



Agosto de 2004

**GOVERNO DO  
ESTADO DO CEARÁ**



**SRH** Secretaria dos Recursos Hídricos

## **Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - PROGERIRH**

**Contrato**

**Nº 02/ PROGERIRH-PILOTO/CE/SRH 2001**

Estudos de Alternativas, EIAS/RIMAS, Projetos Executivos, Levantamentos Cadastrais, Planos de Reassentamento e Avaliação Financeira e Econômica dos Projetos das Barragens João Guerra / Umari, Riacho da Serra, Ceará e Missi, e dos Projetos das Adutoras de Madalena, Lagoa do Mato, Alto Santo e Amontada

## **PROJETO EXECUTIVO DO SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO**

**Volume 1 - Relatório Geral**



**MONTGOMERY WATSON**





MONTGOMERY WATSON



Engenharia e Consultoria Ltda.

**GOVERNADOR DO ESTADO DO CEARÁ**

Lúcio Gonçalo de Alcântara

**SECRETÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS**

Ednardo Ximenes Rodrigues

**SUB-SECRETÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS**

Francisco José Coelho Teixeira

**COORDENADOR GERAL DOS PROJETOS ESPECIAIS**

Francisco Hoilton Rios Araripe

**CONTRATO N.º 002/PROGERIRH – PILOTO/SRH/CE/2001****EQUIPE DE ELABORAÇÃO**

<b>CONSÓRCIO MONTGOMERY WATSON/ENGESOFT</b>	<b>ACOMPANHAMENTO E FISCALIZAÇÃO DA SRH</b>
João F. Vieira Neto Eng.º. Civil Diretor Técnico Engesoft	Ivoneide Ferreira Damasceno Eng.ª. Civil Presidente da Comissão
William Moler Geólogo Gerente do Contrato	Lucrecia Nogueira de Sousa Geóloga Membro da Comissão
Walmir Fernando Duarte Jardim Eng.º. Civil Coordenador do Projeto	Thereza Cristina Citó Rêgo Eng.ª. Civil Membro da Comissão
José Ribamar Pinheiro Barbosa Eng.º. Civil Geotecnia e Barragem	Osvan Menezes de Queiroz Eng.º. Civil Membro da Comissão
Waldir Barbosa de Souza Rodrigues Eng.º. Civil Barragem	Maria Alice Guedes Geóloga Membro da Comissão
Alysson César Azevedo da Silva Eng.º. Civil Estudos Básicos e Topografia	Francisco José de Sousa Eng.º. Agrônomo Membro da Comissão
José Osmar Coelho Saraiva Eng.º. Civil Hidráulica e Adutora	Maria Elaine Bianchi Geógrafa Membro da Comissão
Sérgio Pontes Eng.º. Civil Hidráulica e Adutora	Francisco Dário Silva Feitosa Eng.º. Agrônomo Membro da Comissão
Naimar Gonçalves Barroso Severiano Economista Meio Ambiente e Reassentamento	Nelson L. de S. Pinto Consultor do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens da SRH
Marcos César Feitosa Geólogo Levantamento Cadastral	Paulo Teixeira da Cruz Consultor do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens da SRH
Paulo Silas de Sousa Eng.º. Agrônomo Levantamento Cadastral	Ronei Vieira de Carvalho Consultor do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens da SRH
Hermano Câmara Campos Geólogo Geologia e Geotecnia	
Raimundo Eduardo Silveira Fontenele Economista Avaliação Financeira e Econômica	



MONTGOMERY WATSON



EngeSoft

Engenharia e Consultoria Ltda.

**Projeto Executivo do Sistema Adutor de Alto Santo**  
**Volume1 – Relatório Geral**





MONTGOMERY WATSON



## ÍNDICE

---



# ÍNDICE

	<b>Páginas</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>4</b>
<b>1. APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. POPULAÇÃO ATENDIDA.....</b>	<b>13</b>
2.1 <i>Localidades Atendidas .....</i>	<i>14</i>
2.2 <i>Alcance do Estudo.....</i>	<i>14</i>
2.3 <i>População de Referência .....</i>	<i>14</i>
2.4 <i>Projeção Populacional.....</i>	<i>14</i>
2.4.1 <i>Considerações Gerais .....</i>	<i>14</i>
2.4.2 <i>Resultados.....</i>	<i>15</i>
2.4.3 <i>Conclusões.....</i>	<i>15</i>
<b>3. DEMANDAS X VAZÕES.....</b>	<b>20</b>
3.1 <i>Considerações.....</i>	<i>21</i>
3.2 <i>Parâmetros de projeto.....</i>	<i>21</i>
3.3 <i>Resultados.....</i>	<i>22</i>
<b>4. DISPONIBILIDADE HÍDRICA .....</b>	<b>25</b>
4.1 <i>Fonte Hídrica do Sistema Adutor Alto Santos .....</i>	<i>26</i>
<b>5. DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS EXISTENTES.....</b>	<b>28</b>
5.1 <i>Sistema em operação .....</i>	<i>29</i>
5.1.1 <i>Captação .....</i>	<i>29</i>
5.1.2 <i>Tratamento.....</i>	<i>30</i>
5.1.3 <i>Reservação.....</i>	<i>30</i>
5.1.4 <i>Estação de bombeamento de água tratada .....</i>	<i>30</i>
5.1.5 <i>Estação elevatória de lavagem de filtros.....</i>	<i>31</i>
5.1.6 <i>Adução de água tratada.....</i>	<i>31</i>
5.1.7 <i>Rede de Distribuição e Ligações Prediais.....</i>	<i>32</i>
<b>6. CONCEPÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO.....</b>	<b>34</b>
6.1 <i>Concepção do sistema.....</i>	<i>35</i>
6.2 <i>Reservação.....</i>	<i>36</i>
6.3 <i>Verificação do Reaproveitamento das unidades existentes.....</i>	<i>36</i>



<b>7. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO.....</b>	<b>40</b>
7.1 Grupo Motobomba.....	41
7.2 Sistema adutor.....	41
7.2.1 Critérios utilizados.....	41
7.2.2 Metodologia.....	44
7.2.3 Determinação dos Custos de Investimento Inicial.....	45
7.2.4 Determinação dos Custos de Energia.....	45
7.2.5 Determinação dos Custos das Estações Elevatórias.....	47
7.2.6 Alternativas de dimensionamento.....	49
7.2.7 Resultados obtidos.....	49
<b>8. DIMENSIONAMENTO E DETALHAMENTO DAS OBRAS HIDRÁULICAS.....</b>	<b>51</b>
8.1 Captação.....	52
8.1.1 Descrição da captação.....	52
8.1.2 Dimensionamento.....	52
8.1.3 Determinação da bomba.....	53
8.1.4 Plataforma flutuante.....	55
8.1.5 Conclusão.....	56
8.2 Bombeamento de água tratada para o reservatório da prefeitura.....	59
8.3 Bombeamento para reservatório elevado de Alto Santo.....	63
8.3.1 Determinação da bomba.....	63
8.3.1.1 Conclusão.....	65
8.4 Estação de tratamento.....	69
8.4.1 Considerações iniciais.....	69
8.4.2 Tecnologia de tratamento.....	72
8.4.2.1 Considerações gerais.....	72
8.4.2.2 Histórico da técnica FAD (Flotação por ar Dissolvido).....	73
8.4.2.3 Concepção geral da ETA.....	75
8.5 Bombeamento para Lavagem de Filtros.....	78
8.6 Sistema Adutor.....	79
8.6.1 Equipamentos de Proteção e Operação da Rede.....	81
8.6.1.1 Ventosas.....	81
8.6.1.1.1 Generalidades.....	81
8.6.1.1.2 Dimensionamento das ventosas.....	82
8.6.1.1.3 Caixas de proteção das ventosas.....	83
8.6.1.2 Descarga de fundo.....	84
8.6.1.2.1 Generalidades.....	84



8.6.1.2.2	Dimensionamento das descargas de fundo .....	85
8.6.1.2.3	Caixas de proteção das descargas .....	86
8.6.1.3	Válvulas de bloqueio .....	86
8.6.1.3.1	Generalidades .....	86
8.6.1.4	Caixas de proteção das válvulas de bloqueio .....	87
8.6.2	Assentamento de tubulação .....	88
8.6.3	Blocos de ancoragem .....	89
8.6.4	Travessia da adutora em ponte .....	89
<b>9.</b>	<b>ESTUDO DE TRANSIENTES HIDRÁULICO .....</b>	<b>90</b>
9.1	<i>Teoria Empregada para o Cálculo do Transitório Hidráulico .....</i>	<i>91</i>
9.2	<i>Alternativas de Proteção de Linhas de Recalque .....</i>	<i>94</i>
9.2.1	Ventosas .....	96
9.2.2	Válvulas de alívio .....	96
9.2.3	Volantes de inércia .....	97
9.2.4	Chaminés de equilíbrio (stand pipe) ou caixa de passagem .....	97
9.2.5	Reservatório hidropneumático .....	98
9.2.6	Tanques de alimentação ou “one-way” .....	99
9.3	<i>Metodologia De Trabalho .....</i>	<i>99</i>
9.3.1	Considerações Gerais .....	99
9.3.2	Forma De Apresentação Dos Resultados .....	100
9.4	<i>Resultados Obtidos .....</i>	<i>101</i>
<b>10.</b>	<b>AUTOMAÇÃO .....</b>	<b>106</b>
10.1	<i>Objetivo .....</i>	<i>107</i>
10.2	<i>Considerações Gerais .....</i>	<i>107</i>
10.2.1	Telemetria .....	107
10.2.2	Telecomando .....	108
10.2.3	Telesupervisão .....	108
10.2.4	Telealarme .....	108
10.3	<i>Controle Operacional do Sistema .....</i>	<i>109</i>
10.3.1	Geral .....	109
10.3.2	Dados e premissas .....	109
10.3.3	Critérios .....	109
10.4	<i>Automação das elevatórias .....</i>	<i>109</i>
10.4.1	Interdependência entre as Elevatórias .....	111
10.5	<i>Sistema de Automação, Medição e Telecomando Proposto .....</i>	<i>112</i>
10.5.1	Captação flutuante .....	112





10.5.2	Estação Elevatória de Água Tratada para Reservatório Elevado de Alto Santo .....	113
10.5.3	Estação Elevatória de Água Tratada para Reservatório Elevado da Prefeitura .....	114
10.5.4	Caixa de passagem.....	115
10.5.5	Reservatório apoiado de água tratada .....	115
10.5.6	Reservatório Elevado em Alto Santo.....	116
10.5.7	Reservatório Elevado da Prefeitura .....	116
10.6	<i>Sistema de Voz</i> .....	117
<b>11.</b>	<b>FICHA TÉCNICA DO SISTEMA</b> .....	<b>118</b>
<b>12.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>121</b>
<b>12.1.</b>	<b>ANEXO I – DIMENSIONAMENTOS ECONÔMICOS</b> .....	<b>122</b>
<b>12.2.</b>	<b>ANEXO II – DETALHAMENTO PONTO A PONTO</b> .....	<b>126</b>
<b>12.3.</b>	<b>ANEXO III – MEMÓRIAL DESCRITIVO DA ETA E LEITO DE SECAGEM</b> .....	<b>151</b>
	<i>Mistura Rápida</i> .....	152
	<i>Velocidade de Escoamento à Montante da Malha</i> .....	152
	<i>Porosidade</i> .....	152
	<i>Perda de Carga na Malha</i> .....	153
	<i>Gradiente de Velocidade</i> .....	153
	<i>Floculação</i> .....	154
	<i>Flotação-Filtração</i> .....	154
	<i>Flotofiltros</i> .....	154
	<i>Características Gerais</i> .....	155
	<i>Sistema de Pressurização</i> .....	156
	<i>Sistema de Descarte de Lodo</i> .....	157
	<i>Sistema de Lavagem</i> .....	157
	<i>Considerações gerais</i> .....	157
	<i>Dados:</i> .....	157
	<i>Casa De Química</i> .....	158
	<i>Produtos Químicos</i> .....	159
	<i>Especificações Técnicas Dos Equipamentos</i> .....	160
	<i>Misturador Hidráulico</i> .....	160
	<i>Floculador</i> .....	160



<i>Flotofiltros</i> .....	162
<i>Dispositivos Complementares:</i> .....	163
<i>Sistema De Pressurização</i> .....	165
<i>Sistema De Lavagem</i> .....	165
<i>Sistema De Descarte De Lodo Flotado</i> .....	166
<i>Kit De Preparação E Dosagem De Produtos Químicos</i> .....	166
<i>Tanque em PRFV</i> .....	166
<i>Bomba Dosadora</i> .....	167
<i>Agitador</i> .....	167
<b>12.4. ANEXO IV – MEMÓRIAL DESCRITIVO DO FLUTUANTE</b> .....	<b>170</b>
<i>Introdução</i> .....	171
<i>Fiberglass</i> .....	171
<i>Dados De Projeto</i> .....	172
<i>Conjunto Motobombas</i> .....	172
<i>Local de Instalação</i> .....	172
<i>Tabela de Pesos de Acessórios</i> .....	172
<i>Plataforma Flutuante</i> .....	173
<i>Descrição da Plataforma</i> .....	173
<i>Cálculo de Capacidade de Cargas da Plataforma Flutuante</i> .....	173
<i>Módulos Flutuantes</i> .....	175
<i>Dimensões Básicas dos Módulos</i> .....	176
<i>Processo de Fabricação:</i> .....	176
<i>Materiais de Fabricação:</i> .....	176
<i>Resina</i> .....	176
<i>Propriedades da Resina</i> .....	176
<i>Propriedades da Resina na Aplicação</i> .....	177
<i>Fibras de Vidro</i> .....	177
<i>Poliuretano</i> .....	178
<i>Tipo Utilizado: Polisistema de Injeção CR 13 D3</i> .....	178
<i>Características Técnicas</i> .....	178



<i>Gel-Coat</i> .....	178
<i>Sistema De Interligação</i> .....	178
<i>Piso De Proteção</i> .....	179
<i>Guarda-Corpo</i> .....	179
<i>Pórtico</i> .....	179
<i>Características do Pórtico</i> .....	180
<i>Talha</i> .....	180
<i>Carro Trole</i> .....	180
<i>Sistema De Ancoragem</i> .....	180
<i>Características das Âncoras</i> .....	181
<i>Características dos Blocos Tensores</i> .....	181
<i>Características do Cabo</i> .....	181
<i>Tratamento E Pintura</i> .....	181
<i>Partes Metálicas Expostas</i> .....	181
<i>Seqüência do Tratamento</i> .....	182
<i>Partes Metálicas Submersas</i> .....	182
<i>Seqüência do Tratamento</i> .....	182
<b>12.5. ANEXO V – ENSAIO FOTOGRÁFICO</b> .....	<b>183</b>
<b>12.6. ANEXO VI – DESENHOS COMPLEMENTARES DO SISTEMA ADUTOR</b> .....	<b>188</b>



MONTGOMERY WATSON



EngeSoft

Engenharia e Consultoria Ltda.

## 1. APRESENTAÇÃO

---





## 1 APRESENTAÇÃO

O objetivo do presente relatório é apresentar os estudos técnicos do dimensionamento e detalhamento do **Projeto Executivo do Sistema Adutor de Alto Santo**, abrangendo as seguintes etapas:

1. Estudo de população
2. Estudo de demanda
3. Fonte hídrica para o sistema
4. Dimensionamento e detalhamento do sistema adutor (diâmetros, perdas de carga, etc.);
5. Dimensionamento e detalhamento da captação e tratamento;
6. Projeto hidráulico de obras especiais;
7. Automação;
8. Projeto estrutural.

O projeto será apresentado em (5) cinco volumes assim distribuídos:

- **Volume 1 - Relatório Geral**
- Volume 2 – Desenhos
- Volume 3 – Especificações Técnicas
- Volume 4 – Projeto Elétrico
- Volume 5 - Orçamento



MONTGOMERY WATSON



EngeSoft

Engenharia e Consultoria Ltda.

## **2. POPULAÇÃO ATENDIDA**

---



## **2 POPULAÇÃO ATENDIDA**

### **2.1 LOCALIDADES ATENDIDAS**

A área de abrangência do projeto restringe-se apenas a sede municipal de Alto Santo.

### **2.2 ALCANCE DO ESTUDO**

A data fixada para o início de operação do sistema é o ano 2003 e considerando os estudos para um período de 30 anos, tem-se o ano de 2033 como final de plano.

### **2.3 POPULAÇÃO DE REFERÊNCIA**

A projeção da evolução populacional de Alto Santo foi desenvolvida a partir dos dados populacionais do IBGE, referentes aos censos de 1991, 1996 e 2000, apresentados anteriormente no **Quadro 1.2**.

### **2.4 PROJEÇÃO POPULACIONAL**

#### **2.4.1 Considerações Gerais**

A partir dos dados populacionais do IBGE, foram aplicados modelos matemáticos, visando definir a equação que indicasse uma melhor correlação da tendência de crescimento esperada, a partir dos dados conhecidos.

Portanto, para a avaliação da população refletida pela expectativa prevista, efetuou-se uma análise de regressão, a partir dos dados censitários de 1991, 1996, e 2000, de forma a se obter um modelo matemático capaz de traduzir o crescimento passado e apontar valores para uma tendência futura de crescimento populacional da comunidade.



As equações de regressão utilizadas são da seguinte forma:

- Equação Linear .....  $y = ax - b$
- Equação Logarítmica.....  $y = a.\ln(x) - b$
- Equação Exponencial.....  $y = a.e^{bx}$
- Equação Potencial.....  $y = ax^b$
- Equação Polinomial.....  $y = ax^2 + bx + c$

As análises foram tendo como base os dados do IBGE, utilizando-se as equações mencionadas para avaliação da tendência do crescimento da população urbana da sede do município.

#### 2.4.2 Resultados

A representação gráfica do ajuste das curvas das equações utilizadas, com os seus respectivos coeficientes de correlação, é representada na **Figuras 2.1**.

A projeção da população calculada através dos métodos de regressão apresentados anteriormente, até o ano 2033, está apresentada no **Quadros 2.1** e representada graficamente na **Figura 2.2**.

#### 2.4.3 Conclusões

A população do município de Alto Santo, quando analisada o seu conjunto, aferiu um crescimento no período de 1991 a 2000, com uma taxa média de 3,46% ao ano. (urbana = 5,53% e rural=2,42%).

Quando analisado apenas a evolução da população urbana da sede, no mesmo período, esta se comportou de forma sempre crescente, ou seja: entre 1991 e 1996 a taxa média de crescimento foi de 1,49% e de forma mais acentuada no período compreendido entre 1996 e 2000 que foi de 5,62%.

Os resultados obtidos nas análise, indicaram as seguintes taxas médias de crescimento e os respectivos coeficientes de correlações (Evolução até o ano 2033):



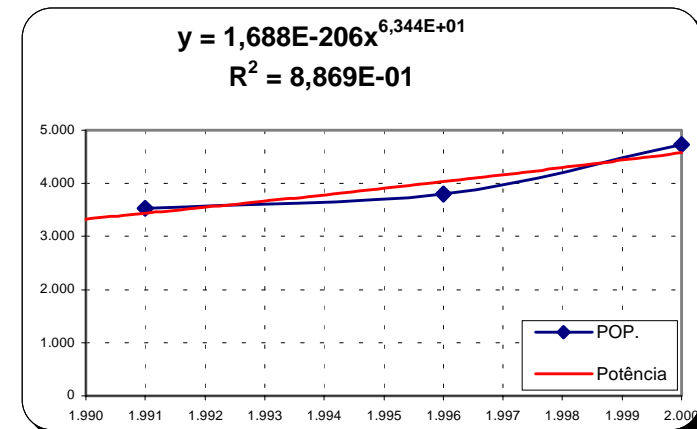
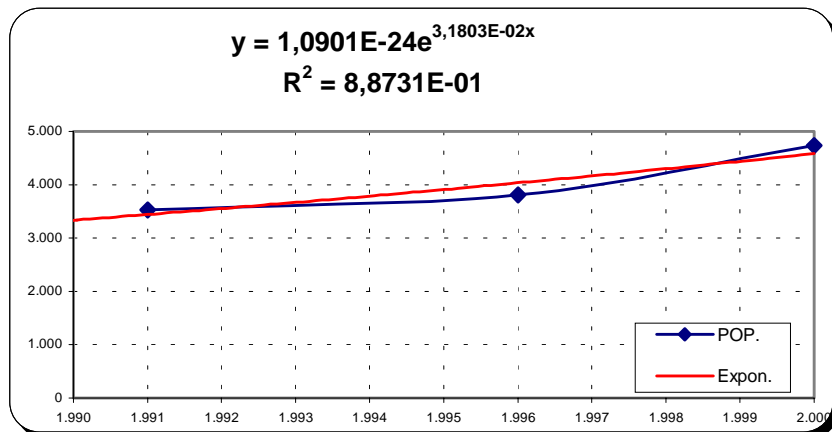
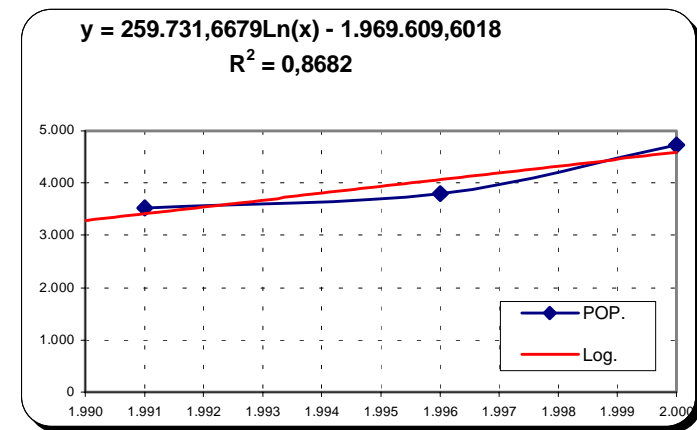
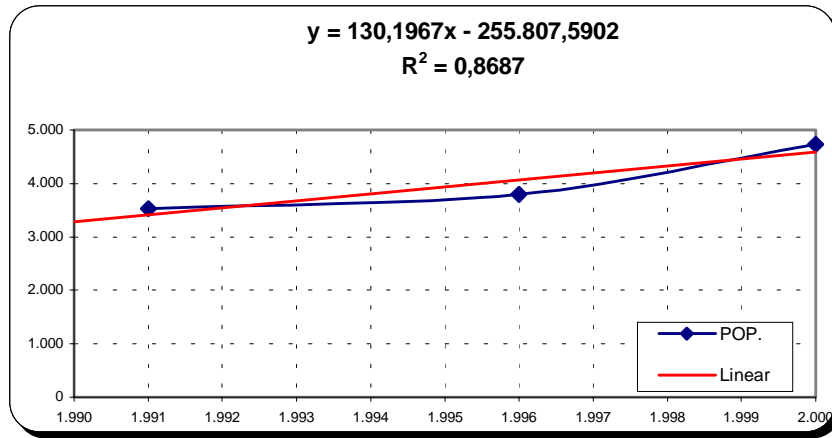


- Linear .....2,07% - 0,8687
- Logarítmica.....2,06% - 0,8682
- Exponencial.....3,09% - 0,8873
- Potência.....2,89% - 0,8869
- Polinomial.....Não apresentou correlação

De acordo com os resultados apresentados, concluímos que:

- As curvas obtidas através das equações apresentaram coeficientes de correlação considerados baixos, valores estes influenciados pelo acentuado crescimento da população urbana observado no período 1991/2000, em relação aos anteriores;
- De um modo geral, as taxas de crescimento aferidas para o município estão acima da média de outros localizados na região. Este comportamento atípico foi certamente influenciado pela construção das obras da barragem Castanhão, inserida na sua área de influência;
- Embora os últimos indicadores tenham apresentados uma tendência sazonal no crescimento da população de Alto Santo, este comportamento deverá se estabilizar em valores menores, tendo em vista, principalmente, que o município não possui atrativos para investimentos em setores produtivos a médio e longo prazo. Portanto, sugerimos adotar para a cidade de Alto Santo, uma taxa de crescimento média anual de 2,0%. O valor proposto está dentro da faixa usualmente adotada em outros programas desenvolvidos pelo Estado para comunidades semelhantes, a exemplo dos projetos desenvolvidos no âmbito do PROÁGUA.

FIGURA 2.1 – ALTO SANTO: CURVAS DE REGRESSÃO

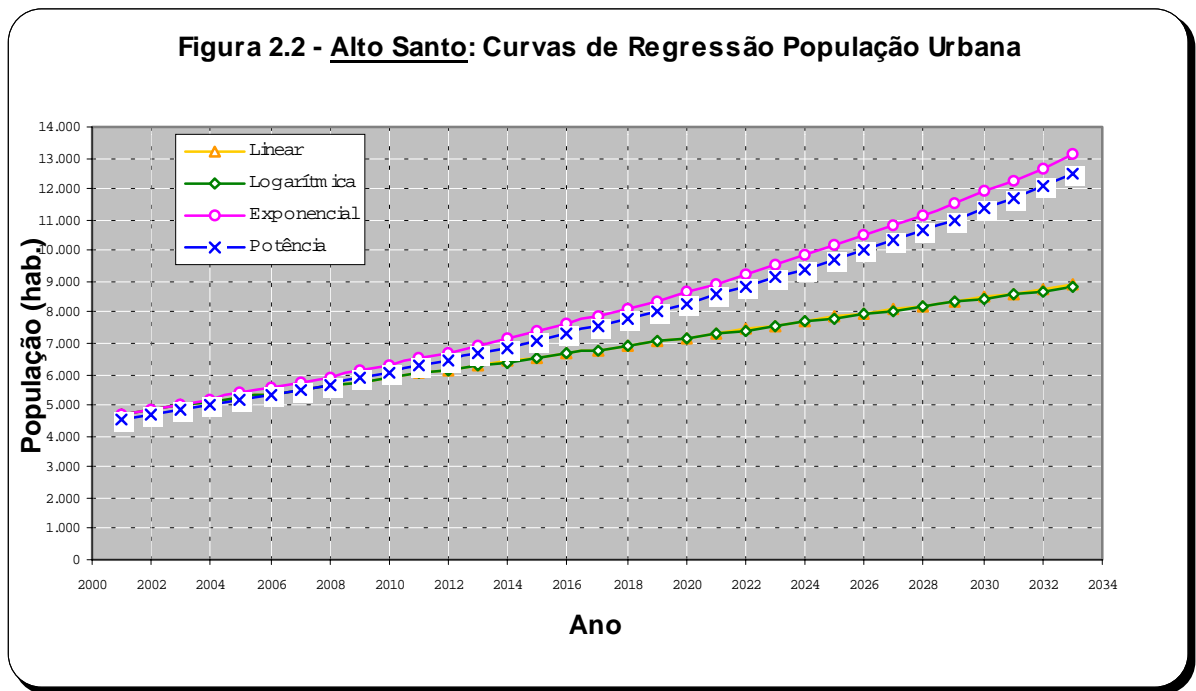


**QUADRO 2.1 – ALTO SANTO: EVOLUÇÃO POPULACIONAL**

<b>CURVA</b>	<b>LINEAR</b>	<b>LOGARÍTMICA</b>	<b>EXPONENCIAL</b>	<b>POTÊNCIA</b>
R <sup>2</sup>	0,8687	0,8682	0,8873	0,8869
Pop.IBGE - Ano de 2000	4.732	4.732	4.732	4.732
2001	4.716	4.715	4.732	4.555
2002	4.846	4.845	4.885	4.702
2003	4.976	4.975	5.042	4.853
2004	5.107	5.104	5.205	5.009
2005	5.237	5.234	5.374	5.170
2006	5.367	5.364	5.547	5.336
2007	5.497	5.493	5.726	5.508
2008	5.627	5.622	5.911	5.685
2009	5.758	5.752	6.103	5.867
2010	5.888	5.881	6.300	6.055
2011	6.018	6.010	6.503	6.249
2012	6.148	6.139	6.713	6.450
2013	6.278	6.268	6.930	6.656
2014	6.409	6.397	7.154	6.869
2015	6.539	6.526	7.385	7.089
2016	6.669	6.655	7.624	7.316
2017	6.799	6.784	7.871	7.549
2018	6.929	6.913	8.125	7.791
2019	7.060	7.041	8.387	8.039
2020	7.190	7.170	8.658	8.296
2021	7.320	7.298	8.938	8.561
2022	7.450	7.427	9.227	8.833
2023	7.580	7.555	9.525	9.115
2024	7.711	7.684	9.833	9.405
2025	7.841	7.812	10.151	9.705
2026	7.971	7.940	10.479	10.013
2027	8.101	8.068	10.817	10.332
2028	8.231	8.196	11.167	10.660
2029	8.362	8.325	11.528	10.999
2030	8.492	8.453	11.900	11.348
2031	8.622	8.580	12.285	11.708
2032	8.752	8.708	12.682	12.080
2033	8.882	8.836	13.092	12.463
Taxa média	2,78	2,75	4,52	4,30



**FIGURA 2.2 – ALTO SANTO: GRÁFICO DOS RESULTADOS DA REGRESSÃO**







MONTGOMERY WATSON



EngeSoft

Engenharia e Consultoria Ltda.

### **3. DEMANDAS X VAZÕES**

---



### 3 DEMANDAS X VAZÕES

#### 3.1 CONSIDERAÇÕES

O principal parâmetro para a definição de uma demanda próxima da realidade é a existência de séries de dados de micromedição, instrumento este que permite até uma avaliação do consumo per capita por classe de consumidor e renda.

As informações operacionais do sistema de Alto Santo, sob a responsabilidade da CAGECE, são insuficientes para uma adequada análise do consumo per capita observado.

Na ausência de informações consistentes, será adotada a metodologia utilizada para a definição de demandas e de vazões de projeto sugerida pelo PROÁGUA no Manual Operativo, Volume II, Abril/2000. Os principais parâmetros de projeto definidos neste documento são apresentados a seguir:

#### 3.2 PARÂMETROS DE PROJETO

##### **Consumo per capita líquida $q(l/hab/dia)$**

- Para comunidades com população acima de 4.000 hab.: 112,50
- Para comunidades com população inferior a 4.000 hab.: 90,00

##### **Índice de abastecimento - $iab$ (%)**

- Para comunidades com população acima de 4.000 hab.: 95,00
- Para comunidades com população inferior a 4.000 hab.: 100,00

**Índice de perdas ( $ip$ )= 25%.**

##### **Consumo per capita bruta $q(l/hab/dia)$**

- Para comunidades com população acima de 4.000 hab.: 150,00
- Para comunidades com população inferior a 4.000 hab.: 120,00



**Coefficiente do dia de maior consumo: (k1) = 1,2.**

**Coefficiente da hora de maior consumo: (K2) = 1,5.**

**População de Projeto P (hab):** Estimada a partir da população atual aplicando-se as taxas de crescimento adotadas durante a vida útil do projeto

#### **Vazões (l/s)**

- **Vazão Média:**  $Q_M = P \times \frac{ip \times q \times iab}{86.400}$
- **Vazão Máxima Diária:**  $Q_d = Q_m \times K_1$
- **Vazão Máxima Horária:**  $Q_h = Q_d \times K_2$

#### **Reservação**

Para o cálculo da reserva necessária, será adotada a relação correspondente a 1/3 do volume consumido relativa a vazão máxima diária.

### **3.3 RESULTADOS**

A partir dos parâmetros definidos anteriormente, calcularam-se as vazões e os volumes de reserva necessários para o sistema. Os cálculos são apresentados ano a ano até o fim do horizonte do projeto, adotado como sendo 2033, considerando que o início de implantação do projeto se dará em 2003. Os resultados são apresentados no **Quadro 3.1**.



Os principais indicadores de demandas, ofertas e vazões do projeto, relativos ao ano de 2023, são os seguintes:

Demanda (m <sup>3</sup> /ano) .....	354.829,24
Oferta (m <sup>3</sup> /ano).....	473.105,65
Vazão média (l/s) .....	18,00
Vazão máx. diária (l/s) 10 anos .....	14,54
20 anos .....	17,72
30 anos .....	21,60
Reservação necessária (=8 x 3,6 x 21,6 m <sup>3</sup> ) .....	622,17



### QUADRO 3.1 – DEMANDAS X VAZÕES ALTO SANTO

Ano	Taxa Cresc. (%)	Pop. (hab.)	Perdas Físicas (%)	Per Capita (l/hab.dia)		Nível de Atend. (%)	Demanda (m <sup>3</sup> /ano)	Oferta (m <sup>3</sup> /ano)	Vazões (l/s) - 20 h		Reserv. Nec. (m <sup>3</sup> )
				Líquida	Bruta				Média	Máx.dia	
2000	2,00	4.732	25	112,50	150,00	95,00	184.592,36	246.123,15	9,37	11,24	323,67
2001		4.827	25	112,50	150,00	95,00	188.284,21	251.045,61	9,55	11,46	330,14
2002		4.923	25	112,50	150,00	95,00	192.049,89	256.066,53	9,74	11,69	336,75
2003		5.022	25	112,50	150,00	95,00	195.890,89	261.187,86	9,94	11,93	343,48
2004		5.122	25	112,50	150,00	95,00	199.808,71	266.411,61	10,14	12,16	350,35
2005		5.225	25	112,50	150,00	95,00	203.804,88	271.739,85	10,34	12,41	357,36
2006		5.329	25	112,50	150,00	95,00	207.880,98	277.174,64	10,55	12,66	364,50
2007		5.436	25	112,50	150,00	95,00	212.038,60	282.718,13	10,76	12,91	371,79
2008		5.544	25	112,50	150,00	95,00	216.279,37	288.372,50	10,97	13,17	379,23
2009		5.655	25	112,50	150,00	95,00	220.604,96	294.139,95	11,19	13,43	386,81
2010		5.768	25	112,50	150,00	95,00	225.017,06	300.022,75	11,42	13,70	394,55
2011		5.884	25	112,50	150,00	95,00	229.517,40	306.023,20	11,64	13,97	402,44
2012		6.001	25	112,50	150,00	95,00	234.107,75	312.143,67	11,88	14,25	410,49
2013		6.121	25	112,50	150,00	95,00	238.789,90	318.386,54	12,12	14,54	418,70
2014		6.244	25	112,50	150,00	95,00	243.565,70	324.754,27	12,36	14,83	427,07
2015		6.369	25	112,50	150,00	95,00	248.437,02	331.249,35	12,60	15,13	435,62
2016		6.496	25	112,50	150,00	95,00	253.405,76	337.874,34	12,86	15,43	444,33
2017		6.626	25	112,50	150,00	95,00	258.473,87	344.631,83	13,11	15,74	453,21
2018		6.758	25	112,50	150,00	95,00	263.643,35	351.524,47	13,38	16,05	462,28
2019		6.894	25	112,50	150,00	95,00	268.916,22	358.554,95	13,64	16,37	471,52
2020		7.032	25	112,50	150,00	95,00	274.294,54	365.726,05	13,92	16,70	480,95
2021		7.172	25	112,50	150,00	95,00	279.780,43	373.040,57	14,19	17,03	490,57
2022		7.316	25	112,50	150,00	95,00	285.376,04	380.501,39	14,48	17,37	500,39
2023		7.462	25	112,50	150,00	95,00	291.083,56	388.111,41	14,77	17,72	510,39
2024		7.611	25	112,50	150,00	95,00	296.905,23	395.873,64	15,06	18,08	520,60
2025		7.763	25	112,50	150,00	95,00	302.843,34	403.791,12	15,36	18,44	531,01
2026		7.919	25	112,50	150,00	95,00	308.900,20	411.866,94	15,67	18,81	541,63
2027		8.077	25	112,50	150,00	95,00	315.078,21	420.104,28	15,99	19,18	552,47
2028		8.239	25	112,50	150,00	95,00	321.379,77	428.506,36	16,31	19,57	563,52
2029		8.403	25	112,50	150,00	95,00	327.807,37	437.076,49	16,63	19,96	574,79
2030		8.571	25	112,50	150,00	95,00	334.363,51	445.818,02	16,96	20,36	586,28
2031		8.743	25	112,50	150,00	95,00	341.050,78	454.734,38	17,30	20,76	598,01
2032		8.918	25	112,50	150,00	95,00	347.871,80	463.829,07	17,65	21,18	609,97
2033		9.096	25	112,50	150,00	95,00	354.829,24	473.105,65	18,00	21,60	622,17



MONTGOMERY WATSON



EngeSoft

Engenharia e Consultoria Ltda.

## **4. DISPONIBILIDADE HÍDRICA**

---



## 4 DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA O SISTEMA

### 4.1 FONTE HÍDRICA DO SISTEMA ADUTOR ALTO SANTOS

A fonte hídrica do sistema Adutor Alto Santo é a Barragem Riacho da Serra, cuja ficha técnica completa está a seguir.

#### FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM RIACHO DA SERRA

##### • IDENTIFICAÇÃO

Denominação:	Barragem Riacho da Serra
Estado:	Ceará
Município:	Alto Santo
Coordenadas Geográficas:	38°19'37, 96074"W; 5°33'41, 92085"S
Sistema:	Médio Jaguaribe
Rio Barrado:	Riacho da Serra
Proprietário:	Estado do Ceará/SRH
Autor do Projeto:	Consórcio Engesoft/Montgomery
Data do Projeto:	abr/02

##### • BACIA HIDROGRÁFICA

Área:	173,4km <sup>2</sup>
Precipitação Média Anual:	834mm
Evaporação Média Anual:	2.235mm

##### • CARACTERÍSTICA DO RESERVATÓRIO

Área da Bacia Hidráulica (Cota 88,00m):	420,73ha
Volume Acumulado (Cota 88,00m):	23,47hm <sup>3</sup>
Volume Morto do Reservatório (Cota 75,50m):	0,23hm <sup>3</sup>
Volume de Alerta (Cota 80,00m):	3,03hm <sup>3</sup>
Vazão Regularizada (90%):	0,37m <sup>3</sup> /s
Vazão Max. de Projeto Amortecida (TR=1.000 anos):	459m <sup>3</sup> /s
Vazão Máx. de Projeto Amortecida (TR=10.000 anos):	721m <sup>3</sup> /s
Nível D'água Max. Normal:	88,00m
Nível D'água Max. Maximorum (TR=1.000 anos):	89,99m
Nível D'água Max. Maximorum (TR=10.000 anos)	100,48m

**FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM RIACHO DA SERRA****• BARRAGEM PRINCIPAL**

Tipo:	Maciço de Seção
Altura Máxima:	18,71m
Largura do Coroamento:	6,0m
Extensão pelo Coroamento:	1.158,11m (Margem Dir.+Margem Esq.)
Cota do Coroamento:	EI.92,50m
Volume de Escavação (Fundação):	24.869,20m <sup>3</sup>
Volume do Maciço (Espaldares e Núcleo):	364.519,00m <sup>3</sup>
Volume de Enrocamento (Rip-rap e Rock-fill):	40.017,60m <sup>3</sup>
Volume de Transições:	10.087,80m <sup>3</sup>
Volume de Areia (Filtro e Transições):	28.724,94m <sup>3</sup>
Largura Máxima da Base:	91,00m
Talude de Montante:	1,0 v: 2,5 h
Cortina de Injeção (Altura Var.):	1,0 v: 0,0h

**• TOMADA D'AGUA**

Tipo:	Tubo de Aço Envolto em Concreto Armado
Número de Condutos:	1 (um)
Diâmetro:	500mm
Comprimento do Conduto:	93,75m
Cota da Geratriz Inferior a Montante:	EI. 75,25m
Cota da Geratriz Inferior a Jusante:	EI. 75,25m
Volume de Concreto Armado:	94,95m <sup>3</sup>
Volume de Concreto de Regularização:	26,82m <sup>3</sup>
Comprimento:	90,0m
Localização:	Ombreira Direita / Estaca 11

**• VERTEDOIRO:**

Tipo:	Canal Escavado em Rocha
Largura:	120,00m
Extensão Total do Canal:	923,87m
Vazão Máxima Prevista (TR=10.000 anos):	459m <sup>3</sup> /s
Lâmina Máxima Prevista (TR=1.000 anos):	1,99m
LÂMINA MÁXIMA PREVISTA (TR=10.000 ANOS):	2,84m
Borda Livre:	2,51m
Volume de Escavação 1 <sup>a</sup> Cat.:	16.553,00m <sup>3</sup>
2 <sup>a</sup> CAT:	23.224,00m <sup>3</sup>





MONTGOMERY WATSON



EngeSoft

Engenharia e Consultoria Ltda.

## **5. DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS EXISTENTES**

---



## 5 DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS EXISTENTE

### 5.1 SISTEMA EM OPERAÇÃO

O sistema em operação atualmente em Alto Santo é administrado pela CAGECE E apresenta as seguintes unidades:

#### 5.1.1 Captação

A captação para o sistema de abastecimento de água de Alto Santo é atualmente realizado por intermédio de 2 poços amazonas e 4 poços tubulares escavados no aluvião do rio Figueiredo. Segundo informações do técnico local da CAGECE os poços amazonas recebem as vazões provenientes dos poços tubulares, sendo então a água bruta encaminhada para a *ETA*. As vazões dos poços estão descritas a seguir:

PT - 03:  $Q = 11 \text{ m}^3/\text{h}$

PT - 04:  $Q = 3 \text{ m}^3/\text{h}$

PT - 05 :  $Q = 4,3 \text{ m}^3/\text{h}$

PT - 07:  $Q = 7,5 \text{ m}^3/\text{h}$

**$Q \text{ (PT'S)} = 25,8 \text{ m}^3/\text{h}$**

Como a vazão atual do sistema está em torno de  $38 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $10,55 \text{ l/s}$ ), a diferença de vazão ( $12,2 \text{ m}^3/\text{h}$ ) é proveniente dos poços amazonas.

**$Q \text{ ( POÇOS AMAZONAS)} = 12,2 \text{ m}^3/\text{h}$**

**$Q \text{ ( TOTAL)} = 38,00 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (} 10,55 \text{ l/s)}$**

A bacia apresenta boas condições sanitárias, mas a água possui alto teor de ferro. O manancial não possui capacidade de abastecer a cidade em época de estiagem



### 5.1.2 Tratamento

O sistema de tratamento de Alto Santo inicia-se no aerador de bandeja localizado na ETA. O aerador funciona como câmara de carga para os dois filtros de fluxo ascendente em fibra de vidro. Os filtros possuem as seguintes características:

Capacidade: 32 a 48 m<sup>3</sup>/h

Modelo: CLARIFIBER II

Série: 250

Capacidade: 32 a 48 m<sup>3</sup>/h

### 5.1.3 Reservação

A água tratada dos filtros vai para um reservatório apoiado de 150 m<sup>3</sup> localizado próximo à casa de química. O reservatório elevado na cidade possui capacidade de 120 m<sup>3</sup>. Existe um reservatório elevado com 100 m<sup>3</sup> construído pela prefeitura que se encontra ainda desativado que futuramente abastecerá o bairro Pão de Açúcar. Atualmente este bairro é abastecido por um poço conectado diretamente na rede. A idéia da prefeitura, que administra este sistema, é armazenar água do poço no reservatório e abastecer o bairro.

### 5.1.4 Estação de bombeamento de água tratada

O reservatório apoiado de 150 m<sup>3</sup> é também poço de sucção para a bomba que recalca para o reservatório elevado na cidade de Alto Santo.

O estado da estação elevatória de água tratada é excelente. O sistema possui duas bombas com as seguintes características:

Fabricante: KSB

Vazão: 50 m<sup>3</sup>/h

Altura manométrica: 30 mca



Potência: 10 Cv

Rotação: 3510 rpm

Arranjo: 1 + 1 de reserva

A obra civil da casa de bombas possui 68 m<sup>2</sup> em alvenaria e coberta em telha colonial com sala para laboratório, almoxarifado e banheiro. O estado geral de conservação é excelente.

#### 5.1.5 Estação elevatória de lavagem de filtros

A estação elevatória de lavagem de filtros está no mesmo prédio da estação elevatória de água tratada e possui duas bombas com as seguintes características:

- Grupo motobomba Meganorm bloc 100-200 Rotor 179
- Motor de 12,5 CV
- Rotação: 1750 rpm
- Arranjo: 1+1

As bombas de lavagem são suficientes para o atendimento do sistema e serão reaproveitadas.

Um croqui do sistema existente poderá ser visto na FIGURA 5.1

#### 5.1.6 Adução de água tratada

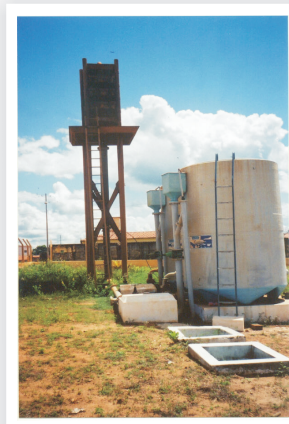
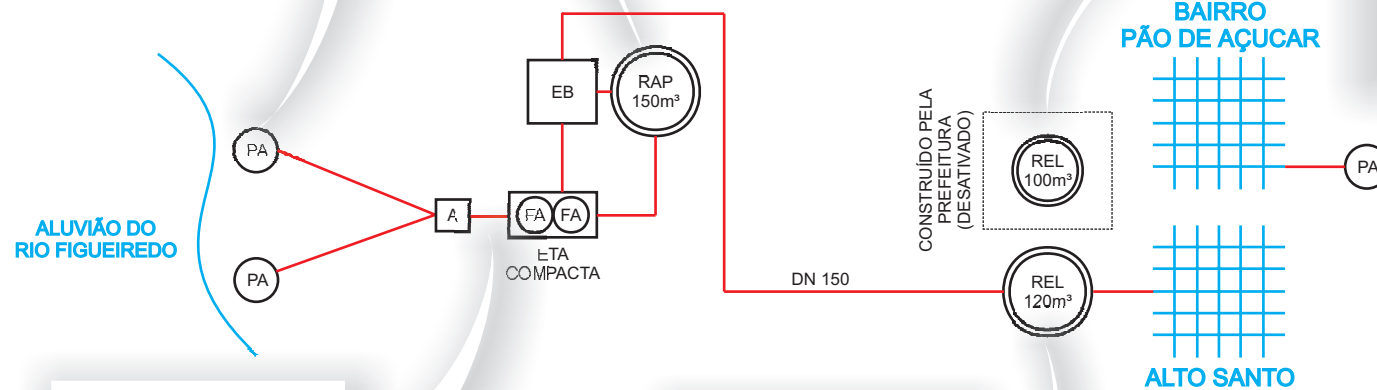
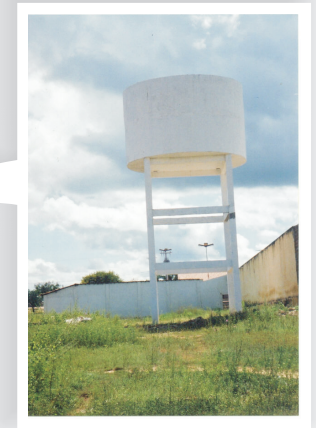
A única adutora existente no Sistema Adutor Alto Santo é a adutora de água tratada que interliga a estação elevatória de água tratada ao reservatório elevado da cidade de Alto Santo.

Esta adutora é de PVC com diâmetro 150 mm e 580m de extensão e se encontra em condições satisfatórias de funcionamento.



### 5.1.7 Rede de Distribuição e Ligações Prediais

Segundo o Sistema de Informações Gerenciais – SIG da CAGECE de março de 2003, a cidade de Alto Santo conta com uma rede de distribuição com aproximadamente 6.500 m de extensão, 900 ligações reais sendo 822 ativas, chegando a um atendimento de 85%.



**LEGENDA:**

- PA - POÇO AMAZONAS
- A - AERADOR
- FA - FILTRO ASCENDENTE
- RAP - RESERVATÓRIO APOIADO
- EB - ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO
- REL - RESERVATÓRIO ELEVADO

**Figura 5.1**  
**Croqui do Sistema Existente**  
**de Alto Santo**



MONTGOMERY WATSON



EngSoft

Engenharia e Consultoria Ltda.

## **6. CONCEPÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO**

---



## 6 CONCEPÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO

### 6.1 CONCEPÇÃO DO SISTEMA

O sistema proposto para garantir o abastecimento de água para a cidade Alto Santo pelos próximos 30 anos constará de um flutuante na barragem Riacho da Serra. A captação será realizada no corpo da barragem e a adutora seguirá pelo coroamento até a ombreira direita e daí a Alto Santo.

As cotas notáveis da captação são:

Cota da geratriz inferior da tomada d'água: 75,25 m

Cota mínima considerada para sucção: 78,25 m

Cota máxima : 88,00 m

A água será bombeada bruta até a área da ETA existente em Alto Santo onde existe um sistema de filtragem compacto ascendente que será remanejado e uma nova ETA, com flotação por ar dissolvido, será projetada para a cidade.

Depois de filtrada e clorada a água será armazenada no reservatório enterrado de 600 m<sup>3</sup> (projetado). Anexo a este reservatório, serão instaladas 3 estações de bombeamento com bombas de eixo horizontal que recalcará água tratada para: (1) o reservatório da cidade de Alto Santo; (2) o reservatório da prefeitura que atende o bairro de Pão de açúcar; (3) lavagem de filtros. Devido ao fato do sistema de flotação possuir filtragem descendente, o reservatório apoiado existente não poderá ser abastecido pelos filtros, já que possui cota de entrada muito elevada para que o fluxo de água tratada da ETA se proceda por gravidade.

Como esse reservatório apoiado existente de 150m<sup>3</sup> encontra-se em boas condições de uso, sugerimos sua utilização da seguinte forma: Será abastecido pela EB1/B projetada(via RAP- 600m<sup>3</sup>), através de uma derivação na tubulação de recalque de 150mm ( ver desenho PE-HDM-006). Como a vazão dessa adutora será de 16,8 l/s (60,48m<sup>3</sup>/h), o reservatório existente de 150m<sup>3</sup> estará cheio em 2,5 horas. Essa reservação servirá como mais uma alternativa de adução para o REL de Alto Santo





através de manobra nos registros da EB1/B e da EE existente. Portanto a Estação Elevatória existente não será desativada, ficando a cargo da CAGECE sua operacionalização.

O traçado da adutora para Alto Santo se encontra detalhada na escala 1:100.000 na FIGURA 6.1. O croqui do sistema proposto se encontra na FIGURA 6.2.

## 6.2 RESERVAÇÃO

A reserva necessária para Alto Santo em final de plano é de 622 m<sup>3</sup> que representa 1/3 de consumo máximo diário (QUADRO 3.1. pág 18). Já existem 120 m<sup>3</sup> no reservatório elevado da cidade de Alto Santo.

O volume necessário para lavagem dos dois filtros é 55 m<sup>3</sup> (ANEXO III – Memória de cálculo da ETA). Desta forma, o reservatório apoiado deverá ter:

$$V_{rap} = 622 + 55 - 120 = 557 \text{ m}^3, \text{ valor adotado } \mathbf{V_{rap} = 600 \text{ m}^3}$$

O reservatório apoiado existente de 150m<sup>3</sup> servirá como reserva estratégica do sistema.

## 6.3 VERIFICAÇÃO DO REAPROVEITAMENTO DAS UNIDADES EXISTENTES

Devido à mudança de concepção da ETA, com a exigência por parte do órgão para que o sistema de tratamento deva ser convencional ou por flotação com ar dissolvido, não foi possível o aproveitamento da ETA compacta existente em Alto Santo.

Com a nova concepção de ETA com flotação e filtro descendente, o nível mínimo do reservatório apoiado está abaixo da cota de saída de água tratada. Isto força o reservatório a ser enterrado e impede a utilização do reservatório apoiado existente, como receptor de água tratada proveniente da ETA.

As bombas de água tratada para o reservatório elevado serão reaproveitadas. Já as bombas de lavagem de filtro serão remanejadas para a nova casa de bombas.



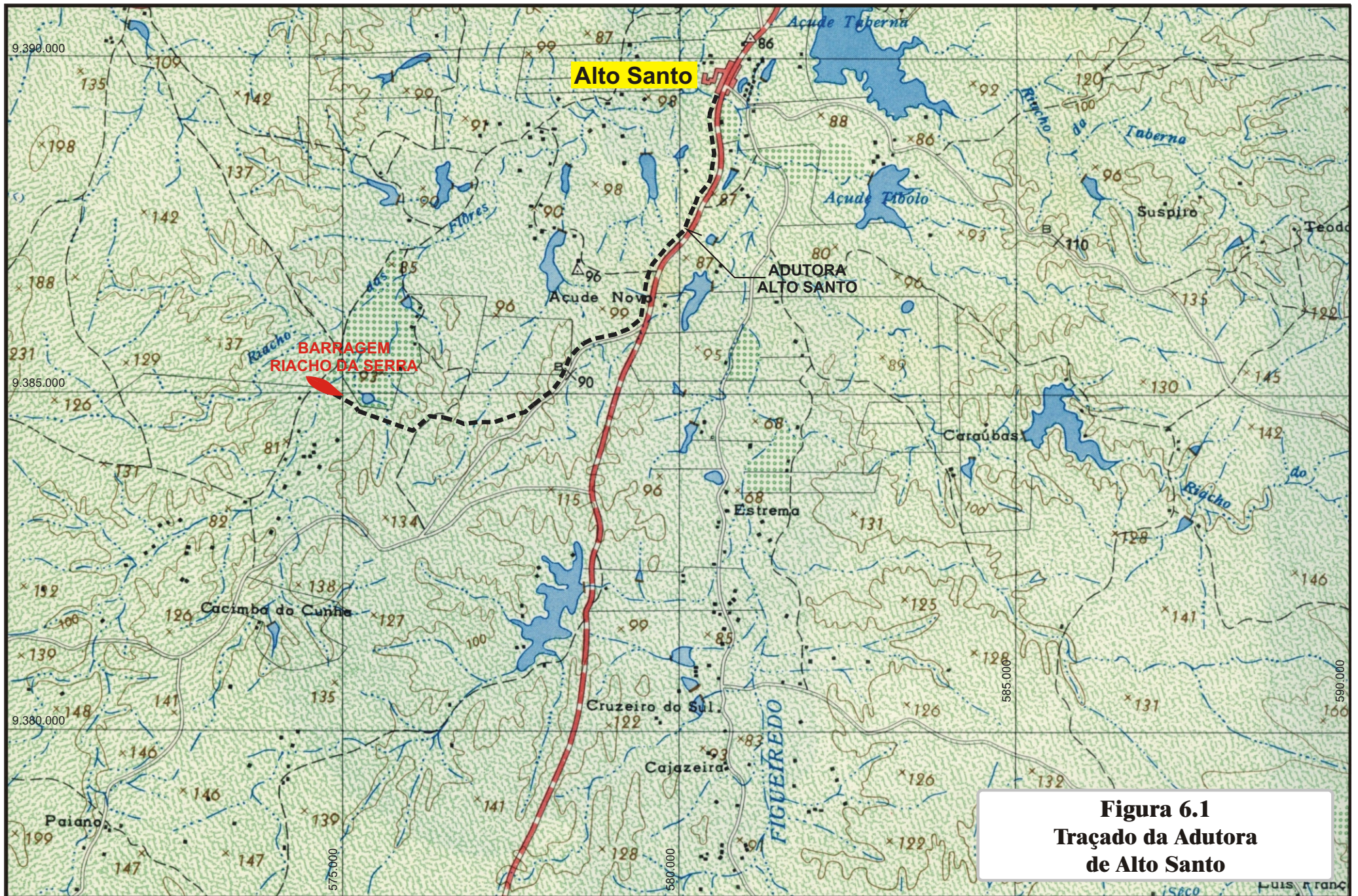
Desta forma, as seguintes unidades serão desativadas e relocadas:

- Filtros de fluxo ascendente

Serão aproveitadas as seguintes unidades:

- Casa de química (reforma);
- Reservatório apoiado de 150 m<sup>3</sup>,
- Bombas de recalque para o reservatório da cidade de Alto Santo, como alternativa de adução.
- Sistema elétrico de acionamento das bombas
- Bombas de lavagem de filtros;
- Subestação elétrica;
- Adutora da ETA ao reservatório elevado de Alto Santo (DN 150)



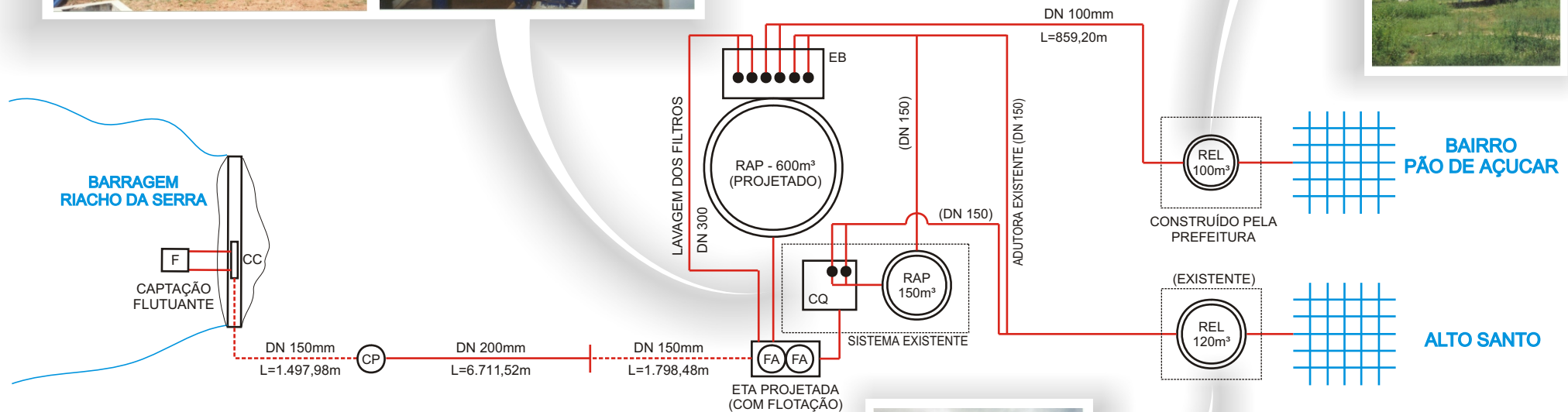


**Figura 6.1**  
**Traçado da Adutora**  
**de Alto Santo**





MONTGOMERY WATSON



**LEGENDA:**

- F - FLUTUANTE
- CC - CAIXA DE CONTROLE
- CP - CAIXA DE PASSAGEM
- FA - FILTRO ASCENDENTE
- RAP - RESERVATÓRIO APOIADO
- EB - ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO
- REL - RESERVATÓRIO ELEVADO
- CQ - CASA DE QUÍMICA (EXISTENTE)



**Figura 6.2**  
**Croqui do Sistema Proposto de Alto Santo**



MONTGOMERY WATSON



EngSoft

Engenharia e Consultoria Ltda.

## **7. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO**

---



## 7 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

### 7.1 GRUPO MOTOBOMBA

Para a determinação da potência dos grupos motobombas foram utilizadas as curvas fornecidas pelo fabricante. Utilizando-se o ponto de trabalho definido pelo binômio (Altura manométrica e Vazão), obtendo-se as características do grupo motobomba, quais sejam: modelo, rendimento, NPSH requerido, diâmetro do rotor, etc.

Para o cálculo da potência consumida, utilizou-se a seguinte formulação:

$$Potencia(cv) = \frac{Q.H_{man}}{75.\eta}$$

Para a determinação da potência do motor, aplicou-se 15% de reserva de potência e utilizou-se o motor comercialmente superior.

### 7.2 SISTEMA ADUTOR

#### 7.2.1 Critérios utilizados

Foram utilizados os seguintes critérios para a determinação da perda de carga na adutora:

1. Formula de Colebrook-White em conjunto com a fórmula universal de perda de carga de Darcy-Weisbach



Formula de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{k}{3,7D} + \frac{2,51}{R\sqrt{f}} \right)$$

Formula de Darcy-Weisbach:

$$H = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

Onde:

f - fator de atrito

k - Rugosidade do tubo (mm) = 0,2

R - Número de Reynolds

L - Comprimento (m)

V - Velocidade de escoamento (m/s)

D - Diâmetro (m)

g - Aceleração da gravidade = 9,81 m/s<sup>2</sup>

2. Acréscimo de 5% nas perdas de carga distribuídas relativo às perdas de carga localizada ao longo da tubulação. Perdas estas caracterizadas por: (a) derivação para cidades, chafarizes (b) tê de derivação para descargas e ventosas, (c) curvas, (d) reduções e (e) derivação para adutoras secundárias.

3. Perda localizada na estação de bombeamento.

### BOMBEAMENTO PARA LAVAGEM DE FILTROS

PEÇA	POSIÇÃO	DN	K
Entrada de fluxo	SUCÇÃO (Vsuc=0,81 m/s)	300	1
Curva 90°		300	0.4
Válvula borboleta		300	0.1
Redução		300 x 150	0.15
			$\Sigma K_{suc} = 1.65$
Redução	RECALQUE (Vrec=1,17 m/s)	250 x 80	0.30
Curva 90°		250	0.4
Válvula		250	15
Válvula borboleta		250	0.1
Te com saída		250 x 250	3
			$\Sigma K_{rec} = 18.8$



Perda total do bombeamento para lavagem de filtros:

$$P = \sum K_{rec} \cdot \frac{V_{rec}^2}{2g} + \sum K_{suc} \cdot \frac{V_{suc}^2}{2g} = 1,37m . \text{ Arredonda-se para 2 m.c a}$$

### BOMBEAMENTO PARA RESERVATÓRIO DA PREFEITURA

PEÇA	POSIÇÃO	DN	K
Entrada de fluxo	SUCÇÃO (Vsuc= 0,95 m/s)	80	1
Curva 90°		80	0.4
Válvula borboleta		80	0.1
Redução		80 x 2"	0.15
			$\Sigma K_{suc} = 1.65$
Redução	RECALQUE (Vrec=0,95 m/s)	80 x 1.1/4"	0.30
Curva 90°		80	0.4
Válvula		80	15
Válvula borboleta		80	0.1
Te com saída		80 x 80	3
			$\Sigma K_{rec} = 18.8$

Perda total do bombeamento para lavagem de filtros:

$$P = \sum K_{rec} \cdot \frac{V_{rec}^2}{2g} + \sum K_{suc} \cdot \frac{V_{suc}^2}{2g} = 0,94m . \text{ Arredonda-se para 1 m.c a}$$

### BOMBEAMENTO PARA RESERVATÓRIO DE ALTO SANTO

PEÇA	POSIÇÃO	DN	K
Entrada de fluxo	SUCÇÃO (Vsuc= 0,74 m/s)	150	1
Curva 90°		150	0,4
Válvula borboleta		150	0,1
Redução		150 x 125	0,15
			$\Sigma K_{suc} = 1,65$
Redução	RECALQUE (Vrec=1,15 m/s)	150 x 80	0,30
Curva 90°		150	0,4
Válvula		150	15
Válvula borboleta		150	0,1
Te com saída		150 x 150	3
			$\Sigma K_{rec} = 18,8$





Perda total do bombeamento para reservatório de Alto Santo:

$$P = \sum K_{rec} \cdot \frac{V_{rec}^2}{2g} + \sum K_{suc} \cdot \frac{V_{suc}^2}{2g} = 1,31m . \text{ Arredonda-se para 2 m.c a}$$

4. Pressão mínima em qualquer ponto da adutora: 5,0 m.c.a
5. Velocidade máxima na sucção das bombas: 1,0 m/s.

### 7.2.2 Metodologia

Para o dimensionamento do Sistema Adutor Alto Santo, foi utilizado o estudo econômico. Neste método, o diâmetro que representa o menor custo total (energia + Investimentos) é o diâmetro escolhido.

Para operacionalizar o método econômico, foram feitas simulações com vários diâmetros e computados os custos com investimento inicial com tubos e estação de bombeamento e custo atualizado de energia ao longo de 30 anos de vida útil de projeto para cada diâmetro simulado. No caso particular da adutora Alto Santo, foram utilizados os diâmetros 100, 150, 200 e 250.

O procedimento consiste no traçado de um gráfico onde as abscissas são o diâmetro e no eixo das ordenadas está o custo. Em um mesmo sistema de eixos três gráficos são traçados para cada setor:

- Diâmetro x custo da tubulação;
- Diâmetro x custo da energia + estação de bombeamento;
- Diâmetro x custo total.

Este último gráfico apresenta sempre um ponto de mínimo que é exatamente a combinação econômica procurada.

O ANEXO I apresenta as planilhas de dimensionamento econômico do sistema adutora Alto Santo.



### 7.2.3 Determinação dos Custos de Investimento Inicial

Para a determinação do investimento inicial (custo de tubulações), foram coletados preços de mercado de tubos de Ferro Fundido classe K-7 e incorporados os custos de transporte e assentamento. A QUADRO 7.1 apresenta a composição de custo de tubo aquisição, frete, transporte, assentamento, escavação e reaterro de valas. Para a determinação dos custos de escavação, foi considerado material de primeira categoria.

Embora tenha se utilizado o Ferro Fundido como material padrão, o estudo é genérico e qualquer material poderá ser utilizado, restando para isto modificar a QUADRO 7.1 com os preços do material que se queira simular.

#### QUADRO 7.1 - PREÇO DE TUBO DE FºFº ASSENTADO

DN	R\$/m
100	29,05
150	44,17
200	61,54
250	82,30
300	98,70

### 7.2.4 Determinação dos Custos de Energia

Os custos de energia foram determinados com base nas tarifas horo-sazonais oficiais obtidas na ANEEL . Estes custos estão discriminados na QUADRO 7.2 abaixo:

#### QUADRO 7.2 - PREÇO DE ENERGIA

Preço da energia (R\$/kWwh)	
Ponta	0,57066
Fora da Ponta	0,05995
DEMANDA (R\$/kW)	6,41



Para a simulação econômica em questão, não foi considerado diferencial de preço entre período úmido e período seco. Os preços indicados na tabela acima são referentes ao período seco (Maio a Novembro) e foram utilizados para todo o período.

O QUADRO 7.3 apresenta o cálculo do custo total anual de consumo, considerando a variação de horas de bombeamento mês a mês.

### QUADRO 7.3 – CUSTO TOTAL ANUAL DE CONSUMO

Preço da Energia								
Ponta		0,57066 R\$/Kwh						
Fora da ponta		0,05995 R\$/Kwh						
Mês	No. de	Total de Horas de Bombeamento			Preço de Energia (R\$/Kwh)		Custo Diário	Custo Mensal
	Dias	Total	Ponta	Fora da Ponta	Ponta	Fora da Ponta	(R\$/kw)	(R\$/kw)
Jan	31	1,00	0,00	1,00	0,57066	0,05995	0,0600	1,8585
Fev	28	1,00	0,00	1,00	0,57066	0,05995	0,0600	1,6786
Mar	31	1,00	0,00	1,00	0,57066	0,05995	0,0600	1,8585
Abr	30	1,00	0,00	1,00	0,57066	0,05995	0,0600	1,7985
Mai	31	1,00	0,00	1,00	0,57066	0,05995	0,0600	1,8585
Jun	30	1,00	0,00	1,00	0,57066	0,05995	0,0600	1,7985
Jul	31	1,00	0,00	1,00	0,57066	0,05995	0,0600	1,8585
Ago	31	1,00	0,00	1,00	0,57066	0,05995	0,0600	1,8585
Set	30	1,00	0,00	1,00	0,57066	0,05995	0,0600	1,7985
Out	31	1,00	0,00	1,00	0,57066	0,05995	0,0600	1,8585
Nov	30	1,00	0,00	1,00	0,57066	0,05995	0,0600	1,7985
Dez	31	1,00	0,00	1,00	0,57066	0,05995	0,0600	1,8585
<b>CUSTO TOTAL ANUAL DE CONSUMO (R\$/Kw)</b>								<b>21,8818</b>

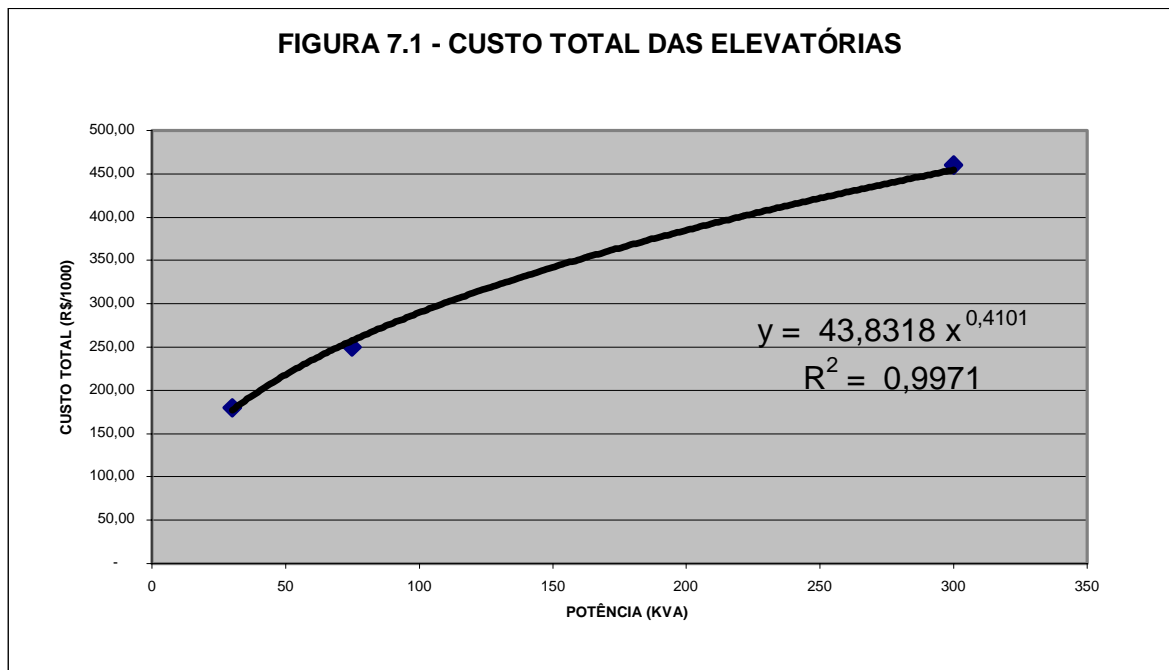
O QUADRO 7.4 apresenta a simulação de consumo durante todo o período de vida útil do projeto (30 anos) levando em consideração o aumento de vazão de bombeamento decorrente do crescimento populacional projetado.



O custo total anual de demanda é calculado simplesmente pelo produto da tarifa de demanda (em R\$/Kw.mês) por 12 que é a quantidade de meses no ano. Desta forma, temos: **Custo total anual de demanda = 12 x 6,41 = 76,92 R\$/Kw**

### 7.2.5 Determinação dos Custos das Estações Elevatórias

Para a determinação dos custos das elevatórias foram utilizadas curvas de custo versus potência instalada de todas as elevatórias recentemente projetadas/implantadas com potência instalada entre 30 e 300 Kva, no estado da Paraíba. A FIGURA 7.1 apresenta a equação utilizada para a determinação do custo da elevatória.



**QUADRO 7.4 - CUSTO TOTAL DE ENERGIA ATUALIZADO**

ANO	VAZÃO (l/s)		Horas de funcionamento por dia	Custo anual de consumo (R\$/kW)	Custo anual de demanda (R\$/kW)	Custo anual atualizado (R\$/kW)
	Média	Recalque				
2003	9,94	21,60	11,04	241,67	76,92	318,59
2004	10,14	21,60	11,27	246,53	76,92	288,80
2005	10,34	21,60	11,49	251,40	76,92	261,73
2006	10,55	21,60	11,72	256,50	76,92	237,32
2007	10,76	21,60	11,96	261,61	76,92	215,14
2008	10,97	21,60	12,19	266,71	76,92	194,99
2009	11,19	21,60	12,43	272,06	76,92	176,81
2010	11,42	21,60	12,69	277,66	76,92	160,39
2011	11,64	21,60	12,93	283,00	76,92	145,37
2012	11,88	21,60	13,20	288,84	76,92	131,90
2013	12,12	21,60	13,47	294,67	76,92	119,64
2014	12,36	21,60	13,73	300,51	76,92	108,50
2015	12,60	21,60	14,00	306,35	76,92	98,37
2016	12,86	21,60	14,29	312,67	76,92	89,28
2017	13,11	21,60	14,57	318,74	76,92	80,96
2018	13,38	21,60	14,87	325,31	76,92	73,49
2019	13,64	21,60	15,16	331,63	76,92	66,64
2020	13,92	21,60	15,47	338,44	76,92	60,49
2021	14,19	21,60	15,77	345,00	76,92	54,87
2022	14,48	21,60	16,09	352,05	76,92	49,81
2023	14,77	21,60	16,41	359,10	76,92	45,20
2024	15,06	21,60	16,73	366,16	76,92	41,01
2025	15,36	21,60	17,07	373,45	76,92	37,22
2026	15,67	21,60	17,41	380,99	76,92	33,79
2027	15,99	21,60	17,77	388,77	76,92	30,68
2028	16,31	21,60	18,12	396,55	76,92	27,85
2029	16,63	21,60	18,48	404,33	76,92	25,28
2030	16,96	21,60	18,84	412,35	76,92	22,94
2031	17,30	21,60	19,22	420,62	76,92	20,83
2032	17,65	21,60	19,61	429,13	76,92	18,92
2033	18,00	21,60	20,00	437,64	76,92	17,17
<b>CUSTO TOTAL DE ENERGIA ATUALIZADO (R\$/kw)</b>						<b>3.254,00</b>



### 7.2.6 Alternativas de dimensionamento

No caso particular do Sistema Adutor Alto Santo, existe um ponto alto no caminhamento da adutora na cota 123,61 m, que, aparentemente, pode ser utilizado para dividir o traçado em dois trechos dos quais um deles gravitário.

Neste caso, duas alternativas de dimensionamento serão analisadas:

1. Diâmetro econômico para bombeamento direto para a ETA de Alto Santo.
2. Diâmetro econômico para o bombeamento até o ponto alto na cota 123,61 e o restante do trecho gravitário. No caso do trecho gravitário, será definida a combinação de diâmetros que mais econômica para que toda a carga disponível seja dissipada, garantindo assim o custo do trecho gravitário mais baixo possível.

Este estudo está em forma de planilhas e apresentado no ANEXO I

### 7.2.7 Resultados obtidos

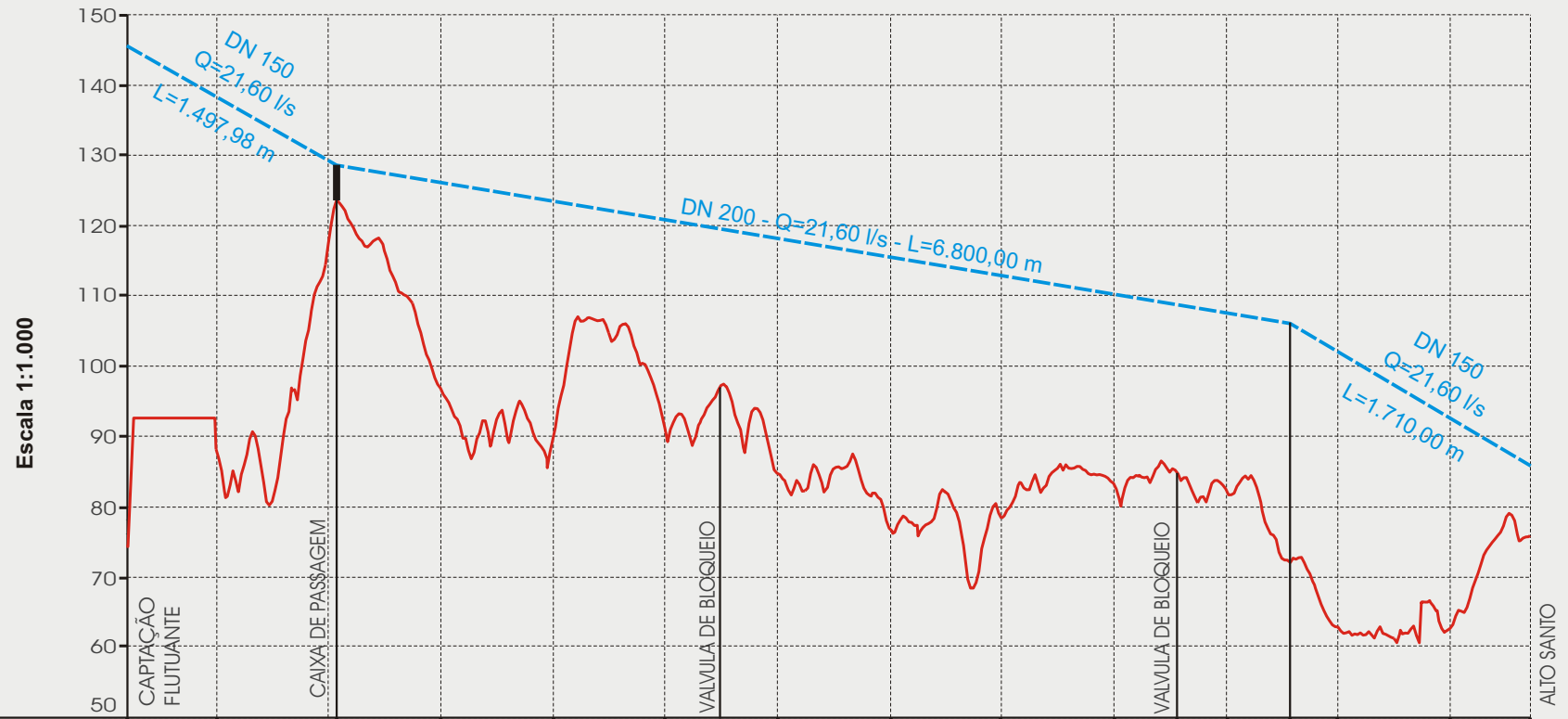
A simulação do bombeamento para o ponto alto intermediário e daí por gravidade para Alto Santo, indica a seguinte combinação como mais econômica:

$L = 1.497,98$  m com DN 150 no recalque, e

$L = 6.800,00$  m de DN 200 e  $1.710,00$  m de DN 150 na adutora gravitária

O perfil reduzido da captação até Alto Santo se encontra na FIGURA 7.2.

As planilhas com os cálculos hidráulicos se encontram no ANEXO I.



ESTACA	00	31+17,98=00	43	80	120	160	181+16,94	200	240	280	320	341+8,41	360	383	400	440	468+10,00
DISTÂNCIA (m)	0,00	637,98	1.497,98	2237,98	3037,98	3837,98	4367,98	5437,98	6237,98	7037,98	7837,98	8209,50	8637,98	9437,98	10007,98		
CLASSE DE PRESSÃO	PN 10																

Escala 1:50.000

Figura 7.2  
Perfil Reduzido  
Trecho: Captação a Alto Santo



MONTGOMERY WATSON



EngSoft

Engenharia e Consultoria Ltda.

## **8. DIMENSIONAMENTO E DETALHAMENTO DAS OBRAS HIDRÁULICAS**

---





## 8 DIMENSIONAMENTO E DETALHAMENTO DAS OBRAS HIDRÁULICAS

### 8.1 CAPTAÇÃO

#### 8.1.1 Descrição da captação

A captação das águas para o Sistema Adutor Alto Santos se dará na ombreira direita da barragem Riacho da Serra por intermédio de uma plataforma flutuante dotado de dois conjuntos motobombas de eixo vertical, submersíveis sendo um de reserva. A locação do flutuante em relação à barragem se encontra no DESENHO ALTOSANTO-PE-AG-002.

Os 2 (dois) conjuntos serão instalados em uma plataforma flutuante constituída de módulos interligados de Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV) e recalcarão através de tubulações independentes em “PEAD” até uma caixa de válvulas (registros, válvulas de retenção, descarga do barrilete e ventosa). A partir da reunião das duas tubulações de PEAD em um barrilete de aço, a adutora segue para Alto Santo.

O memorial descritivo do dimensionamento do flutuante está apresentado no ANEXO I e os detalhes construtivos encontram-se nos DESENHOS ALTO SANTO-PE-AG-001.

#### 8.1.2 Dimensionamento

A captação foi dimensionada para os horizontes de 10, 20 e 30 anos. As vazões de dimensionamento são:

$$Q_{10} = 14,54 \text{ l/s} = 52,34 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{20} = 17,72 \text{ l/s} = 63,79 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{30} = 21,60 \text{ l/s} = 77,76 \text{ m}^3/\text{h}$$

A cota mínima considerada para dimensionamento da captação foi 75,50 m (cota de volume morto). A cota máxima é de 89,99 m (para cheia milenar). Com o flutuante na cota 75,70, e a caixa de válvulas na cota 92,5 (coroamento da barragem), o



comprimento dos tubos de PEAD perfazem 50m e o restante do recalque até o ponto alto intermediário na estaca 43 e de 1.447,98 m.

Para as vazões acima, e utilizando o diâmetro econômico calculado anteriormente, são determinadas as alturas manométricas correspondentes (QUADRO 8.1).

**QUADRO 8.1 - ALTURA MANOMÉTRICA PARA 10, 20 E 30 ANOS**

DN	Q(l/s)	L(m)	V(m/s)	PERDA (mca)	LOCAL	COTAS	COTA PIEZOMÉTRICA	PRESSÃO DISPONÍVEL	Perda na EB	Alt. Manom (m)	POT. (kW)
150	14,54	1.497,98	0,82	7,88	Captação	75,50	136,49	60,99	2	62,99	12,84
					Ponto Alto	123,61	128,61	5,00	-	-	-
150	17,72	1.497,98	1,00	11,56	Captação	75,50	140,17	64,67	2	66,67	16,56
					Ponto Alto	123,61	128,61	5,00	-	-	-
150	21,60	1.497,98	1,22	16,99	Captação	75,50	145,60	70,10	2	72,10	21,83
					Ponto Alto	123,61	128,61	5,00	-	-	-

### 8.1.3 Determinação da bomba

Optou-se para a bomba da captação a bomba de eixo vertical tipo turbina. Apenas como referencia, utilizou-se o catalogo da bomba B do fabricante KSB, sem detrimento dos demais fabricantes. A utilização deste tipo de bomba traz três vantagens: (1) Alto rendimento, atingindo 82% em alguns casos, mesmo em baixas vazões, como é o caso do sistema adutor Madalena/Macaoca/Lagoa do Mato; (2) A bomba esta sempre afogada (sucção positiva) que garante escorva permanente evitando que a bomba funcione no vazio que certamente provocaria queima do moto elétrico; (3) Facilidade de manutenção garantida pelo fabricante, já que todos os componentes são de fabricação nacional.

Consultando o catálogo do fabricante com os três pontos de operação, pode-se observar que a bomba B7B com 3480 rpm pode ser utilizada nos três casos. O que varia é o ponto de operação ao longo da curva. O QUADRO 8.2 apresenta os ponto de operação para cada ano de atendimento.

**QUADRO 8.2 - PONTOS DE OPERAÇÃO DA BOMBA DA CAPTAÇÃO**

ANO	Vazão (l/s - m <sup>3</sup> /h)	Altura Manométrica (m)
10 anos	14,54 - 52,34	62,99
20 anos	17,72 - 63,79	66,67
30 anos	21,60 - 77,76	72,10

Os três pontos de operação relacionados no QUADRO 8.2 ao serem plotados na curva característica da bomba escolhida (FIGURA 8.2), fornece os rendimentos e o diâmetro do rotor, e conseqüentemente, a potência do motor para cada situação. Os resultados estão no QUADRO 8.3.

**QUADRO 8.3 - DADOS ESPECÍFICOS DA BOMBA PARA CADA PERÍODO**

ANO	Vazão (l/s - m <sup>3</sup> /h)	Hman. (m)	Rotor (mm)	Eficiência (%)	Número de estágios	Hman por estágio (m)	Potência do motor (cv)
10 anos	14,54 - 52,34	62,99	109	70	3	21,00	20,0
20 anos	17,72 - 63,79	66,67	113	73	3	22,22	25,0
30 anos	21,60 - 77,76	72,10	118	78	3	24,03	30,0

A potência foi calculada com a fórmula:

$$Potencia(cv) = \frac{Q.Hman}{75.\eta}$$

Admitindo-se uma reserva de potência de 15% a 20% e ajustando para a potência comercial imediatamente superior.



#### 8.1.4 Plataforma flutuante

Devido às variações de nível da Barragem Riacho da Serra, optou-se por estação flutuante que permite a captação em qualquer cota por intermédio de tubos flexíveis de PEAD (polietileno de alta densidade) flangeado que poderão ser acrescidos ou retirados da adutora de recalque de cada uma das bombas com a variação sazonal do nível de água da barragem.

A Plataforma Flutuante projetada para a adutora de Alto Santo será constituída de módulos flutuantes interligados, formando uma base que permite a flutuação sobre água. Basicamente a plataforma é composta de módulos sistema de interligação, piso de proteção, pórtico, ancoragem e base de bombas. A formação da plataforma será realizada com a união dos módulos flutuantes do tipo celular que encaixados lateralmente, formam a base flutuante principal, no próprio local de instalação e operação do sistema de captação. O sistema de travamento é realizado em três planos. A plataforma flutuante é reforçada internamente com perfis em aço, inseridos na fabricação dos módulos devidamente calculados para suportar cargas.

Os Flutuadores da tubulação de recalque da captação flutuante possuem as seguintes características: i abraçadeira em PRFV para sustentação da Tubulação; Superfície externa lisa com acabamento em gel-coat; Prisioneiros em aço inox, para travamento das abraçadeiras da tubulação; mantém a tubulação ligeiramente afogada, protegendo-a das ações dos raios ultravioletas; cavidade meia-cana na parte inferior para um perfeito assentamento da tubulação; preenchido na interface com poliuretano, garantindo sua flutuação em qualquer caso.

A Ancoragem para o sistema flutuante de captação e passarela, é composto por âncoras navais apropriadas para fixação da plataforma e passarela, blocos de concreto tensionadores de cabos e cabos de aço galvanizados de 3/8" 6x19 – Alma de fibra, com revestimento plástico que conectará a plataforma flutuante e a passarela às âncoras.



O pórtico manual terá capacidade para 1.000 kg que se movimentará em monovia no sentido longitudinal, para manutenção dos sistemas, fabricado em vigas de aço A-36 tratado, com talha manual de acionado por corrente.

Os sistemas de captação terá de uma passarela de acesso para os operadores e serviços de manutenção periódica nos conjuntos de motobombas, bem como a manutenção corretiva. A passarela será montada nos próprios flutuadores para tubulação. A passarela será fabricada com aço A-36, tratado, em chapa expandida de 3/16", com guarda-corpo de 1,0 m de altura. Poderá ter articulações para movimentos no plano vertical e horizontal de forma a garantir flexibilidade suficiente para acomodação ao declive do terreno em condições de nível baixo de água.

O memorial descritivo do dimensionamento do flutuante está apresentado no ANEXO I e os detalhes construtivos encontram-se nos DESENHOS ALTO SANTO-PE-AG-001.

#### 8.1.5 Conclusão

Para a captação e bombeamento de água bruta para Alto Santo, será utilizada a bomba B7B com 3780 rpm e 3 estágios.

Conforme pode ser verificado no QUADRO 8.3, a eficiência nos pontos de operação em 10, 20 e 30 anos são variáveis. A maior eficiência está no período de 20 a 30 anos com o rotor 118 mm. (78%). A utilização dos pontos de operação para os períodos anteriores (10 e 20 anos) implicará em desperdício de energia proporcional à diminuição da eficiência de operação. Desta forma se recomenda a utilização do rotor para final de plano, isto é, o sistema funcionará com vazão de final de plano desde o início com eficiência máxima. Caso a demanda de água for menor, diminuir-se o tempo de bombeamento.

A FIGURA 8.1 mostra um desenho esquemático do conjunto bomba-flutuante em perfil evidenciando os níveis da plataforma, nível de flutuação das câmaras (nível da água) nível do crivo e altura de submergência. Esta última deve ser maior que a recomendada pelo fabricante no catálogo da bomba para evitar a formação de



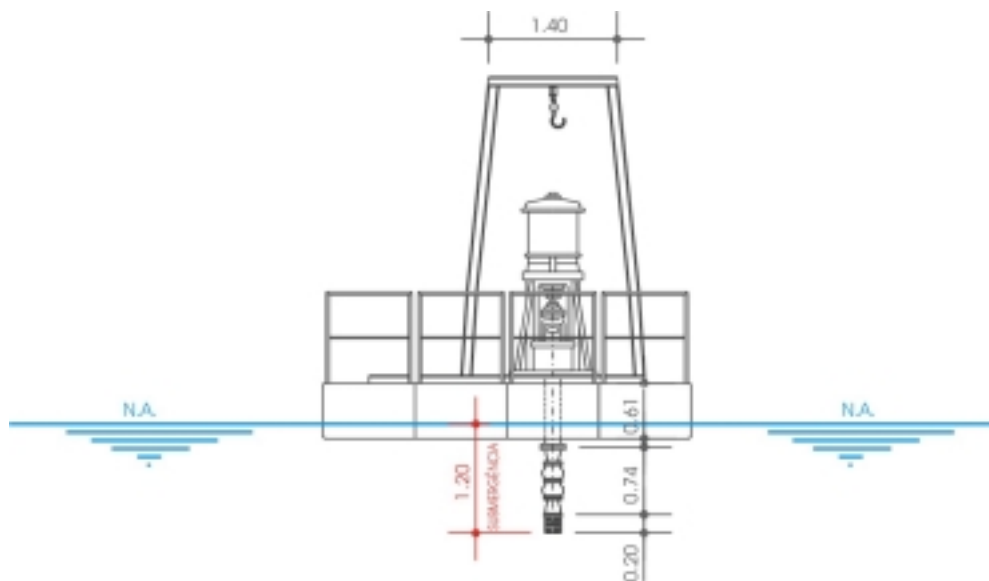
vórtice. Para a bomba B7B, a altura mínima de submersão é 300 mm. Os níveis foram obtidos a partir das dimensões da bomba dadas abaixo.

Comprimento total da bomba B7B com três estágios: 1.245 mm , compostos de:

- Tubo de elevação superior: 300 mm
- Estágios (3): 745 mm
- Crivo: 200 mm

A FIGURA 8.1 mostra um desenho esquemático do conjunto bomba-flutuante.

**FIGURA 8.1 ESQUEMA DO FLUTUANTE COM AS BOMBAS**





O QUADRO 8.4 abaixo resume a bomba escolhida para a captação. Um resumo das características hidráulicas da captação pode ser consultado na QUADRO 8.5.

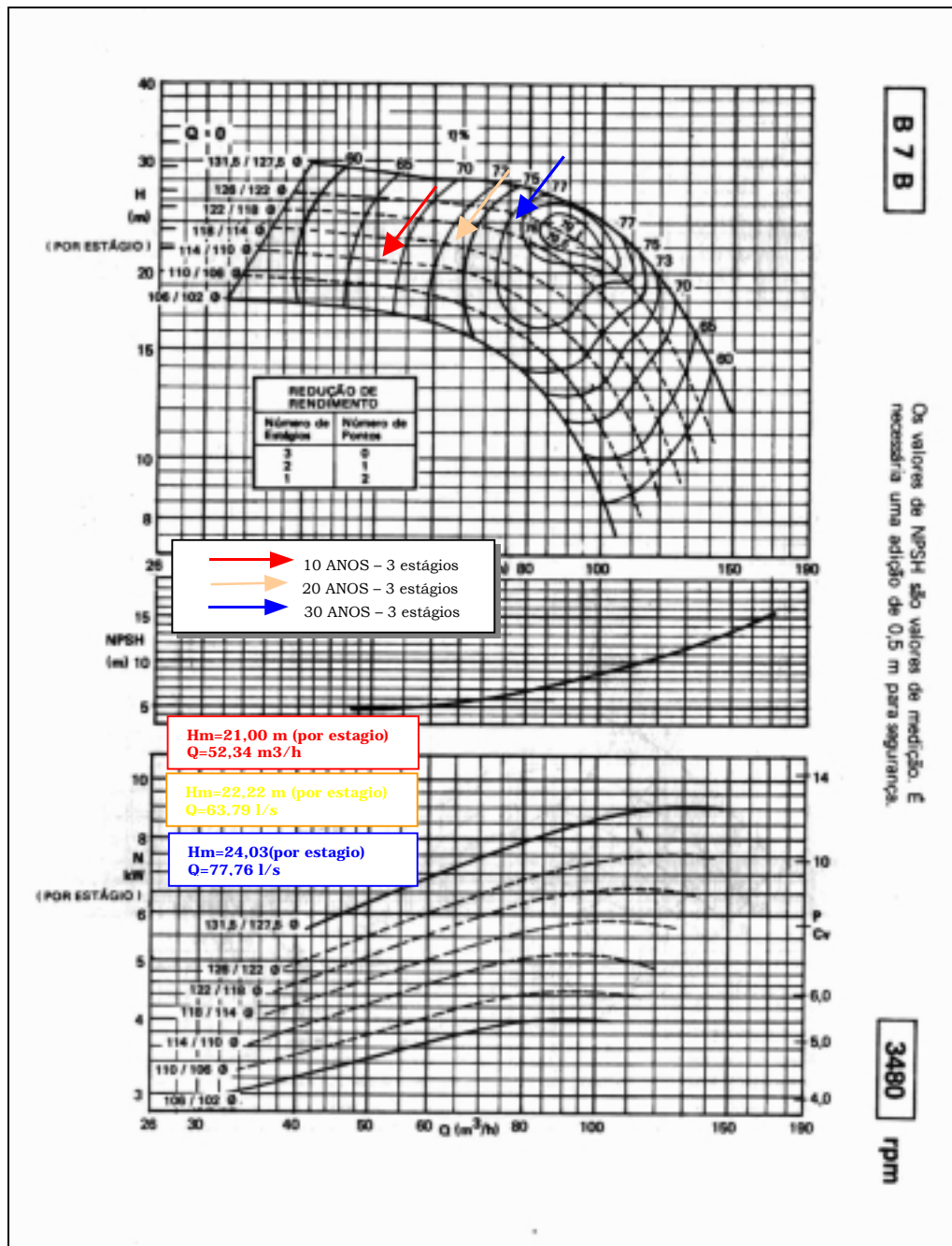
#### QUADRO 8.4 – BOMBA ESCOLHIDA PARA A CAPTAÇÃO DO SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO

<b>Bomba: B 7 B – EIXO VERTICAL (KSB)</b>
Rotação: 3.480 rpm
Rendimento( $\eta$ ): 78 %
Número de estágios: 3
Potência do motor: 30 cv

#### QUADRO 8.5 - CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DA CAPTAÇÃO

Vazão total de captação (l/s)	21,60
Tipo de conjuntos elevatórios	Vertical tipo turbina multiestágio
Número de estágios	3
Número de conjuntos (l/s)	1 + 1 de reserva
Vazão por conjunto (l/s)	21,60
Altura manométrica para nível mínimo (m)	72,10 mca (total) 24,03 mca (por estágio)
Potência do motor por conjunto (cv)	30
Recalque em tubo flexível (2x)	
• material	PEAD
• classe	PN 10
• diâmetro nominal (mm)	150
• extensão de cada recalque (m)	50
Barrilete	
• Material	Aço
• Diâmetro nominal (mm)	150

**FIGURA 8.2 - CURVA CARACTERÍSTICA DA BOMBA DA CAPTAÇÃO**



## 8.2 BOMBEAMENTO DE ÁGUA TRATADA PARA O RESERVATÓRIO DA PREFEITURA

Para o dimensionamento das bombas de recalque para o reservatório da prefeitura, estimou-se a vazão do bairro Pão de Açúcar baseado na informação de campo que este bairro possui 300 ligações.





Considerando uma média de 5 habitantes por ligação, temos um total de 1.500 hab que no final de plano somará 2.717 hab a uma taxa de 2% aa. Considerando o consumo 150 l/hab.dia, teremos uma vazão de 6,79 l/s para 20 horas de bombeamento.

O perfil reduzido da adutora para o reservatório da prefeitura, se encontra na FIGURA 8.3. O dimensionamento econômico é apresentado no ANEXO I.

Consultando o catálogo do fabricante (FIGURA 8.4), com o binômio ( $Q = 6,79 \text{ l/s} = 24,44 \text{ m}^3/\text{h}$ ;  $H_{man} = 31,08 \text{ mca}$ ) obteremos os seguintes dados para a bomba do reservatório da prefeitura:

- Bomba KSB Megablock 32-160.1
- Rotor 149 mm
- 1 estágio
- Rendimento( $\eta$ ): 55%
- Rotação : 3.480 rpm
- $Potencia(cv) = \frac{Q.H_{man}}{75.\eta} = \frac{6,79 \times 31,08}{75 \times 0,55} = 5,12cv$

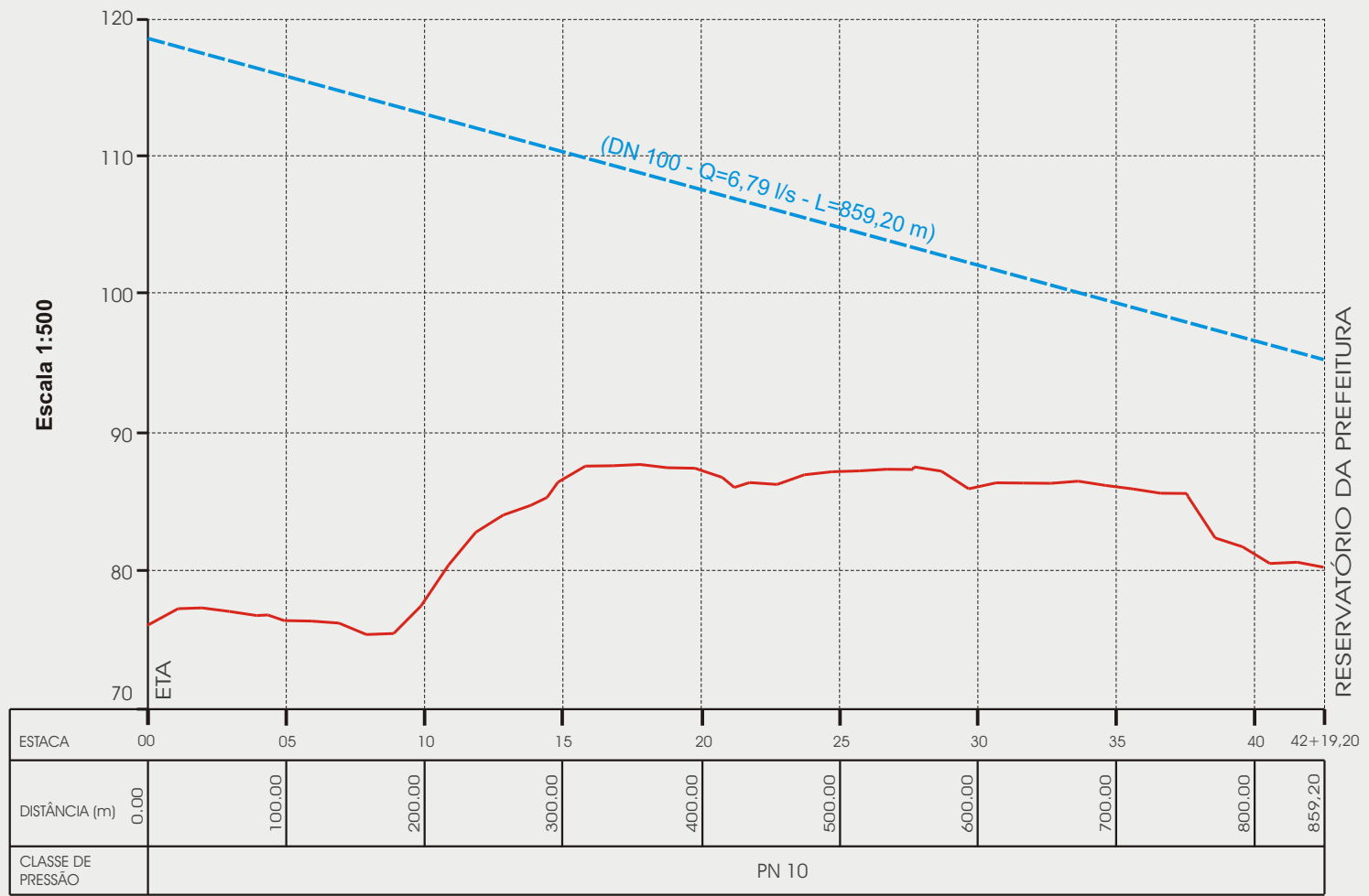
Admitindo uma reserva de potência de 15% e ajustando para a potência comercial imediatamente superior, teremos:

- $Potencia = 7,5cv$

Um resumo das características hidráulicas da estação se encontra no QUADRO 8.6 abaixo.

#### **QUADRO 8.6 - CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DO BOMBEAMENTO PARA O RESERVATÓRIO DA PREFEITURA**

Vazão total de bombeamento (l/s)	6,79
Tipo de conjuntos elevatórios	Centrífuga de eixo horizontal
Número de conjuntos (l/s)	1 + 1 de reserva
Vazão por conjunto (l/s)	6,79
Altura manométrica por conjunto (m)	31,08
Rotação (rpm)	3.500
Rendimento (%)	55
Potência do Motor (cv)	7,5



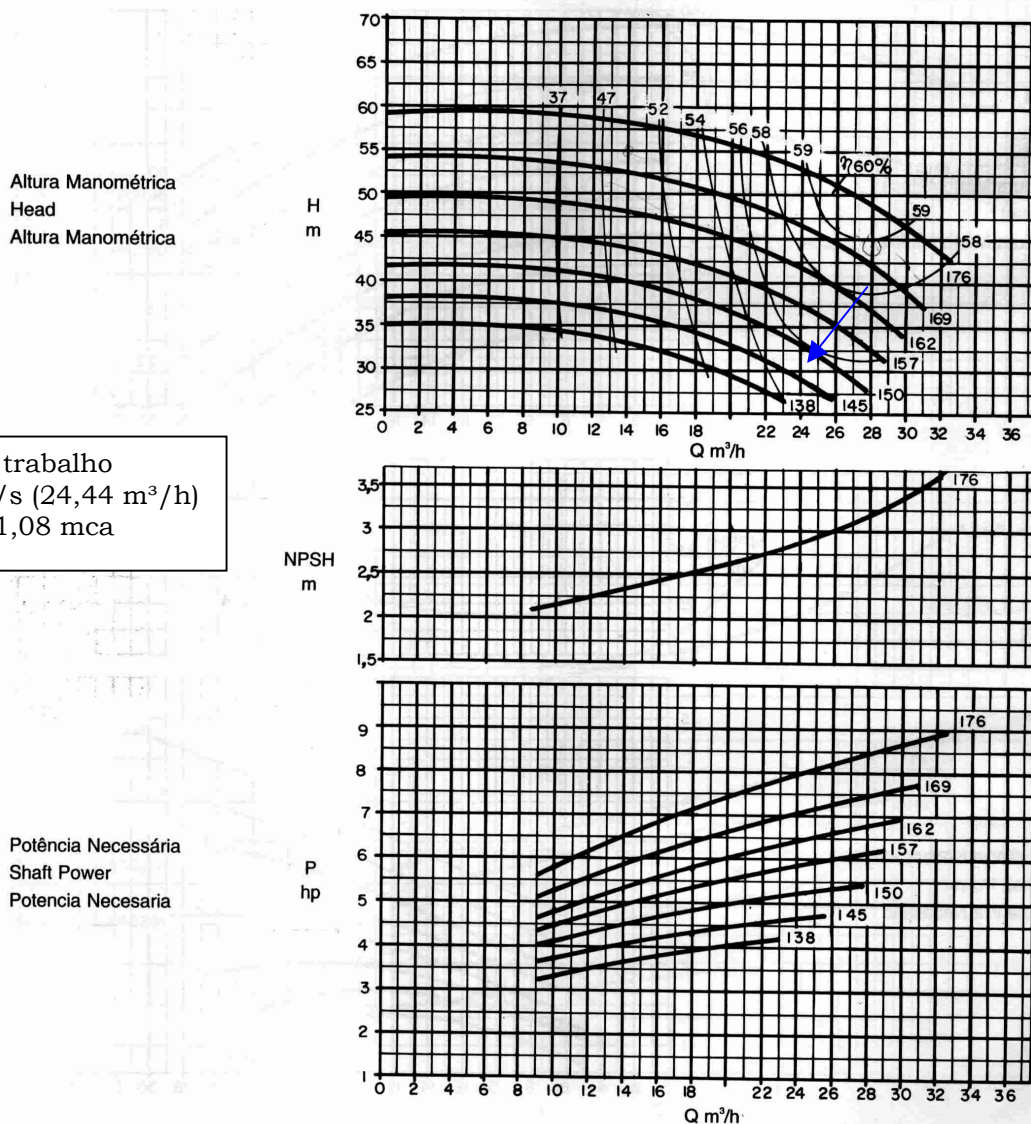
Escala 1:5.000

**Figura 8.3**  
**Perfil Reduzido**  
**Trecho: Eta a Reservatório da Prefeitura**



**FIGURA 8.4 - CURVA CARACTERÍSTICA DA BOMBA ÁGUA TRATADA PARA O RESERVATÓRIO DA PREFEITURA**

Bomba Tipo Pump Type Tipo de Bomba	<b>KSB MEGANORM KSB MEGANORM BLOC KSB MEGACHEM</b>	Tamanho Size Tamaño	<b>32-160.1</b>	
Oferta nº Project - No. Oferta - nº	Item nº Item - No. Pos. - nº	Velocidade Nominal Nom. Rotative Speed Velocidad Nominal		
		<b>3500 rpm</b>		



Ponto de trabalho  
 $Q=6,79 \text{ l/s (24,44 m}^3\text{/h)}$   
 $H_{man}=31,08 \text{ mca}$

Potência Necessária  
 Shaft Power  
 Potencia Necesaria

Dados válidos para densidade de 1 Kg/dm³ e viscosidade cinemática até 20 mm²/s.  
 Data applies to a density of 1 Kg/dm³ and Kinematic viscosity up to 20 mm²/s.  
 Datos válidos para densidad 1 Kg/dm³ y viscosidad cinemática hasta 20 mm²/s.

Garantia das características de funcionamento conforme ISO 9906 anexo D.  
 Operating data according to ISO 9906 attachment D.  
 Garantía de las características de funcionamiento según ISO 9906 suplemento D.



### 8.3 BOMBEAMENTO PARA RESERVATÓRIO ELEVADO DE ALTO SANTO

A estação elevatória para o bombeamento da água tratada da cidade de Alto Santo foi dimensionada para os horizontes de 10, 20 e 30 anos. As vazões de dimensionamento são (descontada a vazão para o reservatório da prefeitura):

$$Q_{10} = 14,54 - 4,36 \text{ l/s} = 10,18 \text{ l/s} = 36,65 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{20} = 17,72 - 5,29 \text{ l/s} = 12,43 \text{ l/s} = 44,75 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{30} = 21,60 - 6,79 \text{ l/s} = 14,81 \text{ l/s} = 53,31 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para as vazões acima, e utilizando o diâmetro da linha adutora existente (150 mm), são determinadas as alturas manométricas correspondentes (QUADRO 8.7).

#### 8.3.1 Determinação da bomba

Consultando o catálogo do fabricante com os três pontos de operação, pode-se observar que uma mesma bomba não atende os três pontos de operação. Nos períodos 0-10 anos e 10-20 anos, foi utilizada uma bomba KSB MEGANORM 40-125 com 3500 rpm. No período 20-30 anos, a bomba deverá ser mudada para KSB MEGANORM 40-160 rpm com a mesma rotação. O QUADRO 8.8 apresenta os pontos de operação para cada ano de atendimento.

O perfil reduzido para o reservatório elevado de Alto Santo se encontra na FIGURA 8.6



### QUADRO 8.7 – ALTURA MANOMÉTRICA PARA 10, 20 E 30 ANOS

TRECHO	DN	Q(l/s)	L(m)	V(m/s)	PERDA (mca)	LOCAL	COTAS	COTA PIEZOMÉTRICA	PRESSÃO DISPONÍVEL	Alt. Manom (m)
ETA - REL	150	10,18	580,00	0,58	1,54	ETA REL	73,51 88,50	95,04 93,50	21,53 15,00	26,53 -
ETA - REL	150	12,43	580,00	0,70	2,26	ETA REL	73,51 88,50	95,76 93,50	22,25 15,00	27,25 -
ETA - REL	150	14,81	580,00	0,84	3,16	ETA REL	73,51 88,50	96,66 93,50	23,15 15,00	28,15 -

### QUADRO 8.8 – PONTOS DE OPERAÇÃO DA BOMBA PARA O RESERVATÓRIO DE ALTO SANTO

ANO	Vazão (l/s – m <sup>3</sup> /h)	Altura Manométrica (m)
10 anos	10,18 – 36,65	26,53
20 anos	12,43 – 44,75	27,25
30 anos	14,81 – 53,31	28,15

Os três pontos de operação relacionados no QUADRO 8.8 ao serem plotados nas curvas características das bombas (FIGURA 8.5A e 8.5B), fornecem os rendimentos e o diâmetro do rotor, e conseqüentemente, a potência do motor para cada situação. Os resultados estão no QUADRO 8.9.

### QUADRO 8.9 – DADOS ESPECÍFICOS DA BOMBA PARA CADA PERÍODO

ANO	Bomba	Rotor (mm)	Eficiência (%)	Potência do motor (cv)
10 anos	40-125	122	64	7,5
20 anos	40-125	131	69	10,0
30 anos	40-160	140	70	12,5



A potência foi calculada com a fórmula:

$$Potencia(cv) = \frac{Q.H_{man}}{75.\eta}$$

Admitindo-se uma reserva de potência de 20% e ajustando para a potência comercial imediatamente superior.

### 8.3.1.1 Conclusão

Conforme pode ser verificado no QUADRO 8.9, a eficiência nos pontos de operação em 10, 20 e 30 anos são variáveis. A maior eficiência está nos últimos 10 anos com o rotor 140 mm. (70%). A utilização dos pontos de operação para os períodos anteriores (10 e 20 anos) implicará em desperdício de energia proporcional à diminuição da eficiência de operação. Desta forma se recomenda a utilização do rotor para final de plano, isto é, o sistema funcionará com vazão de final de plano desde o início com eficiência máxima. Caso a demanda de água for menor, diminui-se o tempo de bombeamento.

O QUADRO 8.10 abaixo resume as características principais do recalque para o reservatório elevado de Alto Santo.

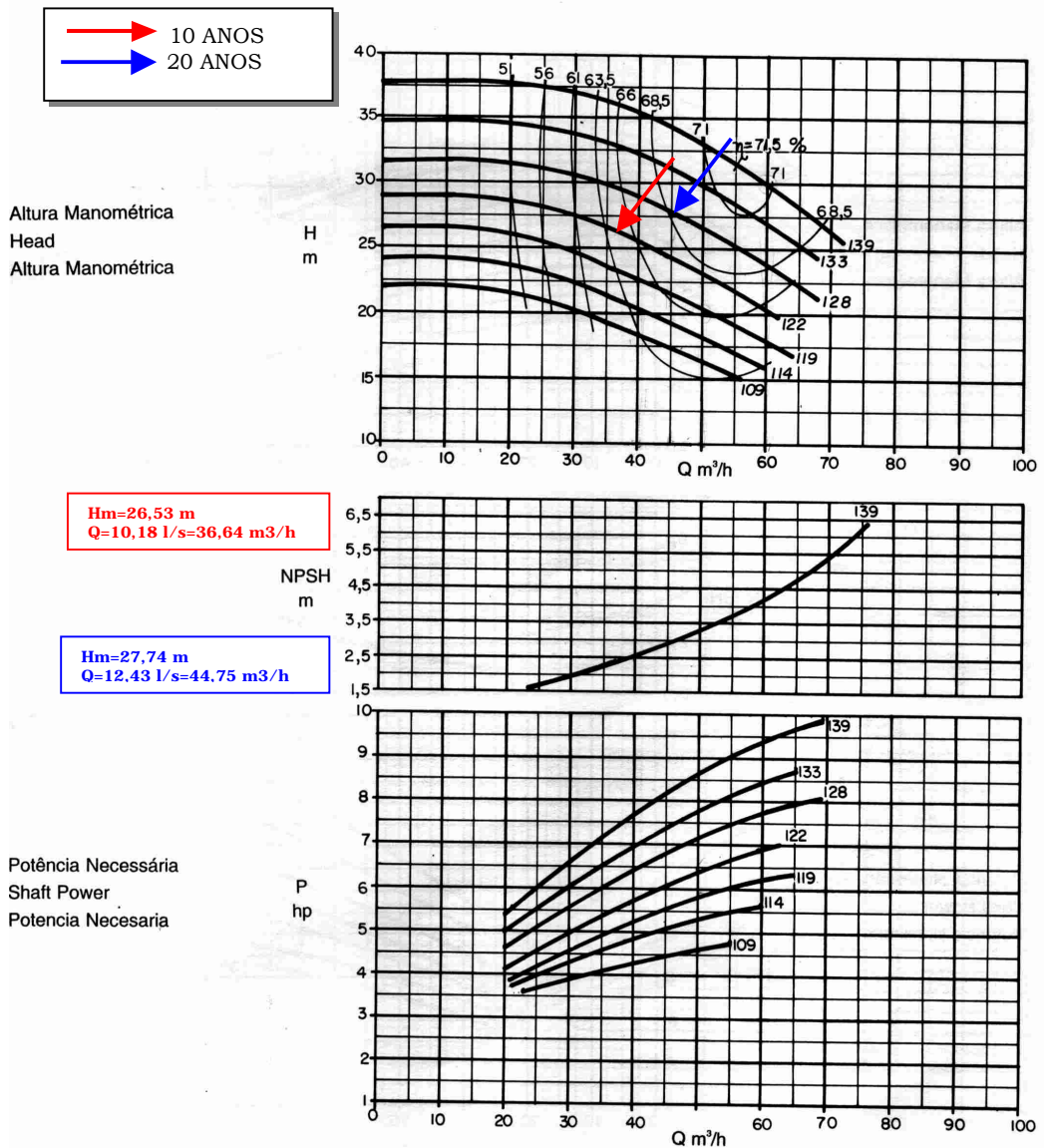
#### **QUADRO 8.10 - CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DO BOMBEAMENTO PARA RESERVATÓRIO ELEVADO DE ALTO SANTO**

Vazão total de bombeamento (l/s)	14,81
Tipo de conjuntos elevatórios	Bomba centrífuga de eixo horizontal
Número de estágios	1
Número de conjuntos (l/s)	1 + 1 de reserva
Vazão por conjunto (l/s)	14,81
Altura manométrica por conjunto para nível mínimo (m)	28,15 mca
Potência do motor por conjunto (cv)	12,5
Adutora (existente)	
• material	PVC
• classe	PN 10
• diâmetro nominal (mm)	150
• Comprimento	580 m



FIGURA 8.5A - CURVA CARACTERÍSTICA DA BOMBA ÁGUA TRATADA PARA O RESERVATÓRIO DE ALTO SANTO - PERÍODO 0 a 20 ANOS

Bomba Tipo Pump Type Tipo de Bomba	<b>KSB MEGANORM KSB MEGANORM BLOC KSB MEGACHEM</b>	Tamanho Size Tamaño	<b>40-125</b>	
Oferta nº Project - No. Oferta - nº		Item nº Item - No. Pos. - nº		
				<b>3500 rpm</b>



Dados válidos para densidade de 1 Kg/dm<sup>3</sup> e viscosidade cinemática até 20 mm<sup>2</sup>/s.  
 Data applies to a density of 1 Kg/dm<sup>3</sup> and Kinematical viscosity up to 20 mm<sup>2</sup>/s.  
 Datos válidos para densidad 1 Kg/dm<sup>3</sup> y viscosidad cinemática hasta 20 mm<sup>2</sup>/s.

Garantia das características de funcionamento conforme ISO 9906 anexo D.  
 Operating data according to ISO 9906 attachment D.  
 Garantía de las características de funcionamiento según ISO 9906 suplemento D.





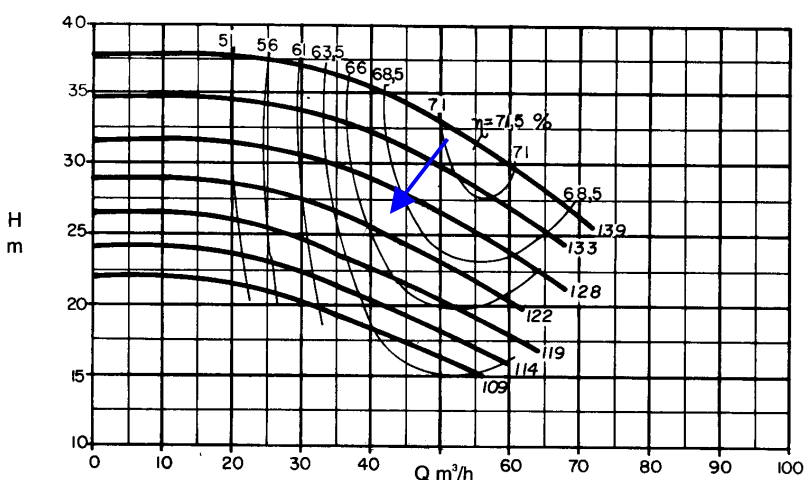
FIGURA 8.5B - CURVA CARACTERÍSTICA DA BOMBA ÁGUA TRATADA PARA O RESERVATÓRIO DE ALTO SANTO - PERÍODO 20 a 30 ANOS

Bomba Tipo Pump Type Tipo de Bomba	<b>KSB MEGANORM KSB MEGANORM BLOC KSB MEGACHEM</b>	Tamanho Size Tamaño	<b>40-125</b>	<b>KSB</b>
Oferta nº Project - No. Oferta - nº	Item nº Item - No. Pos. - nº	Velocidade Nominal Nom. Rotative Speed Velocidad Nominal	<b>3500 rpm</b>	

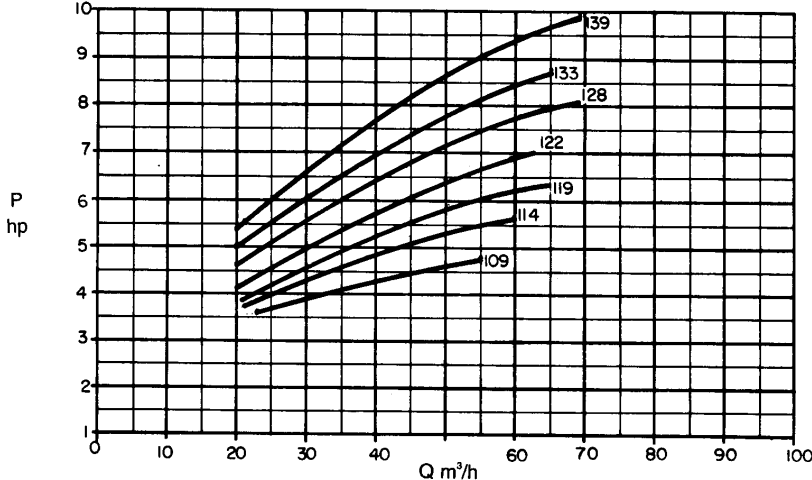
30 ANOS

Altura Manométrica  
Head  
Altura Manométrica

Hm=28,15 m  
Q=14,18 l/s=51,04 m3/h



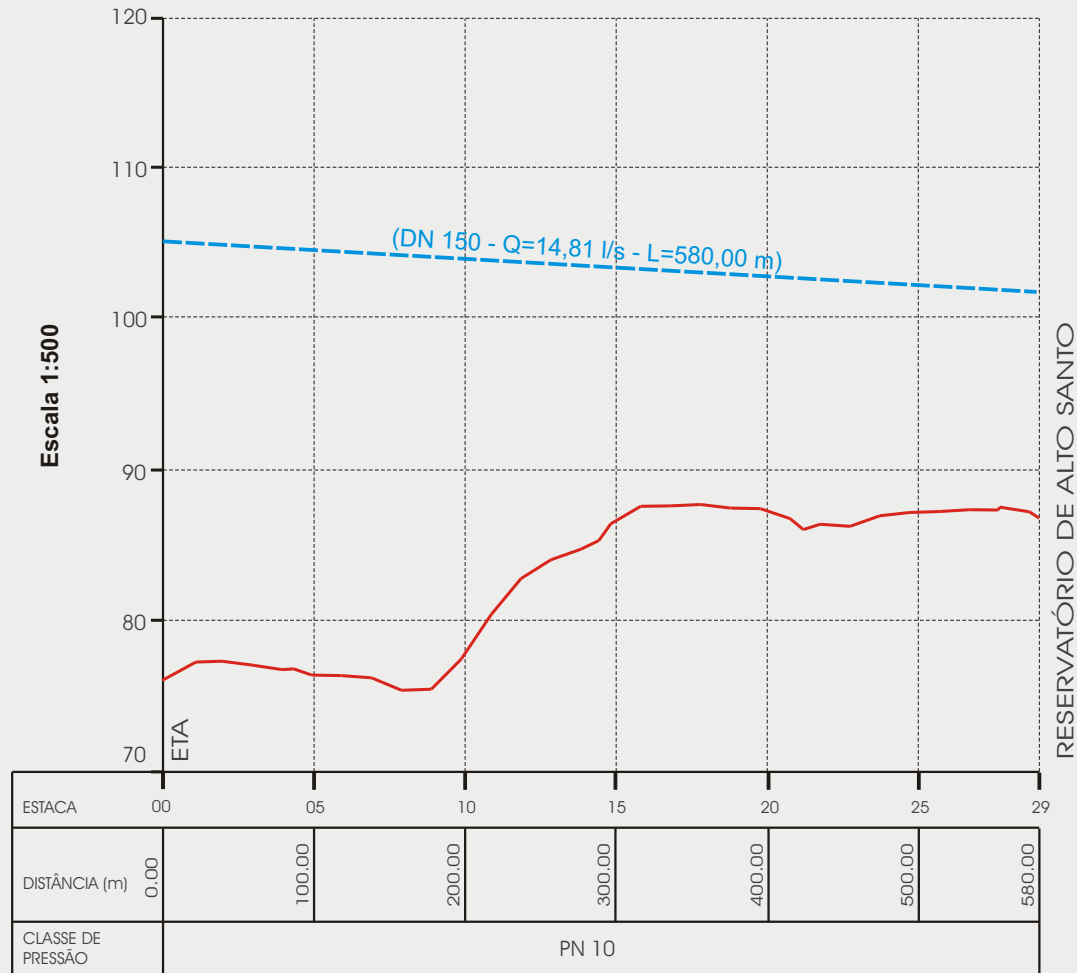
Potência Necessária  
Shaft Power  
Potencia Necesaria



Dados válidos para densidade de 1 Kg/dm³ e viscosidade cinemática até 20 mm²/s.  
Data applies to a density of 1 Kg/dm³ and Kinematical viscosity up to 20 mm²/s.  
Datos válidos para densidad 1 Kg/dm³ y viscosidad cinemática hasta 20 mm²/s.

Garantia das características de funcionamento conforme ISO 9906 anexo D.  
Operating data according to ISO 9906 attachment D.  
Garantia de las características de funcionamiento según ISO 9906 suplemento D.





Escala 1:5.000

**Figura 8.6**  
**Perfil Reduzido**  
**Trecho: Eta a Reservatório de Alto Santo**



## 8.4 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO

### 8.4.1 Considerações iniciais

A concepção da Estação de Tratamento de água do sistema Alto Santo, foi desenvolvida a partir do desempenho operacional de outras ETAS implantadas na região, cuja as águas sejam de mananciais de superfície.

O projeto apresentado contempla uma estação de tratamento de água para 25 l/s adotando a concepção de coagulação, floculação e floto-filtração, além da cloração e correção final do Ph.

A adoção do processo clássico ou convencional como é mais conhecido, para região Nordeste, além de apresentar maior custo de implantação, tem apresentado dificuldades operacionais em sua maioria, durante o maior período de tempo, ocasionado por curtos períodos de chuvas, e a maioria dos mananciais utilizados serem reservatórios de acumulação que apresenta como vantagem, a remoção da maior parte da turbidez e na parcela da cor aparente, devendo a cor verdadeira tomar um valor constante. Entretanto, a oxidabilidade tende a aumentar a eutrofização.

O tratamento químico de água com baixa turbidez, freqüentemente produz flocos muito leves, de difícil decantação, resultando numa eficiência muito baixa nos decantadores, conduzindo os flocos mais leves aos filtros, reduzindo em muito a carreira da filtração.

Na região Nordeste, o que mais vem preocupando com relação ao tratamento das águas dos reservatórios de acumulações é o fenômeno da eutrofização, com conseqüente proliferação de algas. Os principais grupos de algas encontradas são as Cianofíceas e Diatomáceas. Do ponto de vista sanitário a Anabaena e a *Microcystis aeruginosa*, espécies que geram endotoxinas responsáveis, pelo menos, por surtos de gastroenterites através da água tratada.



A produção de Cianofíceas, além dos problemas com sabor e odor, assumem importância pelo fato que, uma vez morta, constituem uma fonte de alimento para o desenvolvimento do “Clostridium botulinum”. Isso condiciona o projeto a métodos de tratamento eficientes na remoção de algas e de compostos algogênicos, cuja existência se constitui em elemento perturbador, prejudicando os processos convencionais de tratamento e, permanecendo na água tratada, deteriorando sua qualidade.

Águas com significativa concentração de algas, exercem uma série de influências negativas no tratamento convencional, destacando-se o que segue:

Aumento da demanda de cloro pela presença de amônia ( $\text{NH}_4^+$ ), podendo também causar a formação de nitritos na rede de distribuição.

Ocorrência de sabor e odor desagradáveis, mesmo a concentrações muito baixas de substâncias alógenas, difíceis de serem removidas por processos convencionais.

Colmatação dos filtros por algas. Apesar de que, com uma floculação e decantação eficientes se pode remover de 90 a 92% de algas, a quantidade remanescente pode ser suficiente para encurtar expressivamente a carreira de filtração.

Aumento da concentração de  $\text{Fe}^{++}$  e  $\text{Mn}^{++}$  na água bruta, tornando necessária sua remoção.

Desenvolvimento de organismos na rede de distribuição como nematóceros, esponjas, larvas de insetos etc., como resultado do incremento no conteúdo de compostos orgânicos na água distribuída, podendo acarretar crescimento de películas biológicas nas paredes internas das tubulações e entupimento de hidrômetros.

À frente de problemas desta natureza, as medidas para solucioná-los podem ser:

- a) Eliminar as algas do manancial.
- b) Selecionar processos de tratamento apropriados para águas com elevada concentração de fitoplâncton.



É importante salientar que a presença de algas não é responsável pelo estado trófico de um manancial. É apenas uma indicação do grau de sua fertilidade. Deste modo, aplicar sulfato de cobre ou um outro algicida ao manancial para controle de florescimentos de algas, é o mesmo que tratar somente os sintomas e não a doença. É fundamental, portanto, a adoção de um processo ou processos que eliminem as algas e seus subprodutos preferencialmente antes da filtração. Para isso é particularmente eficiente a flotação a ar dissolvido, que constitui a base do presente projeto.

Experiências realizadas pela Antwerpe Waterwerken de Bélgica, concluem que, dependendo das condições de floculação, a flotação permite a remoção de 97% do fitoplâncton medido por clorofila, o que determina um considerável alargamento das carreiras de filtração. Encontraram, além disso, que os tempos de detenção necessários para a floculação prévia à flotação podem reduzir de 1/2 a 1/3 do tempo de floculação necessário à decantação.

Além do trabalho citado, merece destaque o desenvolvido na Escola de Engenharia de São Carlos por *Reali, M.P. e Gianotti, E.P. – Remoção de Algas por Flotação*, no qual, para uma água com concentração de 600.000 a 700.000 organismos/ml, obteve uma remoção superior a 98%, com taxas de flotação de até 430 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia.

No roteiro a seguir, são apresentadas todas as fases que o compõe o método:

- Tecnologia de Tratamento;
- Dimensionamento Hidráulico das unidades pertinentes à ETA;
- Casa de Química, envolvendo o armazenamento dos produtos químicos e preparação das soluções e suspensões, com seus dispositivos de dosagens e pontos de aplicação;
- Especificações dos Materiais e Equipamentos;

De acordo com os resultados das análises das águas do manancial e de experiência operacional com outras ETAs, a ETA apresentada por este trabalho, deverá produzir



água tratada que atenda continuamente o padrão de potabilidade em vigência no Brasil, portaria 36/GM de janeiro de 1990.

#### 8.4.2 Tecnologia de tratamento

##### 8.4.2.1 Considerações gerais

As características físico-químicas da água bruta de maior significado no controle da coagulação incluem a concentração de colóides (avaliada indiretamente pela turbidez e cor), o pH e a alcalinidade, principalmente quando a coagulação é realizada por sais de alumínio ou de ferro, tais como sulfato de alumínio e cloreto férrico.

As águas do manancial apresentam características tais que, atualmente, se reconhece que o melhor método para o tratamento de águas com tais características é a flotação por ar dissolvido.

A partir desta observação e do desempenho operacional de outras ETAs implantadas em outras cidades, cujas águas dos seus mananciais apresentam características muito similares as dos mananciais em referência, decidiu-se pelo impulso da tecnologia da Flotação por Ar Dissolvido seguida de Filtração Rápida Descendente, por ser inquestionavelmente o tratamento mais adequado a essas águas destinadas ao consumo humano. Utilizaremos para flotação a área superficial dos filtros, com os seguintes parâmetros básicos de projeto:

- <i>Taxa de recirculação</i>	<i>8 a 12%</i>
- <i>Pressão de saturação</i>	<i>6 bar (absoluta)</i>
- <i>Taxa de flotação</i>	<i>200 a 240 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia</i>

De maneira geral, o detalhamento ora apresentado contempla as recomendações decorrentes de ensaios de tratabilidade realizados com água bruta e os parâmetros operacionais das ETAs. Além disto, foram consideradas também as referências técnicas indicadas na NB-595/89-ABNT.



#### 8.4.2.2 Histórico da técnica FAD (Flotação por ar Dissolvido)

A necessidade de solucionar o problema básico de extração de materiais, principalmente na área de mineração, fez com que o homem há mais de seis séculos usasse da sua criatividade ao introduzir o processo de flotação para enriquecimento do carbonato.

Após a 2ª guerra mundial o processo de flotação passou a ser utilizado pela indústria na separação de óleos, tintas, recuperação de gorduras, tratamento de esgotos domésticos etc.

Na área de tratamento de água, a técnica de flotação começou a ser aplicada quando a consagrada técnica de sedimentação encontrou situações adversas, e perdeu eficiência principalmente em razão da eutrofização dos mananciais e conseqüentemente pelas elevadas quantidades de algas presentes nas águas brutas, em águas de serra, mananciais pequenos cujas margens foram desmatadas. Em razão desses e outros problemas, que a técnica de flotação passou a ter maior aplicabilidade, principalmente a partir dos anos 60 na Europa. O processo de clarificação por FAD, passou a ser utilizado na Suécia, Noruega, Finlândia, Grã-Bretanha, na Ásia, na Austrália, nos Estado Unidos, e no Brasil, nas cidades de Joinville-SC, Jaraguá do Sul-SC, Meaipe-ES, Mantenópolis-ES, Mairiporã-SP, Itu-SP, Sumaré-SP e Caraguatatuba-SP, entre outras.

Aqui no Brasil, além das ETAs em operação, diversos trabalhos publicados corroboram a eficiência da flotação por ar dissolvido, entre eles os dos pesquisadores Marco Reali e José Roberto Campos da EESC-USP, Carlos Richter da SANEPAR e Francisco Gross da Universidad Del Uruguay, João Carlos Simões, Roberto Ferreira e equipe técnica da SABESP etc.

O princípio da FAD - processo de separação física - consiste no arraste para a superfície de partículas sólidas (colóides), na forma de flocos presentes na massa líquida estabilizada pela ação do coagulante. A ascensão das partículas se dá através da adição aos flocos de micro bolhas produzidas pela redução brusca da pressão da água saturada com ar, proveniente dos tanques de saturação. Ainda com relação ao princípio da FAD é interessante salientar que a densidade dos flocos



em ETA convencional é da ordem de 1,005 e seu diâmetro varia de 1 a 3mm. Quando em contato com as micro bolhas, sua densidade passa para 0,98 dando origem a uma velocidade ascensional até 10 vezes superior a velocidade de decantação, conforme citação do Dr. Carlos Richter; essa situação permite uma taxa de aplicação muito superior às das ETAs convencionais. Mas na prática, se adotam valores como os da QUADRO 8.11 na qual resume-se a experiência latino-americana para a técnica da FAD.

**QUADRO 8.11 -- PARÂMETROS DA FAD**

<b>Parâmetros/ LOCAIS</b>	<b>América Latina</b>	<b>Brasil e Uruguai</b>	<b>ETA Porto Novo SP</b>	<b>ETA Sumé - PB</b>
Tempo de Flocculação (min)	3-25	18-24	11	12
Tempo de Flotação (min)	11-25	10-15	10	10
Taxa de Aplicação Superficial (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .dia)	96-320	180-260	222	200 – 240
Taxa de Recirculação (%)	8-15	5-10	10	10
Pressão de Saturação (bar)	4-8	4,5-5	4,5-5,5	6(absoluta)
Processo de Remoção de Lodo	Mecânico/ Hidráulico	Mecânico/ Hidráulico	Mecânico	Hidráulico
Freqüência de Remoção de Lodo (h)	0-24	0-24	0-24	0-24
Percentual de Sólidos no Lodo	3-7	3-7	3-7	3

A água saturada com ar é misturada à água flocculada numa câmara de expansão interna ao flotofiltro, momento no qual o excesso de ar comprimido dissolvido na água de recirculação se desprende na forma de micro bolhas, aderindo quase que instantaneamente aos flocos, que são arrastados à superfície, dando origem a um manto de lodo, periodicamente removido.

Há inúmeras vantagens deste tipo de tecnologia em relação àquela com tratamento em ciclo completo, não só em relação aos custos de implantação, como também os relativos à operação e manutenção. O processo de flotação aplicado à clarificação de águas superficiais pode ser operado com altas taxas de aplicação superficial, resultando em unidades menores, que podem ser colocadas em operação, atingindo



o regime de equilíbrio num tempo menor. Além disso, o lodo flotado é mais rico em sólidos (cerca de 3% em peso) sendo mais adensado que o lodo decantado. Outra vantagem desta tecnologia é que as micro bolhas presentes no processo, além de contribuírem para a oxidação dos metais dissolvidos na água (ferro e manganês, por exemplo), promovem a remoção, com eficiência que pode chegar a 98%, de algas presentes na água bruta, segundo Richter e Gross. Eficiências comparáveis também podem ser obtidas na remoção de cor e de matéria orgânica, com redução na demanda de cloro.

Richter e Gross relatam que a turbidez da água tratada resultou inferior a 1,0 NTU em diversas ETAs com FAD pesquisadas na América Latina, sendo que a turbidez média resultou em 0,5 NTU, tendo sido obtidos, com frequência, valores inferiores a 0,1 NTU. Relatam também que na ETA Ibatiba, o teor de ferro na água bruta de 6,3 mg/l, diminuiu para 0,4 mg/l na água flotada e para 0,09 mg/l na água filtrada, com uma redução total de 94%. Talvez o parâmetro que tenha mais impressionado o consumidor, segundo relatam, foi a ausência de sabor e odor desagradáveis, normalmente presentes em mananciais ricos em matéria orgânica e algas.

No mesmo trabalho, os autores afirmam que, havendo uma coagulação adequada, os resultados da flotação são sempre satisfatórios, e mesmo com valores de turbidez muito elevados como 4.000 NTU, a água final apresentou turbidez inferior a 1,0 NTU.

Produzir uma água de qualidade não inferior à de uma ETA convencional e a menor custo, é a razão pela qual a FAD vem sendo considerada a alternativa mais atraente em novos projetos ou ampliações de ETA existentes, quando da inviabilidade da filtração direta que limita a turbidez relativamente baixa e dosagem de coagulante, pelas curtas carreiras de filtração que resultam em maior consumo de água de lavagem.

#### 8.4.2.3 Concepção geral da ETA

O projeto define o emprego da tecnologia da Flotação por Ar Dissolvido, composta por 01 FLOCULADOR e 02 FLOTOFILTROS, considerando a vazão de projeto 25 l/s.





A água da adutora passará pela linha de água bruta atingindo o misturador hidráulico, onde será aplicado o sulfato de alumínio ou Cloreto de Polialumínio (coagulante). Após a aplicação do coagulante, existe uma grade constituída de barras redondas em aço inoxidável, destinada a uniformizar a mistura rápida, sob um gradiente adequado. Na seqüência, a água coagulada segue à ETA compacta em fibra de vidro, entrando no floculador pela parte inferior e seguindo um fluxo ascendente através da câmara de floculação, sob gradiente adequado(40-90s-1), proporcionado por agitador eletromecânico, controlado por inversor de frequência.

Após a câmara de floculação, a água floculada segue aos flotofiltros, onde a água floculada encontra água saturada de microbolhas. Neste momento, ocorre a aglutinação das microbolhas de ar aos flocos. A água saturada com ar é distribuída por meio de tubulação própria, com aplicação controlada por registros tipo agulha ou orifícios, de forma a impedir a ocorrência de jato, que poderia originar bolhas grandes e quebra dos flocos. Neste ponto, ocorre a despressurização da água de recirculação, tendo início o processo de flotação.

A água é misturada ao ar nos tubos de saturação, onde o ar é injetado por 2 compressores. Os tanques de saturação recebem 10% de vazão tratada, trabalhando a uma pressão manométrica de 5-6kgf/cm<sup>2</sup>, que pode variar de acordo com a qualidade da água bruta.

Após a mistura da água pressurizada, começa a formação do manto de lodo, mais espesso ou não, dependendo da qualidade da água bruta, removido periodicamente por controle de nível e válvulas, extravasando na calha de coleta de lodo dos flotofiltros. O lodo retirado será acumulado em tanque de lodo para posterior descarte via gravidade, destinando-se ao leito de secagem.

Alguns centímetros abaixo do manto de lodo, temos a água clarificada que é continuamente percolada, via fluxo descendente, pelo leito filtrante composto por uma camada de areia(60 cm), disposta sobre uma camada graduada de pedregulho(50 cm). Se compararmos a qualidade da água clarificada com a água decantada nos processos convencionais, observa-se uma taxa de remoção bastante superior da ordem de 98% de remoção de turbidez, fator que contribui para o



aumento da carreira de filtração, propiciando significativa economia com gastos no processo.

O resultado final é água filtrada de excelente qualidade e de baixíssima turbidez, normalmente inferior a 0,10 NTU, sendo obtido uma completa ausência de gosto ou odor.

O efluente da ETA compacta descarregará em tubulação coletora de água filtrada em diâmetro adequado com suas derivações, destinando-se ao reservatório de água filtrada. Na tubulação de água filtrada, que conduz ao reservatório, será adicionado cloro para desinfecção.

A casa de química deverá contar com ambientes, nos quais serão armazenados os produtos químicos em pó, tanques de preparação de suspensões e soluções e bombas de lavagem dos flotofiltros.

### **RESUMIDAMENTE OS EQUIPAMENTOS SERÃO:**

01. Barrilete de interligação;
02. Misturador hidráulico com grade de aço inoxidável;
03. Floculador eletromecânico;
04. Flotofiltros;
05. Sistema de ar comprimido para flotação;
06. Tubos de saturação;
07. Conjuntos motobombas para a vazão de recirculação;
08. Tanques de descarte do lodo;
09. Conjuntos motobombas para lavagem dos filtros e quadro de comando dos motores;
10. Equipamentos de preparação e dosagens de produtos químicos.

A memória de cálculo da ETA se encontra no ANEXO III



## 8.5 BOMBEAMENTO PARA LAVAGEM DE FILTROS

Conforme pode ser visto no ANEXO III – Memória de cálculo da ETA, o ponto de operação da bomba de lavagem de filtros é:

$$Q = 57,3 \text{ l/s} = 206,28 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{man} = 15 \text{ mca}$$

Conforme a curva apresentada, a potência do motor será  $P = 20 \text{ cv}$ .

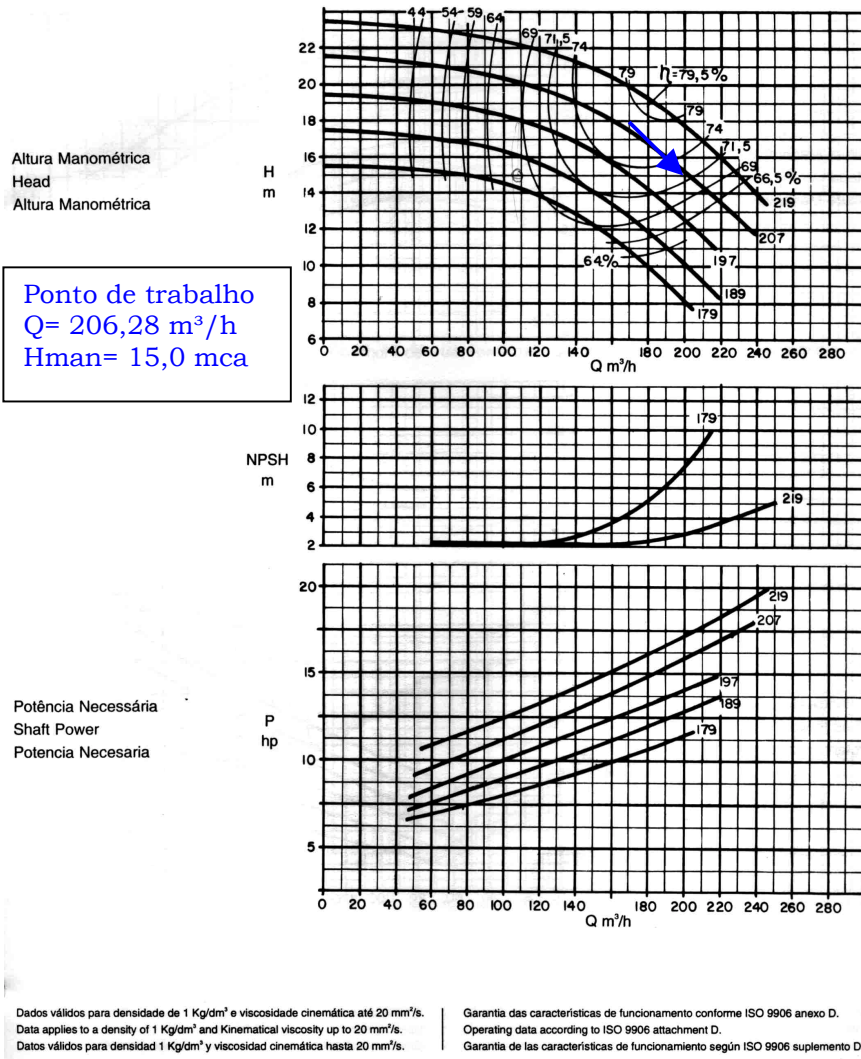
A bomba escolhida será de eixo horizontal adjacente às bombas de água tratada para Alto Santo e Prefeitura, tendo como poço de sucção o reservatório apoiado projetado de  $600 \text{ m}^3$ .

A FIGURA 8.7 apresenta a curva característica da bomba de lavagem que será reaproveitada.



FIGURA 8.7 - CURVA CARACTERÍSTICA DA BOMBA DE LAVAGEM DE FILTROS

Bomba Tipo Pump Type Tipo de Bomba	<b>KSB MEGANORM KSB MEGANORM BLOC KSB MEGACHEM</b>	Tamanho Size Tamaño	<b>100-200</b>	
Oferta nº Project - No. Oferta - nº	Item nº Item - No. Pos. - nº	Velocidade Nominal Nom. Rotative Speed Velocidad Nominal	<b>1750 rpm</b>	



### 8.6 SISTEMA ADUTOR

Com o diâmetro da adutora determinado pela metodologia anteriormente descrita, o projeto e detalhamento do sistema adutor foi elaborado com base no levantamento topográfico para materialização em campo do eixo das adutoras projetadas nas plantas em escala 1:2.000



O levantamento topográfico constou de locação, nivelamento e cadastro do caminamento da adutora e traçado de planta e perfil na escala 1:2000H e 1:200V.

Nas plantas e perfis foram projetados deflexões, descargas, ventosas, derivações para adutoras, reduções, travessias de rios e talvegues, tipo de assentamento (aéreo ou enterrado), diâmetro e a classe de pressão dos tubos.

Concluído o projeto das adutoras em planta e perfil, passou-se a detalhar cada ponto da adutora.

Para a execução do detalhamento ponto a ponto, utilizou-se o sistema computacional **PONTO A PONTO** que consiste em gerar um banco de dados de todos os pontos da adutora. Depois da geração do banco de dados, o sistema imprime o esquema de montagem e a lista de conexões para cada ponto. O mesmo sistema contabiliza todas as conexões do projeto e gera a listagem de material final para aquisição.

O projeto da adutora em planta e perfil se encontra nos DESENHOS ALTO SANTO-PE-PP-001 a ALTO SANTO-PE-PP-008.

A listagem com o detalhamento ponto a ponto da adutora se encontra no Anexo II.

A ficha técnica das adutoras de água bruta e tratada se encontra no QUADRO 8.12.

**QUADRO 8.12 – FICHA TÉCNICA DO SISTEMA ADUTOR**

<b>ADUTORA DE ÁGUA BRUTA (CAPTAÇÃO - ETA)</b>	
• Material	PVC DEFOFO
• Classe	1 MPa
• Diâmetro nominal/comprimento(mm)	DN 150 - 3.207,98 m DN 200 - 6.800,00 m
• Perda de carga total (mca)	54,84
• Velocidade de escoamento (m/s)	DN 150 - 1,22 m/s DN 200 - 0,69 m/s
<b>ADUTORA DE ÁGUA TRATADA EXISTENTE (ETA - REL DE ALTO SANTO)</b>	
• Material	PVC
• Classe	1 MPa
• Diâmetro nominal/comprimento(mm)	DN 150 - L= 580 m
• Perda de carga (mca)	4,04
• Velocidade de escoamento (m/s)	0,95
<b>ADUTORA DE ÁGUA TRATADA (ETA - REL DA PREFEITURA)</b>	
• Material	PVC DEFOFO
• Classe	1MPa
• Diâmetro nominal/comprimento(mm)	DN 100 - L = 859,20 m
• Perda de carga total (mca)	18,62
• Velocidade de escoamento (m/s)	1,09

### 8.6.1 Equipamentos de Proteção e Operação da Rede

#### 8.6.1.1 Ventosas

##### 8.6.1.1.1 Generalidades

Ao longo da rede foram utilizadas ventosas para permitir a admissão e expulsão de ar durante a operação normal e durante os períodos de enchimento e esvaziamento da rede.

Estes equipamentos impedem a formação de bolsões de ar na tubulação que causariam redução de seção de escoamento com conseqüente redução de vazão.



Utilizou-se apenas ventosas de tríplice função pelo fato destes aparelhos serem mais eficientes e minimizarem os efeitos de eventuais transientes ao longo da rede provocados pela abertura e fechamento de válvulas de bloqueio, etc.

O posicionamento das ventosas ao longo da rede, baseou-se nos seguintes critérios:

- Pontos altos da rede.
- Longos trechos horizontais. Neste caso a cada 300 m - 500 m.

#### 8.6.1.1.2 Dimensionamento das ventosas

Conhecida a vazão da linha, e adotando-se um valor para o diferencial de pressão entre o interior da ventosa e a atmosfera no momento do enchimento ou esvaziamento da canalização (geralmente adota-se 3,5 m.c.a), obtém-se um ponto que dará o tamanho da ventosa utilizada. Deverá ser utilizado um diâmetro comercial acima do ponto encontrado.

A FIGURA 8.9 mostra o ábaco utilizado reproduzido do catálogo da BARBARÁ.

Para simplificar o dimensionamento, foram feitas várias simulações de vazões em diversos diâmetros e chegou-se ao QUADRO 8.12.

Vale salientar que o diâmetro das ventosas foram adaptados aos diâmetros comerciais das derivações dos TE bolsa bolsa flange existentes no catálogo, evitando assim a utilização de reduções flangeadas o que aumentaria ainda mais a altura da caixa de ventosa.

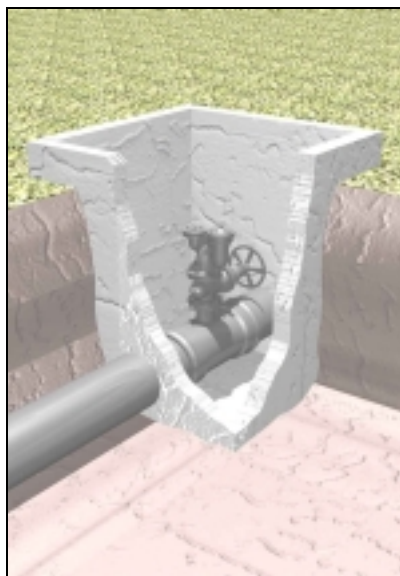
Cada ventosa será dotada de um registro de gaveta com flange e volante que permitirá sua retirada, para eventual manutenção, sem a necessidade de parar todo o sistema.

O esquema de instalação da ventosa pode ser visto na FIGURA 8.8.

O detalhamento hidromecânico das ventosas de encontra no DESENHO ALTO SANTO-PE-HDM-006.



**FIGURA 8.8** - ESQUEMA DE INSTALAÇÃO DAS VENTOSAS



#### 8.6.1.1.3 Caixas de proteção das ventosas

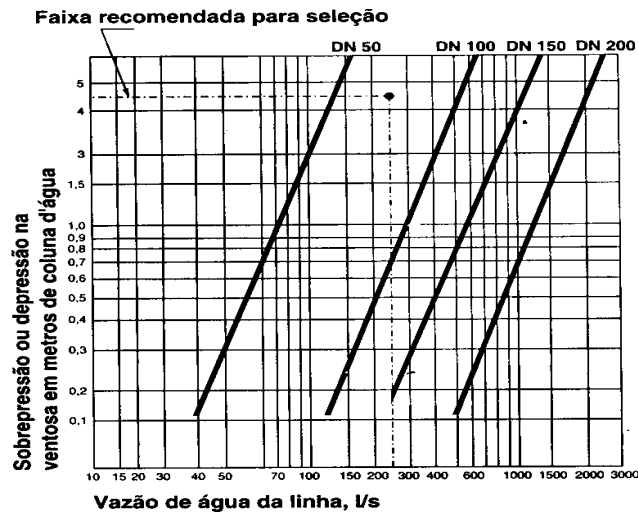
As ventosas são instaladas em um te de derivação na rede e são acondicionadas em caixas de concreto armado com tampa removível para eventuais manutenções..

As dimensões da caixa das ventosas foram determinadas a partir das dimensões das peças que compõem o sistema, isto é, TE com saída flangeada, registro de gaveta flange volante e ventosa.

O detalhamento estrutural das caixas de ventosas se encontra no DESENHO ALTO SANTO PE EST-007.



**FIGURA 8.9 - ÁBACO PARA SELEÇÃO DE VENTOSAS**



fonte: Catálogo BARBARÁ

**QUADRO 8.13 - DIÂMETRO DAS VENTOSAS**

DIÂMETRO DA LINHA (mm)	DIÂMETRO DA VENTOSA (mm)
150	50

### 8.6.1.2 Descarga de fundo

#### 8.6.1.2.1 Generalidades

Ao longo da rede foram utilizadas descargas de fundo para permitir a drenagem da adutora durante a fase de manutenção ou para reparos no sistema.

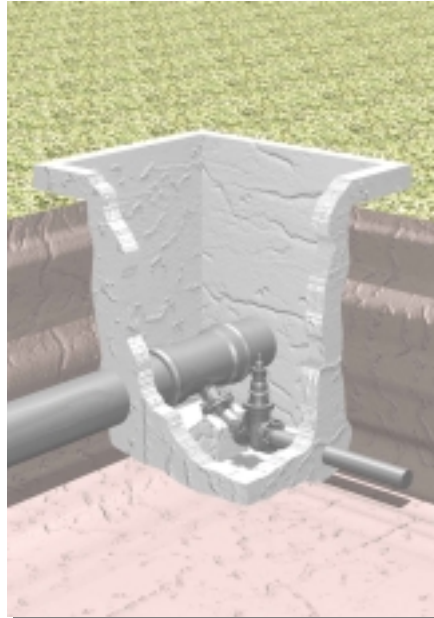
O sistema utilizado para descarga da adutora consta de uma derivação na rede por intermédio de um TE flange com saída para baixo a 45°, uma curva flangeada de 45°, um registro de gaveta flange cabeçote e uma extremidade ponta flange, conforme FIGURA 8.10.

É importante a utilização do registro de gaveta com **cabeçote** pelo fato da abertura deste tipo de registro só ser realizado com o uso de um chave "T" que ficaria à



guarda do pessoal de operação e manutenção do sistema, evitando assim o uso impróprio da descarga para retirada ilegal de água do sistema.

### FIGURA 8.10 - ESQUEMA DE INSTALAÇÃO DESCARGA DE FUNDO



As descargas de fundo são posicionadas nos pontos baixos da adutora.

O detalhamento hidromecânico das descargas de fundo se encontra no DESENHO ALTO SANTO-PE-HDM-006.

#### 8.6.1.2.2 Dimensionamento das descargas de fundo

Devido ao pequeno diâmetro da linha de recalque, optou-se pelo diâmetro da descarga ser o mesmo que a ventosa.

O QUADRO 8.14 mostra o diâmetro das descargas de fundo em função do diâmetro da linha.

**QUADRO 8.14 - DIÂMETRO DAS DESCARGAS DE FUNDO**

DIÂMETRO DA LINHA (mm)	DIÂMETRO DA DESCARGA (mm)
150	50

**8.6.1.2.3 Caixas de proteção das descargas**

As descargas de fundo são instaladas em um te de derivação na rede e são acondicionadas em caixas de concreto armado ou alvenaria com tampa removível para eventuais manutenções.

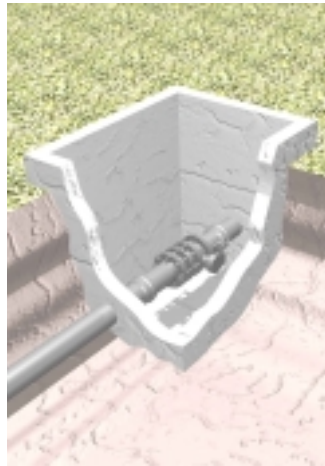
As dimensões da caixa das descargas de fundo foram determinadas a partir das dimensões das peças que compõem o sistema, isto é, TE bolsas x bolsa x flange, registro de gaveta flange cabeçote e extremidade ponta e flange. As descargas deverão ser localizadas a aproximadamente 4 metros do ponto mais baixo evitando possíveis inundações em seu interior.

O detalhamento estrutural das caixas de descargas de fundo se encontra no DESENHO ALTO SANTO-PE-EST-007.

**8.6.1.3 Válvulas de bloqueio****8.6.1.3.1 Generalidades**

Ao longo da rede foram utilizadas válvulas de bloqueio para permitir a interrupção do fornecimento de água para determinadas áreas com o intuito de manutenção ou reparos no sistema.

O sistema utilizado para bloqueio da rede consta de uma válvula borboleta em linha e uma junta de montagem, conforme FIGURA 8.11.

**FIGURA 8.11 - ESQUEMA DE INSTALAÇÃO DE VÁLVULA DE BLOQUEIO**

O posicionamento das válvulas de bloqueio ao longo da rede, baseou-se nos seguintes critérios:

- Nas derivações para adutoras (principais ou secundárias);
- Ao longo das adutoras principais a cada 5 km

O diâmetro da válvula de bloqueio é o mesmo diâmetro da linha.

O detalhamento hidromecânico das válvulas de bloqueio se encontra no DESENHO ALTO SANTO-PE-HDM-006.

#### 8.6.1.4 Caixas de proteção das válvulas de bloqueio

As válvulas de bloqueio são acondicionadas em caixas de concreto armado ou alvenaria com tampa removível para eventuais manutenções e manobras.

As dimensões da caixa foram determinadas a partir das dimensões das peças que compõem o sistema, isto é, extremidade bolsa flange, toco flangeado  $L=0,25\text{m}$ , válvula borboleta, junta de desmontagem travada axialmente e extremidade ponta flange.

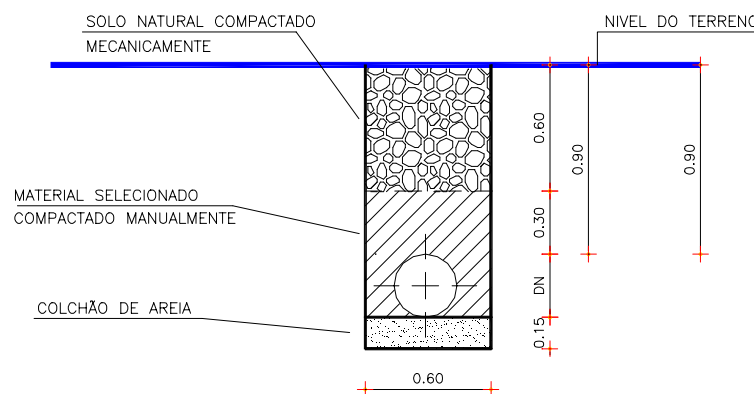
O detalhamento estrutural das caixas de bloqueio se encontra no DESENHO ALTO SANTO-PE-EST-008.

### 8.6.2 Assentamento de tubulação

As tubulações serão enterradas a uma profundidade mínima de 0,90 m acima da geratriz superior do tubo. A esta profundidade, a maioria dos veículos pode trafegar sem afetar o tubo.

A vala possuirá uma largura de 0,60 quando a profundidade for até 2,00m, acima desse valor utiliza-se 0,80 m de largura. Será utilizado 0,15m de colchão de areia que deverá ser colocado no fundo da vala para regularização no caso de terrenos pedregosos. Este colchão de areia poderá ser dispensado se o terreno for arenoso livre de pedras ou qualquer material que possa causar danos à integridade física da tubulação. A FIGURA 8.12 mostra um detalhe tipo da vala.

**FIGURA 8.12 - DETALHE TIPO DA VALA**



O material de reaterro da vala deverá estar isento de pedregulhos e deverá ser compactado a 90% do Proctor Normal.

Nos primeiros 30 cm acima da geratriz superior do tubo, o material de reaterro da vala deverá necessariamente ser de 1º categoria estar isento de pedregulhos e deverá ser compactado a 90% do Proctor Normal.

Na parte superior da vala, poderá ser utilizado materiais de 1º ou 2º categorias contanto que possua boa resistência física já que depois de reaterrada, a vala poderá ser como pista de rolamento .



### 8.6.3 Blocos de ancoragem

São estruturas em concreto simples, ciclópico ou armado com a função de absorver os impactos causados pelas variações de fluxo na rede. Se localizam na seguintes peças:

- Tês de derivação.
- Reduções.
- Curvas.

O detalhamento estrutural dos blocos de ancoragem está no DESENHO ALTO SANTO-PE-EST-009.

### 8.6.4 Travessia da adutora em ponte

Ao chegar a cidade de Alto Santo, a adutora deverá atravessar o Rio Figueiredo. A solução encontrada para esta travessia foi a colocação da adutora suspensa sob o passeio da ponte em suportes metálicos.

O ensaio fotográfico no ANEXO III mostra a ponte que deverá ser transposta.

O projeto da travessia está no DESENHO ALTO SANTO-PE-HDM-005.



MONTGOMERY WATSON



EngeSoft

Engenharia e Consultoria Ltda.

## **9. ESTUDO DE TRANSIENTES HIDRÁULICO**

---



## 9 ESTUDO DOS TRANSIENTES HIDRÁULICOS

### 9.1 TEORIA EMPREGADA PARA O CÁLCULO DO TRANSITÓRIO HIDRÁULICO

O transitório hidráulico nas linhas de recalque foi avaliado para o caso de parada do bombeamento nas estações elevatórias, quer por operação normal do sistema em função das horas diárias de bombeamento, quer por interrupção do fornecimento de energia elétrica aos motores, considerando-se inicialmente que o sistema estaria funcionando sem qualquer equipamento de proteção contra o golpe de aríete. Esta condição de parada dos motores, constitui-se na condição mais crítica de funcionamento do sistema, quando são provocadas as maiores sobrepressões e subpressões nas adutoras. Com esta simulação, tem-se um diagnóstico da situação transitória.

Posteriormente à verificação da condição de funcionamento da adutora sem equipamento de proteção, passou-se à análise e otimização dos sistemas de proteção, levando-se em conta os fatores de operacionalidade, adequação aos transitórios hidráulicos calculados e, sobretudo, minimização dos custos de construção e operação dos sistemas..

O modelo matemático empregado na análise dos transitórios hidráulicos e dimensionamento dos sistemas de proteção utilizado foi o programa foi o CTran - Verificação e Simulação de Transitórios em Conduitos Forçados, versão comercial, desenvolvido pelo Centro de Hidráulica Computacional da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, que emprega o método das características, considerado o mais adequado para este tipo de análise.

As equações básicas utilizadas na análise de transitórios hidráulicos podem ser matematicamente expressas pela equação dinâmica do escoamento dada pela 2ª Lei de Newton e pela equação da Continuidade. O sistema dado por essas equações diferenciais pode ser resolvido pelo Método das Características permitindo-se avaliar os valores da vazão  $Q$  e da carga piezométrica  $H$  ao longo da tubulação dada pela abscissa  $x$  e do tempo  $t$ . As equações são:





### Equação do Movimento:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{f}{2DA} Q|Q| = 0$$

onde o primeiro termo do membro esquerdo da equação representa a variação da aceleração do movimento, o segundo representa a variação do gradiente de pressão, e o terceiro, representa os efeitos decorrentes da dissipação de energia.

### Equação da Continuidade

$$c^2 \frac{\partial Q}{gA \partial x} + \frac{\partial H}{\partial t} = 0$$

onde o primeiro termo do membro esquerdo da equação representa a variação de fluxo de massa, e o segundo termo, a variação de massa. O parâmetro  $c$  é a celeridade de propagação das ondas de pressão e de velocidade durante o transitório hidráulico, conhecida usualmente apenas como *celeridade da onda*.

Os dados básicos de entrada dos programas computacionais requerem o cálculo prévio dos parâmetros de celeridade das ondas de pressão e do momento de inércia dos conjuntos de bombeamento, tendo sido calculados conforme a metodologia que se apresenta a seguir:

### **Cálculo da Celeridade da Onda**

A celeridade da onda é função das características da tubulação (elasticidade, deformação, espessura da parede da tubulação, diâmetro, grau de fixação da tubulação, etc.) e das características do fluido (compressibilidade, presença de ar, etc.). A seguinte equação geral pode ser empregada:

$$c = \left( \frac{K}{\rho} \right)^{1/2} \times \left( 1 + \frac{K \Psi}{E} \right)^{-1/2} \quad \text{e} \quad \Psi = \frac{D}{e} (1 - \nu^2)$$

para o caso de tubulação de parede fina ancorada contra movimentação longitudinal. Na maioria dos casos:

$K = 2,19$  GPa para escoamento de água;

$\nu = 0,25$  para ferro fundido,  $0,40$  para PVC;



$E = 170 \text{ GPa}$  para ferro fundido,  $30 \text{ GPa}$  para PVC  $1 \text{ Mpa DeF}^\circ\text{F}^\circ$ ;

$\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$  para água doce;

$D =$  diâmetro da adutora em metros;

$e =$  espessura do tubo;

### **Cálculo do Momento de Inércia Total do Sistema**

O momento de inércia total é a soma dos momentos de todas as partes girantes no conjunto motor-bomba, sendo dado por:

$$WR^2_{\text{total}} = (WR^2_{\text{motor}} + WR^2_{\text{bomba}}) \times N_b$$

onde  $N_b =$  número de conjuntos de bombas em funcionamento simultâneo (sistema em paralelo)

$WR^2_{\text{motor}} =$  momento de inércia do motor

$WR^2_{\text{bomba}} =$  momento de inércia da bomba

Os momentos de inércia das bombas e motores foram obtidos junto a catálogos de fornecedores em função das características particulares de cada equipamento.

Em função do cálculo do transitório hidráulico requerer explicitamente a adoção de curvas características para os conjuntos de bombeamento, foram adotados, a princípio, as curvas das bombas de fabricação KSB como referência apenas, as curvas características de outros fornecedores deverão ser iguais ou semelhantes àquelas adotadas no processo de análise do transitório hidráulico das linhas de recalque.

Antes de se passar à análise individual das adutoras do sistema, considera-se conveniente apresentar-se considerações gerais sobre os equipamentos de proteção usualmente empregados para solução de problemas decorrentes dos transitórios hidráulicos nas instalações típicas de recalque, o que é feito no capítulo seguinte.



## 9.2 ALTERNATIVAS DE PROTEÇÃO DE LINHAS DE RECALQUE

As pressões transientes resultantes da interrupção do bombeamento por falha no fornecimento de energia aos motores são as mais extremas à que usualmente estão sujeitos os sistemas de recalque. Se o bombeamento abastecendo uma linha de recalque for subitamente interrompido, o fluxo irá também parar.

Se o perfil da tubulação, em função das cotas do terreno natural, for relativamente próximo da linha piezométrica, a súbita desaceleração da coluna de água pode causar uma queda de pressão interna a valores inferiores à da pressão atmosférica. O mais baixo valor a que poderia cair a pressão interna é a *pressão de vapor*. A vaporização ou mesmo a *separação de coluna* pode ocorrer em pontos altos ao longo do perfil da adutora. Quando a onda de pressão retorna a valores positivos, a coluna de água se reunirá dando vez a ocorrência de sobrepressões do golpe de aríete, podendo colocar em risco a estabilidade da tubulação ou dos equipamentos a ela conectados. O Quadro 9.1 mostra os valores usuais da pressão de vapor nas condições da pressão atmosférica, além de outros parâmetros de interesse no cálculo dos transitórios hidráulicos.



**QUADRO 9.1 - DADOS DAS PROPRIEDADES FÍSICAS  
DA ÁGUA À PRESSÃO ATMOSFÉRICA**

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Viscosidade Cinemática <math>\nu = \mu / \rho</math> (m<sup>2</sup> s)</b>	<b>Tensão de Vapor h (mca) a 4° C</b>	<b>Módulo de Elasticidade E (N/m<sup>2</sup>)</b>
0	1,78 x 10 <sup>-6</sup>	0,062	19,52 x 10 <sup>8</sup>
4	1,57 x 10 <sup>-6</sup>	0,083	-
10	1,31 x 10 <sup>-6</sup>	0,125	20,50 x 10 <sup>8</sup>
20	1,01 x 10 <sup>-6</sup>	0,239	21,39 x 10 <sup>8</sup>
30	0,83 x 10 <sup>-6</sup>	0,433	21,58 x 10 <sup>8</sup>
40	0,66 x 10 <sup>-6</sup>	0,753	21,68 x 10 <sup>8</sup>
50	0,56 x 10 <sup>-6</sup>	1,258	21,78 x 10 <sup>8</sup>
60	0,47 x 10 <sup>-6</sup>	2,033	21,88 x 10 <sup>8</sup>
80	0,37 x 10 <sup>-6</sup>	4,831	-
100	0,29 x 10 <sup>-6</sup>	10,333	-

Conforme se pode depreender do Quadro N° 1, a pressão interna mínima das tubulações nas condições de subpressão durante o transitório hidráulico deveria ser de no mínimo 0,24 mca, para uma temperatura da água em torno de 20 °C. Esta condição de estabilidade da coluna de água foi considerada como meta a atingir no dimensionamento do sistema de proteção das adutoras, para os pontos mais críticos das linhas de recalque.

A filosofia por trás do projeto da maioria dos equipamentos de proteção contra golpe de aríete é bastante similar. O objetivo na maioria dos casos é reduzir a *subpressão* na tubulação, causada pela parada das bombas. Assim a correspondente *sobrepressão* será reduzida ou mesmo eliminada. O método mais comum de limitar-se a subpressão é alimentando-se a linha de recalque com água tão logo a pressão interna tenda a cair. Isto é conseguido através do emprego de uma série de equipamentos de proteção para os quais se faz aqui uma breve descrição funcional:



### 9.2.1 Ventosas

Os equipamentos convencionais de uso obrigatório para proteção de linhas de recalque são as *ventosas*, que devem ser instaladas nos pontos altos das canalizações. As ***ventosas***, dependendo do tipo adotada, destinam-se a expulsar o ar durante a fase de enchimento da tubulação, ou mesmo das bolhas de ar que se formam durante operações normais, e de admitir ar para evitar as pressões negativas que podem ocorrer durante os transitórios hidráulicos, dependendo da conformação topográfica do terreno. Do ponto de vista da segurança operacional das instalações de recalque, é recomendável que as ventosas sejam instaladas como dispositivos de proteção obrigatórios, projetadas conforme a topografia do terreno e das condições de fluxo na canalização, mas que sejam ignoradas para efeito de cálculo na análise dos transitórios hidráulicos.

Esta relaxação da função da ventosa como componente ativo do sistema de proteção das linhas de recalque, deve-se a recomendação herdada de consultores com longa experiência no projeto e análise de sistemas de recalque, segundo os quais, é comum a ocorrência de pressões negativas inconvenientes por mal funcionamento das ventosas, devido a ausência de manutenção adequadas das linhas, decorridos alguns anos ainda dentro da vida útil do equipamento.

Pelos motivos aqui expostos, não se procedeu a simulação computacional das linhas de recalque considerando-se as ventosas como dispositivo efetivo de proteção contra o golpe de ariete, tendo-se, porém, projetado as mesmas na referidas linha para funcionarem como tal.

### 9.2.2 Válvulas de alívio

As *válvulas de alívio* são dispositivos de proteção destinados a reduzir os efeitos das sobrepressões indesejáveis nas instalações de recalque, sendo normalmente colocadas imediatamente a jusante dos equipamentos da estação elevatória. Seu funcionamento compreende a abertura da válvula durante os períodos de sobrepressão, liberando a água para manter as sobrepressões dentro de valores tolerados pelas canalizações. Uma restrição que se faz é que a válvula deve abrir



totalmente antes que a onda de pressão negativa retorne à bomba como onda de pressão positiva num segundo momento.

Nos casos em que não se admitem sobrepressões superiores àquelas da carga de pressão do regime permanente (carga operacional), a válvula deve ser dimensionada para descarregar todo o fluxo para uma carga igual à do regime operacional. Quando é necessária uma precisão acurada contra o golpe de aríete, ou quando o golpe é provavelmente um problema durante desligamento parcial das bombas em importantes sistemas de recalque, recomenda-se a instalação de duas ou mais válvulas de alívio em paralelo, podendo serem as mesmas ajustadas para atuar à diferentes cargas de pressão.

### 9.2.3 Volantes de inércia

A utilização de um volante de inércia montado sobre o conjunto moto-bomba, permite reforçar os efeitos de inércia do grupo e aumentar o tempo de parada do bombeamento, com a conseqüente diminuição dos efeitos do choque hidráulico. Entretanto, de acordo com Lencastre:

*“ a utilização dos volantes está bastante limitada, pois desde que o comprimento da canalização ultrapasse algumas centenas de metros, chega-se rapidamente a pesos exagerados para o volante e este sistema deixa de ser econômico. Por outro lado, quanto mais pesado for o volante, tanto maior terá de ser a potência do motor para vencer, na partida, a inércia deste volante. Esta situação pode conduzir a chamadas de intensidade de corrente impraticáveis que poderão pôr em cheque o arranque dos motores em condições satisfatórias”.*

### 9.2.4 Chaminés de equilíbrio (stand pipe) ou caixa de passagem

As chaminés de equilíbrio são reservatórios em contato com a superfície livre, intercalados ao longo da adutora, destinadas a reduzir a intensidade do golpe de aríete nas canalizações, a partir da divisão do comprimento da adutora em dois trechos, cujos comportamentos hidráulicos serão diferenciados no momento da ocorrência do transitório. No caso de linhas de recalque de estações elevatórias, o trecho de jusante em relação à chaminé de equilíbrio, ou trecho protegido da



adutora, sofre um processo de *oscilação de massa* durante o transitório hidráulico, enquanto que o trecho de montante, ou trecho desprotegido, sofre um processo normal de golpe de aríete por ação da *propagação da onda elástica* quando da interrupção do bombeamento.

A principal vantagem da chaminé de equilíbrio, é a de proporcionar uma proteção adequada ao trecho de jusante da adutora quer nas sobrepressões, quer nas subpressões, diminuindo substancialmente os efeitos do golpe de aríete na canalização. Sua principal desvantagem reside no fato de requerer uma topografia favorável para sua instalação, o que nem sempre é disponível, principalmente em linhas de recalque de estações elevatórias. Devido a topografia favorável este dispositivo será utilizado para proteção da adutora contra transientes hidráulicos.

#### 9.2.5 Reservatório hidropneumático

O reservatório hidropneumático, é de utilização quase que obrigatória quando o transitório hidráulico pode causar subpressões inaceitáveis ao longo da canalizações que não podem ser solucionadas por sistemas de reservatórios do tipo “one-way”, ou chaminés de equilíbrio, em virtude das cotas topográficas disponíveis. A restrição maior ao seu uso está associada às exigências rigorosas de operação e manutenção do dispositivo, que podem não ser cumpridas durante toda a vida útil da instalação, principalmente quando se trata de instalações de pouca importância que não disponham de um serviço contínuo de manutenção e operação permanentes.

A instalação de um reservatório hidropneumático requer a presença permanente de um sistema compressor de ar destinado a manter uma pressão interna adequada de ar dentro do vaso hidropneumático. Esta condição pressupõe também a instalação de um grupo gerador de forma a manter o sistema em condições operacionais permanentes, mesmo quando da interrupção do fornecimento de energia elétrica. Esta restrição inviabiliza economicamente seu emprego na maioria das vezes, requerendo também a presença constante de profissional habilitado para sua operação e manutenção. Uma falha de operação pode causar acidentes indesejáveis caso não haja outros mecanismos de segurança para proteção do sistema. No caso



do presente estudo, descartou-se a priori o seu emprego por recomendação da Consultora.

#### 9.2.6 Tanques de alimentação ou “one-way”

Os tanques de alimentação ou One-Ways, tem o objetivo de evitar a formação de subpressões indesejáveis na tubulação, estando durante o funcionamento normal do sistema, separados da tubulação de recalque por meio de uma válvula de retenção, abrindo-se esta quando ocorre uma depressão na canalização, evitando-se assim que a pressão interna diminua, devendo ser dimensionado para manter a pressão interna sempre superior à tensão de vapor da água à temperatura do bombeamento. O tanque é alimentado por um “by-pass” servido de um flutuador ou registro automático de entrada. Normalmente são empregados em pontos elevados da linha de recalque, podendo serem únicos ou distribuídos em seqüência ao longo da tubulação.

A vantagem do sistema de one-ways em relação à chaminé de equilíbrio, é a de poderem ser instalados em condições topográficas mais desfavoráveis, não requerendo grandes alturas construtivas. Sua principal desvantagem é o custo de construção da estrutura (reservatório), peças especiais de controle operacional, e, a formação indesejável de lodo no fundo do reservatório devido a sedimentação dos sólidos em suspensão quando se trata de água bruta.

O emprego de reservatórios de descarga do tipo “one-way” foi adotado como principal dispositivo de combate ao golpe de aríete nas adutoras do Sistema Adutor Amontada, devido suas vantagens em relação aos demais equipamentos de proteção, quer de natureza econômica, quer de natureza operacional.

### 9.3 METODOLOGIA DE TRABALHO

#### 9.3.1 Considerações Gerais

Os seguintes passos foram dados para análise do comportamento individual do transitório hidráulico em cada adutora componente do sistema, e o dimensionamento de seu respectivo equipamento de proteção.





1. Admitindo-se a princípio um tipo de tubo e classe de pressão para cada adutora, calculou-se os parâmetros hidráulicos de alimentação dos programas computacionais a serem empregados na análise, constando de curva característica das bombas, momento de inércia dos conjuntos de bombeamento, celeridade das ondas de pressão, número de Reynolds do escoamento, fator de resistência pela fórmula de Colebrook, e dados característicos das tubulações como diâmetro, espessura, módulo de elasticidade, etc.;
2. Simulou-se o sistema individual da adutora em conformidade com os condicionantes do projeto tal como se não houvesse nenhum equipamento de proteção. Estas simulações compreendem ao Diagnóstico, permitindo identificar os pontos críticos ao longo da adutora e a performance da classe de tubulação;
3. Foi definido o equipamento de proteção com determinada característica hidráulica no ponto ou pontos críticos e refez-se a simulação do sistema com este equipamento de proteção;

Repete-se o passo 3. até que não exista pressões negativas ao longo da linha.

### 9.3.2 Forma De Apresentação Dos Resultados

Os resultados são apresentados em planilhas eletrônicas EXCEL, na planilha se apresentam a simulação do *sistema original sem nenhum equipamento de proteção*, denominada Diagnóstico, e em seqüência, a simulação da *solução final com equipamento de proteção* a nível de otimização.

Dois gráficos são apresentados para cada caso: o primeiro, mostra em termos de cotas as envoltórias das linhas piezométricas máxima e mínima do transitório hidráulico juntamente com um perfil aproximado do terreno natural. O segundo gráfico ilustra a solução do problema, isto é, a envoltória de pressões com proteção.

O QUADRO 9.2 e QUADRO 9.3 apresentam os resultados da simulação para a adutora sem proteção e com proteção respectivamente. As FIGURAS 9.1 e 9.2 mostram as envoltórias de pressão sem proteção e com proteção respectivamente.



#### 9.4 RESULTADOS OBTIDOS

O estudo de transiente indicou um proteção na estaca 43. Este mecanismo poderá ser um caixa de passagem ou um stand pipe. A escolha por uma caixa de passagem advém do fato de se tratar de um ponto alto e com cota suficiente para que se abasteça a cidade de Alto Santo por gravidade. A colocação da caixa de passagem, permite a divisão do bombeamento em dois trechos: um por recalque e outro por gravidade, além de ser um ponto de controle das bombas da captação. Deverá ter um volume suficiente para uma hora de alimentação da cidade de Alto Santo sem bombeamento (100 m<sup>3</sup>).

O resultado final do estudo de transientes hidráulicos do Sistema Adutor Alto Santo se encontra abaixo.

#### RESULTADOS DO ESTUDO DE TRANSIENTES HIDRÁULICOS

OBRA	ESTACA	VOLUME	TIPO DE RESERVATÓRIO
CAIXA DE PASSAGEM	43	100 m <sup>3</sup>	QUADRADO

### QUADRO 9.2 - RESULTADOS DA ANÁLISE DOS TRANSIENTES HIDRÁULICOS DA ADUTORA DE ALTO SANTO SEM PROTEÇÃO ANTI GOLPE

Estaca	Distância Parcial (m)	Distância Acumulada (m)	Cota Terreno (m)	L. Piez. Max. (m)	L. Piez. Min. (m)	Sobrepessão (m)	Subpressão (m)	Amplitude (m)	Observações
0	0,00	0,00	73,450	164,271	76,447	90,821	2,997	87,824	
14	270,49	270,49	91,750	162,145	75,956	70,395	-15,794	86,189	
28	270,49	540,97	90,277	159,888	74,889	69,611	-15,388	84,999	
41	270,49	811,46	82,894	157,694	73,808	74,800	-9,085	83,885	
55	270,49	1.081,94	88,005	155,419	72,760	67,414	-15,244	82,659	
68	270,49	1.352,43	91,602	153,406	71,880	61,804	-19,722	81,526	
82	270,49	1.622,92	120,594	151,207	70,952	30,613	-49,643	80,255	
95	270,49	1.893,40	114,838	149,153	70,097	34,316	-44,741	79,056	
109	270,49	2.163,89	102,259	146,724	69,110	44,465	-33,149	77,615	
122	270,49	2.434,37	90,462	144,597	68,267	54,135	-22,195	76,331	
136	270,49	2.704,86	89,420	142,279	67,386	52,859	-22,034	74,893	
149	270,49	2.975,35	88,210	140,337	66,687	52,127	-21,523	73,650	
163	270,49	3.245,83	90,955	137,901	65,834	46,946	-25,121	72,067	
176	270,49	3.516,32	105,325	135,717	65,102	30,392	-40,223	70,615	
190	270,49	3.786,80	97,560	133,554	64,442	35,994	-33,119	69,112	
203	270,49	4.057,29	89,136	131,220	63,858	42,084	-25,278	67,362	
217	270,49	4.327,78	94,634	128,912	63,326	34,278	-31,308	65,585	
230	270,49	4.598,26	84,402	126,824	62,807	42,422	-21,595	64,018	
244	270,49	4.868,75	83,332	124,604	62,251	41,272	-21,080	62,353	
257	270,49	5.139,23	82,390	122,507	61,808	40,117	-20,582	60,699	
271	270,49	5.409,72	84,728	120,131	61,554	35,404	-23,173	58,577	
285	270,49	5.680,21	79,013	117,805	61,329	38,792	-17,685	56,477	
298	270,49	5.950,69	77,423	115,695	61,195	38,272	-16,228	54,500	
312	270,49	6.221,18	77,207	113,498	61,109	36,291	-16,098	52,390	
325	270,49	6.491,66	70,350	111,280	61,116	40,930	-9,234	50,164	
339	270,49	6.762,15	80,710	108,835	61,208	28,125	-19,502	47,627	
352	270,49	7.032,64	80,700	106,730	61,256	26,030	-19,445	45,474	
366	270,49	7.303,12	80,524	104,273	61,611	23,749	-18,913	42,662	
379	270,49	7.573,61	83,175	102,168	62,059	18,992	-21,117	40,109	
393	270,49	7.844,09	81,515	99,883	62,738	18,368	-18,777	37,145	
406	270,49	8.114,58	78,588	97,773	63,604	19,185	-14,984	34,169	
420	270,49	8.385,07	70,156	95,146	65,063	24,990	-5,093	30,083	
433	270,49	8.655,55	65,813	93,058	66,580	27,245	0,767	26,478	
447	270,49	8.926,04	61,681	90,630	68,865	28,949	7,185	21,764	
460	270,49	9.196,52	62,671	88,519	71,153	25,848	8,481	17,366	
474	270,49	9.467,01	66,531	86,168	74,082	19,638	7,551	12,086	
487	270,49	9.737,50	77,808	83,994	77,637	6,186	-0,171	6,357	
501	270,49	10.007,98	75,010	82,000	82,000	6,990	6,990	0,000	

**QUADRO 9.3 - RESULTADOS DA ANÁLISE DOS TRANSIENTES HIDRÁULICOS DA ADUTORA DE ALTO SANTO COM PROTEÇÃO ANTI GOLPE**

Estaca	Distância Parcial (m)	Distância Acumulada (m)	Cota Terreno (m)	L. Piez. Max. (m)	L. Piez. Min. (m)	Sobrepessão (m)	Subpressão (m)	Amplitude (m)	Observações
0	0,00	0,00	73,450	164,268	101,505	90,818	28,055	62,763	
14	270,49	270,49	91,750	162,136	105,021	70,386	13,271	57,114	
28	270,49	540,97	90,277	159,877	108,858	69,601	18,581	51,019	
41	270,49	811,46	82,894	157,682	113,050	74,788	30,156	44,632	
55	270,49	1.081,94	88,005	155,406	118,554	67,402	30,550	36,852	
68	270,49	1.352,43	91,602	153,393	124,013	61,791	32,411	29,380	
82	270,49	1.622,92	120,594	151,194	128,053	30,600	7,458	23,141	
95	270,49	1.893,40	114,838	149,140	126,123	34,302	11,286	23,017	
109	270,49	2.163,89	102,259	146,711	123,966	44,452	21,707	22,745	
122	270,49	2.434,37	90,462	144,584	122,151	54,122	31,689	22,433	
136	270,49	2.704,86	89,420	142,266	120,192	52,846	30,772	22,074	
149	270,49	2.975,35	88,210	140,326	118,507	52,116	30,297	21,818	
163	270,49	3.245,83	90,955	137,890	116,455	46,935	25,500	21,435	
176	270,49	3.516,32	105,325	135,706	114,594	30,381	9,269	21,112	
190	270,49	3.786,80	97,560	133,545	112,762	35,985	15,202	20,783	
203	270,49	4.057,29	89,136	131,211	110,783	42,075	21,647	20,429	
217	270,49	4.327,78	94,634	128,904	108,835	34,270	14,201	20,069	
230	270,49	4.598,26	84,402	126,818	106,935	42,416	22,533	19,883	
244	270,49	4.868,75	83,332	124,599	104,921	41,267	21,589	19,678	
257	270,49	5.139,23	82,390	122,501	103,164	40,111	20,774	19,337	
271	270,49	5.409,72	84,728	120,123	101,217	35,395	16,489	18,906	
285	270,49	5.680,21	79,013	117,793	99,185	38,780	20,172	18,608	
298	270,49	5.950,69	77,423	115,681	97,225	38,258	19,802	18,456	
312	270,49	6.221,18	77,207	113,483	95,232	36,276	18,025	18,251	
325	270,49	6.491,66	70,350	111,263	93,326	40,913	22,976	17,936	
339	270,49	6.762,15	80,710	108,816	91,389	28,106	10,679	17,427	
352	270,49	7.032,64	80,700	106,711	89,716	26,011	9,016	16,995	
366	270,49	7.303,12	80,524	104,255	87,715	23,731	7,192	16,539	
379	270,49	7.573,61	83,175	102,150	85,999	18,974	2,824	16,151	
393	270,49	7.844,09	81,515	99,867	84,163	18,352	2,648	15,704	
406	270,49	8.114,58	78,588	97,758	82,297	19,170	3,709	15,461	
420	270,49	8.385,07	70,156	95,132	79,979	24,975	9,822	15,153	
433	270,49	8.655,55	65,813	93,046	78,201	27,232	12,388	14,844	
447	270,49	8.926,04	61,681	90,620	76,052	28,939	14,371	14,568	
460	270,49	9.196,52	62,671	88,510	74,251	25,839	11,579	14,260	
474	270,49	9.467,01	66,531	86,161	74,080	19,630	7,549	12,081	
487	270,49	9.737,50	77,808	83,989	77,636	6,181	-0,172	6,353	
501	270,49	10.007,98	75,010	82,000	82,000	6,990	6,990	0,000	

FIGURA 9.1 - Gráfico do Terreno (s/ Proteção)

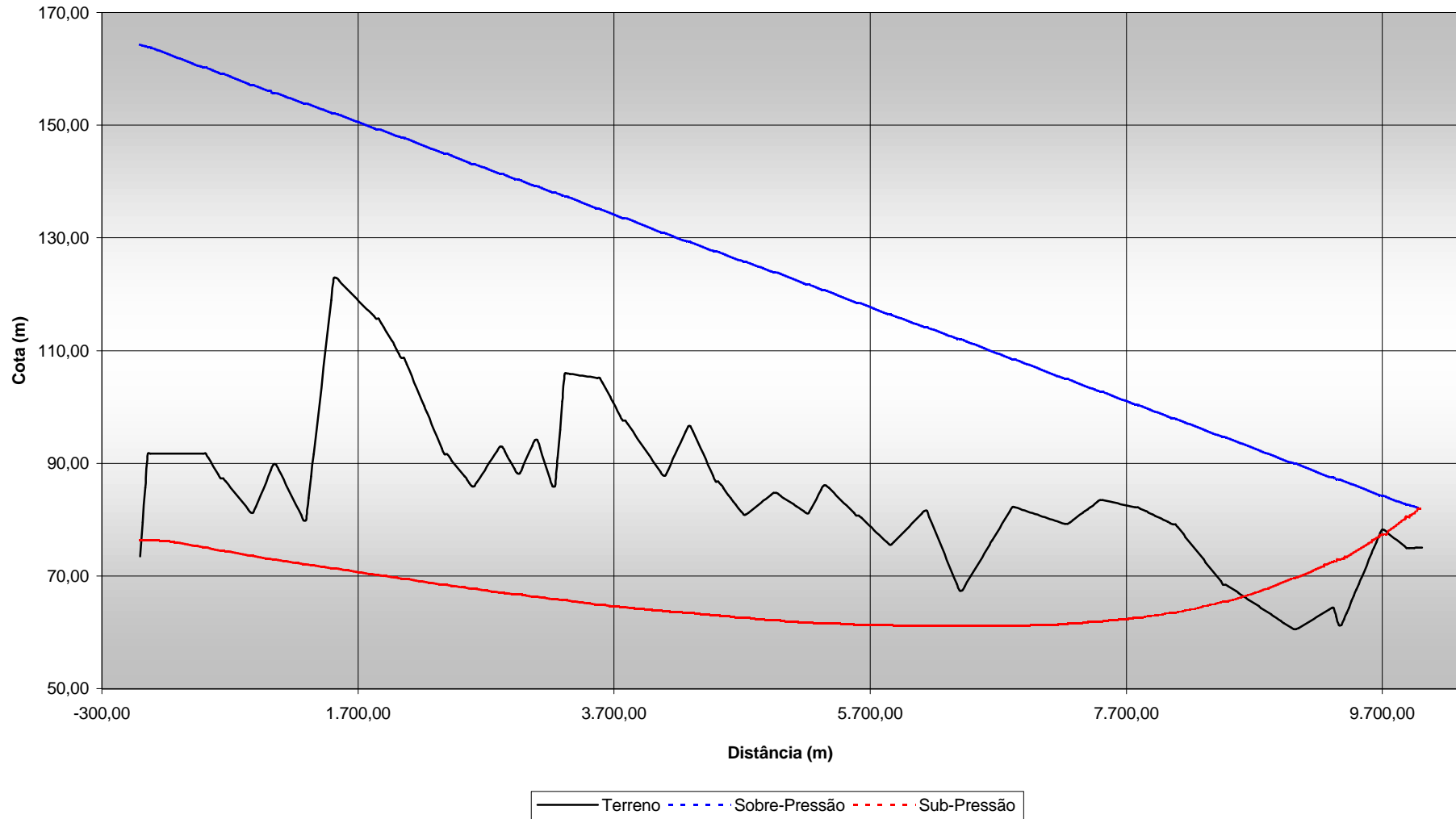
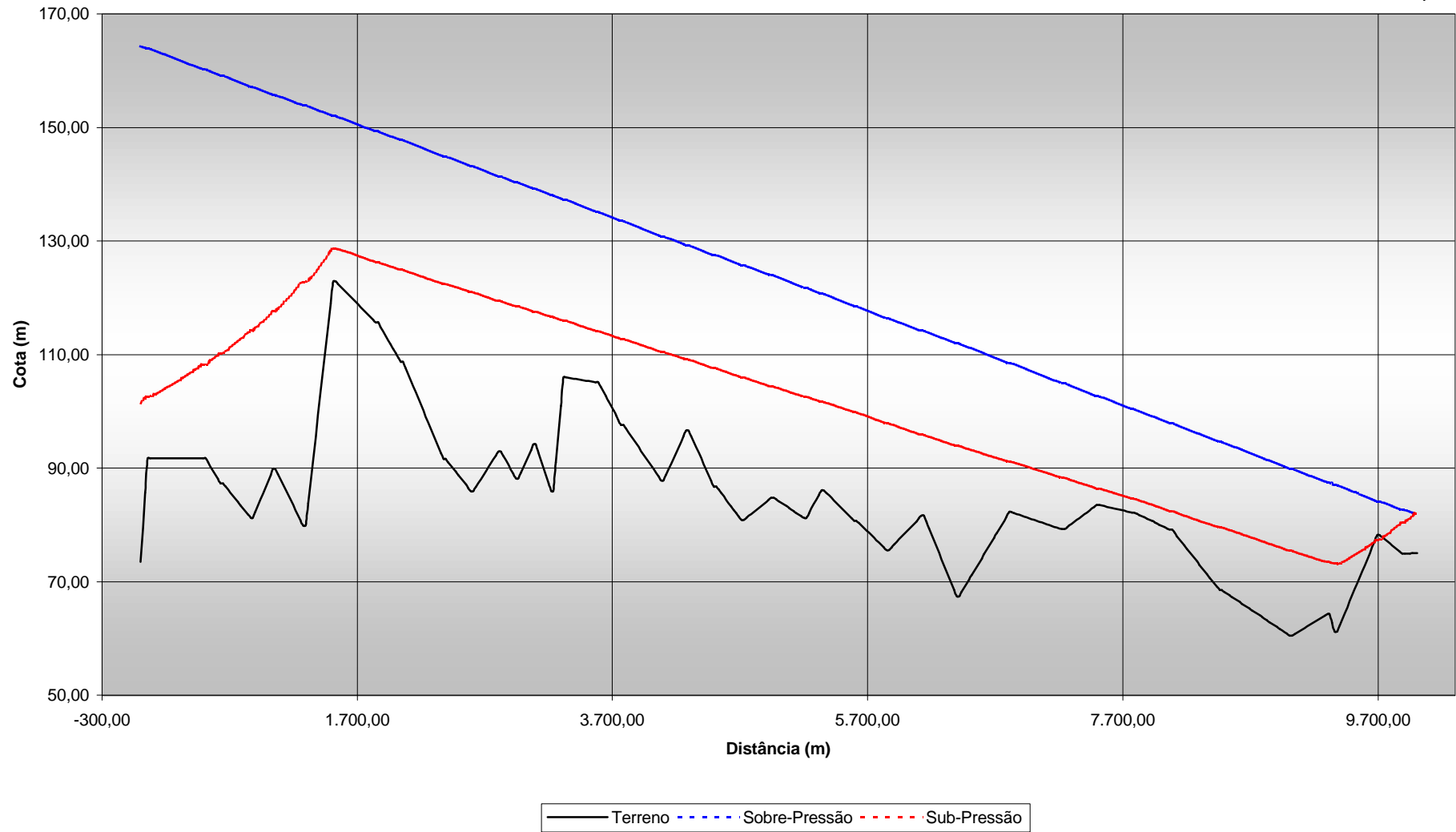


FIGURA 9.2 - Gráfico do Terreno (c/ Proteção)





MONTGOMERY WATSON



EngSoft

Engenharia e Consultoria Ltda.

## 10. AUTOMAÇÃO

---



## **10 AUTOMAÇÃO**

### **10.1 OBJETIVO**

O Sistema de Automação, Telemetria e Telecomando, tem a finalidade de aprimorar o controle operacional e de supervisão do Sistema de Abastecimento D'água, considerando todos os fatores intervenientes, principalmente os de natureza técnico-econômico e operacional, obtidos através de avaliações e experiências funcionais e dos custos dos produtos e equipamentos empregados na operação do sistema.

O projeto deverá levar, primordialmente, em conta, a segurança e a operacionalidade do sistema de abastecimento d'água, de forma a reduzir ao mínimo as paralisações, as perdas de água, prolongar a vida útil dos equipamentos e das instalações, e fornecer informações úteis para programação adequada da operação, manutenção preventiva e corretiva.

### **10.2 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

O sistema de automação, telecomando e telemetria propostos, proverá o centro de comando na ETA de Alto Santo, das informações necessárias ao gerenciamento de todo processo hidráulico e elétrico do sistema. Na ETA as informações sobre a captação, caixa de passagem, reservatórios elevados e apoiados e demais componentes estarão disponíveis em tempo real, tais como: volume processado de água bruta, quantidade produzida de água tratada, volumes afluentes e liberados nos reservatórios, pressão nos sistemas, vazões, amperagem das bombas, tipo de parada do sistema e seu tempo, voltagem, níveis d'água nos reservatórios, podendo-se assim ser gerado vários tipos de relatórios de diagnóstico. O sistema proposto foi projetado para operar de forma automatizada e manual.

#### **10.2.1 Telemetria**

O termo Telemetria refere-se à medição de grandezas à distância. Qualquer grandeza (física, química, etc.) pode, através do uso de um transdutor adequado e de um meio de comunicação confiável, ser convertida em uma grandeza elétrica do





tipo tensão ou corrente. Qualquer delas, devidamente processada, permite a obtenção do valor da grandeza física original.

#### 10.2.2 Telecomando

Por telecomando entende-se o acionamento de dispositivos à distância, pelo envio de um sinal elétrico através de um meio de comunicação.

#### 10.2.3 Telesupervisão

A Tele-supervisão consiste na monitoração de um determinado processo à distância. Para visualizar o processo, pode ser utilizado um display ou uma tela de microcomputador, onde os diversos dispositivos usados no processo estejam devidamente representados e as informações estejam sendo enviadas no modo **on line**. Através da tele-supervisão é possível verificar o status de eventos que estão ocorrendo em um ponto distante, tais como:

- se um motor está ligado ou desligado
- se uma válvula está aberta ou fechada
- se uma rede elétrica está energizada ou não.
- A altura atual de um reservatório

#### 10.2.4 Telealarme

O Telealarme permite que na ocorrência de qualquer evento, previamente definido, seja enviado um conjunto de códigos, do ponto remoto onde ocorreu o evento para a unidade central, de modo que qualquer anormalidade existente no processo seja perfeitamente identificada, no modo **on line**. A função do telealarme pode sinalizar, por exemplo, que:

- a moto-bomba de nº 2 da captação foi desativado devido a sobrecorrente;
- a moto-bomba de nº 1 da EEAT foi desligada por falta de fase;
- o reservatório de água tratada da ETA esta transbordando.



## **10.3 CONTROLE OPERACIONAL DO SISTEMA**

### 10.3.1 Geral

O controle operacional do sistema será realizado na ETA em Alto Santo, nas opções: automático e manual, com intervenção e informações de todas as unidades integrantes do mesmo.

### 10.3.2 Dados e premissas

Para elaboração do presente estudo, foram desenvolvidas as seguintes atividades:

- Análise das alternativas de configuração dos sistemas;
- Avaliação do perfil topográfico entre as estações, com base em plantas topográficas na escala 1:100.000;
- Elaborados estudos técnicos para enlaces rádio em VHF e em UHF;
- Estudo da rotina operacional para operação dos sistemas;
- Estudo dos equipamentos envolvidos no sistema.

### 10.3.3 Critérios

As características do sistema de telecomunicação deverão ser determinadas com base nas prescrições estabelecidas pelo Ministério das Comunicações, ANATEL, ABNT, junto com informações de fabricantes tradicionais disponíveis obtidos em empreendimentos similares ao do Sistema Adutor Proposto.

## **10.4 AUTOMAÇÃO DAS ELEVATÓRIAS**

As Elevatórias serão supervisionadas e controladas em função do nível de água dos reservatórios a jusante, o(s) qual(ais) será(ão) abastecido(s) pelas bombas localizadas nas estações elevatórias de montante.

A supervisão e o controle do nível de água no(s) reservatório(s) serão feitas por medidores de nível ultra-sônico ou piezoresistivo os quais informarão aos CLP's os



dados necessários para acionamento e/ou desligamento dos motores, como também sinais de alarme de nível mínimo ou máximo. Como nas estações sempre existe uma bomba operando e outra de reserva, o sistema de rodízio será utilizado com o funcionamento alternado das bombas a cada ligamento sucessivo..

O gerenciamento das ordens de partida/parada das bombas será feito por Controladores Lógicos Programáveis - CLP's instalados nas estações elevatórias.

Os sinais analógicos/digitais necessários à operação/interpretação dos CLP's serão transmitidos por meio de ondas de rádio MODEM.

O Rádio MODEM deverá trabalhar na frequência de 902 a 928 MHz ou 2,4 GHz, a fim de evitar-se interferências de frequências harmônicas de VHF e UHF. Sua operação deve ser do tipo SPREAD SPECTRUM (Varredura Espectral) e deve operar sob protocolo DF1 e MODBUS embutido para que se obtenha excelente comunicação radio/CLP atendendo assim à transmissão de dados analógicos /digitais, como também a realização de enlaces rádio/rádio através do **processo** STOREFOWARD, possibilitando desse modo a criação de estações repetidoras de simples configuração, não necessitando-se de compra de outro equipamento para esse fim.

Sua potência não deverá ultrapassar a potência de transmissão de até 800mW e atingir um raio de aproximadamente de 25 km, com uma antena externa.

A partida e a parada das bombas serão efetuadas de modo escalonado/sucessivo, uma por uma, com defasagem maior entre duas partidas e menor entre duas paradas, e não simultâneo, evitando assim, o desgaste dos motores, a sobrecarga da rede elétrica e/ou a rejeição de carga em decorrência de perturbações operacionais na rede elétrica de fornecimento de energia.

O Controlador Lógico Programável, efetuará, o rodízio da seqüência de entrada em operação das bombas, sempre que for iniciado um novo ciclo de trabalho. Por novo ciclo de trabalho, entende-se o ciclo seguinte a cada vez que o reservatório encher. Ou seja, ao ser desligada a última bomba que se encontrava em operação encerra-se um ciclo de trabalho, ao ser necessário novo bombeamento para reposição do



reservatório, será iniciado novo ciclo de trabalho. Nessa situação será realizado inicialmente o rodízio das bombas para novo ciclo de operação das mesmas.

O CLP além de prever situações de contingências decorrentes de anormalidades operacionais, quer de natureza elétrica, hidráulica ou mecânica, deverá realizar as seguintes funções relativas aos equipamentos elétricos:

- Medidor de nível ultrassom;
- Células de pressão com transdutores;
- Transdutores de corrente;
- Transdutor de tensão;
- Sistema de rádio transmissão de voz.

#### 10.4.1 Interdependência entre as Elevatórias

O Quadro a seguir apresenta as condições de interdependência entre as Estações Elevatórias e os Reservatórios que serão abastecidos pelas respectivas bombas. Os sensores de níveis instalados nesses reservatórios deverão enviar sinais de comando para os CLP's da estação de montante para a programação de LIGAR/ DESLIGAR das bombas de recalque.

##### a) Captação flutuante

<b>Recalque</b>	<b>Número de Bombas</b>	<b>Relação de Dependência</b>
Captação – Caixa de passagem	1 + 1	Controlado pelo nível na caixa de passagem



b) Estação Elevatória para reservatório elevado de Alto Santo

<b>Recalque</b>	<b>Número de Bombas</b>	<b>Relação de Dependência</b>
EEAT – Res. Santo Alto	1 + 1	Controlado pelo nível do reservatório elevado de água tratada em Alto Santo

c) Estação Elevatória para reservatório da prefeitura no bairro Pão de Açúcar

<b>Recalque</b>	<b>Número de Bombas</b>	<b>Relação de Dependência</b>
EEAT – Res. Prefeitura	1 + 1	Controlado pelo nível do reservatório elevado da prefeitura

## 10.5 SISTEMA DE AUTOMAÇÃO, MEDIÇÃO E TELECOMANDO PROPOSTO

### 10.5.1 Captação flutuante

A captação montada em flutuante, é composta de 02 (duas) bombas sendo e 01 (uma) de reserva. A água bruta será recalçada até uma caixa de passagem e daí , por gravidade, até a ETA de Alto Santo.

Serão instalados dispositivos de controle que fornecerão as seguintes informações à Unidade de Gerenciamento , via Rádio-Modem.

### Elétricos

- Amperagem dos motores elétricos;
- Estado ON/OFF das bombas;
- Temperatura dos mancais;
- Estudos de defeitos (bomba parada por falta de fase, sobrecorrente, subtensão).



## **Hidráulicos**

- Vazão na saída do barrilete de recalque;
- Pressão na saída do barrilete de recalque.

Os seguintes dispositivos serão instalados, os quais fornecerão as devidas informações à Unidade de Gerenciamento situada na ETA, via Rádio-Modem.

- Radio Modem com antena
- UTR
- Transdutores
- Células de pressão

### 10.5.2 Estação Elevatória de Água Tratada para Reservatório Elevado de Alto Santo

Estação fixa, abrigada em estrutura de concreto armado, composta de 02 (duas) bombas sendo 01 (uma) de reserva, junto a um reservatório de água tratada na ETA de Alto Santo que alimenta o reservatório elevado na zona urbana de Alto Santo.

Serão instalados dispositivos de controle que fornecerão as seguintes informações à Unidade de Gerenciamento situada na ETA, via Rádio-Modem.

## **Elétricos**

- Amperagem dos motores elétricos;
- Estudo ON/OFF das bombas;
- Temperatura dos mancais;
- Estudos de defeitos (bomba parada por falta de fase, sobrecorrente, subtensão).



## **Hidráulicos**

- Vazão na saída do barrilete;
- Pressão na saída do barrilete.

Os seguintes dispositivos serão instalados, os quais fornecerão as devidas informações à Unidade de Gerenciamento situada na ETA, via Rádio-Modem.

- Radio Modem com antena
- UTR
- Transdutores
- Células de pressão

### 10.5.3 Estação Elevatória de Água Tratada para Reservatório Elevado da Prefeitura

Estação fixa, abrigada em estrutura de concreto armado, composta de 02 (duas) bombas sendo 01 (uma) de reserva, junto a um reservatório de água tratada na ETA de Alto Santo que bombeia para o reservatório elevado da prefeitura no bairro de Pão de Açúcar.

Serão instalados dispositivos de controle que fornecerão as seguintes informações à Unidade de Gerenciamento situada na ETA, via Rádio-Modem.

## **Elétricos**

- Amperagem dos motores elétricos;
- Estudo ON/OFF das bombas;
- Temperatura dos mancais;
- Estudos de defeitos (bomba parada por falta de fase, sobrecorrente, subtensão).



## **Hidráulicos**

- Vazão na saída do barrilete;
- Pressão na saída do barrilete.

Os seguintes dispositivos serão instalados, os quais fornecerão as devidas informações à Unidade de Gerenciamento situada na ETA, via Rádio-Modem.

- Radio Modem com antena
- UTR
- Transdutores
- Células de pressão

### 10.5.4 Caixa de passagem

Estrutura de transição em concreto armado com volume 150 m<sup>3</sup>, suficiente para uma hora de funcionamento do sistema em caso de parada do bombeamento, localizada na estaca 43 no caminhamento da adutora da captação até Alto Santo.

Serão instalados os seguintes dispositivos que fornecerão as devidas informações à Unidade de Gerenciamento situada na ETA, via Rádio-Modem.

- Medidor de Nível d'água.
- Radio Modem com antena
- Bateria solar

### 10.5.5 Reservatório apoiado de água tratada

Estrutura de reservação a ser implantada na área da ETA, que armazenará o volume de água tratada, que serão posteriormente recalçados para os reservatórios elevados em Alto Santo.

Os dispositivos de controle previstos fornecerão as seguintes informações:





## **Hidráulicos**

- Nível do reservatório;

Serão instalados os seguintes dispositivos que fornecerão as devidas informações à Unidade de Gerenciamento situada na ETA, via Rádio-Modem.

- Medidor de Nível d'água.

Como o reservatório se encontra próximo ao centro de comando, os dados de nível poderão ser enviados via cabo.

### 10.5.6 Reservatório Elevado em Alto Santo

Estrutura de reservação a ser implantada na área urbana de Alto Santo, que armazenará o volume de água tratada para abastecimento da cidade.

Os dispositivos de controle previstos fornecerão as seguintes informações:

## **Hidráulicos**

- Nível do reservatório;

### 10.5.7 Reservatório Elevado da Prefeitura

Estrutura de reservação a ser implantada no bairro de Pão de Açúcar na área urbana de Alto Santo.

Os dispositivos de controle previstos fornecerão as seguintes informações:

## **Hidráulicos**

- Nível do reservatório;

Serão instalados os seguintes dispositivos que fornecerão as devidas informações à Unidade de Gerenciamento situada na ETA, via Rádio-Modem.

- Medidor de Nível;
- Radio Modem com antena;



- Bateria solar.

## 10.6 SISTEMA DE VOZ

Serão previstos sistemas de no caso do funcionamento do sistema no manual. O sistema de voz terá como objetivo a comunicação entre todas as elevatórias bem como entre as elevatórias e o pessoal de operação e manutenção. O sistema será composto de:

### a) Uma Estação Repetidora

É o coração do Sistema e deverá estar localizada e abrigada em uma cabine de alvenaria de 1,5 metros por 1,5 metros e 2 metros de altura a ser construída em um ponto central e com uma boa cota altimétrica em relação as Estações, de modo a proporcionar a Comunicação de Voz entre a captação e a ETA em Alto Santo. A estação repetidora ficará localizada próximo à caixa de passagem.

### b) Estação de Base (Fixas)

São Estações Fixas localizadas nas Estações de Bombeamento que permitem a sua Comunicação com a Repetidora e por conseguinte com todas as demais Estações do Sistema.

### c) Estações Móveis

Estações Móveis (viaturas) são estações instaladas nas viaturas que vão permitir a comunicação destas viaturas com todas as outras Estações do Sistema.



MONTGOMERY WATSON



EngSoft

Engenharia e Consultoria Ltda.

## **11. FICHA TÉCNICA DO SISTEMA**

---



## 11 FICHA TÉCNICA DO SISTEMA

MANANCIAL	BARRAGEM RIACHO DA SERRA
<b>MUNICÍPIO ATENDIDO</b>	
Município atendido	Alto Santo
População urbana abastecida (ano 2003)	5.022 hab
População urbana abastecida (ano 2033)	9.096 hab.
<b>CAPTAÇÃO</b>	
Tipo de captação	Flutuante com bombas de eixo vertical
Número de bombas da captação	1+1 de reserva
Potência das bombas da captação	30 Cv
Potência da subestação elétrica	45 KVa
<b>ADUTORA DE ÁGUA BRUTA</b>	
Comprimento	10.007,98 m
Diâmetro	150 – 3.296,46 m 200 – 6.711,52 m
Vazão do sistema (Máxima diária de final de Plano)	21,60 l/s
Classe pressão máxima dos tubos	1 Mpa
<b>ADUTORA DE ÁGUA TRATADA PARA RESERVATÓRIO DA PREFEITURA</b>	
Comprimento	859,20 m
Diâmetro	100
Vazão do sistema (Máxima diária de final de plano)	6,79 l/s
Classe pressão máxima dos tubos	1 Mpa
<b>TRATAMENTO E RESERVAÇÃO</b>	
Tipo de tratamento	ETA compacta em fibra de vidro com flotação por ar dissolvido
Reservatórios elevado	1 reservatório com 100 m <sup>3</sup>
Reservatórios elevado	1 reservatório com 120 m <sup>3</sup>
Reservatórios apoiado	1 reservatórios com reserva total de 600 m <sup>3</sup> na área da ETA
<b>ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS</b>	
Captação	Tipo :Flutuante com bomba de eixo vertical Q = 21,60 l/s( 1+1 reserva) AMT=72,10mca(p/est.=24,03mca) P = 30 cv
EE para reservatório da prefeitura	Tipo: Bombas centrífugas de eixo horizontal Q = 6,79 l/s( 1+1 reserva) AMT=31,08mca P = 7,5 cv



<b>MANANCIAL</b>	<b>BARRAGEM RIACHO DA SERRA</b>
EE para reservatório elevado de Alto Santo	Tipo: Bombas centrífugas de eixo horizontal Q = 14,81 l/s( 1+1 reserva) AMT=28,15mca P = 12,5 cv
EE para lavagem dos filtros	Tipo :Bombas centrífugas de eixo horizontal Q = 57,30 l/s( 1+1 reserva) AMT=15,00mca P = 20 cv



MONTGOMERY WATSON



EngSoft

Engenharia e Consultoria Ltda.

## 12. ANEXOS

---



MONTGOMERY WATSON



EngSoft

Engenharia e Consultoria Ltda.

## **12.1. ANEXO I - DIMENSIONAMENTOS ECONÔMICOS**

---

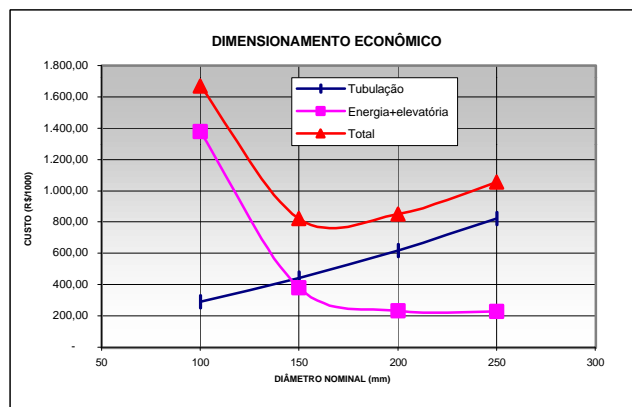
# SIMULAÇÃO ECONÔMICA -CAPTAÇÃO A ALTO SANTO



TRECHO	DN	Q(l/s)	L(m)	V(m/s)	PERDA (mca)	LOCAL	COTAS	COTA PIEZOMÉTRICA	PRESSÃO DISPONÍVEL	Alt. Manom (m)	POT. (kW)	POT. (kvA)	CUSTO DA ALTERNATIVA (R\$)			
EB1A - MORRO	100	21,60	1.497,98	2,75	139,02	EB1	78,25	1014,53	936,28	938,28	284,12	300,00	TUBO	ENERGIA	ELEVATÓRIA	TOTAL
						Ponto Alto	123,61	875,51	751,90							
Pt. Alto-Alto Santo	100	21,60	8.510,00	2,75	789,75	Alto Santo	75,76	85,76	10,00							
EB1A - MORRO	150	21,60	1.497,98	1,22	16,99	EB1	77	199,30	122,30	124,30	37,64	75,00	TUBO	ENERGIA	ELEVATÓRIA	TOTAL
						Ponto Alto	123,61	182,31	58,70							
Pt. Alto-Alto Santo	150	21,60	8.510,00	1,22	96,55	Alto Santo	75,76	85,76	10,00							
EB1A - MORRO	200	21,60	1.497,98	0,69	3,89	EB1	77	132,50	55,50	57,50	17,41	30,00	TUBO	ENERGIA	ELEVATÓRIA	TOTAL
						Ponto Alto	123,61	128,61	5,00							
Pt. Alto-Alto Santo	200	21,60	8.510,00	0,69	22,12	Alto Santo	75,76	106,49	30,73							
EB1A - MORRO	250	21,60	1.497,98	0,44	1,26	EB1	77	129,87	52,87	54,87	16,62	30,00	TUBO	ENERGIA	ELEVATÓRIA	TOTAL
						Ponto Alto	123,61	128,61	5,00							
Pt. Alto-Alto Santo	250	21,60	8.510,00	0,44	7,14	Alto Santo	75,76	121,47	45,71							

## PREÇO DE TUBOS (R\$/m)\*

DN	R\$/m
100	29,05
150	44,17
200	61,54
250	82,3



## ENERGIA

CUSTO TOTAL DE ENERGIA ATUALIZADO(r\$/Kw) 3.253,99

## DADOS ECONÔMICOS

TAXA ANUAL DE JUROS (%)	12
PERIODO (ANOS)	30
COTAÇÃO DO DOLAR (R\$)	2,34
RENDIMENTO DO CONJUNTO (%)	70



# SIMULAÇÃO ECONÔMICA - RECALQUE: CAPTAÇÃO A PONTO ALTO

TRECHO	DN	Q(l/s)	L(m)	V(m/s)	PERDA (mca)	LOCAL	COTAS	COTA PIEZOMÉTRICA	PRESSÃO DISPONÍVEL	Alt. Manom (m)	POT. (kW)	POT. (kVA)	CUSTO DA ALTERNATIVA (R\$)			
													TUBO *	ENERGIA	ELEVATÓRIA	TOTAL
EB1 - Ponto Alto	100	21,60	1.497,98	2,75	139,02	EB1	78,25	267,63	189,38	191,38	57,95	75,00	535.982,16	188.572,31	257.485,00	982.039,47
						Ponto Alto	123,61	128,61	5,00	-	-	-				
EB1 - Ponto Alto	150	21,60	1.497,98	1,22	16,99	EB1	78,25	145,60	67,35	69,35	21,00	30,00	558.631,62	68.335,53	176.830,32	803.797,47
						Ponto Alto	123,61	128,61	5,00	-	-	-				
EB1 - Ponto Alto	200	21,60	1.497,98	0,69	3,89	EB1	78,25	132,50	54,25	56,25	17,03	30,00	584.651,53	55.429,15	176.830,32	816.911,00
						Ponto Alto	123,61	128,61	5,00	-	-	-				
EB1 - Ponto Alto	250	21,60	1.497,98	0,44	1,26	EB1	78,25	129,87	51,62	53,62	16,24	30,00	615.749,60	52.831,81	176.830,32	845.411,73
						Ponto Alto	123,61	128,61	5,00	-	-	-				

\* O custo do tubo já inclui o trecho gravitatório comum a todas as simulações

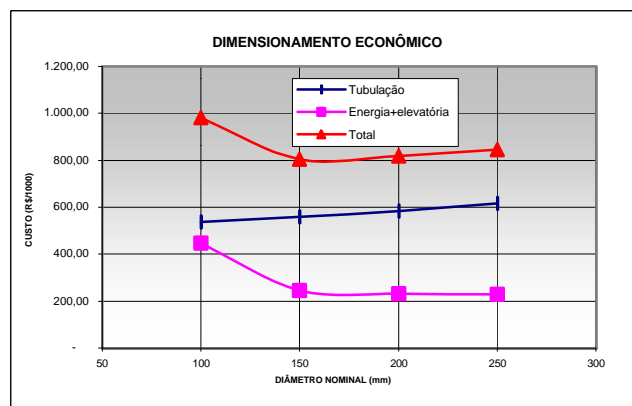
# SIMULAÇÃO ECONÔMICA - ADUTORA GRAVITÁRIA: PONTO ALTO A ALTO SANTO

TRECHO	DN	Q(l/s)	L(m)	V(m/s)	PERDA (mca)	LOCAL	COTAS	COTA PIEZOMÉTRICA	PRESSÃO DISPONÍVEL	Alt. Manom (m)	POT. (kW)	POT. (kVA)	CUSTO DA ALTERNATIVA (R\$)			
													TUBO	ENERGIA	ELEVATÓRIA	TOTAL
Ponto alto - Redução	200	21,60	6.711,52	0,69	17,45	Ponto Alto	123,61	123,61	0,00	-	-	-	492.465,84	-	-	492.465,84
						Redução	80,00	106,16	26,16	-	-	-				
Redução - Alto Santo	150	21,60	1.798,48	1,22	20,40	Alto Santo	75,76	85,76	10,00	-	-	-				

8.510,00

## PREÇO DE TUBOS (R\$/m)\*

DN	R\$/m
100	29,05
150	44,17
200	61,54
250	82,30



## ENERGIA

CUSTO TOTAL DE ENERGIA ATUALIZADO (r\$/Kw) 3.253,99

## DADOS ECONÔMICOS

TAXA ANUAL DE JUROS (%)	12
PERÍODO (ANOS)	30
COTAÇÃO DO DÓLAR (R\$)	2,34
RENDIMENTO DO CONJUNTO (%)	70

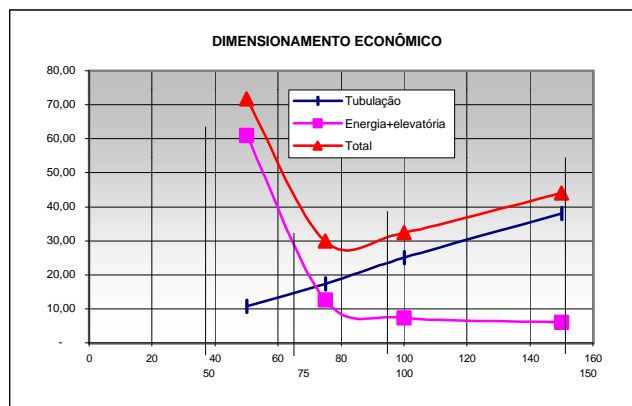
# SIMULAÇÃO ECONÔMICA - RESERVATÓRIO DA PREFEITURA



TRECHO	DN	Q(l/s)	L(m)	V(m/s)	PERDA (mca)	LOCAL	COTAS	COTA PIEZOMÉTRICA	PRESSÃO DISPONÍVEL	Perda na EB	Alt. Manom (m)	POT. (kW)	POT. (kVA)	CUSTO DA ALTERNATIVA (R\$)								
														TUBO	ENERGIA	ELEVATÓRIA	TOTAL					
EB - Est 27	50	5,66	540,00	2,88	134,07	EB	73,51	308,61	235,10	1	236,10	18,73	-	10.740,00	60.952,17		71.692,17					
Est 27 - Res.	50	5,66	319,20	2,88	79,25	Est 27	87,38	174,55	87,17	-								Res.	80,3	95,30	15,00	-
EB - Est 27	75	5,66	540,00	1,28	16,27	EB	73,51	121,19	47,68	1								48,68	3,86	-	17.269,92	12.568,28
Est 27 - Res.	75	5,66	319,20	1,28	9,62	Est 27	87,38	104,92	17,54	-	Res.	80,3	95,30	15,00	-							
EB - Est 27	100	5,66	540,00	0,72	3,72	EB	73,51	101,22	27,71	1	28,71	2,28	-	25.002,72	7.411,30		32.414,02					
Est 27 - Res.	100	5,66	319,20	0,72	2,20	Est 27	87,38	97,50	10,12	-								Res.	80,3	95,30	15,00	-
EB - Est 27	150	5,66	540,00	0,32	0,48	EB	73,51	96,07	22,56	1								23,56	1,87	-	37.976,64	6.081,09
Est 27 - Res.	150	5,66	319,20	0,32	0,28	Est 27	87,38	95,58	8,20	-	Res.	80,3	95,30	15,00	-							

## PREÇO DE TUBOS (R\$/m)\*

DN	R\$/m
50	12,5
75	20,1
100	29,1
150	44,2



## ENERGIA

CUSTO TOTAL DE ENERGIA ATUALIZADO (r\$/Kw) 3.253,51

## DADOS ECONÔMICOS

TAXA ANUAL DE JUROS (%)	12
PERÍODO (ANOS)	30
COTAÇÃO DO DOLAR (R\$)	2,34
RENDIMENTO DO CONJUNTO (%)	70



MONTGOMERY WATSON



EngeSoft

Engenharia e Consultoria Ltda.

## **12.2. ANEXO II - DETALHAMENTO PONTO A PONTO**

---



PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A ALTO SANTO			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.30	141	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	
0.31	145+13.00	1 c 22o30'' pvc bb je pvc DN = 200 1 c 11o15'' pvc bb je pvc DN = 200	
0.32	146	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.33	155	1 c 11o15'' pvc bb je DN = 200	
0.34	161	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	



PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A ALTO SANTO			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.35	165	1 c 11o15'' pvc bb je DN = 200	
0.36	165+8.37	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.37	169+13.01	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	
0.38	172+12.00	1 c 22o30'' pvc bb je DN = 200	
0.39	181	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	



PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A ALTO SANTO			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.40	181+16.94	1 ebf fofo DN = 200 PN 10 1 epf fofo DN = 200 PN 10 1 vbw DN = 200 PN 10 1 junta travada DN = 200 PN 10 1 tubo ff DN = 200 PN 10 L=0.25m 1 c 45o bb je fofo DN = 200 1 c 11o15' bb je fofo DN = 200	
0.41	188+5.96	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	
0.42	192+8.65	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.43	194	1 c 11o15' pvc bb je DN = 200	
0.44	202+15.94	1 c 22o30' pvc bb je DN = 200	



PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A ALTO SANTO			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.45	204+14.07	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 50 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 50 1 rgfc DN = 100 PN 50 1 epf pvc DN = 100 PN 50	
0.46	207+2.74	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.47	209+6.51	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	
0.48	213+4.61	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.49	214	1 c 11o15' pvc bb je DN = 200	



PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A ALTO SANTO			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.50	216+10.84	1 te bbf pvc 200 x 100 FN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 FN 10	
0.51	227	1 te bbf pvc 200 x 50 FN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10 1 c 22o30'' pvc bb je DN = 200	
0.52	233+11.90	1 c 45o pvc bb je pvc DN = 200 1 c 11o15'' pvc bb je pvc DN = 200	
0.53	241+3.19	1 te bbf pvc 200 x 100 FN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 FN 10	
0.54	245+4.83	1 te bbf pvc 200 x 50 FN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	





PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A ALTÓ SANTO			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.55	250+8.16	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	
0.56	258+16.56	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.57	259+18.00	1 c 22o30'' pvc bb je DN = 200	
0.58	269	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	
0.59	277+15.43	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	



PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A ALTO SANTO			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.60	279+16.81	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	
0.61	286+11.00	1 c 22o30' pvc bb je pvc DN = 200 1 c 11o15' pvc bb je pvc DN = 200	
0.62	286+16.54	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.63	290	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	
0.64	291+17.80	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	



PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A ALTO SANTO			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.65	294	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	
0.66	301+2.14	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.67	302+2.56	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	
0.68	308	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.69	322+9.28	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	



PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A ALTO SANTO			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.70	328	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.71	329+5.00	1 c 220x30'' pvc bb je DN = 200	
0.72	333+3.20	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 450 pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	
0.73	337	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.74	340	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 450 pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	



PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A ALTO SANTO			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.75	341+8.41	1 te bbf fofo 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10 1 ebf fofo DN = 200 PN 10 1 epf fofo DN = 200 PN 10 1 vbw DN = 200 PN 10 1 junta travada DN = 200 PN 10 1 tubo ff DN = 200 PN 10 L=0.25m	
0.76	350	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	
0.77	351+11.39	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.78	353	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	
0.79	356+12.87	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	



PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A ALTO SANTO			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.80	357	1 c 22o30'' pvc bb je DN = 200	
0.81	361	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	
0.82	367	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.83	369	1 c 11o15'' pvc bb je DN = 200	
0.84	372+10.40	1 c 11o15'' pvc bb je DN = 200	



PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A ALTO SANTO			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.0	2+10.00	1 c 90o pvc bb je DN = 200	
0.1	17	1 te bbf pvc 150 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.2	24+10.00	1 c 22o30' pvc bb je DN = 150	
0.3	31+17.98	1 c 22o30' pvc bb je pvc DN = 150 1 c 11o15' pvc bb je pvc DN = 150	
0.4	3+7.98	1 te bbf pvc 150 x 50 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 50 PN 10 1 rgfc DN = 50 PN 10 1 epf pvc DN = 50 PN 10	



PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A ALTO SANTO			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.5	6	1 te bbf pvc 150 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.6	8	1 te bbf pvc 150 x 50 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 50 PN 10 1 rgfc DN = 50 PN 10 1 epf pvc DN = 50 PN 10	
0.7	13	1 te bbf pvc 150 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.8	19	1 te bbf pvc 150 x 50 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 50 PN 10 1 rgfc DN = 50 PN 10 1 epf pvc DN = 50 PN 10	
0.9	28	1 te bbf pvc 150 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	





PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A ALTO SANTO			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.10	28+15.56	1 te bbf pvc 150 x 50 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 50 PN 10 1 rgfc DN = 50 PN 10 1 epf pvc DN = 50 PN 10	
0.11	43	1 te bbf pvc 150 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10 1 c 45o pvc bb je pvc DN = 150 1 c 11o15' pvc bb je pvc DN = 150	
0.12	53+3.18	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	
0.13	59	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.14	59+10.20	1 c 45o pvc bb je DN = 200	



PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A ALTO SANTO			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.15	65+10.00	1 c 11o15'' pvc bb je DN = 200	
0.16	69	1 c 11o15'' pvc bb je DN = 200	
0.17	81	1 c 11o15'' pvc bb je DN = 200	
0.18	86	1 c 22o30'' pvc bb je pvc DN = 200 1 c 11o15'' pvc bb je pvc DN = 200	
0.19	90+16.00	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	



PONTO A PONTO			
PROJETO:SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO:ETA A ALTO SANTO			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.85	383	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10 1 reducao pb je pvc 200 x 150	
0.86	387	1 te bbf pvc 150 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.87	391+13.00	1 c 22o30'' pvc bb je DN = 150	
0.88	413	1 te bbf pvc 150 x 50 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 50 PN 10 1 rgfc DN = 50 PN 10 1 epf pvc DN = 50 PN 10	
0.89	415	1 te bbf pvc 150 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	



PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A ALTO SANTO			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.90	418	1 c 11015'' pvc bb je DN = 150	
0.91	421+2.88	1 te bbf pvc 150 x 50 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 50 PN 10 1 rgfc DN = 50 PN 10 1 epf pvc DN = 50 PN 10	
0.92	422+5.00	1 c 11015'' pvc bb je DN = 150	
0.93	427	1 te bbf pvc 150 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.94	428+9.04	1 te bbf pvc 150 x 50 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 50 PN 10 1 rgfc DN = 50 PN 10 1 epf pvc DN = 50 PN 10	



PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A ALTO SANTO			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQWEMA
0.95	429	1 c 45o pvc bb je DN = 150	
0.96	429+14.50	1 c 45o pvc bb je pvc DN = 150 1 c 11o15'' pvc bb je pvc DN = 150	
0.97	432+14.42	1 te bbf pvc 150 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.98	435+8.50	1 c 90o pvc bb je DN = 150	
0.99	437+14.79	1 te bbf pvc 150 x 50 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 50 PN 10 1 rgfc DN = 50 PN 10 1 epf pvc DN = 50 PN 10	



PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A ALTO SANTO			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
1.0	437+19.00	1 c 90o pvc bb je DN = 150	
1.1	461	1 te bbf pvc 150 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
1.2	464+10.47	1 te bbf pvc 150 x 50 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 50 PN 10 1 rgfc DN = 50 PN 10 1 epf pvc DN = 50 PN 10	
1.3	464+12.00	1 c 90o pvc bb je DN = 150	



PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A ALTO SANTO			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.20	95+8.60	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.21	96	1 c 110x15 pvc bb je DN = 200	
0.22	97+14.23	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	
0.23	101+15.99	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.24	104+2.58	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	



PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A ALTO SANTO			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.25	108+5.00	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10 1 c 22o30'' pvc bb je DN = 200	
0.26	117+18.74	1 te bbf pvc 200 x 100 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 PN 10 1 rgfc DN = 100 PN 10 1 epf pvc DN = 100 PN 10	
0.27	128	1 c 11o15'' pvc bb je DN = 200	
0.28	132+8.00	1 c 22o30'' pvc bb je pvc DN = 200 1 c 11o15'' pvc bb je pvc DN = 200	
0.29	133+6.94	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	






PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A RESERVATORIO DA PREFEITURA			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.0	1+2.58	1 te bbf pvc 75 x 75 PN 10 1 reducao ff fofo 75 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10 1 c 90o pvc bb je DN = 75	
0.1	4+8.00	1 c 90o pvc bb je DN = 75	
0.2	8	1 te bbf pvc 75 x 75 PN 10 1 reducao ff fofo 75 x 50 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 50 PN 10 1 rgfc DN = 50 PN 10 1 epf pvc DN = 50 PN 10	
0.3	14+12.00	1 c 90o pvc bb je DN = 75	
0.4	16	1 te bbf pvc 75 x 75 PN 10 1 reducao ff fofo 75 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	



PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A RESERVATORIO DA PREFEITURA			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.5	21+8.00	1 c 90o pvc bb je DN = 75	
0.6	21+12.33	1 te bbf pvc 75 x 75 PN 10 1 reducao ff fofo 75 x 50 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 50 PN 10 1 rgfc DN = 50 PN 10 1 epf pvc DN = 50 PN 10	
0.7	27+19.20	1 te bbf pvc 75 x 75 PN 10 1 reducao ff fofo 75 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10 1 c 22o30'' pvc bb je DN = 75	
0.8	30+2.54	1 te bbf pvc 75 x 75 PN 10 1 reducao ff fofo 75 x 50 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 50 PN 10 1 rgfc DN = 50 PN 10 1 epf pvc DN = 50 PN 10	
0.9	34	1 te bbf pvc 75 x 75 PN 10 1 reducao ff fofo 75 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	



PONTO A PONTO			
PROJETO: SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO			
TRECHO: ETA A RESERVATORIO DA PREFEITURA			
PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.10	37+19.20	1 c 90o pvc bb je DN = 75	



MONTGOMERY WATSON



EngeSoft

Engenharia e Consultoria Ltda.

### **12.3. ANEXO III – MEMÓRIAL DESCRITIVO DA ETA E LEITO DE SECAGEM**

---



### 12.3. ANEXO III – MEMÓRIAL DESCRITIVO DA ETA E LEITO DE SECAGEM

#### MISTURA RÁPIDA

A mistura rápida será promovida por meio de uma grade executada com varões redondos de aço inoxidável laminados à tubulação (a montante do floculador), tendo à sua montante a aplicação do coagulante. O gradiente de velocidade para promover a mistura do coagulante deve obedecer à faixa 500 a 1500s<sup>-1</sup>.

Características do misturador:

- Diâmetro do misturador = **150mm**
- Diâmetro dos varões = **3,18mm**
- Espaçamento entre varões = **40mm**

#### VELOCIDADE DE ESCOAMENTO À MONTANTE DA MALHA

$$V = Q / S = 1,42 \text{ m/s}$$

#### POROSIDADE

$$\varepsilon = (1 - n_{f1} d) (1 - n_{f2} d),$$

$\varepsilon$  : porosidade

$n_1$  : número de barras verticais por metro

$n_2$ : número de barras horizontais por metro ( $n_1 = n_2$ )

d: diâmetro das barras (m)

$$n_{\text{barras}} = (150 / 40) - 1 = 2,75 \text{ barras}$$

$$n_1 = n_2 = 3 / 0,15 \text{ m} = 20 \text{ barras/metro}$$



$$\varepsilon = (1 - 20 \times 0,00318)^2 = 0,88$$

### PERDA DE CARGA NA MALHA

$$h = 0,55 \left( \frac{1 - \varepsilon^2}{\varepsilon^2} \right) \frac{V}{2g}$$

$h$  = perda de carga na malha (m)

$\varepsilon$  = porosidade

$g$  = aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>)

$v$  = velocidade de escoamento à montante da malha (m/s).

$$h = 0,012 \text{ m}$$

### GRADIENTE DE VELOCIDADE

$$G = \sqrt{\frac{\gamma v h}{4\mu e}}$$

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

$\gamma$  = peso específico da água (N/m<sup>3</sup>)

$h$  = perda de carga na malha (m)

$v$  = velocidade de escoamento (m/s)

$\mu$  = viscosidade absoluta da água (N/m<sup>2</sup>)

$e$  = espaçamento entre barras (m)

$$G = 1016 \text{ s}^{-1}$$



## FLOCULAÇÃO

A floculação será feita em 01 câmara cilíndrica (com dois compartimentos cada) com 2.000 mm de diâmetro, altura útil de 3.600 mm e altura total de 3.900 mm. A câmara será dotada de agitador eletromecânico controlado por inversor de frequência, de modo a permitir um gradiente variado de 40 a 90 s<sup>-1</sup>. Diferentemente da preparação de flocos para a decantação, na flotação não é conveniente o escalonamento dos gradientes de velocidade, que deverão ser iguais em ambos os compartimentos.

Será usado 01 floculador Ø2000mm com capacidade útil de cada câmara de 11,30 m<sup>3</sup>, o que corresponde a um período teórico de floculação, à vazão nominal, de 7,5 min.

O equipamento de agitação, conforme o projeto básico, terá paletas de 10 cm de largura, com um raio de 50 cm.

Será necessária para o misturador lento, uma potência instalada de:

$$P = 1,50 \cdot (\mu \cdot G^2 \cdot v) / 745 = 1,50 \cdot (1008 \times 10^{-6} \cdot 902 \cdot 11,30) / 745 = 0,18 \Rightarrow 0,50 \text{ HP}$$

P.....potência a ser instalada (HP)

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

v.....volume do tanque (m<sup>3</sup>)

μ.....viscosidade absoluta da água a 20 °C (1008 x 10<sup>-6</sup> N.s/m<sup>2</sup>)

## FLOTAÇÃO-FILTRAÇÃO

### FLOTOFILTROS

- Parâmetro de aplicação = 250 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia (máximo)
- Número de unidades flotofiltrantes = 02 unid.



Adotando flotofiltros de Ø2,50m teremos:

Vazão da ETA	Floculador	Flotofiltro	Taxa com recirculação
25 l/s	01 unid Ø2,0m	02 unid Ø2,50m	242 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .dia (r = 10%)

### CARACTERÍSTICAS GERAIS

Entre os diversos sistemas de flotação, o mais adequado e extensivamente utilizado na potabilização da água é o da flotação a ar dissolvido. Neste processo, as bolhas de ar são geradas pela súbita redução de pressão na corrente líquida saturada de ar proveniente do tanque de saturação. Por meio de uma bomba, uma pequena quantidade de água clarificada (10% da vazão que passa pela unidade de flotação) é conduzida ao tanque de saturação, onde se torna saturada de ar, proveniente de um compressor. Esta água, que é recirculada no sistema, tem sua pressão diminuída bruscamente, liberando uma grande quantidade de microbolhas de ar, que aderem aos flocos já formados, fazendo-os flutuar (flotar). Os flocos sobem e se acumulam na superfície da água, formando uma camada de lodo de espessura crescente, que deverá ser removida periodicamente por via hidráulica.

Os filtros trabalharão a taxa e nível d'água constante, a primeira garantida pela vazão constante de entrada, e o nível mantido por um regulador de vazão tipo sifão, na saída de água filtrada.

A filtração seguirá um fluxo descendente, atravessando camada de areia com espessura total da camada filtrante de 600 mm, e suporte em pedregulho com espessura de 500 mm, com as características:

- Areia com 0,42 a 1,41 mm e coef. uniformidade 1,3 a 1,5.

O nível no filtro é controlado pela entrada de ar na válvula parcializadora, comandada pelo nível d'água através de uma bóia. Se a vazão no sifão tende a aumentar, a perda de carga no filtro e, particularmente, a perda de carga no sifão tende a aumentar, diminuindo a pressão no seu interior e na válvula de parcialização, que se abre e deixa passar mais ar, reduzindo a vazão no sifão. Ao





contrário, se a vazão tende a diminuir no sifão, a pressão em seu interior aumenta e a válvula parcializadora tende a fechar e a vazão do sifão volta ao seu valor inicial.

A água filtrada passa da caixa vertedora do sifão(Ø700mm e altura de 1.400mm)para uma tubulação de coleta que conduz para o reservatório de água tratada.

### **SISTEMA DE PRESSURIZAÇÃO**

A vazão de recirculação será de 10% da vazão de água filtrada. Para tal utilizaremos duas bombas centrífugas tipo multiestágio(sendo uma reserva), cada uma com capacidade para recalcar 2,50 l/s à altura manométrica de 60 mca, motor 4cv, 3500 rpm, 60 Hz, trifásico 380V. Elas serão acionadas por inversores de frequência para variação da vazão de recirculação.

A quantidade de ar necessária à saturação será fornecida por um compressor alternativo com 77 l/min, com reservatório de 50litros, motor com potência de 0,50 HP, monofásico 220V, sendo instalado mais um de reserva.

O tubo de saturação compacto é projetado para misturar e dissolver o ar na água presssurizada, com alta eficiência e baixo tempo de detenção, 30 segundos em média.

Volume necessário:  $2,5 \text{ l/s} \times 30\text{s} = 75 \text{ l}$ ;

Dimensões do tubo(TSAD) = Ø250 mm, comprimento de 1600 mm.

Seguindo o processo, as microbolhas serão geradas pela súbita descompressão nos orifícios, instalados no fundo das câmaras de mistura flocos-microbolhas. As microbolhas serão aplicadas por meio de um defletor em aço inox contra o fluxo de entrada de água floculada, de modo a aumentar a oportunidade de contato entre os flocos e as bolhas de ar.



## SISTEMA DE DESCARTE DE LODO

O lodo acumulado na superfície será periodicamente removido, arrastado para a calha de coleta de lodo, pela água represada no topo dos flotofiltros, com o fechamento parcial da válvula na canalização de água filtrada. O volume de lodo produzido, estimado em função da qualidade da água bruta e da dosagem provável de coagulante, deve resultar ao redor de 2,5 litros por metro cúbico de água tratada, com uma concentração de 3% de sólidos no lodo, ou seja, 225 l/h de lodo ( $Q_{ETA} = 25$  l/s). O lodo segue para o leito de secagem

## SISTEMA DE LAVAGEM

### CONSIDERAÇÕES GERAIS

A lavagem do material filtrante dos flotofiltros será com água tratada proveniente do reservatório apoiado, por meio de conjunto motobomba e através de tubulações em PRFV. A velocidade ascensional no filtro será de 0,70 m/min.

A duração total da operação de lavagem, que normalmente deverá durar de 6 a 8 minutos, é determinada pelo instante em que a água de lavagem passa a ser mais clara (estudos recentes têm indicado suficiente limpeza quando a turbidez da água de lavagem está em torno de 25 UNT).

Resumo de cálculos para lavagem

### DADOS:

- Área filtrante = 4,91m<sup>2</sup> (Ø2500mm)
- Velocidade de lavagem = 0,7 m/min
- Duração de lavagem = 6 a 8 min
- Vazão para lavagem:  $QLAV = 0,7 \times 4,91 = 3,437$  m<sup>3</sup>/min = 206,22 m<sup>3</sup>/h = 57,3 l/s



- Volume máximo de água gasto na lavagem de um filtro:  $V = 3,437 \times 8 = 27,5$  m<sup>3</sup>
- Altura Manométrica estimada para lavagem dos filtros = 15,0mca
- Conjuntos Motobombas para Lavagem

Será utilizado 01(um) conjunto motobomba para lavagem do leito filtrante. Um conjunto adicional do mesmo tipo deverá ser mantido como reserva, totalizando 02 (dois) conjuntos motobombas.

$$P = \frac{57,30 \times 15,0 \times 1,20}{75 \times 0,72} = 19,1 \text{cv}$$

Propomos a utilização de 02(dois) conjuntos motobombas, tipo monobloco, motor 20cv, 1750rpm, trifásico 380V, 60 Hz.

### **CASA DE QUÍMICA**

A casa de química deverá abrigar os produtos químicos em pó, kits de preparação de suspensões e soluções, bombas de lavagem das unidades compactas, sistema de saturação/recirculação, e sala de cloração entre outros.

Os equipamentos abaixo relacionados deverão constar da configuração mínima da casa de química:

- 02(dois) kits de preparação, armazenamento e dosagem de sulfato de alumínio;
- 02(dois) kits de preparação, armazenamento e dosagem de cal hidratada;
- 02(dois) conjuntos motobombas para lavagem das unidades compactas;
- 02(dois) compressores alternativos;
- 02(dois) conjuntos motobombas para recirculação de água saturada;
- 02(dois) cilindros de cloro;
- Acionamento e proteção para:



- misturadores lentos dos flocculadores;
- conjuntos motobombas de lavagem;
- conjuntos motobombas de recirculação de água saturada;
- compressores de ar;
- equipamentos de dosagem de produtos químicos.

## PRODUTOS QUÍMICOS

Os kits serão determinados para um funcionamento de modo a garantir 24 horas de dosagem da ETA, adotando-se uma certa dosagem de produto químico, para efeito de cálculo.

As dosagens adotadas de produtos químicos são mostradas na tabela 1, considerando a vazão de projeto de 25 l/s.

**Tabela 1 - Dosagens de Produtos Químicos**

Produto	Dosagem (mg/l)			Vazão de dosagem (l/h)		
	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima
Sulfato de alumínio (C=5%)	**	10	20	**	18	36
Cal hidratada(C=5%)	**	5	10	**	9	18

### a) Sulfato de alumínio

A solução de sulfato de alumínio será aplicada à montante do misturador hidráulico, através de um difusor.

Deverão ser utilizados 02(dois) tanques de preparação e armazenamento da solução, com capacidade de 500 litros cada. Cada tanque terá agitador lento para dissolução.

- Volume médio do tanque de diluição =  $18 \times 12 = 216$  litros
- Volume máximo do tanque de diluição =  $36 \times 12 = 432$  litros



## **b) Cal Hidratada**

A suspensão de cal será aplicada à montante da aplicação do coagulante ou na água filtrada, quando for necessária a correção de pH.

Deverão ser utilizados 02(dois) tanques de preparação e armazenamento da suspensão, com capacidade de 250 litros cada. Cada tanque terá agitador lento para dissolução.

– Volume médio do tanque de diluição =  $9 \times 12 = 108$  litros

– Volume máximo do tanque de diluição =  $18 \times 12 = 216$  litros

## **ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS EQUIPAMENTOS**

### **MISTURADOR HIDRÁULICO**

Misturador hidráulico em forma tubular, fabricado em plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV), barreira química com resina estervinílica e estrutura com resina poliéster tereftálica, no diâmetro de 150 mm, classe de pressão PN-4, com flanges nas extremidades. No seu interior, contém grade de mistura em aço inox A316, Ø3,18mm, na disposição xadrez, com espaçamentos de 40 mm e dotado de ponto para aplicação do coagulante.

### **FLOCULADOR**

A câmara de floculação terá Ø2000 mm, altura líquida de 3.600mm e total de 3.900mm, volume útil de 11,30 m<sup>3</sup>, dois compartimentos em série, agitador lento de 0,50HP, com inversor de frequência para variação de rotação, disposição interna adequada à eficiente floculação. A câmara será fabricada em plástico reforçado com fibra de vidro(PRFV), seguindo as normas ASTM-D3299, ASTM-D2563 e NBS-PS15, conforme descrição abaixo:

Superfície interna formada de uma camada de véu sintético e duas mantas 450 g/m<sup>2</sup>, impregnadas com resina estervinílica, pelo processo manual, formando uma barreira química inerte a hidrólise e ataques de substâncias corrosivas utilizadas no processo auxiliar de floculação.



Camadas estruturais compostas de fios de vidro contínuos e picados, impregnados com resina tereftálica, seguindo os critérios do processo de enlinhamento contínuo (*filament winding*), sendo que o fundo será laminado com resina tereftálica através do processo de spray-up, totalizando uma espessura compatível com sua condição de uso, levando em consideração os coeficientes de segurança.

Na superfície externa será efetuado lixamento manual, objetivando retirar algumas fibras expostas, para posterior pintura à base de gel coat aditivado com agentes tixotrópicos, pigmento na cor desejada e inibidores de radiação ultravioleta.

#### – Características Principais

Quantidade	01 unidades
Volume Útil	11.300 litros
Diâmetro	2.000 mm
Altura total	3.900 mm
Altura líquida	3.600 mm
Entrada de água coagulada	Ø150 mm
Saída de água floculada	2 x Ø200mm
Drenagem	Ø60 mm

#### – Componentes da Câmara

Composta por um agitador mecânico (controlado através de inversor de frequência), tipo paletas perpendiculares ao eixo vertical, cuja velocidade poderá variar continuamente sua rotação de maneira a produzir gradientes de velocidade entre 40 e 90s<sup>-1</sup>. Apresenta as seguintes características:

Comprimento total do eixo	3.900 mm
Número de paletas ligadas ao eixo	08 unid



Raio das paletas(distância até o eixo)	500 mm
Largura das paletas	100 mm
Acionamento	motor elétrico trifásico de 0,50HP, TFVE, IP54, trifásico 380V, interligado ao redutor.

## **FLOTOFILTROS**

Cada unidade de flotação+filtração é composta por uma célula com diâmetro de 2500 mm, altura líquida de 3.600mm e total de 3.900mm, composta por tubo de entrada de água floculada; câmaras de mistura em formato de troncos de pirâmide invertidos; calha de coleta de lodo flotado; fundo plano com tubulação de coleta de água filtrada e distribuição de água de lavagem; tubo coletor central de água filtrada e de entrada de água de lavagem.

Fabricado em plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV), seguindo as normas ASTM-D3299, ASTM-D2563 e NBS-PS15, conforme descrição abaixo:

Superfície interna formada de uma camada de véu sintético e duas mantas 450 g/m<sup>2</sup>, impregnadas com resina estervinílica, pelo processo manual, formando uma barreira química inerte à hidrólise e ataques de substâncias corrosivas utilizadas no processo auxiliar de filtração e abrasão.

Camadas estruturais compostas de fios de vidro contínuos e picados, impregnados com resina tereftálica, seguindo os critérios do processo de enlinhamento contínuo(*filament winding*), sendo que o fundo será laminado com resina tereftálica, através do processo de spray-up, totalizando uma espessura compatível com sua condição de uso, levando em consideração os coeficientes de segurança.

Superfície externa será efetuado lixamento manual, objetivando retirar algumas fibras expostas, para posterior pintura à base de gel coat aditivado com agentes tixotrópicos, pigmento na cor desejada e inibidores de radiação ultravioleta.



### – Características Principais do FlotoFiltro

Quantidade	02 unidades
Diâmetro	2500 mm
Altura total	3900 mm
Entrada de água floculada	Ø200 mm
Saída de água filtrada	Ø100 mm
Entrada de água para lavagem	Ø200 mm
Saída de água de lavagem	Ø250 mm
Drenagem	Ø75 mm

#### DISPOSITIVOS COMPLEMENTARES:

**1- Barrilete:** O barrilete de manobra e interligações a ser fornecido para cada unidade é projetado para atender à futura ampliação sem que haja necessidade de paralisar o sistema, bem como permitir a lavagem ou manutenção de uma unidade sem retirada de operação das demais, quando há mais de uma unidade compacta.

O barrilete é composto por tubos e conexões flangeados, na classe de pressão PN-4 e 6, fabricados em F<sup>o</sup>F<sup>o</sup>, aço ou PRFV, à luz das normas ASTM-D2996 e NBS-PS15, com barreira química em resina estervinílica e estrutura em resina tereftálica, nos diversos diâmetros para atender ao projeto; válvulas borboleta, parafusos com porcas e arruelas em aço galvanizado; junta de vedação através de arruelas de borracha.

As válvulas utilizadas nas operações, são do tipo borboleta modelo “WAFER” para montagem entre flanges ABNT NBR 7669, PN-10 ou DIN 2532, PN-10, em ferro fundido ASMT-A-351-CF8 e semi eixo AISI 316; com acionamento local, pressão de serviço 15 psi.





As tubulações e válvulas são dimensionadas de acordo com as normas para elaboração dos projetos de ETAs.

**2-Caixa Niveladora:** 01(uma) caixa niveladora Ø700mm e altura de 1400mm, com entrada e saída Ø100mm. Tem a finalidade de manter constante o nível d'água no interior da unidade compacta. Fabricada em plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV), seguindo as normas ASTM-D2996 e NBS-PS15.

**3-Regulador de Nível tipo Sifão:** 01(um) regulador de vazão e nível, Ø100mm, com a finalidade de manter constante o nível d'água no interior da unidade compacta. Sifão em PRFV, válvula plástica e bóia em PRFV.

**4-Material filtrante:** Todo material filtrante apresentar-se-á livre de impurezas tais como: lama, matéria orgânica, argila, ferro e manganês. Acondicionados em sacos plásticos contendo aproximadamente 30kg, resistente ao transporte e armazenamento, devidamente etiquetados nas granulometrias. Todo material apresentar-se-á rigorosamente dentro das granulometrias e coeficientes de uniformidade discriminados a seguir, seguindo as normas de fornecimento e colocação AWWA B-100-72 e ABNT EB-2097.

#### a) Pedregulho

Camada	Tamanhos limites (mm)	Espessura (mm)
Inferior	38,0 a 25,4	150
2 <sup>a</sup>	25,4 a 15,9	150
3 <sup>a</sup>	7,9 a 15,9	100
4 <sup>a</sup>	4,8 a 7,9	50
5 <sup>a</sup>	2,4 a 4,8	50
Total		500 mm



## b) Material Filtrante

Camada	AREIA
Tamanho efetivo	0,50 a 0,55 mm
Coefficiente de uniformidade	1,3 a 1,5
Tamanhos limites	0,42 a 1,41 mm
Altura total	600 mm

## SISTEMA DE PRESSURIZAÇÃO

O sistema de pressurização será composto por:

1. 02(dois) conjuntos motobombas(um reserva), para recirculação de água filtrada, tipo centrífuga multiestágio, 2,5 l/s x 60mca, 4cv, 3500rpm, 60Hz, trifásico 380V. O sistema inclui também tubulações e conexões de interligação entre os componentes do sistema de saturação.
2. 02(dois) tubos de saturação(TSAD) Ø250mm, comprimento 1600mm, fabricado em PRFV, com volume de 78 litros, vazão de recirculação de até 2,5 l/s, pressão de serviço de 4,5 a 7,0 bar, entrada e saída de Ø75mm, painel para dispersão de ar com elementos porosos. Acompanha barrilete de ar composto por tubos e conexões, válvulas de segurança, tipo agulha, de retenção e globo, rotâmetro, manômetro e filtro regulador de pressão.
3. 02(dois) compressores alternativos(um reserva) para saturação de água filtrada, capacidade 77 l/min, reservatório de 50 litros, motor elétrico monofásico 0,50HP, 220V, 60Hz, proteção IP-54, incluindo interligação com tubos de saturação.

## SISTEMA DE LAVAGEM

02 (dois) conjuntos motobombas(um reserva), tipo centrífuga de eixo horizontal, monobloco, 57,30 l/s, 15mca, rendimento 72%, motor 20cv, 1750 rpm, trifásico 380V, 60Hz, IP-54, TFVE.



## SISTEMA DE DESCARTE DE LODO FLOTADO

01(um) tanque cilíndrico em PRFV, atendendo a 02 flotofiltros, com fundo cônico e tripés de apoio, capacidade de 1.160 litros, Ø1000mm, altura cilíndrica de 1.200mm, cônica de 850mm e total de 2.800mm, saída Ø50mm e dreno Ø40mm. O tanque é fabricado em resina poliéster reforçado com fibra de vidro, atendendo às especificações das normas ASTM-D3299, ASTM-D2563 e NBS-PS15.

### KIT DE PREPARAÇÃO E DOSAGEM DE PRODUTOS QUÍMICOS

KPDS	150	250	500
Diâmetro Superior (mm)	595	620	865
Diâmetro Inferior (mm)	550	560	810
Altura Total (mm)	850	1100	1100
Altura Útil (mm)	670	1000	955
Volume Total (litros)	165	265	550
Volume Útil (litros)	150	250	500
Bomba dosadora	Diafragma 13 l/h x 1 bar	Centrífuga 0,50cv	Centrífuga 0,50cv
Rotâmetro	-	5 a 60 l/h	10 a 160 l/h
Válvula Globo	-	Ø ½"	Ø ½"
Válvula de Retenção PVC	-	Ø ½"	Ø ½"
Válvula de Pé com Crivo PVC	-	Ø 1"	Ø 1"
Agitador	0,25 cv	0,50 cv	0,50 cv
Haste	Inox Ø12,7mm	Inox Ø19mm	Inox Ø19mm
Comprimento da Haste	550 mm	850 mm	850 mm
Hélice do Agitador	PRFV Ø100mm	PRFV Ø150mm	PRFV Ø150mm

### TANQUE EM PRFV

Tanque para preparação e armazenamento de solução química, contendo tubo de alimentação, descarga, extravasor e dreno, tampa com agitador e bomba dosadora centrífuga(KPDS-250 e 500) ou diafragma(KPDS-150). Fabricado em resina isoftálica com neo-pentil-glicol e isenta de carga, reforçado com fibra de vidro, laminado na espessura adequada com as condições operacionais, atendendo às especificações das normas ASTM-D2563, NBS-PS15 e CETESB/E-7130:



- A superfície interna é constituída por uma camada com espessura mínima de 0,25 mm, reforçado com véu de fios de vidro, rica em resina isoftálica com neo-pentil-glicol, não contendo mais que 10% em peso de material de reforço. As condições usadas nesta superfície são para formar uma barreira química;
- As camadas estruturais compõem-se de fio roving com resina poliéster de grau comercial isenta de cargas, cujo conteúdo de vidro é de 30% em peso, totalizando uma espessura compatível com as condições operacionais;
- A superfície externa constituída de gel-coat, será relativamente lisa, sem nenhuma fibra solta ou qualquer projeção aguda, com bastante resina isoftálica com neo-pentil-glicol para evitar que fibras fiquem expostas. Esta resina contém substâncias químicas que protegem o equipamento dos raios ultravioletas.

## **BOMBA DOSADORA**

[KPDS-150] - Bomba dosadora tipo diafragma, analógica, com vazão regulável manualmente, escala de regulagem, caixa em plástico ou alumínio fundido, montagem em parede ou base horizontal, 220V, IP65, acionamento no corpo da bomba.

- [KPDS-250 e 500] - Bomba dosadora centrífuga para líquidos corrosivos e alcalinos, construída em polipropileno injetado, material altamente resistente ao cloro, com sistema de vedação hidrocêntrica, sem atrito. Acoplada ao motor elétrico blindado TFVE, com proteção IP54, 220/380V, trifásico, 60Hz. Acionada por chave magnética de partida direta com proteção térmica.

## **AGITADOR**

Tipo vertical, motor elétrico, trifásico, IP54, 220/380V, 60Hz, 1.750rpm, equipado com haste e hélice para agitação. Acionado por chave magnética de partida direta com proteção térmica.

# ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO SISTEMA ADUTOR ALTO SANTO

## DIMENSIONAMENTO DOS LEITOS DE SECAGEM

### Dados gerais:

Q - Vazão de dimensionamento da ETA	25,00 L/s
C <sub>lodo</sub> - Concentração de sólidos no lodo flotado	3,0 %

### 1 - Cálculo da massa de lodo produzida na ETA

A vazão de lodo produzida é função da qualidade da água bruta, da dosagem de coagulante aplicada como também da tecnologia de tratamento utilizada. Sendo assim, a partir da características da ETA, estima-se uma produção de lodo no flotador ( $q_{flot}$ ) em torno de 2,5L por m<sup>3</sup> de água tratada:

$$q_{flot} = \frac{Q \cdot 2,5}{1000}$$

Sendo:

Q - Vazão de dimensionamento da ETA	25,00 L/s
-------------------------------------	-----------

Substituindo os valores:

q <sub>flot</sub> - Vazão de lodo produzida	0,06 L/s
---	----------

Uma das vantagens do processo de flotação comparada à decantação é a capacidade de produzir lodos com concentração de sólidos na faixa de 3 a 6% <sup>(1)</sup>. Portanto, adotando uma concentração de 3%, que corresponde a 30 kg/m<sup>3</sup>, a massa de lodo flotado produzida pode ser encontrada pela equação abaixo:

$$M_{flot} = q_{flot} \cdot 30 \cdot 86,4$$

Substituindo os valores:

M <sub>flot</sub> - Massa de lodo flotado produzida	162,0 kg/d
---	------------

### 2 - Cálculo do Tempo de Detenção do lodo nos leitos (T<sub>d</sub>)

KRASAUSKAS<sup>(2)</sup>, observou que os lodos de Estações de Tratamento de Água dispostos em leitos de secagem, com 1% de concentração de sólidos, levaram um tempo de 70 a 100 horas para atingirem concentrações de aproximadamente 20% de sólidos. Já Neubauer<sup>(3)</sup> realizando experiências em instalações piloto, a uma temperatura entre 20 e 27°C, observou que em um período entre 20 a 24h a infiltração de água na drenagem do leito caiu até cessar e a secagem por evaporação durou de 24 a 72h.

Considerando que se deseja uma torta de lodo com uma concentração de 20%, e que para cada 1% de sólidos secos são necessárias 20h de permanência no leito, o Tempo de Detenção (T<sub>d</sub>) é encontrado pela fórmula abaixo:

$$T_d = \frac{(C_f - C_i) \cdot 20}{24}$$

Sendo:

C <sub>f</sub> - Concentração final de sólidos no lodo	20 %
C <sub>i</sub> - Concentração inicial de sólidos no lodo	3 %

Substituindo os valores, encontra-se:

T <sub>d</sub> - Tempo de Detenção do lodo no leito de secagem	14 d
--	------

### 3 - Área do leito de secagem (A<sub>leito</sub>)

Para calcular a área necessária do leito deve-se calcular o volume de lodo produzido por dia com a concentração desejada, conforme equação abaixo:

$$V_{lodo} = \frac{M_{flot}}{C_f}$$

Sendo:

$M_{\text{flot}}$ - Massa de lodo flotado produzida	162,0 kg/d
$C_f$ - Concentração final de sólidos no lodo	200 kg/m <sup>3</sup>
Substituindo:	
$V_{\text{lodo}}$ - Volume diário de lodo produzido com a concentração desejada	0,81 m <sup>3</sup> /d

A área necessária para armazenamento e secagem do lodo pode ser encontrada pela equação a seguir:

$$A_{\text{leito}} = \frac{V_{\text{lodo}} \cdot T_d}{e}$$

Sendo:

$V_{\text{lodo}}$ - Volume diário de lodo produzido com a concentração desejada	0,81 m <sup>3</sup> /d
$T_d$ - Tempo de Detenção do lodo no leito de secagem	14 d
$e$ - Lâmina (espessura) de lodo leito	0,3 m

Substituindo:

$A_{\text{leito}}$ - Área do leito de secagem	38,3 m <sup>2</sup>
---	---------------------

Adotando uma largura cinco vezes menor que o comprimento, tem-se as seguintes dimensões do leito de secagem:

$$A_{\text{leito}} = B \cdot L = 5 \cdot B^2$$

Sendo:

B - Largura do leito de secagem  
L - Comprimento do leito de secagem

Substituindo:

B - Largura do leito de secagem	2,77 m
L - Comprimento do leito de secagem	13,83 m

Será adotado então um leito de secagem com uma largura de 2,8m e um comprimento de 14m. Com o objetivo de implantar leitos com considerável tempo de exposição do lodo sem introdução de novas cargas, além de dar uma maior flexibilidade ao sistema, sugere-se construir quatro células com as dimensões calculadas.

#### 4 - Resumo

$T_d$ - Tempo de Detenção do lodo no leito de secagem	14 d
$e$ - Lâmina (espessura) de lodo leito	0,30 m
B - Largura do leito de secagem	2,80 m
L - Comprimento do leito de secagem	14,00 m
n - Número de leitos de secagem	4 leitos

#### 5 - Bibliografia

- (1) REALI, M. A. P. (Coordenador). **Noções Gerais de Tratamento e Disposição Final de Lodos de Estações de Tratamento de Água**. Rio de Janeiro: PROSAB/ABES, 1999. 225p.
- (2) KRASAUSKAS, J. M. (1969). **Review of sludge disposal practices**. Journal AWWA, v.61, n.5, p. 225-230.
- (3) NEBAUER, W. R. (1968). **Waste alum sludges treatment**. Journal AWWA, v. 60, n. 7, p. 819-826.



MONTGOMERY WATSON



EngeSoft

Engenharia e Consultoria Ltda.

## **12.4. ANEXO IV – MEMÓRIAL DESCRITIVO DO FLUTUANTE**

---



## **12.4. ANEXO IV – MEMÓRIAL DESCRITIVO DO FLUTUANTE**

### **INTRODUÇÃO**

O presente memorial tem por objetivo apresentar tecnicamente a Plataforma Flutuante, unidade dimensionada para instalação, operação e manutenção de conjuntos motobombas e suas tubulações de sucção e recalque do Sistema de Captação de Água de ALTO SANTO, fornecendo informações importantes do material de fabricação, acabamento, limites de aplicação, funcionamento, dispositivos e características estruturais.

A plataforma utiliza, como materiais principais, em sua fabricação, o fiberglass e o poliuretano, materiais com propriedades mecânicas e químicas inquestionáveis, ambos resistentes ao tempo.

### **FIBERGLASS**

O que é chamado de poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV), ou simplesmente “Fiberglass”, é um material estrutural leve, durável e incrivelmente resistente, que pode ser empregado na fabricação de quase todos tipos de produtos. Pode ser transparente, translúcido, opaco, colorido, plano ou de geometria variada, de diversas espessuras. Não há realmente limites para sua utilização, já tendo sido empregado na fabricação de grandes estruturas. O Fiberglass é um composto formado pela união de uma resina e de uma fibra muitíssimo resistente e durável. Entretanto, assim como o concreto necessita de barras de ferro para ser reforçado, as resinas poliésteres precisam ser reforçadas com fibras de vidro para formarem o Fiberglass. É exatamente isso o que faz o fabricante de peças em PRFV, utilizando um molde em que se colocam diversas camadas do Fiberglass até que atinja a espessura desejada, obtendo assim um laminado ou produto moldado.



**DADOS DE PROJETO****CONJUNTO MOTOBOMBAS**

<b>Quantidade:</b>	<b>02 Unidades</b>
Modelo:	B7B ou Similar
Fabricante:	KSB ou Similar
Peso/Unidade:	800 Kg
Potência:	30 CV
Frequência:	60 Hz
Voltagem:	380 V
Rotação:	1.750 rpm
DN Sucção:	150 mm
DN Recalque:	150 mm

**LOCAL DE INSTALAÇÃO**

<b>Tipo Manancial:</b>	<b>Açude Riacho da Serra</b>
Profundidade:	14 metros
Distância Captação/Margem:	50 metros
Variação de Nível:	14,5 metros
Cota Máxima:	90
Cota Mínima:	75,5

**TABELA DE PESOS DE ACESSÓRIOS**

Item	Descrição	Un	Qtde.	Peso Unitário	Peso Total
01	Conjunto Motobomba	Un	02	400,0	800,0
02	Válvula de retenção com deslocamento axial F°F° flange DN150	Un	02	12,0	24,0
03	Junta de desmontagem travada axialmente F°F° DN150	Un	02	104,0	208,0
04	Tê c/ flange F°F° flange DN150x50	Un	02	26,0	52,0
05	Registro de gaveta F°F° c/ flange volante DN50	Un	02	15,0	30,0
06	Ventosa tríplice função F°F° DN50	Un	02	21,0	42,0
07	Pórtico	Un	01	425,0	425,0
10	Sistema de Interligação (Viga I)	m	24	425,0	425,0
11	Sistema de Ancoragem*	Un	01	458,0	458,0
12	Guarda Corpo	Un	15	180	180
<b>PESO DOS ACESSÓRIOS</b>					<b>2.644,00</b>



## PLATAFORMA FLUTUANTE

### DESCRIÇÃO DA PLATAFORMA

A Plataforma Flutuante é uma composição que engloba módulos flutuantes interligados, formando uma base que permite a flutuação sobre água desenvolvida e conhecida em *Fiberglass*. Basicamente a plataforma é composta de módulos, sistema de interligação, piso de proteção, guarda corpo, pórtico, ancoragem e base de bombas.

A formação da plataforma é realizada com a união dos módulos flutuantes do tipo celular, encaixados lateralmente, formando a base flutuante principal, no próprio local de instalação e operação do sistema de captação. Os sistemas de encaixes laterais e permitem travamento em três planos.

Essa plataforma é concebida em uma exclusiva apresentação modular insubmersível, reforçadas internamente com perfis em aço, inseridos na fabricação dos módulos devidamente calculados para suportar a carga que será submetida, terá uma configuração de um bloco medindo **5.000 x 4.000 x 600mm**, com capacidade para **2.800 Kg**. Por ser fabricado com material isolante, proporciona maior segurança no manuseio de equipamentos elétricos. Possuem estabilidade excepcional e resistência mecânica elevada, permitindo seu transporte para qualquer local, com a possibilidade de sofrer alterações futuras, podendo aumentar ou reduzir o tamanho da plataforma.

### CÁLCULO DE CAPACIDADE DE CARGAS DA PLATAFORMA FLUTUANTE

$$A = M \cdot 1$$

$$PP = M \cdot 60$$

$$C = \frac{PP + P_A}{A}$$

**Sendo:**

C = Calado<sup>(1)</sup> (mm)

P<sub>P</sub> = Peso Próprio<sup>(2)</sup>

P<sub>A</sub> = Peso dos Acessórios <sup>(3)</sup> - Kg

A = Área superficial da Plataforma 20 m<sup>2</sup>

M = Quantidade de módulos – 20 Un

**Considerações:**

(1) O calado é a denominação referente ao afundamento da parte inferior de embarcações na superfície da água.

(2) Para o cálculo do peso próprio (PP) considerar 60 Kg para cada módulo 600.

(3) Para o cálculo do peso dos acessórios (P<sub>A</sub>) deve ser considerado o somatório do peso de todos os acessórios sustentados pela plataforma – conjuntos motobombas, tubulações de sucção e recalque, pórtico, base de bombas, piso, sistema de interligação dos módulos, guarda-corpo, acoplamentos, etc.

**Cálculo do Calado**

Considerando uma plataforma flutuante com os seguintes dados:

Número de Módulos: 20 unidades

Peso de Cada Módulo: 60 Kg

Peso total de Acessórios: 2.644 Kg

Então:

$$A = M \cdot 1 \therefore A = 20\text{m}^2$$

A área da plataforma é: 20 m<sup>2</sup>



$$P_P = (M \cdot 60) \therefore P_P = (20 \cdot 60) \therefore P_P = \mathbf{1.200 \text{ Kg}}$$

O Peso Próprio da plataforma é: 1.200 Kg

$$C = \frac{P_P + P_A}{A} \therefore C = \frac{1.200 + 2.644}{20} \therefore C = 192,2 \text{ mm}$$

O calado será de 192 mm, para capacidade de carga de 2.800 Kg.

## MÓDULOS FLUTUANTES

Os módulos flutuantes são fabricados com poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV), usando resinas de alta qualidade do tipo ortoftálicas e injeção de espuma rígida de poliuretano em sua interface, com expansão interna dos módulos. Os módulos possuem as seguintes características:

- Flutuação garantida em qualquer situação, mesmo que venha sofrer impactos indesejáveis;
- Superfície externa com acabamento liso com gelcoat do tipo isoftálico com NPG, com proteção contra raios ultravioleta;
- Possui piso com textura antiderrapante;
- Reforços internos com perfis de aço ASTM A-36 e prisioneiros em aço inox que sobressaem na superfície superior, para fazer a contra amarração dos equipamentos a serem instalados na plataforma, tais como: base de bombas, motores, tubos, conexões, pórticos, guarda-corpo, sistema de ancoragem, pisos, etc;
- Sistema de encaixe lateral para formação da plataforma.



## DIMENSÕES BÁSICAS DOS MÓDULOS

Comprimento	1.000 mm
Largura	1.000 mm
Altura	600 mm
Peso Aproximado	60 Kg
Área Útil	1,0 m <sup>2</sup>

### PROCESSO DE FABRICAÇÃO:

A fabricação dos módulos é realizada pelo processo de laminação spray-up, onde os compostos (resina poliéster + fibra de vidro) são depositados simultaneamente no molde pela máquina laminadora e cuidadosamente roletadas, retirando todo o ar existente no laminado. Previamente o molde é preparado com desmoldantes e em seguida aplicado a barreira química ou liner. A barreira química é a superfície que dará proteção às intempéries e neste caso específico é formada por uma camada de gel-coat com espessura aproximada de 0,6 mm e uma camada de véu de superfície.

### MATERIAIS DE FABRICAÇÃO:

#### RESINA

Poliéster insaturada do tipo ortoftálica, rígido, de média reatividade, baixa viscosidade, tixotrópica e pré-acelerada.

Cura do poliéster – O poliéster insaturado se transforma de líquido em sólido, tornando-o um material termofixo, através da reação química (polimerização) com início imediatamente após a adição de iniciadores de cura (MEK-P).

### PROPRIEDADES DA RESINA

Características	Especificações
Viscosidade Brookfield à 25° C (sp3, 60 rpm)	280 – 350 cps
Índice de Tixotropia	Mínimo 1,10
Índice de Acidez	Max. 25
Intervalo Simples	9-13 min
Pico Exotérmico	140-160°C
Teor de Sólidos	57-59%

**PROPRIEDADES DA RESINA NA APLICAÇÃO**

<b>Características</b>	<b>Valores Típicos</b>
Resistência Máxima à tração (Mpa)	50
Módulo de Elasticidade em Tração (Mpa)	3.500
Elongação máxima (%)	2,0
Resistência Máxima à Flexão (Mpa)	80
Módulo de Elasticidade em Flexão (Mpa)	4.500
Deformação Máxima (%)	2,0
Dureza Barcol	40
Contração Linear (%)	2,0
Temperatura de Termodistorção (°C)	75
Resistência ao impacto (método IZOD) com entalhe (J/m)	18

- Sem reforço de fibra de vidro

**FIBRAS DE VIDRO**

Roving – Consiste de várias mechas enroladas sem torção, em bobinas de formato cilíndrico. Na aplicação, o desenrolamento é feito por dentro da bobina, sendo as mechas cortadas no picador da pistola de laminação e atiradas contra a superfície do molde juntamente com a resina.

<b>Características</b>	<b>Especificação</b>
Umidade (%)	0.00 – 0.12
PAF (%)	1.10 – 1.40
TEX	3600 – 4200

Manta – São obtidas pelo arranjo aleatório de fibras cortadas (comprimento 5 cm), agregadas e distribuídas de maneira uniforme em forma de lençol por ligantes especiais, permitindo a construção de laminados com propriedades isotrópicas. Usadas no flutuante para fechamento do corpo do flutuante com o fundo – tipo utilizado MANTA 450g/m<sup>2</sup>.

<b>Características</b>	<b>Especificação</b>
Umidade (%)	0.00 – 0.20
PAF (%)	2.45 – 4.55
Gramatura	373.0 – 526.0



## **POLIURETANO**

A espuma rígida de poliuretano é um plástico celular expandido, produzido pela reação de dois componentes líquidos poliol e poli-isocianato, na presença de um gás com característica de agente de expansão. As células fechadas (90-95%) impedem a absorção ou penetração da água na estrutura do polímero.

**TIPO UTILIZADO: POLISISTEMA DE INJEÇÃO CR 13 D3**

### **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

<b>Parâmetro</b>	<b>Especificação</b>
Tempo de início	20 seg.
Tempo de Gel	81 seg.
Tempo de Pega	112 seg.
Densidade do miolo	32.0 Kg/m <sup>3</sup>
Relação de uso	100/100
Flamabilidade NBR 7358/Jan 88	R1/R2

## **GEL-COAT**

Cobertura de resina não reforçada que constitui a superfície de peças laminadas. Tem como função proteger a superfície do laminado contra a ação das intempéries e umidade, também faz parte da barreira química, além de conferir acabamento colorido à superfície da peça.

Tipo Utilizado: Gel-Coat Isoftálico com NPG, com proteção ultravioleta, cor branca.

## **SISTEMA DE INTERLIGAÇÃO**

O sistema de interligação da plataforma foi desenvolvido para distribuir o peso total da carga em sua área total, esse sistema está apresentado em 03 (três) formas:

- Encaixes verticais nas laterais dos módulos, que permite a montagem de dois, três ou quatro módulos garantindo o travamento de tração e torção horizontal;



- Placas de Amarração fabricadas em Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV) para travar os módulos no sentido vertical, permitindo amarrar três ou quatro módulos;
- Placas de Amarração fabricadas em chapa em aço para travar os módulos no sentido vertical, destinado também de suporte do guarda-corpo, permitindo amarrar dois módulos;
- Perfis metálicos do tipo Perfis “U” simples de 127 x 50 x 3 mm – fixados na interface dos módulos, destinados a contra amarração dos perfis externos, através de prisioneiros 1/2” em aço inox;
- Perfis metálicos do tipo “I” laminado de 6” x 3.3/8” 1a. Alma – fixados na superfície da plataforma, destinados para montagem das bases dos conjuntos motobombas, fixação do pórtico, fixação de suporte de tubulações e principalmente distribuir a carga em toda a plataforma;

### **PISO DE PROTEÇÃO**

Piso para proteção da superfície superior da plataforma, sobreposta no topo dos perfis do sistema de interligação, fabricado em chapa expandida (antiderrapante) com contorno de cantoneira metálica.

### **GUARDA-CORPO**

Corrimão para proteção de operadores na manutenção periódica, fixado ao longo das extremidades da plataforma flutuante, fabricado em tubo industrial redondo de aço carbono 1.1/2” x 2mm.

### **PÓRTICO**

Sistema para deslocamento de materiais sobre a plataforma, auxiliando a manutenção do sistema, montagens e desmontagens dos conjuntos de motobombas, tubos, conexões, bases de bombas, sistema de Interligação, etc. Fabricado em vigas de aço A-36 tratado, com talha manual de corrente.





### CARACTERÍSTICAS DO PÓRTICO

<b>Capacidade de Carga:</b>	<b>1.000 Kg</b>
Movimento:	Longitudinal
Energia de Tração:	Manual
Comprimento (Alcance):	4 metros
Largura Inferior:	3 metros
Largura Superior:	3 metros
Altura Útil:	4,3 metros

### TALHA

<b>Modelo de Referência:</b>	<b>Compacta NT</b>
Tipo:	Manual
Fabricante	BERG-STEEL S/A
Capacidade:	1 Ton.
Redução:	138:1
Esforço Necessário:	38 Kg
Dimensões:	630 x 227 mm
Peso s/ corrente:	16,3 Kg
Elevação:	5 metros

### CARRO TROLE

<b>Tipo:</b>	<b>Manual</b>
Fabricante	BERG-STEEL S/A
Capacidade:	1 Ton.
Trilho:	Viga "I" 8 a 12"
Peso s/ corrente:	35,0 Kg
Espaço Aéreo:	170 mm

### SISTEMA DE ANCORAGEM

A ancoragem para a plataforma flutuante será composta de 04 âncoras metálicas para fundeio e blocos de concreto auxiliares intermediários, para garantir tensão no fundeio em níveis mais baixos do nível d'água, interligado através de cabos em aço inox, com comprimento adequado para a profundidade em cada ponto de fundeio, considerando os dados de projeto do Item 2.2.



### CARACTERÍSTICAS DAS ÂNCORAS

Material de Fabricação:	Haste – Barra Redonda 2.1/2” Pata – Chapa 5/16” (1,00 x 0,20 m) Amarração radial – Barra trefilada 5/8” Suporte do cabo - Barra trefilada 5/8”
Comprimento:	1.000 mm
Largura:	785 mm
Peso:	
Quantidade:	04 Peças

### CARACTERÍSTICAS DOS BLOCOS TENSORES

<b>Material de Fabricação:</b>	<b>Concreto 1 : 4 : 6 - (Cimento : Brita : Areia)</b>
Comprimento:	600 mm
Largura:	450 mm
Profundidade:	230 mm
Peso:	100 Kg
Quantidade:	04 Peças

### CARACTERÍSTICAS DO CABO

<b>Material de Fabricação:</b>	<b>Aço galvanizado com revestimento plástico</b>
Diâmetro:	3/8”
Tipo:	6 x 19
Alma:	Fibra
Quantidade:	130 metros, sendo 32,5 metros para cada âncora.
Peso:	0,47 Kg/m
Peso Total:	62,0 Kg

## TRATAMENTO E PINTURA

### PARTES METÁLICAS EXPOSTAS

As partes metálicas expostas são compostas dos perfis do sistema de interligação, piso de proteção da plataforma, guarda-corpo, placas de amarração e perfis do pórtico.



### **SEQÜÊNCIA DO TRATAMENTO**

- Decapagem química;
- Fosfatização;
- Aplicação de uma demão de primer epóxi de 80 micros;
- Aplicação de duas demãos de tinta a base de poliuretano com 40 micros cada.

### **PARTES METÁLICAS SUBMERSAS**

As partes metálicas submersas são compostas as âncoras e acessórios de fixação das mesmas e dos blocos de concreto tensores.

### **SEQÜÊNCIA DO TRATAMENTO**

- Decapagem química;
- Fosfatização;
- Aplicação de duas demãos de primmer a base de poliuretano com 40 micros cada; aplicação de uma demão de alcatrão de hulh



MONTGOMERY WATSON



EngeSoft

Engenharia e Consultoria Ltda.

## **12.5. ANEXO V – ENSAIO FOTOGRÁFICO**

---



**FOTO 1** - Detalhe de um dos poços que abastece a cidade.



**FOTO 2** - Visão geral da área da ETA mostrando filtros e aerador



**FOTO 3** - Bombeamento para lavagem de filtros



**FOTO 4** - Bombeamento para reservatório elevado de Alto Santo





**FOTO 5** - Detalhe do reservatório apoiado de 150 m<sup>3</sup>



**FOTO 6** - Detalhe do Reservatório elevado da CAGECE de 120 m<sup>3</sup>



**FOTO 7** – Detalhe do Reservatório elevado construído pela prefeitura para abastecimento do bairro Pão de Açúcar (ainda sem operação).





MONTGOMERY WATSON



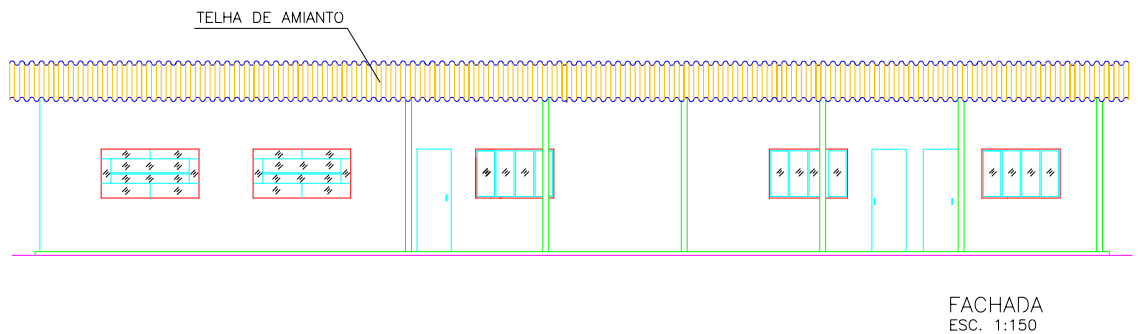
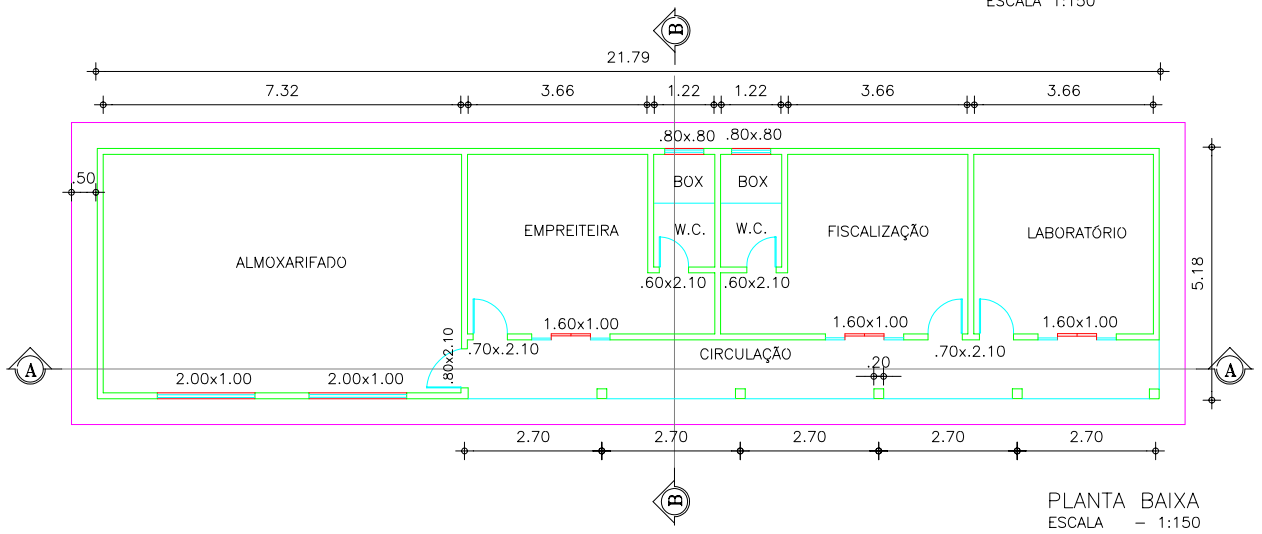
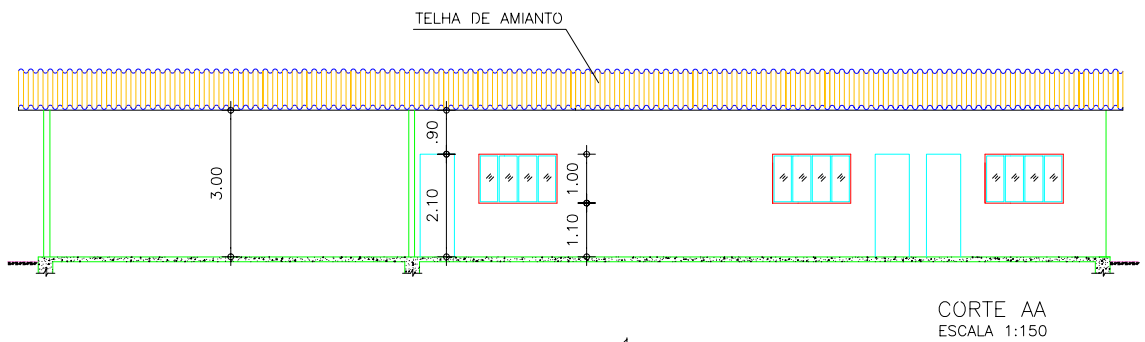
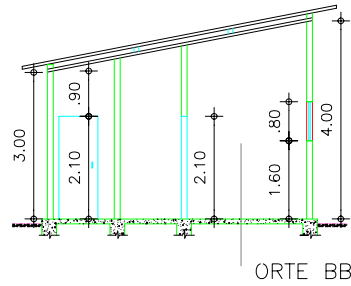
EngSoft

Engenharia e Consultoria Ltda.

## **12.6. ANEXO VI - DESENHOS COMPLEMENTARES DO SISTEMA ADUTOR**

---

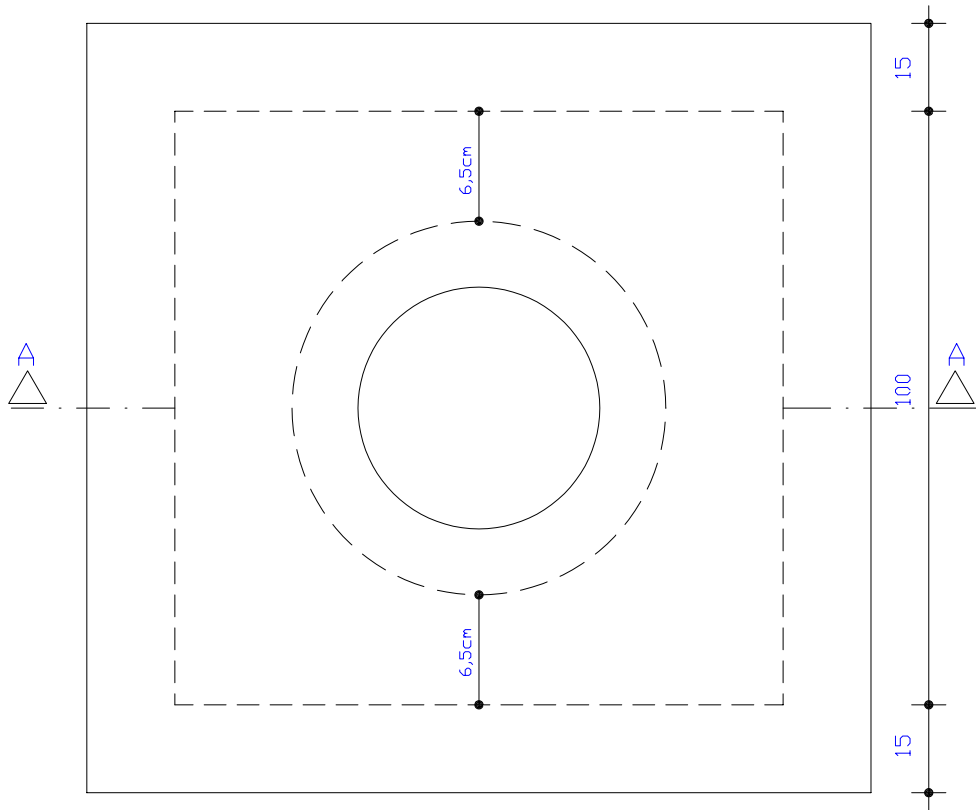
# Barracao Para Escritório - Canteiro de Obra



A-05

PLANTA BAIXA - CORTES - FACHADA

# Caixa de Pitometria

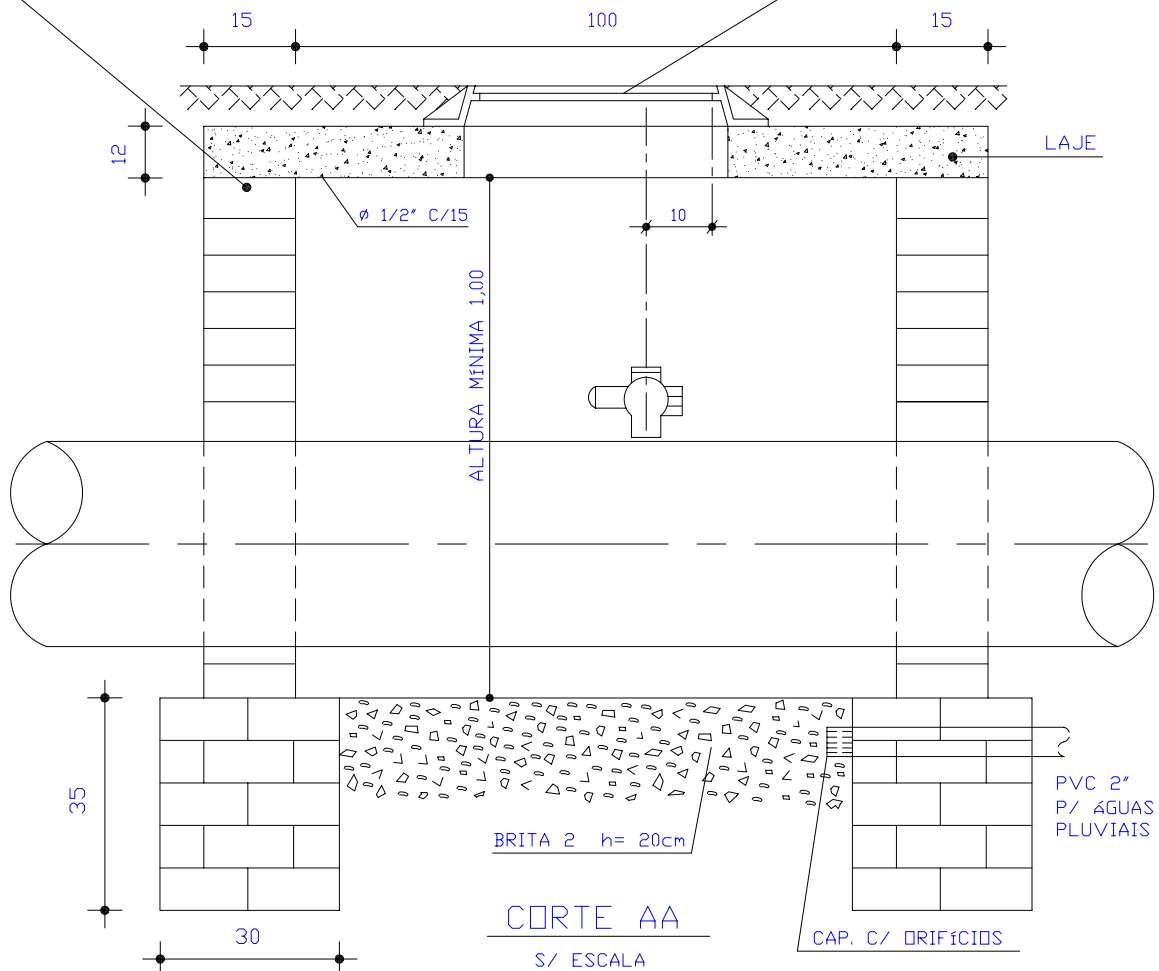


VISTA SUPERIOR

ALVENARIA DE TIJOLO COMUM

S/ ESCALA

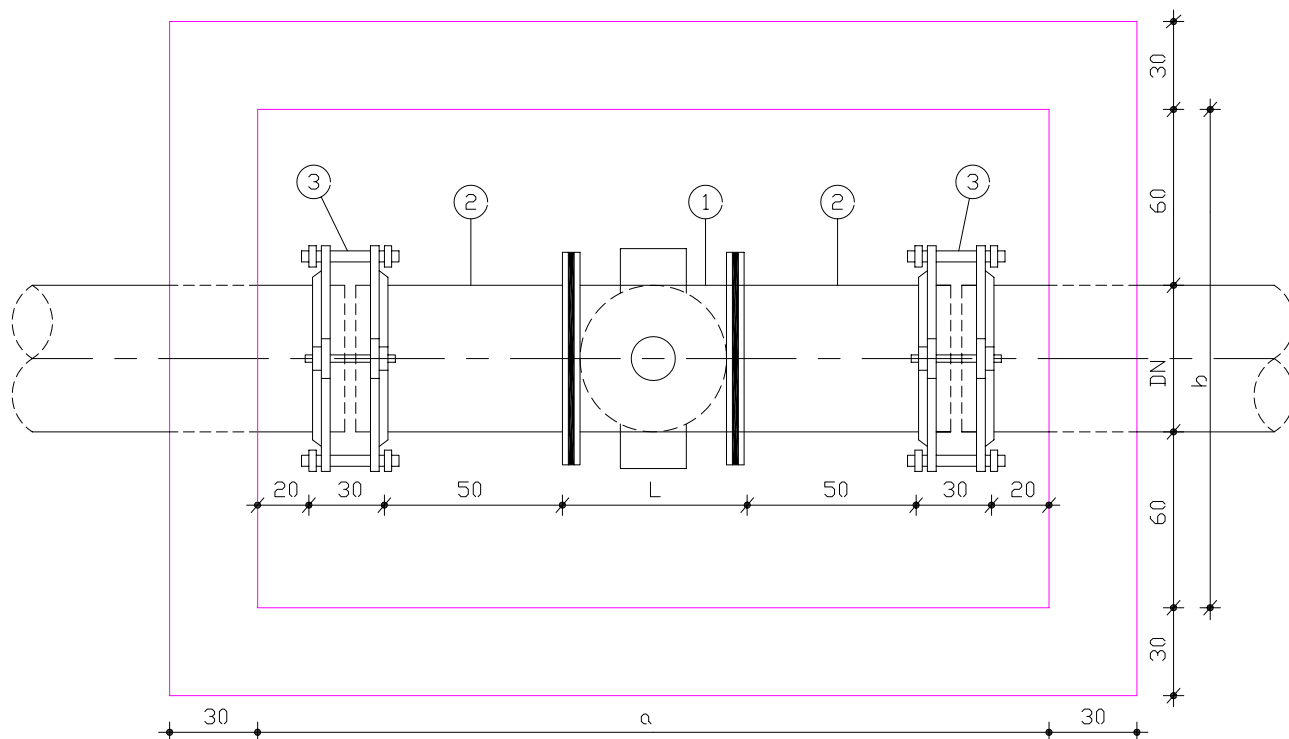
TAMPÃO FOFO DÚCTIL A SER FORNECIDO PELA CAGECE



CORTE AA

S/ ESCALA

## Caixa de Macromedição

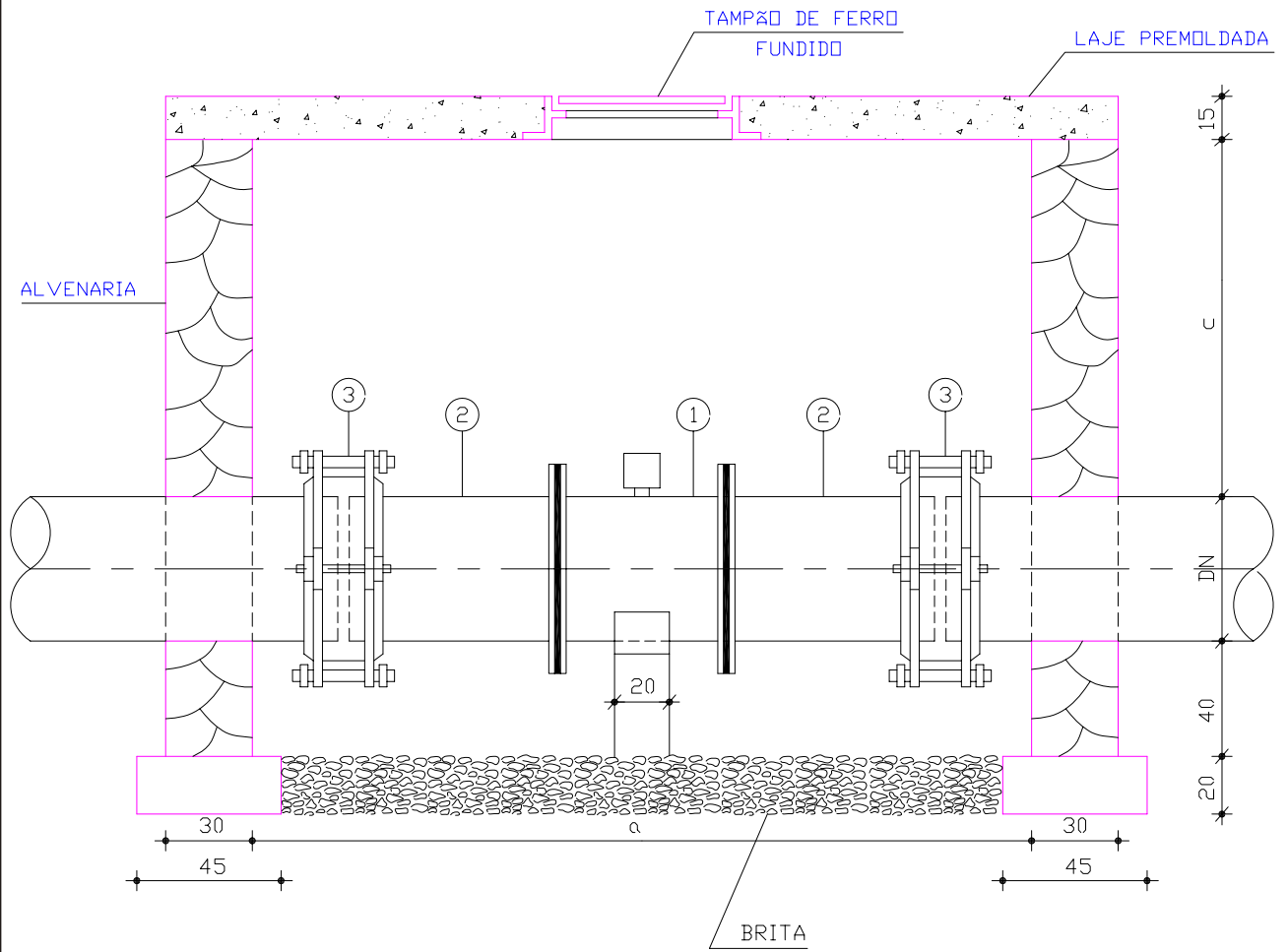


## PLANTA BAIXA

S/ ESCALA

### RELAÇÃO DE MATERIAL - $\varnothing$ 150 a 400mm - FaFo

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	QUANT.
1	MACROMEDIDOR (L = 39,8 a 63,4cm)	1
2	EXTREMIDADE PONTA E FLANGE (50cm)	2
3	JUNTA MECÂNICA OU SIMILAR (30cm)	2



# CORTE

S/ ESCALA

**Consórcio**

---



**MONTGOMERY WATSON**

