

**2022**

**MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO**  
**ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA**  
**ETA BOM SUCESSO – VG/MT**



|         |            |
|---------|------------|
| Revisão | R00        |
| Data    | 14/01/2022 |



## SUMÁRIO

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| 1. INFORMAÇÕES GERAIS .....   | 4                                    |
| 1.1. IDENTIFICAÇÃO DO REQUERENTE .....  | 4                                    |
| 1.2. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....   | 4                                    |
| 1.3. RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DESTE DOCUMENTO .....                                  | 4                                    |
| 2. APRESENTAÇÃO.....  | 5                                    |
| 2.1. CONCEPÇÃO GERAL .....  | 5                                    |
| 2.2. CÁLCULO POPULACIONAL .....   | 8                                    |
| 2.3. POPULAÇÃO QUE SERÁ ATENDIDA PELA NOVA ESTRUTURA – EQUIVALENTE<br>POPULACIONAL..... | 11                                   |
| 3. MEMORIAL DESCRITIVO.....   | 12                                   |
| 3.1. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PROPOSTO .....                                    | 12                                   |
| <b>3.1.1. Fluxograma do Sistema de Abastecimento de Água.....</b>                       | <b>12</b>                            |
| 3.2. CAPTAÇÃO E ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA .....  | 12                                   |
| 3.3. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA) .....  | 13                                   |
| <b>3.3.1. Mistura Rápida .....</b>  | <b>13</b>                            |
| <b>3.3.2. Floculador.....</b>   | <b>13</b>                            |
| <b>3.3.3. Decantador .....</b>  | <b>14</b>                            |
| <b>3.3.4. Filtro .....</b>  | <b>15</b>                            |
| <b>3.3.5. Câmara de Nível .....</b>   | <b>15</b>                            |
| 3.4. CASA DE QUÍMICA.....   | 15                                   |
| 3.5. RESERVATÓRIO .....   | 16                                   |
| 3.6. CRITÉRIOS GERAIS DE PROJETO.....   | 17                                   |
| <b>3.6.1 Velocidades Mínimas e Máximas .....</b>  | <b>17</b>                            |
| <b>3.6.2 Diâmetro Mínimo.....</b>   | <b>17</b>                            |
| 4. MEMORIAL DE CÁLCULO – DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO                    |                                      |
| 18  |                                      |
| 4.1. CAPTAÇÃO DE ÁGUA BRUTA .....   | 18                                   |
| <b>4.1.1 Vazão de captação.....</b>   | <b>18</b>                            |
| <b>4.1.2 Diâmetro Econômico .....</b>   | <b>18</b>                            |
| <b>4.1.3 Velocidade Máxima .....</b>  | <b>18</b>                            |
| <b>4.1.4 Perda de Carga Unitária (J) .....</b>  | <b>20</b>                            |
| <b>4.1.5 Diferença de Nível (ΔG) .....</b>  | <b>Erro! Indicador não definido.</b> |
| <b>4.1.6 Planilha de dimensionamento .....</b>  | <b>Erro! Indicador não definido.</b> |
| <b>4.1.7 Tipo de Captação .....</b>   | <b>21</b>                            |
| 4.2. MEDIÇÃO DA VAZÃO E MISTURA RÁPIDA DO COAGULANTE .....                              | 21                                   |
| 4.3. FLOCULAÇÃO .....   | 22                                   |
| <b>4.3.1 Floculador Tipo Turbina com Fluxo Axial.....</b>                               | <b>23</b>                            |
| <b>4.3.2 Floculador Mecânico do Tipo Paletas Verticais, Paralelas ao Eixo .....</b>     | <b>24</b>                            |



4.4. SEDIMENTAÇÃO DE ALTA TAXA ENTRE PLACAS PLANAS PARALELAS (Q=125 L/s)

26

**4.4.1 Decantadores de Alta Taxa Q = 150 L/S ou 6.480 M³/Dia ..... 28**

4.5. DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA FLOCULADA SOB AS PLACAS OU DUTOS ..... 28

4.6. DIMENSÃO DO CANAL CENTRAL DISTRIBUIDOR DA ÁGUA FLOCULADA.. 29

4.7. COLETA DE ÁGUA DECANTADA ..... 29

4.8. DESCARGA DO LODO NO FUNDO DOS DECANTADORES ..... 30

4.9. FILTRAÇÃO DE ALTA TAXA ..... 30

**4.9.1 Filtro de dupla camada filtrante ..... 30**

**4.9.2 Sistema de reaproveitamento de água de lavagem (SRAL) ..... 32**

4.10. CAIXA DUPLA DE CONTROLE PARA DOIS FILTROS ..... 34

4.11. DRENAGEM – ÁGUA DE DESCARGA DA ETA ..... 34

4.12. DESINFECÇÃO ..... 35

4.13. CONSUMO DE SULFATO DE ALUMÍNIO ..... 36

4.14. CONSUMO DE CAL HIDRATADA ..... 37

4.15. CONSUMO DE POLIMERO ANIONICO ..... 37

5. CÁLCULO DE PERDA DE CARGA NAS ADUTORAS ..... 38

5.1. PERDA DE CARGA DA CAPTAÇÃO ATÉ A ETA ..... 38

5.2. PERDA DE CARGA DA ETA ATÉ O RESERVATÓRIO ..... 39

6. ARQUITETURA CASA DE QUÍMICA ..... 41

6.1. SERVIÇOS PRELIMINÁRES E GERAIS ..... 41

6.2. SUPERESTRUTURAS E ESTRUTURA METÁLICAS ..... 41

6.3. ALVENARIA ..... 41

6.4. CHAPISCO, EMBOÇO/ MASSA ÚNICA ..... 42

6.5. PISO ..... 43

6.6. ESQUADRIAS ..... 43

6.7. COBERTURA COM ESTRUTURA METÁLICA ..... 43

6.8. LAJE ..... 44

6.9. REVESTIMENTO ..... 44

6.10. BANCADAS ..... 44

7. ANEXOS ..... 45



## **LISTA DE FIGURAS**

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Curvas de tendência de crescimento dos municípios. ....      | 9  |
| Figura 2 – Fluxograma do sistema de abastecimento de água. ....         | 12 |
| Figura 3 - Fluxograma do Método de cálculo SRAL. ....                   | 33 |
| Figura 4 - Imagens ilustrativas de bags para desidratação de lodo. .... | 33 |

## **LISTA DE TABELAS**

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Taxa Média Geométrica de Incremento da População Residente, por Situação do Domicílio, Segundo Décadas – Mato Grosso – 1940 – 2000..... | 7  |
| Tabela 2 - Comparação do Crescimento População de Várzea Grande. ....  | 8  |
| Tabela 3 - Taxas Médias de Crescimento Populacional.....   | 9  |
| Tabela 4 - Resumo das Taxas de Crescimento Várzea Grande – MT.....   | 10 |
| Tabela 5 - Crescimento Populacional de Várzea Grande – MT.....   | 10 |
| Tabela 6 – Informações da Calha Parshall. ....   | 22 |
| Tabela 7 - Determinação do Orifício de Água Floculada. ....  | 29 |
| Tabela 8 - Tabela de Dimensionamento da Drenagem da Água de Descarga da ETA.....   | 35 |



## 1. INFORMAÇÕES GERAIS

### 1.1. IDENTIFICAÇÃO DO REQUERENTE

**Requerente:** DAE – DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DO MUNICÍPIO DE VÁRZEA GRANDE  
**CNPJ:** 02.555.079/0001-42  
**Endereço:** Av. Gov. Júlio Campos, 2599, bairro Jardim dos Estados,  
**CEP** 78.150-000  
**Município/UF:** Várzea Grande/MT

### 1.2. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

**Empreendimento:** ETA – BOM SUCESSO  
**Endereço:** Rod MT 050, Jardim Botânico, Várzea Grande - MT  
**Município/UF:** Várzea Grande-MT  
**Coordenadas:** Latitude: 15°42'37.08"S// Longitude: 56° 8'12.10"O  
**Assunto:** Memorial Descritivo do Sistema de Abastecimento de Água

### 1.3. RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DESTE DOCUMENTO

**Empresa:** EXCELÊNCIA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE - EPP  
**CNPJ:** 00.564.373/0001-95  
**Endereço:** Rua José de Alencar, N° 15 – Bairro Santa Cruz I  
**Município/UF:** Cuiabá/MT  
**Responsável:** Fernando dos Santos Sanches  
**CREA/RN:** 1211025730  
**Fone:** (65) 3055-0566  
**E-Mail:** contato@excelenciaeng.com.br



## 2. APRESENTAÇÃO

O presente memorial visa apresentar o Projeto de uma Estação de Tratamento de Água de 125 l/s para auxílio e melhoria no abastecimento de água potável da região do Bom Sucesso, no município de Várzea Grande, estado de Mato Grosso.

A definição da capacidade de produção de água da ETA foi definida pela Prefeitura Municipal de Várzea Grande. Já o limite de abrangência do projeto foi determinado com base na planta de integração urbana da Comunidade na região do “Bom sucesso” e suas adjacências.

Este projeto de sistema de abastecimento de água visa atender a necessidade de saneamento básico, em busca de saúde pública para a população, e de estar em consonância com a Lei de Saneamento Básico nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, alterada pela Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, a qual estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico, em que uma das principais diretrizes é o abastecimento de água para população, com qualidade compatível com a proteção de sua saúde e em quantidade e regularidade suficiente para a garantia de condições básicas de conforto.

Portanto, o objetivo principal da implantação deste projeto é promover o abastecimento de água potável para a população, através de sistema de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição de água, com o intuito de atender a saturação urbanística.

### 2.1. CONCEPÇÃO GERAL

O crescimento urbano no Brasil tem ocorrido, principalmente, em regiões metropolitanas e em cidades que são polos regionais. As regiões metropolitanas possuem um núcleo principal (cidade primária) com várias cidades vizinhas (cidades secundárias). O crescimento do núcleo tende a ser reduzido com o tempo, enquanto que a periferia cresce de forma acelerada. No Brasil, as cidades com mais de 1 milhão de habitantes crescem à taxa de 0,9 % ao ano, enquanto que cidades centros regionais (100 a 500 mil habitantes) crescem à taxa de 4,8 % (IBGE 1998).

A urbanização no Brasil, bem como em muitos países em desenvolvimento, vem ocorrendo de forma espontânea, apesar existência do Plano Diretor Urbano. O que se observa é uma parte da cidade construída e dirigida, na maioria, dentro de normas e padrões ditados pelos Planos Diretores, chamada aqui de cidade “legal”; e a parte da cidade que se expandiu de



forma ilegal pela população de baixa renda, ou seja, geralmente em áreas públicas, ambientalmente sensível e de forma aleatória, sem infraestrutura e com arruamento desordenado, quando existe.

A urbanização aumenta a competição pelos mesmos recursos naturais (ar, água e terra) num pequeno espaço para todas as necessidades humanas de vida, produção e recreação. No ambiente urbano a força modificadora é a urbanização e esta deve contemplar o abastecimento de água, esgotamento e tratamento de esgoto, drenagem pluvial e o tratamento e destinação adequada dos resíduos sólidos. Eles são componentes de um ambiente urbano sustentável que inclui a conservação ambiental, saúde e aspectos sócios econômicos do desenvolvimento urbano.

Nos últimos trinta anos, o Brasil sofreu um intenso processo de urbanização. Em 1970, 30,5% da população vivia nas cidades e, em 2000, a população urbana já atingia mais de 80%. Com esse processo de urbanização concentrado e acelerado, diversos problemas surgiram ou se agravaram, tais como, falta de saneamento básico, destinação correta aos resíduos sólidos, poluição, trânsito, violência, além da ocupação desenfreada, pela população de baixa renda, de áreas consideradas ambientalmente frágeis, como as áreas de mananciais, por exemplo. Todos estes problemas contribuem diretamente com a degradação do meio ambiente urbano e, conseqüentemente, com a degradação da qualidade de vida das pessoas que ali vivem.

Com um território até pouco tempo sem ocupação, o Centro-Oeste passa a ter nas décadas mais recentes uma alta taxa de urbanização. Em 1996, 84,42% da sua população era urbana, taxa inferior ao índice da Região Sudeste (89,42%), mas superior ao Sul (77,21%), ao Nordeste (65,21%) e à média brasileira (78,36%).

Apesar do alto índice de urbanização observado, segundo dados do Censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2000, o Mato Grosso é um dos Estados com as menores densidades demográficas do Brasil, 2,77 hab./Km<sup>2</sup>, a terceira menor, ficando atrás apenas do Amazonas (1,79 hab./Km<sup>2</sup>) e Roraima (1,45 hab./Km<sup>2</sup>) (BRASIL, 2006).

Na Tabela 1, pode-se observar que a partir de 1960, o Mato Grosso apresentou taxas elevadas de crescimento populacional, destacando-se o incremento da população urbana, em especial entre as décadas de 1970/1980.



Tabela 1 - Taxa Média Geométrica de Incremento da População Residente, por Situação do Domicílio, Segundo Décadas – Mato Grosso – 1940 – 2000.

| DÉCADAS     | URBANA | RURAL | TOTAL |
|-------------|--------|-------|-------|
| 1940 / 1950 | 3,34   | 1,29  | 1,29  |
| 1950 / 1960 | 6,69   | 4,64  | 4,29  |
| 1960 / 1970 | 7,13   | 5,26  | 6,12  |
| 1970 / 1980 | 13,97  | 2,80  | 6,64  |
| 1980 / 1991 | 7,70   | 1,03  | 5,36  |
| 1991/ 2000  | 3,31   | -0,54 | 2,39  |

Localizado na Região Centro-Oeste do país, no Estado do Mato Grosso, o município de Várzea Grande encontra-se em processo de conurbação com a capital do estado, Cuiabá.

Neste contexto, os municípios de Várzea Grande e Cuiabá destacam-se pela localização estratégica de seus territórios em relação à localização da rede viária e ao sistema de transporte de escala regional e nacional, situação que, devido às características produtivas da Região Centro– Oeste, transformam este aglomerado urbano numa importante centralidade na rede de cidades do Brasil, além disso, por estar situado no centro geodésico da América do Sul, o aglomerado urbano de Várzea Grande-Cuiabá é um espaço privilegiado para o desenvolvimento de negócios entre o Mato Grosso, os estados brasileiros do Centro–Sul e os países vizinhos integrantes do Pacto Andino e do Mercosul.

Geograficamente localizado na porção sul do Mato Grosso, o aglomerado urbano é o principal centro polarizador do Estado, articulando-se às demais regiões e desempenhando um papel de centro de comércio e serviços com funções urbanas altamente diversificadas e especializadas, contando com grande quantidade de equipamentos e estabelecimentos de naturezas diversas.

O grau de centralidade deve-se ao fato de que territorialmente, o aglomerado urbano, constitui o principal entroncamento rodoviário que liga o Mato Grosso com o sul, o leste e o norte do Brasil, bem como à Bolívia, ao Peru, e ainda as principais rodovias estaduais que dão acesso às demais cidades do Mato Grosso tais como a MT – 351, 010, 343, 401 e 050.

A privilegiada situação geopolítica coloca o Aglomerado Urbano Cuiabá – Várzea Grande em situação de principal polo de desenvolvimento para a região noroeste do país, com tendência a um crescimento sustentável, e aperfeiçoamento das atividades de prestação de serviços, comércio atacadista e tecnologia de ponta.

Com o objetivo de promover a integração regional, o Estado do Mato Grosso e os Municípios de Cuiabá e Várzea Grande constituíram, através da aprovação da Lei





Complementar Estadual nº 83/2001, um aglomerado urbano. No que concerne à articulação com municípios da região, esta necessidade de integração deriva, fundamentalmente, do fato da municipalidade integrar um aglomerado urbano. Tais características institucionais não exigem apenas um planejamento conjunto da prestação de serviços básicos de saúde e educação, mas também dos serviços de transporte coletivo, de coleta de lixo, saneamento, iluminação pública. Além disso, ressalta-se a necessidade de uma discussão integrada para a elaboração das políticas públicas para habitação, regularização fundiária, geração de emprego e renda, desenvolvimento econômico, dentre outras.

## 2.2. CÁLCULO POPULACIONAL

As taxas de crescimento populacional brasileira e mato-grossense vêm decaindo nas últimas décadas. Os dados demográficos apresentam uma queda na taxa de crescimento populacional de Várzea Grande, que seguem a mesma tendência nacional e estadual.

A Tabela 2 apresenta o crescimento populacional de Várzea Grande e outras cidades de Mato Grosso, bem como do estado e do Brasil, visando uma comparação das taxas de crescimento que são mostradas na Tabela 3.

Tabela 2 - Comparação do Crescimento População de Várzea Grande.

| Municípios            | População Total (habitantes) / ano |             |             |             |             |             |
|-----------------------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                       | 1991                               | 1996        | 2000        | 2007        | 2010        | 2013        |
| Várzea Grande         | 161,958                            | 192,643     | 215,298     | 230,307     | 252,596     | 262,880     |
| Cuiabá                | 402,813                            | 430,212     | 483,346     | 526,830     | 551,098     | 569,830     |
| Rondonópolis          | 126,627                            | 141,322     | 150,227     | 172,783     | 195,476     | 208,019     |
| Poconé                | 29,856                             | 30,453      | 30,773      | 31,118      | 31,779      | 32,053      |
| Jaciara               | 21,917                             | 20,643      | 23,796      | 24,945      | 25,647      | 26,157      |
| Cáceres               | 77,540                             | 73,004      | 85,857      | 84,175      | 87,942      | 89,683      |
| Campo Verde           | 5,975                              | 10,651      | 17,221      | 25,924      | 31,589      | 35,578      |
| Chapada dos Guimarães | 12,888                             | 14,526      | 15,755      | 17,377      | 17,821      | 18,393      |
| Primavera do Leste    | 12,523                             | 20,740      | 39,857      | 44,729      | 52,066      | 55,451      |
| Mato Grosso           | 2,027,231                          | 2,208,665   | 2,504,353   | 2,854,642   | 3,035,122   | 3,182,113   |
| Brasil                | 146,825,475                        | 156,032,944 | 169,799,170 | 183,987,291 | 190,755,799 | 201,032,714 |

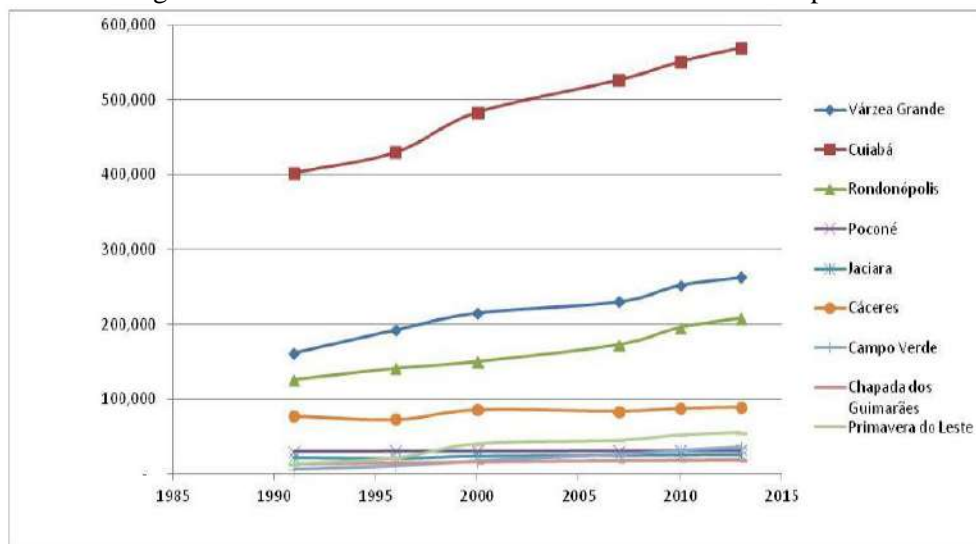
Fonte: IBGE/2013

Tabela 3 - Taxas Médias de Crescimento Populacional.

| Municípios            | Taxa média de crescimento anual (%) |             |             |             |
|-----------------------|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                       | 1991 a 1996                         | 1996 a 2000 | 2000 a 2010 | 2010 a 2013 |
| Várzea Grande         | 3.53                                | 2.82        | 1.61        | 1.34        |
| Cuiabá                | 1.32                                | 2.95        | 1.32        | 1.12        |
| Rondonópolis          | 2.22                                | 1.54        | 2.67        | 2.09        |
| Poconé                | 0.40                                | 0.26        | 0.32        | 0.29        |
| Jaciara               | -1.19                               | 3.62        | 0.75        | 0.66        |
| Cáceres               | -1.20                               | 4.14        | 0.24        | 0.66        |
| Campo Verde           | 12.26                               | 12.76       | 6.25        | 4.04        |
| Chapada dos Guimarães | 2.42                                | 2.05        | 1.24        | 1.06        |
| Primavera do Leste    | 10.62                               | 17.74       | 2.71        | 2.12        |
| Mato Grosso           | 1.73                                | 3.19        | 1.94        | 1.59        |
| Brasil                | 1.22                                | 2.14        | 1.17        | 1.76        |

A Figura 1 a seguir mostra as curvas de tendência de crescimento dos municípios listados, onde se verifica que Várzea Grande segue, realmente, o padrão de crescimento equivalente a Cuiabá.

Figura 1 - Curvas de tendência de crescimento dos municípios.



Durante os anos de 1970 a 1980, o município apresentava taxa de crescimento no valor de 15,56% ao ano. Os dados de 1991/1996 apresentam uma taxa de 3,53% a.a. Posteriormente, houve uma leve queda dessa taxa com média anual de 2,82%, entre 1996 e 2000. O declínio se acentua no período 2000/2007 passando para 0,97% a.a. Esse decréscimo é compatível com a taxa de crescimento populacional observada no Estado de Mato Grosso no mesmo ano.

Entre os anos de 2000 e 2010 essa taxa de crescimento caiu para 1,61%, acompanhando as taxas de crescimento populacional do Brasil (1,17% a.a.) e de Mato Grosso (1,94 % a.a.).

A densidade populacional do município saltou de 20,32 hab./km<sup>2</sup>, em 1970, para 284,45 hab./km<sup>2</sup>, em 2010. As estimativas do IBGE para o ano de 2013 resultaram numa redução dessa densidade, passando para 250.79 hab./km<sup>2</sup>, com uma população total estimada em 262.880 habitantes e taxa de crescimento média de 1,34% a.a. entre 2010 e 2013.

A partir da avaliação dos dados demográficos, resumidos na Tabela 4, é possível estabelecer um critério de crescimento da população de Várzea Grande para os próximos 20 anos.

Tabela 4 - Resumo das Taxas de Crescimento Várzea Grande – MT.

| Taxas de Crescimento Verificadas |        |
|----------------------------------|--------|
| $P = P_0 \cdot t^{(i-i_0)}$      |        |
| $t = (P/P_0)^{1/(i-i_0)}$        |        |
| Período                          | t      |
| 1991-2010                        | 1,0237 |
| 1996-2010                        | 1,0195 |
| 2000-2010                        | 1,0161 |
| Proj. IBGE (2010-2013)           | 1,0222 |

P = População do Ano (i)  
 P<sub>0</sub> = População do Ano (i<sub>0</sub>)  
 t = taxa de crescimento

O cálculo da projeção populacional adotou uma taxa constante com redução decrescente a cada 5 anos, no período de 2010 a 2035. Em função dos dados dos censos e de contagem da população, foram calculadas as taxas de crescimento, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Crescimento Populacional de Várzea Grande – MT.

| Projeção Populacional - Várzea Grande - MT |        |             |      |        |             |
|--|--------|-------------|------|--------|-------------|
| Ano  | t      | Pop. Urbana | Ano  | t      | Pop. Urbana |
| 2010                                       | -      | 252.596     | 2023 | 1,0130 | 299,656     |
| 2011                                       | 1,0134 | 255,979     | 2024 | 1,0130 | 303,552     |
| 2012                                       | 1,0134 | 259,406     | 2025 | 1,0130 | 307,498     |
| 2013                                       | 1,0134 | 262,880     | 2026 | 1,0128 | 311,434     |
| 2014                                       | 1,0134 | 266,403     | 2027 | 1,0128 | 315,420     |
| 2015                                       | 1,0134 | 269,972     | 2028 | 1,0128 | 319,458     |
| 2016                                       | 1,0132 | 273,536     | 2029 | 1,0128 | 323,547     |
| 2017                                       | 1,0132 | 277,147     | 2030 | 1,0128 | 327,688     |
| 2018                                       | 1,0132 | 280,805     | 2031 | 1,0126 | 331,817     |
| 2019                                       | 1,0132 | 284,512     | 2032 | 1,0126 | 335,998     |
| 2020                                       | 1,0132 | 288,267     | 2033 | 1,0126 | 340,232     |
| 2021                                       | 1,0130 | 292,015     | 2034 | 1,0126 | 344,519     |
| 2022                                       | 1,0130 | 295,811     | 2035 | 1,0126 | 348,860     |



Ressalta-se que a taxa de urbanização do Município de Várzea Grande ultrapassa os 98%, permitindo atribuir à população urbana os comportamentos e taxas previstas para a população total. Com os dados censitários, a projeção da população foi realizada utilizando a expressão matemática que melhor se ajustou aos dados levantados.

A partir dessa estimativa de crescimento populacional, estima-se que no horizonte temporal estabelecido para o PMSB (20 anos), a população de Várzea Grande tenha uma população cerca de 32% maior do que a estimada para o ano de 2013. Assim, a elaboração de todos os programas, projetos e ações voltada a universalização dos serviços de saneamento básico devem ser elaboradas considerando essa estimativa demográfica.

### 2.3. POPULAÇÃO QUE SERÁ ATENDIDA PELA NOVA ESTRUTURA – EQUIVALENTE POPULACIONAL

De acordo com o Departamento de Água e Esgoto de Várzea Grande – DAE VG, o consumo diário para atender as necessidades da população varzeagrandense é em média de 150L/hab.dia.

Com a vazão de projeto de 125 L/s, estabelecida pela Prefeitura Municipal, tem-se uma vazão de 10.800.000,00 L/dia de água captada e tratada para distribuição. Porém, como o sistema está interligado a outros reservatórios e considerando a rede de distribuição existente, é necessário considerar o índice de perdas na distribuição, que de acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB, está em torno de 50%.

Portanto, temos que:

- Vazão: 10.800.000,00 litros/dia;
- Consumo *per capita*: 150 L/hab.dia;
- Perdas no sistema: 50%.

Com isso, a ETA Bom Sucesso conseguirá atender de forma satisfatória, com água de qualidade e regularidade, uma população de até 36.000 (trinte e seis mil) pessoas. Equivalente a 9.000 (nove mil) unidades habitacionais.

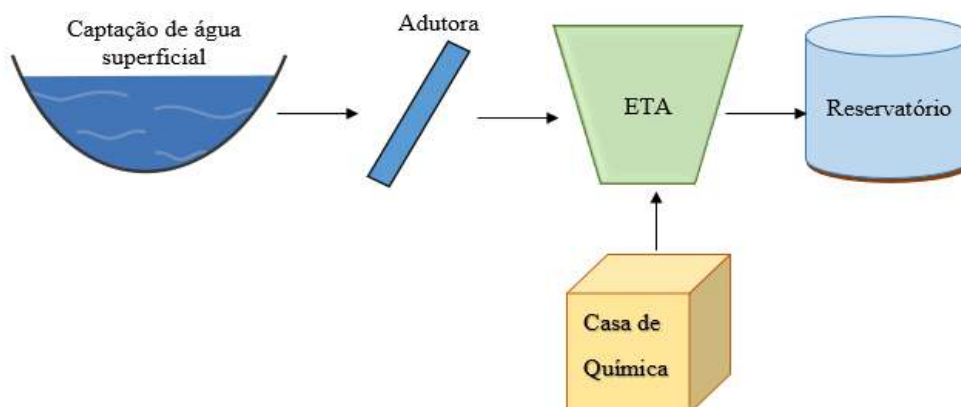
### 3. MEMORIAL DESCRITIVO

#### 3.1. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PROPOSTO

Para a implantação do sistema de abastecimento de água, o projeto irá abranger todas as etapas, quem consistem em: captação de água bruta no corpo hídrico; adução; casa de química; estação de tratamento de água; e reservação.

##### 3.1.1. Fluxograma do Sistema de Abastecimento de Água

Figura 2 – Fluxograma do sistema de abastecimento de água.



#### 3.2. CAPTAÇÃO E ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA

Entende-se por obra de captação o conjunto de estruturas e dispositivos construídos ou montados junto ao local onde retiramos a água bruta destinada ao sistema de abastecimento.

A captação de água bruta será realizada no Rio Cuiabá e será do tipo balsa flutuante em fibra, com volume total a ser captado de 125,00 l/s. O ponto de captação está localizado sob as seguintes coordenadas geográficas:

- Latitude 15°42'1.60"S; e
- Longitude 56° 6'50.80"O

O recalque será feito através de 2 conjuntos motobombas centrifugas de eixos horizontais (1+reserva), cada uma sobre seu flutuante.

A adutora de água bruta é o conjunto de tubulações e peças especiais, destinado a conduzir a água da captação, antes de receber qualquer tipo de tratamento, até a estação de





tratamento de água. Neste projeto a adutora de água bruta terá extensão total de 200,67 metros e será de PEAD com diâmetro de 400mm.

### **3.3. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA)**

Das tecnologias de tratamento de águas de mananciais superficiais utilizadas no Brasil, destaca-se o tratamento de Ciclo Completo, que necessita de coagulação química, empregado em função das características físicas químicas e biológicas da água bruta captada no manancial. As unidades componentes de uma ETA de Ciclo Completo são: Coagulação/Mistura Rápida, Floculação, Decantação, Filtração.

A estação de tratamento de água deverá tratar a água captada em corpo hídrico de Classe 2 e deverá atender a legislação do Ministério da Saúde, Portaria GM/MS nº888 de 04/05/2021.

A ETA deverá ser construída em chapa de aço e protegida contra corrosão, sendo projetada de acordo com a ABNT NBR 12216 – Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público.

As etapas do sistema de tratamento proposto estão apresentadas a seguir.

#### **3.3.1. Mistura Rápida**

É a primeira unidade da ETA que recebe a água bruta dos mananciais. Envolve a aplicação e mistura de produtos químicos para precipitação de compostos em solução e desestabilização de suspensões coloidais de partículas sólidas, que, de outra maneira, não poderiam ser removidas por sedimentação, flotação ou filtração. Portanto, nesta etapa é iniciada a aglomeração das impurezas em flóculos, que posteriormente serão removidas.

A mistura é realizada através da Calha Parshall, dispositivo que funciona com queda livre instalado na entrada da ETA e que também serve para medir a vazão e misturar os produtos químicos. O ponto de aplicação dos produtos acontece no ressalto hidráulico do equipamento.

#### **3.3.2. Floculador**

É uma continuação do processo de aglutinação de partículas de impurezas. Nesta unidade a água é agitada lentamente para aumentar o diâmetro e a massa dos flóculos. Enquanto



a finalidade dos coagulantes é gerar flocos através da desestabilização das partículas, os floculadores tem função de aumentar o diâmetro e peso desses flocos. Nesta ETA será utilizado o Floculador do tipo mecânico (impulsionado por motores), com hélices e com palhetas.

Visto que esta é uma etapa de grande importância no tratamento, requer atenções especiais quanto ao seu funcionamento e conservação, como medição do pH e remoção da espuma.

### 3.3.3. Decantador

A decantação ou sedimentação é um processo dinâmico de separação de partículas sólidas suspensas nas águas. Entre as impurezas contidas nas águas naturais encontram-se partículas em suspensão e partículas em estado coloidal, que consistem em partículas mais pesadas do que as águas podem manter suspensas nas correntes líquidas pela ação de forças relativas à turbulência. Portanto, essas partículas, sendo mais pesadas do que a água, tenderão a cair para o fundo com certa velocidade. Os decantadores ou bacias de sedimentação são tanques onde se procura evitar ao máximo a turbulência.

A decantação consiste no ato de separar, por meio da gravidade, os sólidos sedimentáveis que estão contidos em uma solução líquida. Os sólidos sedimentam no fundo do decantador, de onde são removidos como lodo, enquanto o efluente, livre dos sólidos, decanta pelo vertedouro. A decantação é de extrema importância para que os filtros iriam funcionem com a devida eficiência.

Nesta ETA o decantador será do tipo alta taxa com fluxo laminar entre as placas planas paralelas, com o objetivo de Remoção de areia com tamanho superior a 0,2mm, remoção de partículas sedimentáveis finais sem coagulação e a retenção de flocos que foram formados no processo de coagulação.

A limpeza/lavagem do decantador deverá ser realizada quando a percentagem de remoção de cor ou remoção da turbidez for inferior a 90 %, quando iniciar a fermentação (esta é percebida pela formação de bolha na superfície do decantador). É importante ressaltar que é necessário paralisar o decantador para limpeza, uma vez que o excesso de lodo transfere para a água sabor e odor desagradável.



### 3.3.4. Filtro

A água decantada é direcionada para a unidade de filtração. A filtração da água é um processo físico que consiste em fazê-la passar através de substâncias porosas capazes de reter ou remover algumas de suas impurezas. Com a passagem da água através de um leito de areia, verifica-se a remoção de materiais em suspensão e substâncias coloidais, redução de bactérias presentes, e alteração das características da água, inclusive químicas.

Os fenômenos que ocorrem durante a filtração correspondem a ação mecânica de coar, sedimentação de partículas sobre grão de areia e/ou carvão e a floculação de partículas que estavam em formação, pelo aumento da possibilidade de contato entre elas. A composição do filtro é constituída de camada suporte e leito filtrante, sendo:

- Camada de carvão: a que realmente retém partícula de turbidez;
- Camada de areia: também tem o propósito de filtrar;
- Camada de Pedregulho: possui a finalidade de sustentar a areia e a camada de carvão, cuja altura é composta de várias outras camadas de pedregulho em tamanhos diferenciados.

A operação do filtro deverá ser paralisada para lavagem quando: a turbidez da água filtrada for maior que 1,0 unidade de turbidez; Alumina residual maior que 0,18 mg/L; Perda de carga entre 1,8 a 2,50 m; o Oxigênio consumido maior que 1,8 mg/L; e/ou quando tiver redução menor que 90% da contagem de colônias da água bruta/água filtrada.

### 3.3.5. Câmara de Nível

Será construída em aço, e possuirá um vertedor central para garantir nível mínimo.

## 3.4. CASA DE QUÍMICA

É o espaço físico de uma ETA destinado a estocagem de produtos químicos, preparo de solução e análise de rotina da água. Também faz parte da casa de química as bombas dosadoras, cloradores, motobomba para recalque de solução de sulfato e cal, misturadores e sopradores.





A estocagem de produtos químicos consiste na acomodação dos produtos químicos dentro do almoxarifado, bem como na casa de química, sendo muito importante para o controle de estoque. Essa estocagem deverá ser de tal forma, a permitir não só o seu fácil controle, como também o consumo de acordo com a ordem de chegada.

Nesta unidade também ocorre o preparo de carga de coagulante, sendo fundamental que o operador prepare as cargas de coagulante em concentrações exatas, isto porque só a partir dessas concentrações é que poderemos saber a quantidade de produtos químicos que estaremos dosando na água.

Após a utilização da solução preparada no tanque, o operador deverá remover todo o insolúvel que fica retido nas paredes e no fundo do tanque. Isto deverá ser feito com o auxílio de escova e jato de água.

### 3.5. RESERVATÓRIO

Os reservatórios são unidades hidráulicas de acumulação e passagem de água situados em pontos estratégicos do sistema de modo a atenderem as seguintes situações:

- Garantia da quantidade de água (demandas de equilíbrio, de emergência e de anti-incêndio);
- Garantia de adução com vazão e altura manométrica constante;
- Menores diâmetros no sistema; e
- Melhores condições de pressão.

Os reservatórios são dimensionados para que tenham capacidade de acumular um volume útil que supra as demandas de equilíbrio, de emergência e de anti-incêndio.

Será implantado um reservatório com capacidade de 500,00 m<sup>3</sup>, de onde partirão as interligações para integração com o sistema de abastecimento de água existente.

Especificação: RAP 500m<sup>3</sup>, com diâmetro interno de 10,5m, altura do costado 6,60m, contendo 01 (uma) escotilha de acesso pelo costado 80cm, 01 (uma) escotilha de acesso pelo teto 60cm, ventilação com diâmetro de Ø100mm, escada marinheiro interna e externa com guarda corpo e pintura de acabamento.



### 3.6. CRITÉRIOS GERAIS DE PROJETO

#### 3.6.1 Velocidades Mínimas e Máximas

As limitações de velocidade estão associadas tanto à segurança e durabilidade das tubulações, quanto ao custo de implantação e operação. As baixas velocidades favorecem a durabilidade, sob o aspecto de abrasão das tubulações e peças especiais, e ainda minimizam os efeitos dos transitórios hidráulicos ocasionados pelas variações de pressão e, por outro lado, facilitam o depósito de materiais existentes na água (TSUTIYA, 2006).

Já velocidades altas diminuem o diâmetro da tubulação e, conseqüentemente, o custo da aquisição e assentamento das tubulações, entretanto, causam aumento da perda de carga, com aumento dos custos de energia elétrica nos bombeamentos ou na altura dos reservatórios, causam ruído na tubulação, favorecem o desgaste por abrasão e cavitação de peças e válvulas, aumentando os custos de manutenção

Segundo a NBR 12218/94, a velocidade mínima nas tubulações deve ser de 0,6 m/s e a máxima de 3,5 m/s.

#### 3.6.2 Diâmetro Mínimo

O diâmetro mínimo, a ser adotado para as redes de distribuição de água, deve levar em consideração as perdas de carga e as vazões disponíveis aos usuários, no entanto para as tubulações principais não há nenhuma recomendação (TSUTIYA, 2006).

O diâmetro mínimo para as tubulações secundárias é de 50 mm, segundo as recomendações da NBR 12218/94.



## 4. MEMORIAL DE CÁLCULO – DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO

### 4.1. CAPTAÇÃO DE ÁGUA BRUTA

#### 4.1.1 Vazão de captação

$$Q = Q_{\text{med}} \times K1$$

Onde: Q – Vazão de captação (m³/s);

K1 – Coeficiente de vazão máxima horária 1,2;

Q<sub>med</sub> – Vazão Média ETA – 125l/s (m³/s).

$$Q = 125 \times 1,2$$

$$Q = 150 \text{ l/s}$$

#### 4.1.2 Diâmetro Econômico

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

Onde: D – Diâmetro econômico (m);

K – Variação de 0,8 à 1,2;

Q<sub>máx total</sub> – Vazão máxima (m³/s).

$$D_{\text{mín}} = 0,8 \times \sqrt{0,150}$$

$$D = 0,309 \text{ m}$$

O diâmetro calculado foi de 309mm, desta forma, o diâmetro adotado para a captação de água bruta será de 400mm, o qual também atende de forma eficiente ao sistema.

#### 4.1.3 Velocidade Máxima

$$V_{\text{máx}} = \frac{Q_{\text{máx}}}{A}$$



Onde:  $V_{\text{máx}}$  – Velocidade máxima no conduto (m/s);

$Q_{\text{máx total}}$  – Vazão máxima (m<sup>3</sup>/s);

$A$  – Área do conduto (m<sup>2</sup>) =  $\pi r^2$ ;

$r$  – Raio do conduto (m).

$$V_{\text{máx}} = \frac{0,150}{\pi \times 0,400^2}$$

$$\mathbf{V_{\text{máx}} = 1,19 \text{ m/s}}$$

Conforme a NBR 12218, a velocidade mínima nas tubulações deve ser de 0,60 m/s e a máxima de 3,50 m/s. Dessa forma, verifica-se que a velocidade calculada para o diâmetro de 350mm encontra-se dentro do limite estabelecido.



#### 4.1.4 Planilha de dimensionamento da adutora de água bruta

| Trecho     | Nó    |      | Extensão (m) | Vazão (L/s) | DN (mm)    | F     | Vel. (m/s) | P. Carga (m/km) | P. Carga (m) | Hm (m.c.a.) |       | Cota Terreno (m) |        |
|------------|-------|------|--------------|-------------|------------|-------|------------|-----------------|--------------|-------------|-------|------------------|--------|
|            | Mont. | Jus. |              |             |            |       |            |                 |              | Mont.       | Jus.  | Mont.            | Jus.   |
| <b>T1</b>  | N1    | N2   | 24,38        | 150,00      | <b>400</b> | 0,015 | 1,52       | 4,99            | 0,130        | 75,28       | 65,87 | 139,95           | 149,23 |
| <b>T2</b>  | N2    | N3   | 17,60        | 150,00      | <b>400</b> | 0,015 | 1,52       | 4,99            | 0,103        | 65,87       | 55,00 | 149,23           | 160,00 |
| <b>T3</b>  | N3    | N4   | 1043,73      | 150,00      | <b>400</b> | 0,015 | 1,52       | 4,99            | 5,210        | 55,00       | 54,82 | 160,00           | 154,97 |
| <b>T4</b>  | N4    | N5   | 102,05       | 150,00      | <b>400</b> | 0,015 | 1,52       | 4,99            | 0,509        | 54,76       | 52,84 | 154,97           | 156,38 |
| <b>T5</b>  | N5    | N6   | 109,17       | 150,00      | <b>400</b> | 0,015 | 1,52       | 4,99            | 0,545        | 52,83       | 49,86 | 156,38           | 158,81 |
| <b>T6</b>  | N6    | N7   | 765,31       | 150,00      | <b>400</b> | 0,015 | 1,52       | 4,99            | 3,820        | 49,85       | 28,84 | 158,81           | 176,00 |
| <b>T7</b>  | N7    | N8   | 134,53       | 150,00      | <b>400</b> | 0,015 | 1,52       | 4,99            | 0,672        | 28,80       | 25,00 | 176,00           | 179,13 |
| <b>T8</b>  | N8    | N9   | 17,28        | 150,00      | <b>400</b> | 0,015 | 1,52       | 4,99            | 0,086        | 24,99       | 24,57 | 179,13           | 179,46 |
| <b>T9</b>  | N9    | N10  | 20,46        | 150,00      | <b>400</b> | 0,015 | 1,52       | 4,99            | 0,102        | 24,57       | 23,93 | 179,46           | 180,00 |
| <b>T10</b> | N10   | N11  | 600,04       | 150,00      | <b>400</b> | 0,015 | 1,52       | 4,99            | 2,995        | 23,93       | 18,07 | 180,00           | 182,86 |
| <b>T11</b> | N11   | N12  | 36,09        | 150,00      | <b>400</b> | 0,015 | 1,52       | 4,99            | 0,180        | 18,04       | 17,50 | 182,86           | 183,22 |
| <b>T12</b> | N12   | N13  | 17,51        | 150,00      | <b>400</b> | 0,015 | 1,52       | 4,99            | 0,087        | 17,50       | 17,35 | 183,22           | 183,28 |
| <b>T13</b> | N13   | N14  | 6,61         | 150,00      | <b>400</b> | 0,015 | 1,52       | 4,99            | 0,083        | 17,35       | 3,55  | 183,28           | 197,00 |
| <b>T14</b> | N1    | N15  | 5,28         | 150,00      | <b>400</b> | 0,015 | 1,52       | 4,99            | 0,031        | 75,28       | 78,34 | 139,95           | 136,86 |



#### 4.1.5 Tipo de Captação

A captação a ser utilizada será do tipo balsa flutuante, a qual contempla o sistema completo de bombas, incluindo a bomba reserva. O tempo previsto de funcionamento da captação, assim como da ETA, é de 24 hora por dia.

Especificação do equipamento: Conjunto Motobomba Centrífuga, Vazão de 150 L/s, HM 76m. Deverá ser previsto a instalação de inversores de frequência para melhor rendimento operacional e prevenção às paralisações no sistema.

Especificação do equipamento conj motobomba flutuante afg 150-500 200cv 4p fl 2500x900 rt ferro para atender uma vazão de 540m<sup>3</sup>/h em 76mca, motobomba centrífuga radial, monobloco, sistema back pull out modelo afg 150-500 simples, sucção vertical, recalque na horizontal, carcaça espiral simples, adaptador em ferro fundido, com anéis de desgaste substituível, rotor em ferro, aneis de desgaste em bronze, bucha protetora do eixo em bronze, parafuso do rotor em aço inox, selo mecânico t21 2.1/4" carvão/cerâmica/buna, motor elétrico de 200cv 150 kw, 1800rpm, 4 polos, frequência 60hz, 220/380/440v, forma construtiva tfve, v18, proteção ipw55, carcaça 315s/m, fator de serviço 1.25, modelo w22 premium marca weg. flutuante construído em fibra de vidro estruturada com divisórias de lastro, ø2500x600mm, hermeticamente vedado, com saída flangeada 200mm norma a combinar, com ralo/crivo na sucção, tampa de proteção do motor chapéu em fibra de vidro, com sensor de umidade tipo bóia no interior do flutuante, obs: rendimento da curva para bombeamento de água bruta.

#### 4.2. MEDIÇÃO DA VAZÃO E MISTURA RÁPIDA DO COAGULANTE

Será realizada no dispositivo conhecido por Calha Parshall, que possibilita a medição da vazão em secção apropriada e também por ter secção contraída, possibilita velocidade elevada, com ressalto hidráulico, onde a turbulência do fluxo de água é elevada, possibilitando a dispersão do coagulante em tempo reduzido, ou seja, atendendo as recomendações para a mistura rápida do coagulante, com velocidade na secção contraída, superior a 2 m/s, com gradiente de velocidade superior a 1000 s<sup>-1</sup> e tempo de mistura do coagulante inferior a 1 segundo.

A vazão na Calha Parshall com largura da garganta de 45 cm é dada pela fórmula:

$$Q = C.H_o^n,$$

Onde:  $Q$  = vazão ( $m^3/s$ );

$H_o$  = lâmina d'água no local de medição (m).

Todos os parâmetros significativos para a medição da vazão ( $H_a$ ) e, principalmente, a mistura rápida, são atendidos, ou seja: ( $v > 2m/s$ ;  $t_m < 1$  seg e  $G > 1000 s^{-1}$ ) e adequados para a calha com largura da garganta ( $W$ ) de 22,86 cm para as vazões até 252,02 l/s.

➤ Calha Parshall com Largura da Garganta =  $W = 22,86$  cm

Tabela 6 – Informações da Calha Parshall.

|  |             |
|--|-------------|
| <b>Vazão (Q em L/s)</b>  | <b>125</b>  |
| Lâmina d'água ( $H_a$ ) no local da medição da vazão (m)         | 0,40        |
| <b>Velocidade na medição de vazão (m/s)</b>                      | <b>0,76</b> |
| <b>Velocidade na garganta - <math>v_g</math> (m/s)</b>           | <b>3,04</b> |
| Gradiente de velocidade ( $G$ ) jusante da garganta ( $s^{-1}$ ) | 631,51      |
| Tempo de Mistura (s)   | 0,46        |

Portanto, a calha está adequada para a medição da vazão e para a mistura rápida do coagulante. Apresenta velocidade na garganta e gradiente de velocidade, com parâmetros significativos para a mistura rápida do coagulante, portanto deverá ser usada a calha Parshall com largura da garganta de 22,86cm, onde a mesma consegue atender vazão com escoamento livre até 250 L/s, sendo assim atendendo a vazão da ETA Bom Sucesso.

A calha Parshall a ser adquirida, deverá ser em PRFV, constando de secção de entrada e de saída, incluso com quebra onda, para minimizar diferença na distribuição de vazão para os módulos de tratamento de água, compostos por: floculadores, decantadores e filtros.

#### 4.3. FLOCULAÇÃO

Será do tipo mecanizada, dimensionada em um sistema de floculação, com operação em cinco câmaras de floculação, com fluxo em série. Sendo a dimensão dos 05 tanques de floculação de 3,50x3,50x3,90 m, com lâmina d'água de 3,60 m, com volume unitário de 44,10  $m^3$  e total de 220,50  $m^3$ , sendo o tempo de detenção de 1769,472 segundos ou 29,4912 minutos.



De acordo com as recomendações de Ferreira Filho e da ABNT NBR 12216, o tempo de floculação deve ser entre 30 e 40 minutos, para floculador mecânico.

Serão três câmaras com floculadores mecânicos tipo turbinas com fluxo axial e dois floculadores mecânicos do tipo paletas verticais. Foram previstas ainda duas descargas de fundo, DN150mm, possibilitando assim o esvaziamento completo das câmaras de floculação.

#### 4.3.1 Floculador Tipo Turbina com Fluxo Axial

De acordo com Howe, Hand, Crittenden, Trussell e Tchobanoglous - versão em português 2017 e Ferreira Filho (2017):

- $G$  = gradiente de velocidade = 10 a 80  $s^{-1}$
- $V_p$  = velocidade periférica ou de ponta = 2 a 3 m/s
- $V_r$  = velocidade de rotação = 10 a 30 rpm

Dimensão em planta do compartimento:

- Largura = 3 a 5 m – adotado: 3,20 m
- Comprimento = 3 a 6 m – adotado: 3,20 m

O volume das 3 (três) câmaras de floculação com os floculadores tipo turbina será de 132,3m<sup>3</sup>.

O tempo de detenção nesses floculadores tipo turbina axial será de 884,74 segundos, com velocidade variável em função do gradiente de velocidade a ser adotado.

O Número de Potência (NP) é dado por:

$$NP = P / \rho \times N^3 \times D^5$$

O impulsor tipo turbina axial, com curvatura (hidrofólio) com três lâminas é o mais recomendado com NP variando entre 0,20 e 0,30.

Os autores recomendam que a relação entre o diâmetro da turbina e a largura da câmara de floculação seja de: 0,3 a 0,6 e de preferência: 0,4 a 0,5.





Sendo as câmaras de floculação com dimensão de 3,50x3,50x3,90 m, com lâmina d'água de 3,60 m, sendo a turbina axial tipo hidrofólio (pás curvas) e deverá ter diâmetro entre 1,4 e 1,75 m, de preferência: 1,50 a 1,60 m.

A relação entre a profundidade (lâmina d'água) e a largura do tanque deve ser de: 0,9 a 1,0. Portanto, a relação  $H/L = 0,914286$  é adequada.

O floculador tipo turbina será com fluxo axial, que produz menor tensão de cisalhamento na periferia do rotor, em comparação com as turbinas com fluxo radial. A turbina deverá estar a uma distância de 1,40 m do fundo do tanque de floculação, sendo recomendada a relação entre (C/H) de: 0,33 a 0,5 e sendo:

- C = altura da turbina para o fundo do tanque de floculação = 1,40 m
- H = lâmina d'água no tanque de floculação = 3,60 m
- $C/H = 1,4m/3,60m = 0,38888$  (OK)

O Diâmetro da turbina tipo hidrofólio deve ser entre 1,60 e 1,75 m. Para este projeto, adotou-se o diâmetro de 1,75 m.

Desta forma, o volume das 5 (cinco) câmaras de floculação é de 220,50m<sup>3</sup>.

Seguindo a floculação em floculadores tipo turbina, estão os floculadores tipo paletas, que mantem os flocos em suspensão, com menor risco de ruptura, principalmente nas últimas câmaras.

#### **4.3.2 Floculador Mecânico do Tipo Paletas Verticais, Paralelas ao Eixo**

O floculador tipo paletas verticais, instalado em câmaras com igual dimensão de 3,50x3,50x3,90 m, com lâmina d'água de 3,60 m, sendo o volume unitário de 44,1 m<sup>3</sup> e total de 88,2 m<sup>3</sup>, para duas câmaras de floculação.

As passagens entre as câmaras, inferiores e superiores, em locais distintos serão com dimensão de 1,20x1,20 m, com velocidade de 0,1736 m/s, adequada a proteção dos flocos contra ruptura.

As câmaras de floculação serão com floculadores mecânicos com paletas verticais, sendo a lâmina d'água de 3,60 m, com volume unitário de 44,10 m<sup>3</sup> e total de 88,20m<sup>3</sup> nas câmaras de floculadores mecânicos do tipo paletas verticais.

A potência dos equipamentos é dada por:



$$P = \mu \times V \times G^2$$

Onde: P= potência(W);

$\mu$  = viscosidade cinemática da água =  $1,002 \times 10^{-3}$  (N.s/m<sup>2</sup>)

V= volume = 44,1 m<sup>3</sup>

G = gradiente de velocidade (s<sup>-1</sup>)

Para o maior valor do gradiente de velocidade de 70 s<sup>-1</sup>

$$P = 1,002 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2 \times 44,1 \text{ m}^3 \times 70^2 \text{ s}^{-1}$$

$$P = 216,52218 \text{ W} = 0,216522 \text{ kW}$$

A potência consumida na primeira câmara com maior gradiente de velocidade será de aproximadamente 0,22 kW.

Na última câmara com gradiente de velocidade de 20 s<sup>-1</sup>.

$$P = 17,6753 \text{ W} = 0,0177 \text{ kW} \rightarrow \text{aproximadamente } 0,018 \text{ kW}$$

Portanto a potência dos equipamentos de floculação será entre 0,22 kW e 0,018 kW.

A rotação do equipamento para esse gradiente de velocidade é determinada por:

$$P = 0,842 \times N^3$$

Em que: N = rotação em rpm, portanto  $N = (P/0,842)^{1/3}$

Para gradiente máximo de 60 s<sup>-1</sup>, com potência de 216,522 w, a rotação máxima (N) será dada por:

$$N = (216,522/0,842)^{1/3} = 63,59 \approx 64 \text{ rpm} - \text{Rotação máxima do floculador.}$$

Já para gradiente mínimo de 20 s<sup>-1</sup>, com potência de 17,6753 w, a rotação mínima (N) será de:

$$N = (17,6753/0,842)^{1/3} = 2,75855 \text{ rpm} \approx 3 \text{ rpm} - \text{Rotação mínima do floculador.}$$

➤ **Outra forma de dimensionar os equipamentos de floculação tipo turbina:**



De acordo com Howe, Hand, Crittenden, Trussel e Tchobanoglous, as seguintes relações entre o diâmetro da turbina (D), a altura da turbina para o fundo do floculador (C), a largura do tanque (Te) e a altura do tanque (H) são:

- Dimensão dos Tanques de Floculação: 3,50x3,50x3,90 m - lâmina d'água de 3,60 m.

De acordo com os autores, as relações adequadas ao floculador tipo turbina são: Para dimensão em planta do tanque de floculação de 3,50x3,50 m, ou seja, a largura Te é de 3,50 m, portanto, a dimensão da turbina (D) será de  $0,5 \times 3,50 = 1,75$  m

$D/Te = 0,3$  a  $0,6$  e de preferência:  $0,4$  a  $0,5$

$D = 1,75$  m (diâmetro da turbina) e  $Te =$  largura do tanque =  $3,65$  m

$H/Te = 0,9$  a  $1,1$

$H = 3,60$  m (Lâmina d'água no tanque) e  $Te = 3,50$  m (Largura do tanque),

$H/Te = 3,65/3,50 = 1,04285714 \sim 1,043$  m (OK), pois entre  $0,9$  e  $1,1$

$C/H = 0,5$  a  $0,33$ , sendo:

$C =$  altura entre a turbina e o fundo do tanque e  $H =$  lâmina d'água no tanque =  $3,60$  m

$C = 1,45$  m (altura da turbina para o fundo do tanque de floculação)

Portanto as turbinas deverão estar a  $1,45$  acima do piso do tanque de floculação.

$C/H = 0,40278$  - (OK) pois entre  $0,33$  e  $0,50$  em concordância com os autores citados

$N = 10$  a  $30$  rpm (rotação do floculador tipo turbina) e velocidade média de  $1,8$  m/min

#### 4.4. SEDIMENTAÇÃO DE ALTA TAXA ENTRE PLACAS PLANAS PARALELAS ( $Q=125$ L/s)

Em dois decantadores do tipo alta taxa com placas planas paralelas, com comprimento de  $12,70$  m e largura de  $3,80$  m, com canal central com largura de  $0,70$  m, com área de decantação unitária de  $39,37$  m<sup>2</sup> e total nos 2 (dois) decantadores de  $78,74$  m<sup>2</sup>.

Será realizada entre placas planas paralelas de decantação, com espaçamento de  $5$  cm e comprimento de  $3,45$  m, com verificação da velocidade crítica de sedimentação sendo dada por:



$$v_{sc} = Q/(Axf),$$

Onde:

$v_{sc}$  = velocidade de sedimentação crítica (m/dia)

$Q$  = vazão afluyente ao decantador (m<sup>3</sup>/dia)

$A$  = área do decantador coberta com placas ou módulos de decantação (m<sup>2</sup>)

$f$  = fator de forma recomendado pela ABNT e Richter

$f = \frac{\sin\Theta}{\sin\Theta + L\cos\Theta}$ , onde:

$S$  = fator de eficiência, sendo  $S = 1$  para placas e  $S = 11/8 = 1,375$  para dutos quadrados e  $S = 4/3$  para tubos circulares.

$v_{sc} = v_0 \times S_c / (\sin 60^\circ + L \cos \Theta)$ , sendo  $\Theta = 60^\circ$ ;  $L$  = comprimento das placas = 1,20 m

No caso das placas  $S_c = 1$ ; portanto:  $v_{sc} = v_0 \times 1 / (\sin 60^\circ + L \cos \Theta) = v_0 / (0,866 + 1,20 \times 0,5) =$

$v_{sc} = v_0 / 1,16119$

São dois decantadores, com dimensão em planta de 3,80x12,70 m, livre como área de decantação (desconto da inclinação de 60° das placas e distância de (0,05m) entre extremidades, portanto o comprimento livre será de 12,10m (total é de 12,7 m), sendo o comprimento das placas de 1,20m e a inclinação destas de 60° com a horizontal. O comprimento livre é de 12,10m, com largura de 3,80 m e a área total superior em planta do decantador é de 45, 98 m<sup>2</sup>.

Sendo a largura de 3,80m, porém, com redução da largura (0,70m), devido ao canal central de distribuição de água floculada e de coleta de água decantada, a área real de cada um dos decantadores será: (3,10x12,10) = 37,51 m<sup>2</sup> e para os dois decantadores será de 75,02 m<sup>2</sup>.

As placas da empresa Petranova, tem espessura de 1,5 mm, portanto com espaçamento de 5 cm, ou seja: 0,0515 m, que corresponde a 235 espaços ou seja, área real de 37,053 m<sup>2</sup> em cada um dos decantadores

**Comprimento de 12,10 m (livre com placas), corresponde a 235 x 2 = 470 placas por decantador de alta taxa, com área de decantação de 11,70 mx3,05 m = 122,521 m<sup>2</sup>.**

O comprimento real do decantador é de 12,70 m, sendo o comprimento da placa de 1,20m, inicialmente será perdido 0,70 m, no comprimento, portanto o comprimento será de 12 m, com espaçamento de 0,05 m ou 5 cm, entre placas e paredes, portanto considerando a espessura das placas de 1,5 mm e devem ser 235 placas por decantador, considerando a espessura de 1,5 mm com a redução de 0,36 m, devido a espessura dessas placas.



A largura de cada decantador é de 1,55 m, com redução de 0,70 m no centro para o distribuidor de água floculada e a redução no comprimento é de 0,60 m no comprimento, sendo a área útil entre as placas de  $11,70 \times 2 \times 1,55 = 36,27 \text{ m}^2$ .

A área total dos dois decantadores será de  $72,54 \text{ m}^2$ .

#### 4.4.1 Decantadores de Alta Taxa $Q = 150 \text{ L/S}$ ou $6.480 \text{ M}^3/\text{Dia}$

Considerando cada um dos dois decantadores para  $Q = 150 \text{ L/s}$ , Temos:

$$150 \text{ l/s} \div 2 = 75,00 \text{ L/s} = 6.480 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Sendo  $A = 36,27 \text{ m}^2$

$V_0$  = velocidade de fluxo entre as placas (m/dia ou cm/min)

$v_{sc}$  = velocidade crítica de sedimentação (m/dia ou cm/min)

$$V_0 = Q / A \times \sin \Theta \text{ ou}$$

$$V_0 = 6480 \text{ m}^3/\text{dia} / 36,27 \times 0,866 = 203,53 \text{ m/dia}$$

$$V_0 = 203,53 \text{ m/dia} = 14,13 \text{ cm/min} - \text{velocidade de fluxo entre as placas}$$

Sendo:

$$v_{sc} = V_0 / 1,16119;$$

$$v_{sc} = 12,169 \text{ cm/min ou } 175,2271 \text{ m/dia} - \text{velocidade de sedimentação crítica.}$$

Para a vazão total de  $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$  nos dois decantadores, a velocidade de fluxo através dos módulos de decantação ( $V_0$ ) será de  $203,53 \text{ m/dia}$  ou  **$14,13 \text{ cm/min}$**  e  **$v_{sc} = 12,169 \text{ cm/min}$**

#### 4.5. DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA FLOCULADA SOB AS PLACAS OU DUTOS

Foi adotada velocidade máxima nos orifícios de  $0,20 \text{ m/s}$  (para que o gradiente de velocidade não seja maior que  $25 \text{ s}^{-1}$ , evitando-se com isso a quebra dos flocos, para vazão de  $75 \text{ L/s}$  e adotando para cada lado do distribuidor 15 orifícios, com total de 30 orifícios, por decantador, a vazão em cada orifício será de  $2,5 \text{ L/s}$ . Esse canal de distribuição tem altura inicial de  $1,80 \text{ m}$  e final de  $0,40 \text{ m}$ , com inclinação da tampa de aproximadamente  $11\%$ .



**$Q = 150 \text{ L/s}$  E  $Q_U = 75 \text{ L/s}$ , com 15 orifícios de cada lado do decantador.**

Tabela 7 - Determinação do Orifício de Água Floculada.

| D (m) | Nº Orifícios | v (m/s) | G (s <sup>-1</sup> ) | A/a  |
|-------|--------------|---------|----------------------|------|
| 0,160 | 30           | 0,1480  | 14,17                | 1,37 |
| 0,140 | 30           | 0,19335 | 22,62                | 1,79 |

Foi escolhido o orifício com diâmetro de 160mm em número de 30 unidades, ou seja, 15 orifícios de cada lado do distribuidor, totalizando 30 orifícios em cada decantador de alta taxa. O diâmetro de 160mm, com 30 orifícios a velocidade será de 0,138 m/s, enquanto que com diâmetro de 140mm, a velocidade será de 0,18 m/s, com o diâmetro maior terá maior segurança com relação a ruptura de flocos. Portanto o diâmetro do orifício distribuidor será de 160 mm.

#### 4.6. DIMENSÃO DO CANAL CENTRAL DISTRIBUIDOR DA ÁGUA FLOCULADA

Fazendo altura inicial de 1,80 m e final de 0,40 m, tendo a tampa do distribuidor inclinação de 11 %. O distribuidor tem 30 orifícios (15 em cada lateral) com diâmetro de 160 mm, tendo em cada lateral 16 espaçamentos, sendo a distância inicial e final de 0,41 m e as demais entre orifícios de 0,82 m, de centro a centro, totalizando 12,70 m.

#### 4.7. COLETA DE ÁGUA DECANTADA

A coleta da água decantada será realizada em canal central com largura de 0,70 m, tendo altura variável de 1,00 m no início e de 2,40 m no final. Será alimentado por 12 calhas de coleta de água decantada com largura de 0,20 m e altura de 0,25 m, sendo 6 de cada lado do canal central de coleta de água decantada.

As calhas de coleta terão comprimento de 1,45 m, sendo a vazão em cada calha de coleta de 6,25 L/s, para a vazão afluente a ETA de 150 L/s, sendo a vazão em cada decantador de 75 L/s. A lâmina d'água nas calhas será de 8,6 cm para a vazão afluente aos decantadores de 75 L/s, valor muito inferior à altura da calha de 25 cm.

O cálculo da vazão em calha de coleta é dado por:



$$Q = 1,32 BxH_o^{3/2}$$

Em que:     Q = vazão (L/s);  
              B = largura da calha (m);  
              H<sub>o</sub> = lâmina d'água (m).

Com a intenção de realizar o isolamento de cada decantador de forma independente, foi previsto em projeto dispositivos de bloqueio de fluxo, sendo na entrada, comporta (0,70m x 1,0m) e na saída, válvula borboleta DN400mm (instaladas nas interligações entre os filtros e entre as próprias unidades de decantação). Foram previstas ainda descargas de fundo para retirada do lodo das unidades tronco-piramidais, sendo estas com DN200mm.

#### 4.8. DESCARGA DO LODO NO FUNDO DOS DECANTADORES

Cada decantador terá no fundo três tremonhas (pirâmides invertidas), para a descarga do lodo, tendo cada uma destas um tubo de 200 mm e a saída do lodo será realizada por descarregamento desses tubos de 200 mm em caixas de descarga de lodo e drenagem da ETA, sendo a dimensão de cada pirâmide de 4,10x3,50 com altura de 0,78 m com volume de 4,2 m<sup>3</sup> para cada uma das três tremonhas e total por decantador de 12,60 m<sup>3</sup>. Portanto as descargas de todas as tremonhas dos dois decantadores produzem volume total de 25,2 m<sup>3</sup>.

#### 4.9. FILTRAÇÃO DE ALTA TAXA

##### 4.9.1 Filtro de dupla camada filtrante

Os filtros de dupla camada filtrante, em número de 2 (duas) unidades, com leito de antracito e areia, com área unitária de 21,28 m<sup>2</sup> e total de 42,56 m<sup>2</sup>, com velocidade de filtração com todas as unidades em operação de 253,76 m/dia e com uma unidade fora de operação (lavagem), a velocidade será de 338,35 m/dia, valor adequado para esse tipo de filtro, que pode operar com velocidade máxima de 360 m/dia. A dimensão em planta dos filtros será de 3,80x5,60 m, com altura da caixa do filtro de 4,30 m.



A lavagem será realizada com água filtrada e clorada, com vazão de 320 L/s ou 0,32 m³/s ou ainda 19,2 m³/min, com velocidade de 0,90 m/min, adequada a esse tipo de filtro.

Os filtros terão duas calhas de coleta de água de lavagem com dimensão em planta de 0,50x5,60 m, com altura de 0,60 m (o fundo em forma de V com altura de 0,10 m), apta a receber a vazão de lavagem de 0,32 m³/min ou 320 L/s.

Camadas Filtrante com carvão antracito e areia, com espessuras de 0,50 e 0,25 m, respectivamente, com tamanho efetivo entre 0,80 e 0,90 mm para o antracito e para a areia entre 0,45 e 0,55 mm com Coeficiente de Uniformidade < 1,60 para ambos os materiais.

A lavagem dos filtros será sequencial com ar inicialmente com velocidade de 0,938 m/min, ou seja, vazão de ar de 20 m³/min e após essa limpeza, o ar será desligado e inicia a lavagem com água com igual velocidade, ou seja, de 0,90 m/min, que para a área do filtro de 21,28 m², corresponde a vazão de aproximadamente 20 m³/min ou 333 L/s, sendo essa a vazão do soprador de ar e também da bomba de água de lavagem do filtro.

As calhas de coleta de água de lavagem e distribuição de água decantada para a filtração, serão com dimensão de 0,50x0,50x5,60 m, sendo estas dimensionadas por:

$$Q = 1,32 B \times H^{3/2}$$

Onde: Q = vazão (m³/s);

B = largura da calha (m); e

H = lâmina d'água (m)

Para calhas com dimensão de 0,50x0,50x0,50 m, com comprimento de 5,60 m, sendo a velocidade de lavagem dos filtros (vL) de 0,90 m/min e a área unitária do filtro de 21,28 m², temos:

$$Q = 21,28 \text{ m}^2 \times 0,90 \text{ m/min}$$

$$Q = 19,152 \text{ m}^3/\text{min} = 319,20 \text{ L/s} \approx 320 \text{ L/s}$$

Sendo essa a vazão da bomba centrífuga que produzirá o fluxo de água na lavagem, com altura manométrica de 10 m.c.a, ou seja, que fará a lavagem dos filtros, sendo coletada por duas calhas de coleta com dimensão de 0,50x0,50x5,60 m, portanto, a vazão em cada calha será de  $320 \text{ L/s} / 2 = 160 \text{ L/s}$ . Portanto a calha com altura e largura de 0,50 m, terá folga de 0,10 m, ou seja, a vazão em cada calha:





$$Q = 0,160 \text{ m}^3/\text{s} = 1,32 B \times H^{3/2} = (1,32 \times 0,50) \times H^{3/2},$$

$$H = (0,160 \text{ m}^3/\text{s} / 1,32 \times 0,50)^{2/3}$$

$$H = (0,202020)^{2/3} = 0,3888 \approx 0,40 \text{ m}$$

A folga será de aproximadamente 0,20 m para calha de coleta com largura e altura de 0,50 m (acrescida de 0,10 m no fundo inclinado com altura de 0,10 m), que é o recomendável, sendo então as duas calhas de coleta de cada um dos quatro filtros com dimensão em planta de 0,60x0,60x5,60 m, sendo duas unidades, com folga de 20 cm na altura na coleta da vazão de 320 L/s.

Essa deverá ser a vazão de recalque da água tratada para a lavagem dos filtros e também a vazão do soprador de ar. A lavagem dos filtros será inicialmente com ar, seguida por lavagem com água.

#### 4.9.2 Sistema de reaproveitamento de água de lavagem (SRAL)

A lavagem dos filtros pode consumir de 2 a 10% do volume total de água produzido por uma ETA (BRAGA et al., 2007). A geração de água de lavagem de filtros (ALF) possui em sua composição resíduos do coagulante na forma de partículas desestabilizadas, que podem auxiliar na coagulação de partículas em suspensão na água bruta quando promovida a recirculação da ALF, configurando-se como uma das potenciais vantagens do processo (GOTTIFRIED apud BRITO, 2018).

A geração de ALF é um resíduo da operação de uma ETA. Normalmente, os filtros são retrolavados com água tratada. A vazão empregada deve ser suficiente para expandir o leito filtrante e desobstruir o material sólido retido na camada filtrante e, portanto, é necessário o uso de vazão bem acima da vazão de operação da estação, levando a produção de grande volume de água residuária, num curto espaço de tempo (USEPA apud CAMPOS, 2014).

Os filtros são normalmente lavados através do fluxo de água limpa no sentido ascendente. A vazão utilizada deve ser suficiente para expandir o leito filtrante e liberar o material sólido retido na camada filtrante, por isso é necessária a utilização de uma vazão bem acima da vazão de operação da estação, levando à produção de grande volume de água residuária, num curto espaço de tempo de 5 a 10 minutos (USEPA apud BRAGA et al. 2007).

No fundo dos filtros será implantado um fundo falso, com altura de 0,80 m, onde estarão instalados os bocais ou crepinas especiais para distribuição do ar e da água de lavagem dos filtros, sendo essa lavagem realizada de forma sequencial, inicialmente só ar, depois a somente a água e no final com vazão reduzida ar e água. A água de lavagem dos filtros será direcionada ao Sistema de Recuperação de Água de Lavagem dos Filtros – SRAL (Figura 3).

Figura 3 - Fluxograma do Método de cálculo SRAL.



O sistema de recebimento e equalização da água de lavagem dos filtros, assim como dos centrados do sistema de BAGs, será equalizada em tanque específico, dividido em duas células com capacidade suficiente para recebimento das vazões afluentes e equalização da vazão de retorno (via bombeamento) para o início do processo de tratamento de água (Calha Parshall). A Figura 4 a seguir apresenta um demonstrativo do sistema de armazenamento do lodo em bags.

Figura 4 - Imagens ilustrativas de bags para desidratação de lodo.



Conforme planilha de custo em anexo a este projeto, o BAG ainda não está contemplado na execução da obra. A previsão de execução desta etapa é de 48 meses.



#### 4.10. CAIXA DUPLA DE CONTROLE PARA DOIS FILTROS

Consiste na caixa com vertedor de controle de nível mínimo dos filtros, sendo a altura do vertedor de tal forma que os filtros estejam permanentemente afogados com lâmina d'água mínima de 0,20 m, para que possam operar com sistema de compensação de vazão, desde que os filtros não sejam limpos ao mesmo tempo (ideal é com intervalo de 6 horas), sempre haverá na bateria filtros limpos e sujos, de modo que, com a compensação, os filtros mais limpos tenham maior velocidade de filtração, enquanto que demais tenham menor velocidade de filtração, mas na média essa será de aproximadamente 254 m/dia.

#### 4.11. DRENAGEM – ÁGUA DE DESCARGA DA ETA

O projeto drenagem foi projetado para escoar a água proveniente exclusivamente da limpeza da estação de tratamento de água – ETA.

A ETA possui vazão de 125 l/s ou 0,125 m³/s e essa foi a vazão considerada para o projeto. As galerias foram dimensionadas através da equação de Manning:

$$V = \frac{R^{2/3} \times i^{1/2}}{n}$$

$$Q = v \times S$$

Onde: V = velocidade média de escoamento, em m/s;

R = raio hidráulico da seção, em m;

i = declividade longitudinal, em m/m, determinada pela diferença entre as cotas de jusante e montante de cada trecho de tubulação;

n = coeficiente de rugosidade de Manning, adotado 0,013 para o concreto;

Q = vazão, em m³ /s;

S = área da seção molhada, em m².

Após dimensionamento hidráulico, adotou-se tubo de concreto armado de diâmetro de 600 milímetros classe CA-1, conforme demonstra a planilha de cálculo (Tabela 8).



A declividade mínima a ser empregada em galeria de águas pluviais é obedecendo a faixa admissível de velocidade entre 0,6 m/s e 5,0 m/s, em função da possibilidade de sedimentação no interior da galeria.

O recobrimento empregado dentro do terreno da ETA foi pouco devido à falta de trânsito de veículos no local. Após a galeria de águas atingir o solo embaixo da rua, o recobrimento mínimo adotado foi de 1,00 metro.

O lançamento das águas será realizado no curso d'água que se encontra à jusante, sendo dimensionado um dissipador de energia em degraus no final da rede para evitar processos erosivos. Os detalhes do dissipador se encontram em prancha em anexo, assim como o projeto contendo planta baixa, perfis e detalhes de outros dispositivos como: poço de visita, boca de bueiro e seus detalhes construtivos.

O dimensionamento está apresentado na Tabela 8 a seguir.

Tabela 8 - Tabela de Dimensionamento da Drenagem da Água de Descarga da ETA.

| PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO |              |              |              |             |         |                 |                      |                     |                 |                |                    |                   |             |            |       |                |
|--|--------------|--------------|--------------|-------------|---------|-----------------|----------------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------|-------------------|-------------|------------|-------|----------------|
| Trecho                                 | Extensão (m) | Vazão (m³/s) | Diâmetro (m) | Declividade | Tirante | Vel. Real (m/s) | Q Seção Plena (m³/s) | V Seção Plena (m/s) | Cota Ter. Mont. | Cota Ter. Jus. | Cota GI Gal. Mont. | Cota GI Gal. Jus. | Prof. Mont. | Prof. Jus. | n     | Larg. Vala (m) |
| T1                                     | 6            | 0,125        | 0,6          | 9,73%       | 0,17    | 3,88            | 1,691                | 5,98                | 152,49          | 152,49         | 151,49             | 150,89            | 1,00        | 1,60       | 0,013 | 1,2            |
| T2                                     | 38           | 0,125        | 0,6          | 10,78%      | 0,17    | 4,02            | 1,774                | 6,28                | 152,49          | 148,00         | 150,89             | 146,80            | 1,60        | 1,20       | 0,013 | 1,2            |
| T3                                     | 31           | 0,125        | 0,6          | 0,55%       | 0,36    | 1,38            | 0,44                 | 1,55                | 148,00          | 148,89         | 146,80             | 146,63            | 1,20        | 2,26       | 0,013 | 1,2            |
| T4                                     | 100          | 0,125        | 0,6          | 0,53%       | 0,36    | 1,36            | 0,433                | 1,53                | 148,89          | 149,20         | 146,63             | 146,10            | 2,26        | 3,10       | 0,013 | 1,2            |
| T5                                     | 51           | 0,125        | 0,6          | 1,18%       | 0,29    | 1,82            | 0,63                 | 2,23                | 149,20          | 145,50         | 146,10             | 145,50            | 3,10        | 0,00       | 0,013 | 1,2            |

#### 4.12. DESINFECÇÃO

A desinfecção será realizada com hipoclorito de sódio gerado “in situ” através de eletrólise da Salmoura. Para dosagem de 2 mg/L de cloro e vazão de 21.600 m³/dia, a quantidade necessária de cloro será:

$$P = 12.960 \text{ m}^3/\text{dia} \times 2 \text{ g/m}^3 = 25.920 \text{ g/dia ou } 25,92 \text{ kg/dia de cloro.}$$

$$P = 12.960 \text{ m}^3/\text{dia} \times 3 \text{ g/m}^3 = 38.880 \text{ g/dia ou } 38,88 \text{ kg/dia de cloro.}$$

A dosagem de cloro será realizada com Hipoclorito de Sódio, gerado na ETA, através de eletrólise da salmoura, preparada por dissolução do sal “grosso” com concentração de 0,65%



de cloro, ou seja, 6,5 g/L a concentração do hipoclorito de sódio produzido no equipamento de eletrólise, sendo por segurança a dosagem de cloro de 3 mg/L (alta, mas com segurança) e a vazão da ETA de 150 L/s ou 540 m³/h, portanto:

$$Q_{sol} = Q_{ETA} \times D/C$$

Em que:  $Q_{sol}$  = vazão da solução de hipoclorito de sódio (NaOCl), gerada em equipamento de eletrólise, com concentração (C) de 6,5 g/L;

$Q_{ETA}$ : Vazão da ETA = 150 L/s ou 540 m³/h; e

D: considerando por segurança dosagem máxima de 3 mg/L de cloro a ser gerado

$$Q_{sol} = (540 \text{ m}^3/\text{h} \times 3 \text{ g/m}^3)/6,5 \text{ g/L} = 249,23 \approx 249,3 \text{ L/h ou } 0,2493 \text{ m}^3/\text{h}$$

Considerando a dosagem de 3 mg/L, o consumo será de 38,88 kg/dia de cloro.

No caso de dosagem de 2 mg/L de cloro, com consumo de 25,92 kg/dia de cloro ou:

$$Q_{sol} = Q_{ETA} \times D/C = (540 \text{ m}^3/\text{h} \times 2 \text{ g/m}^3)/6,5 \text{ g/L} = 166,154$$

$$Q_{sol} \approx 166,16 \text{ L/h ou } 0,166 \text{ m}^3/\text{h}$$

A necessidade de cloro na ETA Bom Sucesso será de 38,88 kg/dia para dosagem muito elevada de 3 mg/L de cloro e para dosagem de 2 mg/L de cloro o consumo será de 25,92 kg/dia de cloro.

Com consumo de 4,5 kg de sal para cada 1 kg de cloro produzido, sendo a quantidade de cloro necessária de 38,88 kg/dia de cloro, que corresponde ao consumo diário de 174,96, ou aproximadamente de 175 kg/dia de sal

Essa vazão de solução de hipoclorito de sódio está adequada a necessidade da ETA Bom Sucesso, com consumo mensal de 5.250 kg de sal.

O sal será armazenado em sacos de 25kg. Portanto, foi previsto um espaço para armazenamento de 69 sacos, suficientes para atender a ETA por aproximadamente 10 dias.

#### 4.13. CONSUMO DE SULFATO DE ALUMÍNIO

O Sulfato de Alumínio será utilizado como agente coagulante no processo de tratamento de água. O produto será adquirido na forma granular, em sacarias. Dentro da casa de química o



produto será diluído em tinas de preparo e dosagem e a aplicação será realizada na Calha Parshall, conforme necessidade e de acordo com as características da água bruta captada.

Com a dosagem de 36 mg/L, o consumo de sulfato de alumínio será de 467 kg/dia ou 14.000 kg/mês. Visto que cada saco de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  possui peso de 25 kg, serão utilizados 19 sacos por dia, os quais totalizam o peso de 475 kg/dia.

Foi previsto um espaço para armazenamento de 180 sacos, suficientes para atender a ETA por, aproximadamente, 9 dias.

#### 4.14. CONSUMO DE CAL HIDRATADA

A correção do pH será realizada com cal hidratada, com dosagem de 20 mg/L, que para a vazão de 12.960 m<sup>3</sup>/dia, corresponde ao consumo de 259,2 kg/dia ou 7.776 kg/mês.

Os sacos de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  possuem peso de 20 kg, usados para correção do pH na época das chuvas, o que corresponde a 259,2 kg/dia, ou seja, 13 sacos por dia ou 403 sacos por mês.

#### 4.15. CONSUMO DE POLÍMERO ANIÔNICO

O polímero aniônico tem como característica atrair partículas de impurezas, unindo-as e, assim, aumentando sua densidade. Dessa forma, o polímero aniônico é responsável pelo processo de floculação. O polímero floculante possui ação higroscópica e de atração molecular, criando pontes entre as partículas, fazendo com que este aumente sua densidade e potencialize o poder de separação fase sólido e água.

Com dosagem de 0,30 mg/L, o consumo de polímero aniônico será de, aproximadamente, 3,9 kg/dia ou 121 kg/mês.

O polímero será armazenado em sacos de 25kg, sendo previsto um espaço para o armazenamento de 3 sacos, suficientes para atender a ETA por, aproximadamente, 55 dias.



## 5. CÁLCULO DE PERDA DE CARGA NAS ADUTORAS

As perdas de carga são perdas de energia hidráulica devido à viscosidade do fluido e ao seu atrito com as paredes internas das tubulações.

Na prática, as tubulações não são constituídas apenas por tubos retilíneos e de mesmo diâmetro. Há também as peças especiais como: curvas, joelhos ou cotovelos, registros, válvulas, reduções, ampliações etc., responsáveis por novas perdas.

Um dos métodos frequentemente utilizados para estimar as perdas de cargas distribuídas é por meio da Equação de Hazen-Williams.

$$Hf = 10,65 \cdot \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,87}}$$

Onde: Hf: Perda de carga na tubulação;

D: Diâmetro da canalização;

C: Coeficiente de rugosidade (tabelado, conforme a natureza do material das paredes);

Q: Vazão.

### 5.1. PERDA DE CARGA DA CAPTAÇÃO ATÉ A ETA

Segue abaixo formula utilizada e o resultado obtido:

$$J = \frac{Q^{1,85}}{0,094 \cdot C^{1,85} D^{4,87}}$$

Considerando  $Q = 0,125 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $C = 150$ , e  $D = 0,35 \text{ m}$ , temos que:

$$\mathbf{J = 0,004038382}$$

Visto que  $L_{\text{real}} = 202 \text{ m}$  e  $L_{\text{virtual}} = 147,5$ , a  **$L_{\text{total}} = 349,5 \text{ m}$** . Portanto:

- $\Delta F = 1,41 \text{ m}$ ;
- $\Delta G = 16,50 \text{ m}$ ;
- $\Delta H = 17,91 \text{ m}$ ;
- **$H_{\text{m final}} = 19,41 \text{ metros}$ .**



## 5.2. PERDA DE CARGA DA ETA ATÉ O RESERVATÓRIO

A pressão é a força com que a água chega em determinado ponto. Podemos concluir com os cálculos apresentados, que a pressão é suficiente para que a água que sai da câmara de nível chegue até o reservatório e abasteça o mesmo.

Altura Disponível (AD) = Cota da Câmara de Nível – Cota Entrada do Reservatório

$$\text{Altura Disponível (AD)} = 154,29 - 153,27 = 1,02\text{m}$$

Segue abaixo fórmula utilizada e o resultado obtido para cálculo da perda de carga para o trecho:

$$J = \frac{Q^{1,85}}{0,094 \cdot C^{1,85} D^{4,87}}$$

Considerando  $Q = 0,125\text{m}^3/\text{s}$ ,  $C = 150$ , e  $D = 0,35\text{m}$ , temos que:

$$J = 0,004038382$$

Visto que  $L_{\text{real}} = 53\text{m}$  e  $L_{\text{virtual}} = 31,80\text{m}$ , a  **$L_{\text{total}} = 84,80\text{m}$** . Portanto, temos:

$$Hf = 10,65 \cdot \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,87}}$$

Sendo:  $Hf$ : Perda de carga na tubulação;

$D$ : Diâmetro da canalização (0,35m);

$C$ : Coeficiente de rugosidade (150);

$Q$ : Vazão (0,125  $\text{m}^3/\text{s}$ ).

$$Hf = 0.30\text{m}$$

### Pressão na entrada do Reservatório:

Considerando a saída da Câmara de Nível x RAP ETA, teremos a pressão na cota de entrada do reservatório, conforme demonstrado a seguir.





Pressão na entrada do Reservatório =  $AD - H_f$

Pressão na entrada do Reservatório =  $1,02 - 0,30$

**Pressão na entrada do Reservatório = 0,72m.**

Podemos concluir com os cálculos apresentados, que a pressão é suficiente para que a água que sai da câmara de nível chegue até o reservatório e abasteça o mesmo por pressão.



## 6. ARQUITETURA CASA DE QUÍMICA

### 6.1. SERVIÇOS PRELIMINÁRES E GERAIS

A casa de química foi projetada com o objetivo de abrigar a infraestrutura necessária para uma boa operação da ETA, e para isso terá área para depósito de produtos químicos, área de preparo de produtos químicos, laboratório, banheiro e vestiário.

### 6.2. SUPERESTRUTURAS E ESTRUTURA METÁLICAS

Os Pilares, Vigas e lajes terão as dimensões estabelecidas e serão executados de acordo com as características especificadas no Projeto Estrutural, memoriais descritivo e de quantidade.

### 6.3. ALVENARIA

A solução arquitetônica dessa edificação propõe a construção de paredes em alvenaria em tijolos cerâmicos de 8 furos, obedecendo as medidas indicadas no Projeto Arquitetônico, utilizando o sistema de pilares e vigas.

As execuções das alvenarias serão iniciadas pelos cantos principais ou pelas ligações com quaisquer outros componentes e elementos da edificação. As alvenarias terão a espessura indicadas no Projeto. As paredes em geral terão espessura de 15 cm acabadas e serão executadas com tijolos cerâmicos furados (9 x 19 x 19 cm), com resistência média de 7,3 MPa. As paredes apresentarão prumo e alinhamento perfeitos, fiadas niveladas e com a espessura das juntas compatíveis com os materiais empregados. No caso específico dos tijolos cerâmicos de 8 furos, a espessura das juntas não deverá ultrapassar 1,5cm. As juntas verticais não deverão coincidir entre fiadas contínuas, de modo a garantir a amarração dos tijolos. O alinhamento e o prumo das paredes serão verificados periodicamente durante o levantamento da alvenaria e comprovada após a alvenaria erguida, não podendo apresentar distorção maior que 5mm. O nível será verificado com mangueira plástica, transparente e com diâmetro maior ou igual a 13mm. Para a execução das alvenarias com tijolo, observar as espessuras no Projeto Arquitetônico.



As alvenarias que repousam sobre as vigas contínuas deverão ser levantadas simultaneamente em vãos contíguos.

Os elementos serão assentados com argamassa pré-fabricada misturada ao cimento na proporção de 6:1 (argamassa, cimento), com fuga de 1,5cm ou argamassa convencional no traço 1:2:8 (cimento: cal : areia).

Nos vãos das janelas e portas serão executadas vergas retas e contravergas em concreto armado (controle tipo “B”  $F_{ck} = 13,5$  MPa, convenientemente dimensionadas, sendo que o sobrepasso além da medida do vão deverá ser de 250mm.

O encontro das alvenarias com as superfícies verticais da estrutura de concreto será executado com argamassa de cimento e areia, no traço 1:3, tanto na área de contato entre a alvenaria e o concreto, quanto no assentamento dos elementos (tijolos) junto a estrutura.

#### 6.4. CHAPISCO, EMBOÇO/ MASSA ÚNICA

Fornecimento e aplicação de chapisco de aderência com argamassa de cimento e areia, no traço 1:3, com adição de adesivo a base de resina sintética,  $e = 5$ mm, nas paredes inclusive de áreas úmidas.

Toda a alvenaria a ser revestida será chapiscada depois de convenientemente limpa. Serão chapiscadas também todas as superfícies lisas de concreto, como montantes, vergas e outros elementos da estrutura que ficarão em contato com a alvenaria, inclusive fundo de vigas.

O procedimento de execução do chapisco deverá obedecer ao previsto na NBR 7200 – Revestimentos de paredes e tetos com argamassas – materiais, preparo, aplicação e manutenção. As bases de revestimento deverão atender às condições de plano, prumo e nivelamento, fixadas pela especificação de norma brasileira.

Para o fornecimento e aplicação do Emboço/ Massa única será utilizando argamassa mista de cimento cal e areia, no traço 1:2:8, preparada em Betoneira, obedecendo a espessura de 25mm, aplicado em parede interna ou externa.

O procedimento de execução da massa única deverá obedecer ao previsto na NBR 7200 – Revestimento de paredes e tetos com argamassas - materiais, preparo, aplicação e manutenção.

Deverá apresentar aspecto uniforme com parâmetros perfeitamente planos, não sendo toleradas quaisquer ondulações ou desigualdade do alinhamento e superfície.



## 6.5. PISO

O material escolhido para o piso do laboratório e banheiro é o porcelanato acetinado nas cores branco ou cinza, com dimensões de 60 x 60 cm, assentada com argamassa colante específica para porcelanatos, aplicada com desempenadeira dentada e rejuntada na cor branco ou cinza platino e com a espessura recomendada pelo fabricante.

Já nos ambientes em reservados para os reservatórios de hipoclorito de sódio (NaClO) e na Sala de Bombas e de dosagem, será utilizado tinta epóxi para Piso Antiderrapante na Cor: Cinza.

## 6.6. ESQUADRIAS

Nas paredes externas as janelas e portas serão em alumínio anodizado na cor branco e com vidros transparente liso e incolor com 6 mm de espessura, já as portas internas serão em madeira maciça.

## 6.7. COBERTURA COM ESTRUTURA METÁLICA

As telhas para cobertura da edificação serão metálicas apoiadas sobre tesouras de estrutura metálica. Especificação da telha: telha isolante com núcleo em poliestireno (EPS) de 30mm de espessura, revestida em telha trapezoidal de aço zincado de 0,50 mm.

A cobertura deverá ser executada conforme os procedimentos estabelecidos nas normas brasileiras e nas dimensões, forma e inclinação indicadas no Projeto Arquitetônico.

Fornecimento e instalação de rufo e contra rufo de chapa galvanizada nº 24, com desenvolvimento de acordo com o projeto.

Fornecimento e instalação de calhas em chapa galvanizada nº 24 ou 26, desenvolvimento de acordo com o projeto. Será prevista declividade igual ou superior a 1%. Serão terminantemente proibidas emendas nas calhas no sentido longitudinal. As emendas dos diversos segmentos das calhas serão executadas de modo a garantir o recobrimento mínimo de 5cm. As calhas deverão ser protegidas contra corrosão em ambas as faces, com aplicação de pintura sobre primer de alta aderência.



#### 6.8. LAJE

A edificação será executada em laje maciça com 10 cm de espessura, somente a sala dos reservatórios de NaClO não terá laje.,


A execução da Laje devesa obedecer ao Projeto Estrutural, memorias descritivos e quantitativos.

#### 6.9. REVESTIMENTO

No laboratório e banheiro será utilizado em todas as paredes azulejo branco em meia parede.

#### 6.10. BANCADAS

Todas as bancadas serão feitas em Granito.



Eng. Fernando dos S. Sanches - sócio/Diretor  
Excelência Engenharia e Meio Ambiente Ltda - EPP  
CNPJ- 00.564.373 / 0001 - 95

---

**Fernando dos Santos Sanches**  
Engº Sanitarista e Ambiental  
CREA MT025568



**EXCELÊNCIA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA - EPP**  
Projetos de Engenharia, Consultoria, Licenciamento Ambiental e Construção  
Civil em Geral

## **7. ANEXOS**

- ART do responsável técnico;
- Plantas e detalhes do sistema.