrado

SAA – Sistema de abastecimento de água

SES – Sistema de esgotamento sanitário

UTR – Unidade de tratamento de resíduos líquidos, gerados na ETA

2 DEFINIÇÃO DOS ELEMENTOS DA ETA

O fornecimento incluirá, não se limitando aos mesmos, os seguintes itens principais:

- Parshall;
- Câmara de distribuição;
- Câmara de Floculação;
- Câmara de Decantação;
- Câmara de Filtração de Dupla Camada (Antracito e Areia);
- Tanque de contato;
- Peças de fixação;
- Passarelas de interligação entre módulos e entre os módulos, ETA existente convencional e escadas de acesso a sala do operador;
- Projeto das fundações onde serão instalados os módulos;
- Dispositivos de acionamento;
- Interligação de entrada e saída de água nos módulos;
- Sobressalentes, ferramentas e acessórios indicados pelo fabricante;
- Lubrificantes e acessórios para instalação, conforme a necessidade;
- Montagens de fábrica e de campo;
- Testes e ensaios em linha de produção e em campo, inclusive de funcionamento;
- Proteção e pintura, conforme o caso;
- Acondicionamento dos produtos, com capacidade de 45 dias de estocagem;
- Certificados, manuais e catálogos;
- Assistência técnica, inclusive no local de instalação;
- Garantia.

Faz parte do escopo de fornecimento dos silos, dosagens e instalação referente a acondicionamento, preparo e dosagem de produtos químicos. Faz parte a medição de vazão no Parshall de água bruta. Não faz parte unidades de medição de vazão na saída dos tanques de contato para os reservatórios.

2.1 Descrição prévia do sistema proposto dos módulos da ETA

2.1.1 Descrição dos novos módulos de tratamento a serem implantados

Serão implantados novos módulos de 300 L/s que se somam aos atuais de 285 L/s resultando em um total nominal de tratamento desta estação para 585 L/s.

Os novos módulos de tratamento de água a serem implantados, serão do tipo convencional aberto, pré-fabricados, contemplando plano de operação e manutenção de toda a estrutura que garanta a vida útil para o decorrer dos anos, além de atender as normas de potabilidade da água.

2.2 Elementos Constituintes da nova ETA Pré-Fabricada

A seguir será proposta a implantação da ETA de 300 L/s com elementos de tipologia convencional, a saber: Floculação, Decantação e Filtração.

2.2.1 Disposição das unidades de tratamento e conexões conforme NBR 12216

As unidades a serem implantadas deverão apresentar elementos de modo a permitir o escoamento por gravidade, desde a chegada da água bruta até a saída da água tratada. O único sistema de recalque a ser implementado será o bombeamento de água tratada para os reservatórios de lavagem dos filtros.

A NBR 12216 permite o recalque de água apenas para lavagem e usos auxiliares. Qualquer unidade de um conjunto agrupado em paralelo deve ter dispositivo de isolamento (By-pass). Quando existe apenas uma unidade, esta deve ter dispositivo de isolamento com passagem direta da água. O arranjo dos diferentes grupos deve ser feito considerando a possibilidade de a estação exigir ampliações superiores às previstas, atendendo ao conjunto agrupado em paralelo isolado.

Os centros de operações devem situar-se próximos das unidades sujeitas ao seu controle. O acesso às diferentes áreas de operações ou de observação do desenvolvimento dos processos deve ser estudado de modo a evitar escadas ou rampas pronunciadas.

O projeto de ampliações e melhorias deve permitir que a ETA seja construída sem necessidade de obras provisórias para interligação nem paralisação do funcionamento das partes existentes. A conveniência da execução independentes minimiza paradas operacionais e ser fixada levando em conta fatores técnicos, econômicos e financeiros. O dimensionamento hidráulico deve considerar as vazões mínimas e máximas levando em conta a divisão em etapas e a possibilidade de sobrecargas.

2.2.1.1 Dispositivos auxiliares conforme NBR 12216

2.2.1.1.1 Mistura rápida

O módulo da ETA a ser implantado, deve contar com calha Parshall destinada a medir a vazão e dispersar os produtos químicos na água a ser tratada, em particular no processo de coagulação, para o qual são destinadas as disposições seguintes. A aplicação da solução de coagulante deve ser sempre feita imediatamente antes do ponto de maior dissipação de energia e através de jatos separados de no máximo 10 cm.

No caso de ressalto hidráulico em que o número de Froude esteja compreendido entre 2,5 e 4,5 (ressalto oscilante), deve ser previsto dispositivo que anule as oscilações de velocidade a jusante do ressalto. As condições ideais em termos de gradiente de velocidade, tempo de mistura e concentração da solução de coagulante devem ser determinadas preferencialmente através de ensaios de laboratório.

A utilização de difusores, como dispositivo de mistura em canal ou canalização, deve satisfazer às condições ideais em termos de mistura rápida, mais as seguintes:

- a aplicação da solução de coagulante deve ser uniformemente distribuída, através de jatos não dirigidos no mesmo sentido do fluxo;
- a área da seção transversal correspondente a cada jato não deve ser superior a 200 cm² e sua dimensão máxima não deve ultrapassar 20 cm;
- a velocidade da água onde os jatos são distribuídos, deve ser igual ou superior a 2 m/s;
- os orifícios de saída dos jatos devem ter diâmetro igual ou superior a 3 mm;
- o sistema difusor deve permitir limpezas periódicas nas tubulações que distribuem a solução de coagulante.

2.2.2 Diretrizes Normativas para as unidades de tratamento

2.2.2.1 Floculadores

O período de detenção no tanque de floculação e os gradientes de velocidade a serem aplicados devem ser determinados por meio de ensaios realizados com a água a ser tratada. Dependendo do porte da estação e a critério do órgão contratante, não sendo possível proceder aos ensaios destinados a determinar o período de detenção adequado, podem ser adotados valores entre 20 min e 30 min, para floculadores hidráulicos, e entre 30 min e 40 min, para os mecanizados.

Não sendo realizados ensaios, deve ser previsto gradiente de velocidade máximo, no primeiro compartimento, de 70 s⁻¹ e mínimo, no último, de 10 s⁻¹. A agitação da água

pode ser promovida por meios mecânicos ou hidráulicos. Deve ser previsto dispositivo que possa alterar o gradiente de velocidade aplicado, ajustando-o às características da água e permitindo variação de pelo menos 20% a mais e a menos do fixado para o compartimento. Para definição do local conveniente das aberturas, de modo a reduzir a passagem direta, devem ser levadas em conta as direções de fluxo impostas pelo sistema de agitação e pela própria entrada da água no tanque.

Quando o fluxo de água incide diretamente sobre a abertura, deve-se colocar um anteparo capaz de desviá-lo. As dimensões das aberturas devem ser suficientes para que o gradiente de velocidade, na passagem da água, tenha valor igual ou inferior ao do compartimento anterior. Nos flocladores hidráulicos, a agitação deve ser obtida por meio de chicanas ou outros dispositivos direcionais de fluxo que confirmam à água movimento horizontal, vertical ou helicoidal; a intensidade de agitação resulta da resistência hidráulica ao escoamento e é medida pela perda de carga.

A velocidade da água ao longo dos canais deve ficar entre 10 cm/s e 30 cm/s. Já o espaçamento mínimo entre chicanas deve ser de 0,60 m, podendo ser menor, desde que elas sejam dotadas de dispositivos para sua fácil remoção. Por sua vez, as cortinas destinadas a subdividir os tanques de floclação em compartimentos devem suportar os esforços decorrentes da movimentação da água. Quando a passagem da água de um compartimento para outro se dá por cima da cortina, esta deve ter, na parte inferior, abertura que permita o escoamento por ocasião de esvaziamento do compartimento, abertura essa que, se necessário, pode ser provida de dispositivo basculante que impeça a passagem de quantidade significativa de água em qualquer sentido, durante o funcionamento normal.

Os tanques de floclação devem ser providos de descarga com diâmetro mínimo de 150 mm e fundo com declividade mínima de 1%, na direção desta e devem apresentar a maior parte da superfície livre exposta, de modo a facilitar o exame de processo.

2.2.2.2 Decantadores

O número de decantadores da ETA depende de fatores operacionais e econômicos, observando-se o seguinte:

a) estações com capacidade inferior a 1000 m³/dia, em operação contínua, ou estações com capacidade de até 10000 m³/dia, com período de funcionamento inferior a 18 h/dia, podem dispor de apenas uma unidade de decantação, desde que não-mecanizada;

b) estações com capacidade superior a 10000 m³/dia, ou com período de funcionamento superior a 18 h/dia ou ainda em que os decantadores são mecanizados, devem contar pelo menos com duas unidades iguais.

A taxa de aplicação nos decantadores é determinada em função da velocidade de sedimentação das partículas que devem ser removidas pela relação:

Em decantadores convencionais, o fator de área é igual à unidade. Já em decantadores de elementos tubulares, a velocidade longitudinal máxima, para fluxo laminar, deve ser de 0,35 cm/s, e para fluxo não-laminar, de 0,60 cm/s.

A distribuição de água para um conjunto de decantadores de igual capacidade deve ser feita de modo que dela resultem vazões aproximadamente iguais, e vazões proporcionais para unidades desiguais; em qualquer dos casos, o desvio máximo da vazão não deve ultrapassar $\pm 20\%$ da vazão nominal de cada unidade. A entrada de água nos decantadores deve ser feita por dispositivo hidráulico capaz de distribuir a vazão uniformemente, através de toda a seção transversal, e garantir velocidade longitudinal uniforme e coincidente em intensidade, direção e sentido com a que, teoricamente, lhe seria atribuída.

A entrada de água nos decantadores convencionais ou nos de elementos tubulares de fluxo horizontal pode ser feita por uma cortina perfurada que atenda às condições:

- ter o maior número possível de orifícios uniformemente espaçados segundo a largura e a altura útil do decantador; a distância entre orifícios deve ser igual ou inferior a 0,50 m;
- estar situada a uma distância “d” da entrada, calculada por:
- gradiente de velocidade nos orifícios iguais ou inferiores a 20 s⁻¹;
- quando a parede da cortina tem espessura inferior à dimensão que caracteriza as aberturas de passagem da água, estas devem receber bocais de comprimento pelo menos igual à referida dimensão;
- a câmara de entrada que antecede a cortina deve ser projetada de modo a facilitar a sua limpeza;
- relação a/A igual ou inferior a 0,5.

A entrada de água nos decantadores convencionais de fluxo vertical ou nos de elementos tubulares inclinados deve ser feita por pontos, fendas ou por borda inferior de cortina, de modo a assegurar a distribuição uniforme da água em toda a área superficial do decantador. Já a coleta de água decantada deve ser feita por um sistema de tubos

perfurados submersos ou de vertedores não-afogados organizados de modo a garantir vazão uniforme ao longo deles.

As canaletas de coleta de água decantada devem proporcionar escoamento à superfície livre, ter bordas horizontais, ao longo das quais podem existir lâminas sobrepostas ajustáveis, para garantir a coleta uniforme. A colocação das lâminas deve ser feita de modo a impedir a passagem de água nas juntas com a canaleta. O nível máximo de água no interior da canaleta deve situar-se à distância mínima de 10 cm abaixo da borda vertente.

Os tubos perfurados submersos podem descarregar em canal ou câmara, preferencialmente em descarga livre; se afogada, a carga hidráulica deve ser uniforme, visando a obter vazões iguais nas saídas do decantador. Em decantadores convencionais e nos de elementos tubulares de fluxo horizontal, para os quais a velocidade de sedimentação VS tenha sido determinada através de laboratório, a vazão por metro de vertedor ou de tubo perfurado de coleta deve ser igual ou inferior a:

Não sendo possível proceder a ensaios de laboratório, a vazão nos vertedores ou nos tubos perfurados de coleta deve ser igual ou inferior a 1,8 L/s por metro. A remoção hidráulica do lodo acumulado exige o fundo do decantador inclinado de ângulo superior a 50°, formando poço em forma de tronco de pirâmide ou de cone invertido, na extremidade inferior do qual deve situar-se a abertura da descarga. Deverá ser observado também:

- As válvulas de descarga devem situar-se em local de fácil acesso, para manutenção
- A descarga, quando automática, deve conter dispositivo de ajuste do tempo de funcionamento.
- A carga hidráulica de descarga deve ser igual ou superior a 1,50 m, acrescida da soma das perdas de carga na canalização desde a entrada até o ponto de descarga.

Em caso de a carga disponível não alcançar o valor acima fixado em, é necessário fazer a descarga por meio de bombas próprias para esse fim, devendo existir pelo menos duas, sendo uma de reserva. A canalização para descarga de lodo, com comprimento até 10 m, deve ter diâmetro mínimo de 150 mm e, quando situada sob estruturas ou locais de difícil acesso, ou ainda, com comprimento superior a 10 m, o diâmetro mínimo deve ser de 200 mm.

Os decantadores devem ser dotados de remoção hidráulica de lodo, com ou sem dispositivo mecânico de arraste, quando o lodo acumulado é rico em matéria orgânica

não-estabilizada ou outras condições demonstrem ser a descarga hidráulica mais vantajosa do que a limpeza manual. Também deve ser previsto destino para o lodo dos decantadores, sujeito a disposições legais e aspectos econômicos.

2.2.2.3 Filtros Rápidos

Os filtros podem ser de camada filtrante simples ou dupla, de fluxo ascendente ou descendente, sendo os de fluxo ascendente sempre de camada simples. A camada filtrante simples deve ser constituída de areia, com espessura e características granulométricas determinadas com base em ensaios em filtro-piloto; quando os ensaios não são realizados, pode-se utilizar camada filtrante com espessura mínima de 45 cm, tamanho efetivo de 0,45 mm a 0,55 mm e coeficiente de uniformidade de 1,4 a 1,6. Outras combinações desses parâmetros podem ser utilizadas, desde que demonstrado que a eficiência do filtro não é menor que com a camada especificada acima.

A camada filtrante dupla deve ser constituída de camadas sobrepostas de areia e antracito, com espessuras e características granulométricas determinadas por ensaios em filtro-piloto; quando os ensaios não são realizados, pode ser utilizada a especificação básica seguinte:

a) areia:

- espessura mínima da camada, 25 cm;
- tamanho efetivo, de 0,40 mm a 0,45 mm;
- coeficiente de uniformidade, de 1,4 a 1,6;

b) antracito:

- espessura mínima da camada, 45 cm;
- tamanho efetivo, de 0,8 mm a 1,0 mm;
- coeficiente de uniformidade, inferior ou igual a 1,4.

Outras combinações desses parâmetros podem ser utilizadas, desde que demonstrado que a eficiência do filtro não é menor do que com as camadas especificadas acima. A camada suporte deve ser constituída de seixos rolados, com as seguintes características:

- espessura mínima igual ou superior a duas vezes a distância entre os bocais do fundo do filtro, porém não inferior a 25 cm;
- material distribuído em estratos com granulometria decrescente no sentido ascendente, espessura de cada estrato igual ou superior a duas vezes e meia a dimensão característica dos seixos maiores que o constituem, não inferior, porém, a 5 cm;

- cada estrato deve ser formado por seixos de tamanho máximo superior ou igual ao dobro do tamanho dos menores;
- os seixos maiores de um estrato devem ser iguais ou inferiores aos menores do estrato situado imediatamente abaixo;
- o estrato situado diretamente sobre os bocais deve ser constituído de material cujos seixos menores tenham o tamanho pelo menos igual ao dobro dos orifícios dos bocais e dimensão mínima de 1 cm;
- o estrato em contato direto com a camada filtrante deve ter material de tamanho mínimo igual ou inferior ao tamanho máximo do material da camada filtrante adjacente.

A camada suporte em filtro de fluxo descendente pode ser prescindida, quando o sistema coletor de água filtrada e distribuidor de água de lavagem tem características adequadas para impedir a passagem do material filtrante através de suas aberturas; neste caso, a espessura mínima da camada filtrante de areia fixada anteriormente, deve ser aumentada de altura igual a 1,5 vez o espaçamento existente entre os bocais do sistema coletor.

Observa-se que em caso de filtro de fluxo ascendente, a espessura mínima da camada suporte deve ser de 0,40 m, sendo que cada estrato deve ter a espessura mínima de 7,5 cm. O fundo do filtro deve ter características geométricas e hidráulicas que garantam a distribuição uniforme da água de lavagem.

A taxa de filtração a ser adotada é determinada por meio de filtro-piloto operado com a água a ser filtrada, com camada filtrante igual à dos filtros a serem construídos.

Não sendo possível proceder a experiências em filtro-piloto, as taxas máximas são as seguintes:

- para filtro de camada simples, 180 m³/m² x dia;
- para filtro de camada dupla, 360 m³/m² x dia.

O nível de água sobre a camada filtrante e o de saída do filtro são estabelecidos de modo a eliminar ou reduzir a ocorrência de pressão inferior à atmosférica no leito filtrante. A vazão de água de lavagem em contracorrente deve promover a expansão do leito filtrante de 20% a 30%.

A vazão de água de lavagem deve ser previamente ajustada, em cada filtro, por elemento diferencial de pressão, que pode ser uma válvula. Já a lavagem de filtro de fluxo descendente deve ser complementada por agitação auxiliar do material filtrante.

Em estações com capacidade até 10000 m³/dia, a agitação pode ser feita manualmente com rastelo, ou com jato de água, conforme estabelecido anteriormente.

Já para capacidade superior a 10000 m³/dia, a agitação deve ser feita hidraulicamente, na camada superficial do filtro, ou mediante a introdução de ar comprimido a partir do fundo.

A água de lavagem estará no reservatório Pulmão a ser construído com capacidade de 2.000 m³ para lavagem de dois filtros, exceto para sistema que utilize efluente de outras unidades. No dimensionamento do reservatório, o tempo mínimo de lavagem deve ser de 10 min e a velocidade de lavagem não deve ser inferior a 60 cm/min.

Junto ao filtro deve existir indicação do nível de água no reservatório que mostre pelo menos os níveis máximo, médio e mínimo. A água de lavagem pode provir de reservatório elevado situado em cota suficiente para garantir a lavagem em contracorrente. O enchimento do reservatório se fará através da linha de interligação do tanque de contato da ETA proposta, atendendo ao perfil hidráulico do projeto.

O sistema de lavagem da ETA deverá ter sensor de nível no reservatório pulmão de forma evitar a formação de vórtice no reservatório e conseqüente entrada de ar na linha de sucção das bombas para lavagem dos filtros. Ou seja, a canalização de água de lavagem deve ser projetada de modo a evitar ou reduzir a presença de ar.

A lavagem superficial pode ser feita por meio de um dos seguintes dispositivos:

- torniquetes dispostos de modo a cobrir o máximo de área filtrante; a pressão de trabalho deve ser no mínimo de 0,3 MPa e a vazão de 20 L/min x m²;
- bocais fixos dotados de orifícios, instalados com espaçamento entre 60 cm e 75 cm; o número e o diâmetro dos orifícios devem ser estabelecidos de modo que deles resultem a velocidade mínima de 3,0 m/s, a vazão entre 80 e 160 L/min x m², e os bocais instalados a uma distância entre 5 cm e 10 cm da superfície do leito expandido;
- tubos horizontais espaçados de 0,80 m a 1,00 m, com perfurações separadas no sentido do comprimento de, no máximo, 20 cm; a velocidade, a vazão nos orifícios e a distância dos tubos acima da superfície do leito filtrante devem ser estabelecidas conforme a alínea b) desta seção.

Em caso de agitação suplementar com ar, exige-se vazão de ar de 0,60 a 1,20 m³/min por metro quadrado de área do filtro e pressão de trabalho suficiente para vencer a altura da água no interior do filtro mais as perdas de carga nos condutos. As calhas de coleta de água de lavagem devem ter o fundo localizado acima e próximo do leito filtrante expandido. O espaçamento entre as bordas das calhas deve ser no mínimo de 1,00 m e no máximo igual a seis vezes a altura livre de água acima do leito expandido, não devendo, entretanto, ser superior a 3,00 m.

A seção transversal das calhas deve ser simétrica em relação ao plano longitudinal que passa pelo seu eixo. A parte inferior deve ter inclinação nos sentidos longitudinal e transversal, de modo a evitar depósito de material.

Filtro com uma dimensão em planta igual ou inferior a 3,00 m pode ter a água de lavagem descarregada diretamente em canal lateral, perpendicular a essa dimensão.

A borda do canal deve situar-se acima da camada filtrante expandida, à altura livre não inferior a 15% da dimensão do filtro perpendicular ao canal. É admitida a reutilização de água de lavagem, desde que submetida a pré-sedimentação e cloração intensa. Na primeira etapa de construção, devem existir pelo menos duas unidades filtrantes, sendo desejável o mínimo de três.

Em instalações com área filtrante total até 4 m², admite-se a existência de apenas uma unidade. As paredes laterais dos filtros devem ser isentas de saliências na zona de expansão da camada filtrante. No filtro, deve existir passadiço para observação do leito filtrante. Os comandos dos filtros devem estar situados em área que permita o controle completo da operação. Além disto, a área de operação deve ser coberta quando o equipamento assim o exija. Seu fechamento lateral deve ficar condicionado a características climáticas locais. O funcionamento dos filtros deve ser controlado por meio dos seguintes elementos:

- entrada de água no filtro feita através de comporta, adufa, válvula de gaveta ou válvula- borboleta;
- saída de água filtrada através de válvula-borboleta ou válvula de gaveta, quando sua função é somente fechamento e abertura;
- entrada de água de lavagem através de válvula borboleta com dispositivo de abertura lenta;
- entrada de água para lavagem superficial através de válvula de gaveta ou válvula de borboleta, caso haja controle de vazão;
- entrada de ar para agitação suplementar através de válvula de esfera ou válvula de diafragma;
- saída de água de lavagem através de comportas, adufas, válvula de gaveta ou qualquer outro dispositivo de vedação.

A operação dos filtros deve ser controlada por meio dos seguintes elementos:

- dispositivos para medição de perda de carga;
- medidor de vazão, quando esta é controlada à saída dos filtros;
- tomada de água na saída de cada filtro, para determinação da turbidez.

Interligação das unidades

A interligação das unidades pode ser feita por meio de condutos forçados ou de condutos livres. Os condutos com seção inferior a 0,50 m² devem ser constituídos de tubos pré-moldados de seção circular, salvo quando a unidade ou o processo exige conduto de seção diversa da circular ou moldado no local. Já os condutos livres ou canais podem ter a seção que melhor se adapte aos processos aos quais estão vinculados ao passo que os canais de água tratada devem ter cobertura contínua e impermeabilizada.

Nos canais cobertos, devem existir inspeções convenientemente espaçadas, além das localizadas próximas a elementos internos do canal, que exijam manutenção. As inspeções nas coberturas, especificadas em anteriormente, devem ser fechadas com tampas sanitariamente seguras.

Os canais não-cobertos devem ser dispostos de modo a impedir a entrada de qualquer agente prejudicial à qualidade da água transportada. Canalizações instaladas sob unidades não-removíveis e em situação que torne impossível sua inspeção deve ser de ferro fundido ou aço, revestidas internamente à base de epóxi e envoltas em concreto, para sua proteção.

Para fechamento de condutos livres e de suas derivações, podem ser usadas comporta montada em guias completas permanentes, comporta livre, comporta segmentada, adufa, válvula de gaveta ou válvula-borboleta além disto:

- Deve ser usada comporta montada em guias completas permanentes, em caso de operações frequentes e quando não interfiram com o trânsito de pessoas.
- Deve ser usada comporta livre, em caso de operações pouco frequentes, ou quando não possa ser usada comporta montada em guias permanentes.
- Deve ser usada comporta segmentada, em caso de operações pouco frequentes, ou quando sua localização não permita a remoção ou movimentação de comporta livre.

Cabe ainda ressaltar que:

- A adufa deve ser usada em derivações para conduto livre ou forçado, instalada na face de montante. A válvula de gaveta deve ser usada para fechamento de derivações a jusante, e em posição que não a torne permanentemente submersa.
- A válvula-borboleta deve ser usada para fechamento de derivações e regulação de vazão, de modo que, de preferência, não fique permanentemente submersa.
- Para fechamento de condutos forçados e suas derivações, podem ser usadas válvula-borboleta, válvula de gaveta, válvula de macho ou válvula de diafragma.

- A válvula-borboleta deve ser usada para o fechamento total ou parcial de condutos forçados.
- A válvula de gaveta deve ser usada para o fechamento total de condutos forçados.
- A válvula de macho e a de diafragma devem ser usadas em condições de funcionamento que tornem impróprio o uso de válvula-borboleta.
- As válvulas, comportas e adufas devem ser instaladas em local que permita a sua fácil remoção.
- No caso de válvulas intercaladas em canalizações, a sua remoção deve ser possível sem necessidade de retirar mais de duas peças consecutivas.

O acesso a válvulas e comportas instaladas no interior de estruturas deve-se fazer através de inspeção, cujas dimensões permitam a sua passagem, sem que seja necessário desmontá-las. Em caso de remoção por elevação de peça com massa superior a 30 kg, a inspeção deve situar-se preferencialmente sobre ela. Canalizações complexas devem ser organizadas de modo a facilitar a colocação de equipamentos de manutenção.

As comportas, adufas e válvulas de gaveta, que, isoladamente ou formando conjunto, são operadas mais de dez vezes por mês, devem ser acionadas eletricamente ou por meio de sistema pneumático ou hidropneumático, sempre que o empuxo da água atuante ultrapasse 2500 N, ou quando sua operação manual não possa fazer-se no mesmo local de trabalho de operações concomitantes de outros órgãos.

A válvula-borboleta, operada mais de dez vezes por mês, cujo torque para acionamento ultrapasse 100 N.m, ou quando sua operação manual não possa fazer-se no mesmo local de trabalho de operações concomitantes de outros órgãos, deve ser acionada eletricamente ou por meio de sistema pneumático ou hidropneumático.

2.3 Metodologia de Cálculos

A seguir se apresentam os parâmetros de dimensionamento comumente utilizados.

2.3.1 Dimensionamentos

2.3.1.1 Linha de Recalque

2.3.1.1.1 Diâmetro da Linha de Recalque

O diâmetro da linha de recalque foi determinado a partir das vazões bombeadas, respeitando-se os limites de velocidade mínima e máxima, recomendados pela Norma NBR 12.208/1992, no item 4.2.2, de 0,60 m/s e 3,00 m/s, respectivamente. A partir

desses limites e das vazões bombeadas, determinaram-se os possíveis diâmetros de recalque através da fórmula de Bresse:

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

Em que:

D: diâmetro da linha de recalque (m);

Q: vazão (m³/s);

K: coeficiente variável, em função dos custos de investimentos e de operação. O valor de K varia entre 0,8 e 1,3 (valor comum igual a 1,0).

2.3.1.1.2 Velocidade de recalque

As velocidades de sucção e recalque foram obtidas por meio da expressão:

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

Em que:

V: velocidade (m/s);

Q: vazão (m³/s);

A: área da seção da tubulação (m²).

Perdas de cargas contínuas e localizadas

Para determinação das perdas de cargas contínuas e localizadas utilizou-se as seguintes expressões:

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

$$h_{localizada} = \frac{8 \times K}{g \times \pi^2 \times D^4} \times Q^2$$

Em que:

$h_{contínua}$ = Perda de carga contínua;

$h_{localizada}$ = Perda de carga localizada;

L = comprimento da tubulação (m);

C = Coeficiente de rugosidade do tubo;

D = Diâmetro da tubulação (m);

K = Coeficiente de perda de carga localizada;

g = aceleração gravitacional (m/s²);

Q = vazão (m³/s).

2.3.1.1.3 Altura Manométrica

A altura manométrica foi determinada a partir da seguinte expressão:

$$Hm = Hg + h_{contínua} + h_{localizada}$$

Em que:

Hm = Altura manométrica (m);

Hg = Desnível geométrico mínimo (m);

$h_{contínua}$ = perdas de carga contínuas (m);

$h_{localizada}$ = perdas de carga localizadas (m).

2.3.1.1.4 Potência da bomba

A potência da bomba será calculada pela seguinte relação:

$$P = \frac{Q \times Hm}{75 \times \eta}$$

Em que:

P = potência (cv);

Q = vazão (L/s);

Hman = altura manométrica (m);

η = rendimento global do conjunto elevatório (%);

75 = fator de correção para cv.

2.3.1.1.5 Redes e Interligações

- Diâmetros mínimo: 150 mm;
- A lâmina máxima admissível valor máximo igual a 75% do diâmetro do coletor;
- A declividade máxima será a correspondente à velocidade de 5,00 m/s.

Os poços de visita seguem aos padrões descritos a seguir:

- PV Tubular, com balão de Ø 600 mm, em anéis de concreto, adotado para profundidade até 2,50 m e diâmetros até 300 mm;
- PV Normal, com balão de Ø 1.000 mm e pescoço de 600 mm, em anéis de concreto, adotado para profundidades superiores a 2,50 m ou diâmetros da rede superiores a 300 mm.

A Tabela a seguir apresenta a determinação do diâmetro do poço de visita a partir do diâmetro da tubulação e contribuição.

Tabela 1. Determinação do poço de visita a partir do diâmetro da tubulação e contribuição.

Diâmetro da tubulação	Diâmetro do Poço de Visita
< 300 mm	0,60 m
300 < \varnothing \leq 500 mm	1,00 m (sem contribuição)
300 < \varnothing \leq 500 mm	1,20 m (com contribuição)
500 < \varnothing \leq 1.000 mm	1,50 m

A distância máxima entre poços de visita para tubulações com diâmetro \leq 375 mm será 80,00 m e, para tubulações com diâmetro > 375 mm será 100,00 m.

O dimensionamento hidráulico das redes foi realizado utilizando a equação de Manning, a saber:

$$V = \frac{1}{\eta} \times R_H^{2/3} \times \sqrt{I}$$

Em que:

V = velocidade (m/s);

RH = raio hidráulico (m);

I = declividade de assentamento da tubulação (m/m);

n = Coeficiente de rugosidade de Manning, independente do material, igual a 0,013.

3 DEFINIÇÃO GERAL DO SISTEMA DE TRATAMENTO

3.1 Definição da tipologia da ETA Pré-Fabricada

3.1.1 Elementos componentes da ETA Modular

A tipologia da ETA pré-fabricada consiste em um módulo da estação, tipo pré-fabricada, compacta, aberta, com característica modular, material em aço carbono, composta por:

- Floculadores Mecanizados, com rotores de fluxo axial e palhetas inclinadas;
- Decantadores de Alta Taxa com módulos de decantação em perfis retangulares, montados a 60°;
- Filtros Rápidos com retrolavagem automática por bombeamento, com auxílio de sopradores de ar. Os filtros terão também 01 (um) conjunto motobomba, dotado de inversor de frequência para ajuste de velocidade para retrolavagem.

3.2 Pré-dimensionamentos das Estruturas da ETA Pré-Fabricada

3.2.1 Escopo de Fornecimento do Módulo de Tratamento da ETA Pré-Fabricada

3.2.1.1 Prescrições Gerais

A aquisição e instalação do equipamento para tratamento de água, deverá ser do tipo pré-fabricada, compacta, aberta e com característica modular. O material de constituição da estação pré-fabricada, conforme definido por diretriz do SAE CATALÃO de Catalão, será o aço carbono com escoamento hidráulico não pressurizado.

As especificações referentes aos revestimentos interno e externo dos módulos, devem atender, além dos dispositivos normativos mínimos requeridos para o tratamento e reservação de água, inclusive à Instrução Normativa de Reservatórios Metálicos do.

A vazão média ofertada para a distribuição na rede será de 300 L/s (1080 m³/h). Os valores de perdas de vazão decorrentes dos processos de tratamento, limpeza e operação, deverão ser acrescidas ao valor nominal da estação pré-fabricada, de modo que a vazão disponível para a distribuição seja $Q = 300 \text{ L/s}$, exclusive as perdas operacionais. Em outras palavras a vazão nominal da ETA será definida conforme equação a seguir:

$$Q_{\text{eta}} = Q_d + q;$$

Em que:

Q_{eta} : Vazão nominal de Fornecimento da ETA Pré-Fabricada;

Qd: Vazão de Distribuição da rede de consumo da População; Qd = 300 L/s;

q: Vazão de Perdas devido aos processos de tratamento (lavagem, Dosagem, entre outros);

Os limites para dimensionamento da estação deverão ser compatíveis com a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

O referido sistema poderá ser dividido em linhas de fluxo, compostas minimamente por: unidades abertas de chegada, de mistura rápida, de floculação, de decantação, de filtração e dosagem e armazenamento de produtos químicos, bem como todos demais equipamentos e materiais necessários para o adequado funcionamento destas unidades.

3.2.1.2 Dados de referência para dimensionamento

Os limites de qualidade de água deverão ser fornecidos pelo SAE CATALÃO de Catalão.

Os parâmetros fornecidos pelo SAE CATALÃO são relacionados a seguir, contendo os limites para a qualidade da água bruta, com vistas a garantir os padrões de potabilidade e a eficiência no tratamento:

- Turbidez: até 600 NTU;
- Cor aparente: até 200 mg/l Pt/Co;
- Ferro total: 2 mg/L Fe total.

3.2.1.3 Elementos Componentes da ETA pré-fabrica

3.2.1.3.1 Medição de Vazão

A entrada da estação deverá contar com dispositivo de medição da vazão composto equipamentos eletromagnéticos. O dispositivo deverá ser montado em suporte sobre a Calha Parshall da estação.

O equipamento deverá apresentar um display integrado no medidor e outro acoplado no painel de comando elétrico, com Alimentação/Saída de 24 Vdc/4-20 mA, com função de indicador e totalizador de vazão.

3.2.1.3.2 Calha Parshall

A estação contará com calha Parshall destinada a medir a vazão e dispersar os produtos químicos na água a ser tratada, em particular no processo de coagulação.

Conforme consta na Norma Técnica 12216 (item 5.8.2), a dispersão de coagulantes metálicos hidrolisáveis deve ser feita a gradientes de velocidade compreendidos entre 700 s⁻¹ e 1100 s⁻¹, em um tempo de mistura não superior a 5 s;

O dimensionamento da Calha Parshall deve apresentar minimamente os parâmetros de:

- Altura na Calha Parshall;
- Parâmetros Auxiliares de cálculo;
- Velocidade de escoamento da água;
- Energia total disponível;
- Velocidade do escoamento: Conforme consta na Norma Técnica 12216 (item 5.8.4.2), a velocidade da água onde os jatos são distribuídos, deve ser igual ou superior a 2 m/s;
- Altura da Lâmina d'água na calha Parshall;
- Cálculo do Número de Froude compreendido entre 2,5 e 4,5; ressalto oscilante, com dispositivo que anule as oscilações de velocidade a jusante do ressalto;
- Tempo médio de detenção da água no trecho divergente; inferior a 5s (NBR 12216, 5.8.2);
- Perda de carga no vertedor Parshall;
- Gradiente médio de velocidade no trecho divergente (NBR 12216: entre 700 s-1 e 1100 s-1);
- Lâmina d'água no canal retangular a jusante do Parshall;
- Altura do rebaixo no canal retangular a jusante do Parshall;
- Tempo de percurso da água até o floculador

NBR 12216 (item 5.8.4.1): A aplicação da solução de coagulante deve ser sempre feita imediatamente antes do ponto de maior dissipação de energia e através de jatos separados de no máximo 10 cm.

A calha parshall de referência terá garganta $W=24"$, com material de fabricação em aço carbono.

3.2.1.3.3 Floculadores

Conforme consta na Norma Técnica 12216 (item 5.9.2.1), *“dependendo do porte da estação e a critério do órgão contratante, não sendo possível proceder aos ensaios destinados a determinar o período de detenção adequado, podem ser adotados valores entre 20 min e 30 min, para floculadores hidráulicos, e entre 30 min e 40 min, para os mecanizados.”*

O floculador contará com equipamentos mecânicos de condução do fluxo com rotor de fluxo axial e palhetas inclinadas. O equipamento poderá ser do tipo de motoredutor de eixos paralelos com acionamento por inversor de frequência.

O tempo de detenção hidráulica deverá apresentar valores entre 30 e 40min.

O Gradiente de velocidade deve apresentar valores: 70 s^{-1} na primeira câmara e 10 s^{-1} na última.

O dimensionamento do Floclador deve apresentar minimamente os parâmetros de:

- Volumes de cada trecho do Floclador;
- Área em planta de cada trecho do Floclador;
- Tempo de Detenção Hidráulica de cada trecho do Floclador (TDH);
- Gradiente de velocidade médio em cada floclador;
- Perdas de Carga em cada floclador;

3.2.1.3.4 Decantadores

O decantador deverá ser do tipo Alta Taxa, composto por elementos tubulares de pequena inclinação.

O Módulo de decantação deverá dispor de perfis retangulares em PVC, montadas a 60° .

O Difusor de alimentação deverá ter seção circular, com canais de distribuição em toda a extensão do equipamento, permitindo o fluxo laminar em sua totalidade.

O descarte do lodo de fundo deverá ser automatizado com programação em intervalos de tempo, de acordo com a necessidade operacional do sistema de tratamento.

Conforme consta na Norma Técnica 12216 (item 5.10.4.1), “estações com capacidade entre 1000 e 10000 m^3/dia , em que é possível garantir bom controle operacional, 2,43 cm/min (35 $\text{m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$); caso contrário, 1,74 cm/min (25 $\text{m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$)”.

Para fins de projeto, o decantador terá Velocidade de sedimentação máxima de 1,74 cm/min .

O dimensionamento do Decantador deve apresentar minimamente os parâmetros de:

- Taxa de aplicação Superficial;
- Tempo de Detenção Hidráulica (TDH);
- Larguras e Velocidades dos canais de água floclada;
- Número de Vertedores triangulares de 90° ajustáveis por metro;

3.2.1.3.5 Filtros

Os Filtros são unidades destinadas a remover partículas em suspensão, em caso de a água a tratar ser submetida a processo de coagulação, seguido ou não de decantação.

Os filtros podem ser de camada filtrante simples ou dupla, de fluxo ascendente ou descendente, sendo os de fluxo ascendente sempre de camada simples.

Conforme consta na Norma Técnica 12216 (item 5.12.5.1), as taxas máximas admissíveis para o filtro de camada dupla é de $360 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$.

Para fins de projeto, considerar-se-á a utilização de um filtro aberto, tipo rápido, com camada dupla e de fluxo descendente.

Alguns fornecedores de ETA pré-fabricada dispõem de retrolavagem dos filtros com carga hidráulica regida pelos níveis d'água dos demais filtros contíguos, em que fluxo hidráulico da retrolavagem ocorre por vasos comunicantes. Entretanto, este projeto, prevê a utilização de bombeadores hidráulicos com maior carga hidráulica, em virtude da elevada turbidez da água bruta proveniente do manancial superficial.

Para fins de projeto, a retrolavagem será automática por bombeamento, com auxílio de sopradores de ar, acionada por sensor de perda de carga do leito filtrante. Este dispositivo deve ser controlado por intervalos de tempo ou manual por botoeira no painel de comando, composto por sopradores de ar e demais itens de automação. Inclui-se no fornecimento da ETA Pré-Fabricada, todo o equipamento de sopradores de Ar.

O dimensionamento do Filtro deve apresentar minimamente os parâmetros de:

- Dimensões de cada filtro em planta;
- Taxa de filtração;
- Lâmina d'água do Canal de água decantada;
- Velocidade no dreno de fundo;
- Relação de Áreas de Orifícios/Filtros;
- Capacidade do reservatório de água para lavagem;
- Tubulação de água de retrolavagem;

Deverá ser previsto no projeto dos novos módulos de tratamento um by-pass que possibilite a interligação direta da calha parshall com os filtros, para que nos períodos de estiagem em que os níveis de turbidez estiverem muito baixos, esta manobra possa ser executada.

3.2.1.3.6 Tanque de contato

O tanque de contato tem como função receber a água clarificada dos filtros e proporcionar o tempo de contato recomendado para a desinfecção da água. Esta estrutura é dotada de chicanas internas que permitem a mistura e o tempo de permanência necessário para desinfecção.

A Portaria 518 de 2004 do Ministério da Saúde, assim discorre sobre o tempo de detenção hidráulica para contato, no artigo 13:

Art. 13. Após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição, recomendando-se que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos.

Em 2011 a Portaria de nº 2.914 atualizou os parâmetros de tempo de contato em função da dosagem de cloro, pH e temperatura do ambiente. Os valores são apresentados na Figura 01.

Como critério conservador, o volume do tanque de contato será previamente dimensionado com o tempo de detenção hidráulica TDH=30min. Para a pré-estimativa do volume, considerar-se-á inclusive a vazão $Q=300$ L/s ($Q=18\text{m}^3/\text{min}$). O volume do tanque de contato será calculado pelo produto da Vazão Q com o tempo TDH, conforme equação a seguir:

$$V = Q \times \text{TDH} = 18\text{m}^3/\text{min} \times 30 \text{ min} = 540 \text{ m}^3.$$

Conforme citado anteriormente por LIBÂNIO (2010), “(...) *Em estações de pequeno a médio porte, o primeiro reservatório destinado à distribuição pode ser utilizado como tanque de contato*”.

Contudo a estação de Catalão-GO tem porte maior que o citado por LIBÂNIO (2010), razão pela qual constata-se ser imprescindível a adoção do tanque de contato.

Outro fator que justifica a implantação de um novo tanque de contato, decorre da flutuação dos níveis dos atuais reservatórios em face do volume disponível de reserva para contato.

É imprescindível que o material de constituição do tanque de contato seja resistente ao UV, ao ambiente químico do fluido acumulado, bem como à movimentação e assentamento da estrutura no local pretendido.

Tempo de contato mínimo (minutos) a ser observado para a desinfecção por meio da cloração, de acordo com concentração de cloro residual livre, com a temperatura e o pH da água⁽¹⁾

C ⁽²⁾	Temperatura = 5°C										Temperatura = 10°C										Temperatura = 15°C									
	Valores de pH										Valores de pH										Valores de pH									
	≤6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,0	8,5	8,0	≤6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,0	8,5	8,0	≤6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,0	8,5	8,0
≤0,4	38	47	58	70	83	98	114	127	141	158	174	190	207	224	241	258	274	290	307	324	341	358	374	390	407	424	441	458		
0,6	27	34	41	49	59	69	80	92	104	117	130	144	158	172	186	200	214	228	242	256	270	284	298	312	326	340	354	368		
0,8	21	26	32	39	46	54	63	73	83	93	103	113	123	133	143	153	163	173	183	193	203	213	223	233	243	253	263	273		
1,0	17	22	26	32	38	45	52	60	68	76	84	92	100	108	116	124	132	140	148	156	164	172	180	188	196	204	212	220		
1,2	15	19	23	27	32	38	45	52	60	68	76	84	92	100	108	116	124	132	140	148	156	164	172	180	188	196	204	212		
1,4	13	16	20	24	28	34	39	46	54	62	70	78	86	94	102	110	118	126	134	142	150	158	166	174	182	190	198	206		
1,6	12	15	18	21	25	30	35	41	48	55	62	70	78	86	94	102	110	118	126	134	142	150	158	166	174	182	190	198		
1,8	11	13	16	19	23	27	32	37	44	51	58	66	74	82	90	98	106	114	122	130	138	146	154	162	170	178	186	194		
2,0	10	12	15	18	21	25	29	34	40	47	54	62	70	78	86	94	102	110	118	126	134	142	150	158	166	174	182	190		
2,2	9	11	14	16	19	23	27	32	38	45	52	60	68	76	84	92	100	108	116	124	132	140	148	156	164	172	180	188		
2,4	8	10	13	15	18	21	25	30	35	41	48	55	62	70	78	86	94	102	110	118	126	134	142	150	158	166	174	182		
2,6	8	10	12	14	17	20	23	28	33	39	46	54	62	70	78	86	94	102	110	118	126	134	142	150	158	166	174	182		
2,8	7	9	11	13	15	19	22	27	32	38	45	52	60	68	76	84	92	100	108	116	124	132	140	148	156	164	172	180		
3,0	7	9	10	13	15	18	20	25	30	36	43	50	58	66	74	82	90	98	106	114	122	130	138	146	154	162	170	178		

NOTAS:

(1) Valores intermediários aos constantes na tabela podem ser obtidos por interpolação.

(2) C: residual de cloro livre na saída do tanque de contato (mg/L).

Tempo de contato mínimo (minutos) a ser observado para a desinfecção por meio da cloração, de acordo com concentração de cloro residual livre, com a temperatura e o pH da água⁽¹⁾

C ⁽²⁾	Temperatura = 20°C										Temperatura = 25°C										Temperatura = 30°C									
	Valores de pH										Valores de pH										Valores de pH									
	≤6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,0	8,5	8,0	≤6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,0	8,5	8,0	≤6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,0	8,5	8,0
≤0,4	14	17	20	25	29	34	40	46	52	58	64	70	76	82	88	94	100	106	112	118	124	130	136	142	148	154	160	166		
0,6	10	12	14	17	21	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104	108	112		
0,8	7	9	11	14	16	19	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62	66	70	74	78	82	86	90	94	98	102	106		
1,0	6	8	9	11	13	16	18	21	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100		
1,2	5	7	8	10	11	13	16	18	21	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96		
1,4	5	6	7	9	10	11	14	16	18	21	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92		
1,6	4	5	6	8	9	11	12	14	16	18	21	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88		
1,8	4	5	6	7	8	10	11	12	14	16	18	21	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84		
2,0	3	4	5	6	7	8	10	10	12	14	16	18	21	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80		
2,2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	21	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76		
2,4	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	21	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72		
2,6	3	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	21	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68		
2,8	3	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	21	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68		
3,0	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	21	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68		

NOTAS:

(1) Valores intermediários aos constantes na tabela podem ser obtidos por interpolação.

(2) C: residual de cloro livre na saída do tanque de contato (mg/L).

Figura 01. Tempos de Contato conforme Portaria MS 2.914/2011

3.2.1.3.7 Sistema de preparo e dosagem de produto químico

O sistema de preparo de dosagem de produto químico deve contemplar uma janela de consumo de 45 dias de uso, a saber: as unidades existentes com um total de 285 L/s possuem estoques para esse mesmo período de uso. Com exceção do coagulante que deverá atender as unidades existentes e projetada de 300L/s, que totalizam obviamente 585 L/s na Estação de Tratamento de Água de Catalão-GO.

Este processo pretende realizar o preparo, armazenamento e dosagem de produtos químicos consumidos no tratamento da água.

O sistema de preparo e dosagem de produto químico contará com a aplicação de:

Coagulante, Alcalinizante, Desinfetante / Pré-cloração e Fluoretante. Para um melhor controle logístico, considerar-se-á uma autonomia de 45 dias para suprimento dos tanques com os insumos disponíveis.

Para fins de projeto, o contingente de reserva para estocagem dos produtos químicos será disposto da seguinte maneira:

Tabela 2. Arranjo do o Estoque dos Produtos Químicos

Produto Químico	Volume por unidade (L/und)	Quantidade de Tanques (und)			Volume por Tanque (L)		
		<i>ETA Atual</i>	<i>ETA Nova</i>	<i>Total</i>	<i>ETA Atual</i>	<i>ETA Nova</i>	<i>Total</i>
coagulante	18.000	2	2	4	36.000	36.000	72.000
alcalinizante	15.000	2	2	4	30.000	30.000	60.000
desinfetante / pré-cloração (previsão de espaço)	5.000	1	1	2	5.000	5.000	10.000
fluoretante	5.000	1/2	1/2	1	2.500	2.500	5.000

Para o preparo dos produtos químicos, para fins de projeto, considerar-se-á o uso de agitadores rápidos verticais, com boca de inspeção e conexões de manobra (entrada, saída, dreno, extravasor e visor de nível).

Para os tanques de armazenagem, considerar-se-á como material de fabricação, o polipropileno e agitadores em aço inox AISI 304.

Especificamente com relação à aplicação do alcalinizante e coagulante, a dosagem dos produtos químicos será ser feita por bombas dosadoras peristálticas de produtos

químicos, com rotor e motor de indução acionados por inversor de frequência e/ou helicoidais. O controle de dosagem poderá ser por inversor de frequência.

Com relação à dosagem do Ácido Fluorídrico, esta será feita por bombas dosadoras do tipo Microprocessadas, com maior controle e precisão. As bombas dosadoras devem contar com Válvula de Purga acoplado ao cabeçote, com a função de auxiliar na retirada de ar do cabeçote.

3.2.1.3.8 Resumo dos Equipamentos das bombas dosadoras

Será previstos os seguintes equipamentos a serem instalados no abrigo das Bombas Dosadoras de Produtos Químicos, a saber:

a) Coagulante – Bomba dosadora peristáltica vazão 6 – 120 l/s com rotor de esmagamento de mangote, motor de indução trifásico 380V, motoredutor helicoidal, inversor de frequência, potenciômetro para ajuste de vazão e sensor de nível. Referência: Watson Marlow APEX-10 (SK01F-71L/4 - > 44RPM).

Serão provisionadas 02 unidades para ETA projetada (Principal + reserva instalada);
Total de 02 unidades instaladas.

O equipamento deverá prover o fornecimento de mangote, rotor e demais peças sobressalentes de reposição para operação de no mínimo 24 meses ininterruptos.

b) Alcalinizante - Bomba dosadora peristáltica vazão 6 – 30 L/s com rotor de esmagamento de mangote, motor de indução trifásico 380V, motoredutor helicoidal, inversor de frequência, potenciômetro para ajuste de vazão e sensor de nível. Referência: Watson Marlow APEX-10 (SK01F-71L/4 - > 23RPM).

Serão provisionadas 02 unidades para ETA futura (2 Principais início e final do processo);

Prever o fornecimento de mangote, rotor e demais peças sobressalentes de reposição para operação de no mínimo 24 meses ininterruptos.

c) Ácido Fluorídrico – Bomba dosadora peristáltica vazão 0,1 – 30 l/s, monofásica 220V com cabeçote ReNu, microprocessador e display IHM.

Referência: Watson Marlow QDOS-30.

Serão provisionadas 02 unidades para ETA futura (Principal + reserva instalada);
Total de 02 unidades instaladas.

Deverá ser previsto o fornecimento de cabeçotes de referência RenU e demais peças sobressalentes de reposição para operação de no mínimo 24 meses ininterruptos.

OBSERVAÇÃO: deverá ser prevista a instalação de rede elétrica estabilizada para alimentação de todas as dosadoras acima relacionadas.

3.2.1.4 Demais elementos Operacionais da ETA pré-fabricada

3.2.1.4.1 Compressores de Ar

A estação de tratamento de água demandará a instalação de Compressores de Ar, do tipo pistão com pressão nominal: 6 Kgf/cm².

Os compressores devem contar com acessórios tais como: Reservatório, proteções e amortecedor, com o objetivo de armazenar e pressurizar o ar responsável pelo acionamento das válvulas eletropneumáticas.

Os compressores citados se destinam ao acionamento das válvulas pneumáticas, ao passo que a retrolavagem dos filtros deverá contar com o uso de sopradores de baixa pressão.

3.2.1.4.2 Passarelas, Escadas e Guarda-Corpos

Para garantir a acessibilidade de maneira segura para operação do sistema, a estação deverá conter minimamente: corredores de passagem, escadas com degraus planos, e guarda-corpo Tubular conformes NR-12. O material de constituição deverá ser o aço carbono, tal como na estrutura da ETA.

3.2.1.4.3 Tubulações de Interligação

As tubulações internas na ETA deverão ser de Aço Carbono, conectadas por soldas e flanges. Admite-se como norma para os flanges a ANSI B16.5, classe 150 Libras. Para as interligações externas da ETA com a entrada de adutora de água bruta e a saída de água tratada, as conexões devem ser compatíveis com a norma NBR ABNT 7675.

3.2.1.4.4 Painel de comando elétrico e central pneumática

Tensão de alimentação deve ser compatível com a disponibilidade de tensão da ETA que dispõe de transformador de média tensão instalada.

Os painéis elétricos devem ter caixa metálica em aço carbono, com grau de proteção: IP-42. O tipo de controle dos painéis elétricos deverá ser do tipo CLP (Controle Lógico Programável).

Os painéis elétricos devem ter como acessórios, a disposição de chaves seletoras manual/automático, disjuntor geral, proteção individual para cada partida e botão de emergência. A central pneumática: deve dispor de Filtro de ar, dreno, manômetro, válvulas solenoides e conjunto referência lubrífil.

3.2.1.4.5 Itens de Automação

A Estação de Tratamento de Água compacta deve ser automatizada nos seguintes componentes:

- Turbidímetro de entrada e de saída;
- Macromedidor de Vazão na chegada de água bruta;
- Macromedidor de Vazão na saída de água tratada, com o objetivo de mensurar a quantidade de água tratada (água bruta x água tratada);
- Macromedidor de Vazão nos filtros para mensurar o volume de água utilizada para a retrolavagens do meio filtrante.

3.2.1.5 Elementos gerais de composição do Módulo da ETA pré fabricada

3.2.1.5.1 Plano de pintura e acabamento

O esquema de pintura das estruturas de tratamento deve obedecer minimamente à norma de ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS RESERVATÓRIOS do SAE CATALÃO de 09 de junho de 2022, podendo ser considerar outro sistema de proteção mais com resistência maior que o disposto nesta regulamentação, desde que justificado tecnicamente.

Itens em aço carbono:

Pintura Externa das Estruturas (aço carbono):

Preparo da Superfície: Tateamento abrasivo padrão visual Sa2,5 com perfil de rugosidade entre 50 e 100 micrômetros com a utilização de máquinas de jato pressurizadas com pressão positiva entre 6 e 8 kg. O perfil de rugosidade deve ser inspecionado por meio de inspeções periódicas com a utilização de instrumento rugosímetro. O jateamento pode ser realizado com sistema à seco ou à úmido, ficando a escolha da gerência da obra e que melhor convier e atender às exigências focais de meio ambiente. O abrasivo deve ser de origem mineral ou metálico, exceto areia natural;

Caso o jateamento seja realizado por meio de jato úmido, o aparecimento de Flash Rust (oxidação rápida) será comum, neste caso recomenda-se a utilização de inibidores de corrosão ou tinta epóxi com propriedades mastic.

Pintura: Uma demão com 70 micrometros (espessura seca) de tinta alquídica primer vermelho óxido N- 2492 e uma demão com 80 micrometros (espessura seca) de tinta alquídica acabamento cores N-2492.

A espessura total do esquema de pintura deve atingir 150 micrometros. O controle de espessura deve ser realizado através de pente dentado para espessura úmida e de instrumento digital ou analógico. Durante o processo da pintura deve-se fazer o acompanhamento e controle climático através de instrumentos apropriados e devidamente calibrados;

Pintura Interna das Estruturas (Aço Carbono):

Preparo da Superfície: Jateamento abrasivo padrão visual Sai com perfil de rugosidade entre 50 e 100 micrômetros com a utilização de máquinas de jato pressurizadas com pressão positiva entre 6 e 8 kg. O perfil de rugosidade deve ser inspecionado por meio de inspeções periódicas com a utilização de instrumento rugosímetro. O jateamento pode ser realizado com sistema à seco ou à úmido, ficando a escolha da gerência da obra e que melhor convier e atender às exigências locais de meio ambiente. O abrasivo deve ser de origem mineral ou metálico, exceto areia natural;

Todos os itens fabricados em aço carbono deverão ser tratados com jato abrasivo ao metal branco e pintura de fundo e intermediária com epóxi modificado de alta espessura Bi- Componente.

Revestimentos: Como referência de proteção, considerar-se-á a espessura total de 265 micra, em Tinta Marca de referência WEG, ou similar.

Guarda corpos: Deverão ser pintados em Amarelo Segurança M.5Y 8/12 e as passarelas de Preto.

Decanter: Os decanters deverão ser pintados de Verde Pantone 365U e Cinza M. N6,5.

Os demais componentes deverão ser pintados de Cinza M. N6,5.

Itens acessórios em PRFV: Itens fabricados em PRFV (Poliéster Reforçado em Fibra de Vidro) possuem barreira para resistência a agentes químicos e a intempéries (chuva, sol, maresia, raios UV), e posteriormente pintura de acabamento com uma demão em poliuretano com espessura de 200 micra (Referência: Tinta Marca WEG, Cor Cinza M. N6,5)

As estruturas devem ser pintadas com controle de qualidade realizado através de medição de camada de tinta úmida durante a aplicação e após a secagem. A medição deve ser realizada através de aparelho ultrassônico, para o adequado teste de aderência da tinta com corpo de prova e fita adesiva.

Itens em aço inoxidável: Todos os itens fabricados em aço inox deverão ser expostos a decapagem através de micro esferas e receberão posterior limpeza evitando que fique depositado na superfície algum tipo de agente oxidante.

3.2.1.6 Resumo dos equipamentos eletromecânicos da ETA Pré-Fabricada

Os equipamentos eletromecânicos para o funcionamento e operação do módulo da ETA pré-fabricada estão relacionados a seguir:

- Agitador do floculador mecanizado;
- Bomba de lavagem dos filtros (363 m³/h);

- Bombas de dosagem de produtos químicos - Tipo helicoidal;
- Bombas de dosagem de produtos químicos - Tipo Microprocessadas;
- Total de Bombas de dosagem de produtos químicos;

3.2.2 Responsabilidade de fornecimento dos Módulos da ETA Pré-Fabricada

3.2.2.1 Itens gerais

Fazem parte dos itens de responsabilidade da empresa fornecedora dos Módulos de tratamento da ETA Pré-Fabricada, a saber.

a) Fornecimento de manuais mecânicos e elétrico dos equipamentos fabricados pela empresa fornecedora dos Módulos de tratamento da ETA Pré-Fabricada;

b) Fornecimento da ART's (Anotações de Responsabilidade Técnica) dos equipamentos gerais e da estação como um todo;

c) Materiais de interligação hidráulica (tubulações, conexões, válvulas e demais itens necessários);

d) Frete dos equipamentos do parque fabril da empresa fornecedora até o local de instalação dos equipamentos, inclusos cargas e descargas das estruturas;

e) Mão de obra para montagens hidráulicas, mecânicas e para instalações elétricas;

f) Obras civis relativas à estrutura necessária para a instalação dos equipamentos do sistema de tratamento de água conforme os projetos de engenharia;

g) Descargas e movimentações dos equipamentos, bem como os guindastes ou guinchos para descarga, instalação e movimentação dos equipamentos no local da obra;

h) Operação assistida: Período de 90 dias.

i) Start-up do sistema;

Fazem parte inclusive do escopo de Responsabilidade da empresa fornecedora dos módulos de tratamento da ETA Pré-Fabricada: Projeto Executivo completo da estação (inclusive o Projeto Estrutural, Projeto Geotécnico, Projeto Elétrico, Projeto de Automação, Projeto Eletromecânico, e demais), Caderno de Especificações, fornecimento de Manual Completo de Operação e Manutenção das estruturas e equipamentos; Orientações para rotina pintura de manutenção das estruturas e equipamentos; entre outros.

3.2.2.2 Comissionamento do Sistema

Estão inclusos no Start-up do sistema o fornecimento de: materiais, ferramentas, equipamentos e serviços necessários ao completo comissionamento e startup das instalações elétricas e de automação da Estação de Tratamento e Água Compacta.

Fazem parte deste a configuração e programação de controlador lógico programável - CLP.

Devem ser realizadas todas as atividades de programação de logicas de CLP, testes, verificação, ajustes, parametrização e ensaios necessários à todos os equipamentos elétricos e de automação que permitam o seu pleno funcionamento de forma integrada local e remotamente, envolvendo subestações ou padrão de entrada, conjuntos motobomba, inversores de frequência, equipamentos de proteção, cabos, interligações, equipamentos de comunicação, medidores de grandezas elétricas, medidores de nível e os equipamentos internos ao painel de automação.

Os serviços devem ser executados em conformidade com o projeto do quadro, as normas do SAE CATALÃO e Norma Regulamentadora NR-10.

Este serviço atende também para compor os serviços necessários ao assentamento e interligação do painel de automação que aciona mais de um equipamento.

O fornecimento compreende os seguintes serviços e materiais necessários à sua execução:

- Elaboração e apresentação de plano de comissionamento e dados de ajuste/parametrização dos equipamentos elétricos e de automação a serem utilizados durante o comissionamento e startup.

- Configuração e programação das lógicas internas do Controlador Lógico Programável - CLP, de acordo com a dinâmica do processo e dos equipamentos envolvidos.

- Testes de isolamento de cabos e interligações elétrica e de automação.

- Testes ponto a ponto de comandos e status referente a inversores de frequência, painel de automação, CLP e instrumentos de campo.

- Parametrização de todos os equipamentos elétricos e de automação que compõem a elevatória, incluindo os equipamentos internos aos painéis elétricos, tais malha de controle PID dos inversores de frequência e/ou CLP, multimedidores de energia, medidores de nível, equipamentos de comunicação, dentre outros.

- Ajustes de todos os pontos operacionais da estação, tais como níveis de liga/desliga (segurança), frequência mínima de bombeamento, variáveis de controle PID, dentre outros.

- Startup completo do sistema elétrico e de automação da estação.

- Elaboração do databook (incluindo mapa de memória e lógica do CLP, devidamente comentada, programa desenvolvido em formato editável homologado pelo fabricante,

sem quaisquer restrições aos conteúdos, incluindo funções, parametrização, dentre outros) e do relatório de comissionamento e startup, destacando os pontos operacionais parametrizados.

3.2.3 Responsabilidades do SAE CATALÃO para a aquisição da ETA pré-fabricada

São responsabilidades e ônus por parte do SAE CATALÃO de Catalão, para a aquisição dos módulos de Tratamento:

a) Liberação da área para execução dos serviços de implantação das unidades de tratamento.

3.2.4 Garantia do Módulo de Tratamento Pré-Fabricado

A garantia do funcionamento do equipamento, contra quaisquer defeitos de material e de fabricação, deve ser vigente pelo período de 12 meses, contados a partir do aceite pela instalação completa das unidades componentes ao tratamento, com a devida emissão da nota fiscal, desde que, todas as peças substituídas nesse período, sejam originais da empresa fornecedora dos módulos de Tratamento.

A garantia mínima é de 5 (cinco) anos para a estrutura do módulo de tratamento, com relação aos aspectos de: elementos estruturais, de utilização, impermeabilização, estanqueidade, solidez, segurança do trabalho, geotecnia, entre outros.

3.2.4.1 Exceções

Excluem-se dos efeitos de garantia:

I. A não observância das instruções de operação e manutenção estabelecidas no manual fornecido pela fabricante dos módulos de tratamento;

II. Rolamentos que sofram desgastes provocados por falta ou excesso de lubrificação, ou aplicação de lubrificantes inadequados, e ou não indicados pela fabricante dos módulos de tratamento;

III. Desgaste natural do equipamento;

IV. Casos de desgastes anormais, decorrentes do mau uso do equipamento, como sobre cargas. Peças que pela sua natureza, mesmo em operação normal, tenham vida útil menor que o prazo coberto pela garantia, em função da característica do produto a ser processado pelo equipamento.

V. Painéis elétricos e componentes elétricos. (Por motivo da possibilidade de oscilação de rede). Excluem-se da garantia todos os componentes.

VI. Desempenho insatisfatório causados por mau uso ou por falhas de manutenção, problemas com a rede elétrica; utilização de peças que não sejam genuínas da empresa fabricante dos módulos de tratamento;

VII. No período da garantia as operações de desmontagem só podem ser realizadas com autorização da empresa fabricante dos módulos de tratamento, ou com acompanhamento de um de seus técnicos.

VIII. A empresa fabricante dos módulos de tratamento deve se dispor a reparar ou substituir as peças defeituosas, quando constatado seu defeito de fábrica. Os serviços de substituição e reparos, assim como o transporte e despesas de viagem de técnicos, provados à garantia serão por conta da empresa fabricante dos módulos de tratamento.

3.2.5 Custos de Tributação e Oneração

Devem estar claros no documento de fornecimento e aquisição dos módulos de tratamento as informações relativas à:

- Capacidade nominal da ETA;
- Quantidade de Módulos e linhas de fluxo no tratamento;
- Material de constituição da Estação;
- Custo discretizado do módulo completo da estação pré-fabricada;
- Custo discretizado das obras civis de instalação;
- Custo discretizado da operação assistida;
- Custo discretizado de frete e montagem;
- Impostos discretizados no valor da proposta tais como: ICMS; IPI; PIS; COFINS e demais tributos.
- Descrição das condições de pagamento;
- Prazo de entrega das estruturas;

3.2.6 Custos Financeiros do Módulos da Tratamento da ETA pré-fabricada

3.2.6.1 Custo Operacional da ETA Pré-Fabricada

Conforme discutido anteriormente, inclusive no Volume I (Estudo de Concepção) do presente projeto, com base nas diretrizes, critérios e preferências do SAE CATALÃO de Catalão-GO, a alternativa 01 de ETA pré-fabricada teve o seu deferimento. Esta alternativa requer a instalação de equipamentos eletromecânicos para a sua operação nos floculadores e na retrolavagem dos filtros.

3.2.6.1.1 Parâmetros de Precificação do Módulo da Alternativa 01

Para o cálculo do índice de preço ao consumidor, considerar-se-á uma inflação de 10,07% a.a., conforme consta no sítio de internet:

<https://www.remissaonline.com.br/blog/ipca-hoje/#:~:text=Quanto%20est%C3%A1%20o%20IPCA%20hoje,77%25%20no%20ano%20de%202022.>

O preço de referência do kWh pela Enel é de R\$ 0,5987 / kWh para o serviço público de água, esgoto e saneamento.

Fonte: <https://www.enel.com.br/content/dam/enel-br/megamenu/taxas,-tarifas-e-impostos/cartaz-tarifas-2021.pdf> (acessado em 22/08/2022).

Pelo que foi exposto, o consumo energético operacional terá como parâmetros de partida os seguintes valores:

Tabela 3. Resumo dos Parâmetros de Custo Energético (ETA)

Equipamento	Parâmetro		Valor
	Inflação (% a.a.)		10,07%
	Preço da Energia em 2023 (R\$/kWh)		0,5987
	Potência (cv)	Quantidade (und)	Jornada (h/dia)
Agitador do floculador mecanizado:	1,6	12	24
Bomba de lavagem dos filtros (363 m ³ /h):	9,3	1	24
Agitador dos tanques de produtos químicos:	1,2	15	24
Bomba de dosagem de produtos químicos:	0,8	4	24
Bombas de dosagem de produtos químicos - Tipo helicoidal:	1,2	2	24

O cálculo do consumo energético C_e é dado pela equação que segue:

$$C_e \left(\frac{R\$}{ano} \right) = P(cv) \times 0,735 \times J \left(\frac{h}{dia} \right) \times 30,4 \left(\frac{dias}{mês} \right) \times Qtd \times C(Enel) \times 12 meses$$

Pelo que foi exposto:

C_e : Custo Energético variável por ano, conforme Tabela 4;

P: Potência de cada equipamento mecânico, conforme Tabela 3;

J: Jornada de trabalho, conforme Tabela 3;

Qtd: Quantidade de Equipamentos, conforme Tabela 3;

C(Enel): Custo de kwh (Enel): R\$ 0,5987 / kwh (em 2023 e variável a cada ano).

Tabela 4. Investimento Financeiro na ETA Pré-Fabricada

Ano	Preço (R\$/kWh)	Custo no ano (R\$)
2023	0,5987	0,00
2024	0,6590	221.087,76
2025	0,7253	243.351,30
2026	0,7984	267.856,77
2027	0,8788	294.829,95
2028	0,9673	324.519,32
2029	1,0647	357.198,42
2030	1,1719	393.168,30
2031	1,2899	432.760,35
2032	1,4198	476.339,32
2033	1,5628	524.306,68
2034	1,7202	577.104,37
2035	1,8934	635.218,78
2036	2,0840	699.185,31
2037	2,2939	769.593,27
2038	2,5249	847.091,31
2039	2,7792	932.393,41
2040	3,0590	1.026.285,42
2041	3,3671	1.129.632,36
2042	3,7061	1.243.386,34
2043	4,0793	1.368.595,35

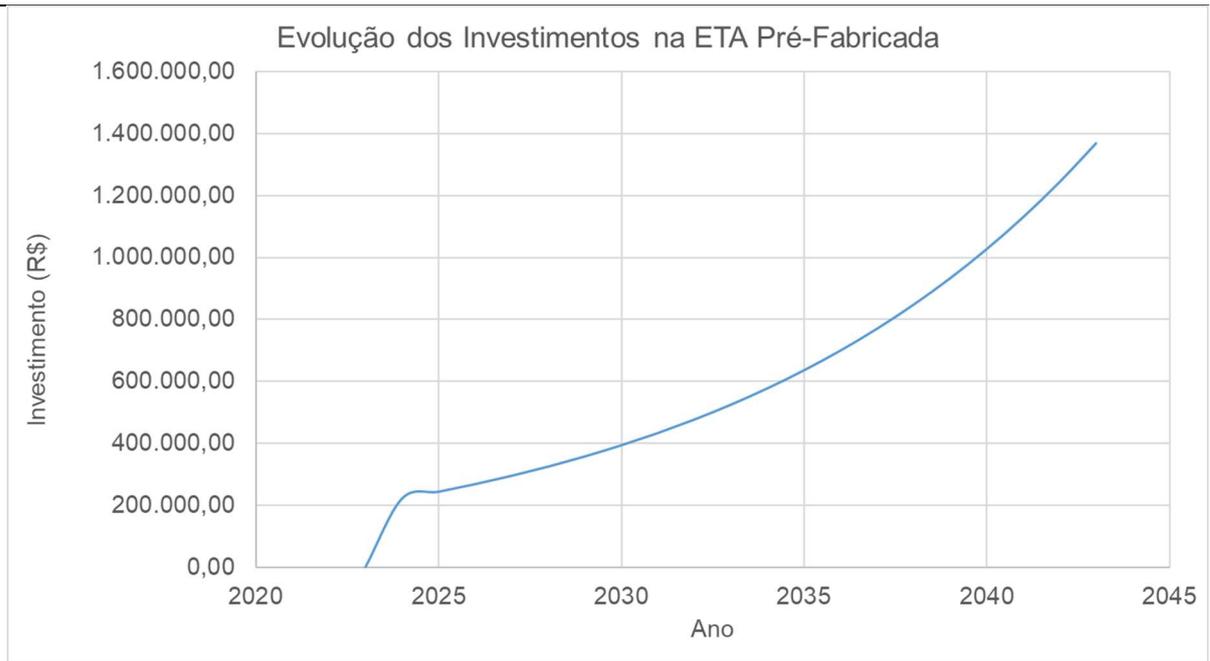


Figura 02. : Evolução dos investimentos para ETA Pré-Fabricada

A evolução do custo financeiro acumulado, conforme Tabela 4, está apresentado na Figura 02.

4 MEMÓRIA DE CÁLCULOS

4.1.1 Processos de operação da ETA

4.1.1.1 Geração do lodo nos Decantadores/Floculadores

4.1.1.1.1 Parâmetros e Critérios de Projeto

Para a quantificação do lodo gerado na estação, considerar-se-á os seguintes parâmetros:

- Vazão de operação da ETA: 600L/s;
- Capacidade nominal teórica da ETA: 600L/s;
- Concentração média de sólidos totais: 25g/m³;
- Porcentagem de lodo produzido nos decantadores: 90%;
- Porcentagem de lodo produzido nos filtros: 10%;
- Concentração de sólidos nos decantadores: 1%;
- Concentração de sólidos nos filtros: 0,05%;
- Densidade do Lodo: 1002kg/m³;

4.1.1.1.2 Parâmetros Operacionais dos Filtros

Os parâmetros operacionais dos filtros são apresentados a seguir:

Considerar-se-á uma carreira de filtração de 72h em condições normais de operação e 24 horas para o período chuvoso, onde a turbidez apresenta valores maiores;

Velocidade de lavagem:

Considerar-se-á a Velocidade de lavagem: 0,75m/min. A Norma Técnica NBR 12.216/1992, no item 5.12.9.1, recomenda velocidade mínima de 0,60 m/min);

Demais Parâmetros:

- Concentração de sólidos nos filtros: 0,05%;
- Tempo de lavagem dos filtros: 10min;
- Vazão de recirculação do clarificado $Q = 0,056\text{m}^3/\text{s}$;

4.1.1.1.3 Módulo atual em concreto da Estação de Tratamento de Água

Filtros da ETA Atual:

- Número total de filtros (ETA Atual): 8und;

- Largura da Câmara do Filtro (ETA Atual): 4,2m;
- Comprimento da Câmara do Filtro (ETA Atual): 4,3m;
- Área em planta de cada câmara do Filtro (ETA Atual): 18,06m²;

Volume descarregado de cada câmara do Filtro:

$$V = 0,75 \times 18,06 \times 10 = 135,45\text{m}^3;$$

Volume de Sedimentos no Filtro:

$$V = 0,05 \times 135,45 = 6,77\text{m}^3;$$

Volume de clarificado em cada câmara do Filtro:

$$V = 135,45 - 6,77 = 128,68\text{m}^3;$$

Tempo de Bombeamento do clarificado:

$$T = 128,68 / (0,056 \times 3600) = 0,64\text{h} = (38\text{min});$$

4.1.1.1.4 Módulo pré-fabricado projetado em aço para a Estação de Tratamento de Água

Filtros da ETA Projetada:

- Número total de filtros (ETA Pré-Fabricada): 3und;
- Largura da Câmara do Filtro (ETA Pré-Fabricada): 3,6m;
- Comprimento da Câmara do Filtro (ETA Pré-Fabricada): 10,4m;
- Área em planta de cada câmara do Filtro (ETA Pré-Fabricada): 37,44m²;

Volume descarregado de cada câmara do Filtro:

$$V = 0,75 \times 37,44 \times 10 = 280,8\text{m}^3;$$

Volume de Sedimentos no Filtro:

$$V = 0,05 \times 280,8 = 14,04\text{m}^3;$$

Volume de clarificado em cada câmara do Filtro:

$$V = 280,8 - 14,04 = 266,76\text{m}^3;$$

Tempo de Bombeamento do clarificado:

$$T = 266,76 / (0,056 \times 3600) = 1,32\text{h} = (79\text{min});$$

4.1.1.1.5 Parâmetros Operacionais dos Decantadores

Decantadores Existentes

- Número total de Decantadores: 4und;
- Altura da Câmara do Decantador: 4m;
- Largura da Câmara do Decantador: 8,65m;
- Comprimento da Câmara do Decantador: 22,2m;
- Área em planta de cada câmara do Decantador: 192,03m²;
- Altura da Batelada de lodo no Decantador: 2m;
- Volume da Batelada de lodo no Decantador: 384,06m³;

Decantadores Pré-Fabricados

- Número total de Decantadores: 3und;
- Altura da Câmara do Decantador: 4m;
- Largura da Câmara do Decantador: 3,2m;
- Comprimento da Câmara do Decantador: 11,6m;
- Área em planta de cada câmara do Decantador: 37,12m²;
- Altura da Batelada de lodo no Decantador: 4m;
- Volume da Batelada de lodo no Decantador: 148,48m³;

4.1.1.1.6 Estimativa dos lodos gerados

Para estimar a carga de sólidos totais a partir da vazão e da concentração de sólidos suspensos, utilizou-se a equação a seguir:

$$\text{Carga (kg/h)} = [\text{concentração (g/m}^3 \text{)} \times \text{vazão da ETA (m}^3\text{/h)}] / (1000 \text{ (g/kg)});$$

Considerando a concentração média de sólidos totais igual a 25 g/m³ e a vazão da ETA igual a 2160 m³/h (600 L/s), tem-se:

$$\text{Carga de sólidos totais por hora} = (25 \text{ g/m}^3 \times 2160 \text{ m}^3\text{/h}) \div 1000 \text{ g/kg} = 54 \text{ kg/h};$$

$$\text{Carga de sólidos totais por dia} = (54 \times 24 \text{ h}) = 1296 \text{ kg/dia};$$

$$\text{A carga de sólidos gerada nos decantadores será: } 90\% \times 54 = 48,6 \text{ kg/h};$$

Para estimativa da quantidade de lodo removido nos decantadores foi adotado teor de sólidos totais de 1%. A vazão de lodo relaciona-se com a carga e a concentração de sólidos suspensos conforme descrito:

Vazão de lodo (m^3/h) = [Carga de sólidos (kg/h)] / [sólidos secos (%)/100 x densidade do lodo (kg/m^3)]

$$\text{Vazão de lodo} = 48,6 / [(1/100) \times 1002 \text{ kg } / m^3 = 4,85 m^3 h = 1,35 \text{ L/s};$$

Cálculo do Volume Gerado na retrolavagem dos filtros:

Para estimativa do volume de água de lavagem dos filtros considerou-se a unidade de maior área de filtração, sendo (3,6 m x 10,4 m), portanto, igual a $37,44 m^2$, a velocidade ascensional igual a 0,75 m/min e o tempo de lavagem de cada filtro de 10 minutos.

Volume Água de Lavagem do Filtro = $37,44 m^2 \times 0,75 m/\text{minuto} \times 10 \text{ minutos} = 280,8 m^3$.

Cálculo do Volume Gerado na descarga do Decantador:

Em relação ao volume de água necessário para limpeza dos decantadores, por definição operacional, o sistema será paralisado para lavagem toda vez que a camada de lodo atingir o nível próximo de 2m no interior das câmaras, assim tem-se:

$$\text{Volume Água de Lavagem dos decantador} = 8,65 m \times 22,2 m \times 4 m = 768,12 m^3.$$

O limite de altura proposto segue um critério conservador. A descarga do de fundo do Decantador, no entanto, pode ocorrer com uma altura menor da camada de lodo, de acordo com a necessidade operacional.

4.2 Conclusões Finais

O presidente projeto considera ter concluído de maneira plena o atendimento aos objetivos propostos. As Diretrizes Técnicas de Projeto previstas na concepção foram atendidas, inclusive conforme solicitado em ata de reunião e correspondências por e-mail.

Foram produzidos os seguintes elementos de extrema importância ao projeto como um todo: Confirmação da Concepção do Sistema de Tratamento relativa à ETA Pré-

Fabricada; Material de revestimento apropriado às paredes da estrutura da ETA, Proposição de Equipamentos adequados para substituição do Cloro gás por salmoura.

Com relação aos objetivos pretendidos, foram avaliados: a confirmação das alternativas previamente concebidas, Área de ampliação da ETA; Operação de tratamento do módulo a ser proposto e Gradientes de velocidade na ampliação da vazão de tratamento.

Os resultados finais confirmaram a adoção do módulo de tratamento com floculador mecanizado, decantador de alta taxa e filtros retrolaváveis com bombeamento.

Ao final deste volume consta o detalhamento em peças gráficas com a proposição de locação das estruturas projetadas neste memorial descritivo. Pela locação proposta, o módulo de tratamento ficará localizado na área frontal do lote da ETA.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12211 Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água., 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, NBR 12213 Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público., 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12214 Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público., 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12215 Projeto de adutora de água para abastecimento público., 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12216 Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público., 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12217 Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público., 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR15784 - Produtos químicos utilizados no tratamento de água para consumo humano — Efeitos à saúde — Requisitos. , 2007

ASTM, Z. F441/F441M-Standard Specification for Chlorinated Poly (Vinyl Chloride)(CPVC) Plastic Pipe.

BERNARDO, L. DI; PAZ, L. P. S. Seleção de tecnologias de tratamento de água. São Carlos: LDiBe, 2010. p. 868.

CARMO, R.F.; BEVILAQUA, P.D.; BASTOS, R.K.X.. Vigilância da qualidade da água para consumo humano: abordagem qualitativa da identificação de perigos. Engenharia Sanitária e Ambiental, v13 n.4, Rio de Janeiro, Out-Dez 2008.

CARRIJO, I, B. Extração de regras operacionais ótimas de sistemas de distribuição de água através de algoritmos genéricos multiobjetivo e aprendizado de máquina. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2004.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005.

FERREIRA, M. B.de S. Estudo da influência dos métodos de reticulação sobre as propriedades do polietileno. 2017. 55 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

FONSECA, A. Um esquecido marco do saneamento no Brasil: o sistema de águas e esgotos de Ouro Preto (1887-1890). História, Ciências, Saúde – Manguinhos, Rio de Janeiro v.17, n.1, jan-mar 2010, p. 51-66.

FREITAS, A. G.; OLIVEIRA, D. C.; BASTOS, R. K. X. Intervenções de melhoria e controle da qualidade da água para consumo humano. Estudo de caso da ETA UFV. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFV, 14., 2004, Viçosa. Anais... Viçosa, UFV, 2004.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano. 2a ed. Belo Horizonte, 2010.

INDUSTRIAS TIGRE – Ficha Técnica CPVC INDUSTRIAL SCH. 80. Disponível em: https://tigrecombrprod.s3.amazonaws.com/default/files/produtos/fichatecnica/FT_CPVC%20Industrial.pdf.

INDUSTRIAS TIGRE – Ficha Técnica PVC-U INDUSTRIAL SCH. 80. Disponível em: https://tigrecombrprod.s3.amazonaws.com/default/files/produtos/catalogos/Linha_PVC_U.pdf

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas: Átomo, 2010.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2011.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília, 2004.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria Nº 635/GM/MS, de 30 de janeiro de 1976. Aprova normas e padrões sobre a fluoretação na água. Brasília, 1976.

MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE. Portaria de Consolidação 05 anexo XX de 03 de outubro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.

OLIVEIRA, D. C. DE; Avaliação de desempenho de uma unidade de decantação convencional: levantamento dos parâmetros hidráulicos e sua influência na qualidade da água decantada. AIDIS, v.1, p. 1-8, 2008.

PACHECO, I. S.), Substituição do gás cloro por hipoclorito de sódio produzido in loco em Sistema de Abastecimento de Água: Viabilidade econômica e operacional – Estudo de Caso; Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento; 2018

PÁDUA, V. L. DE; FERREIRA, A. C. DA S. Qualidade da água para consumo humano. In: Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: UFMG, 2006. p. 153- 221.

SALGADO, P. R. M. Análise de manifestações patológicas em sistemas prediais hidráulicos e sanitários pelos métodos de Lichtenstein e Gut: estudo de caso na cidade de Apodi-RN. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semiárido. Caraúbas, 2018.

SERENCO, Plano Municipal de Saneamento Básico de Catalão (GO), Referente às Prestações dos Serviços de Abastecimento de Água Potável e de Esgotamento Sanitário. Janeiro de 2019. SAE CATALÃO – SUPERINTENDÊNCIA DE ÁGUA E ESGOTOS.

SOBRINHO, R.A; BORJA, P.C. Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes RMS. Eng. Sanit. Ambient, v. 21, n. 4, out de 2016.

SOUSA, G. B. Sistema Computacional de Pré-Dimensionamento das unidades de Tratamento de Água: Floculador, Decantador e Filtro., 2011.

TSUTIYA, M. T. Abastecimento De Água. 3a ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

Tucci, C. E. Modelos hidrológicos. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

VIANA, D. B.; BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D. Levantamento e caracterização de dados de turbidez de água bruta e tratada de 44 ETAS no Brasil com tratamento em ciclo completo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., Goiânia, 2013. Anais...Rio de Janeiro, ABES, 2013.

VIANNA, M. R. Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água. Belo Horizonte: Instituto de Engenharia Aplicada, 1992. p. 344.

WHO. 25 Years Progress on Sanitation and Drinking Water. New York, NY: UNICEF and World Health Organisation, 2015.

6 ANEXOS

6.1 Peças Gráficas