

**MÓDULO V**  
**PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA**  
**MARANGUAPE**

**VOLUME II – ANTEPROJETO**

| Rev. | Data     | Descrição         | Por       | Ver. | Apr. | Aut. |
|------|----------|-------------------|-----------|------|------|------|
| 00   | Fev/2002 | Edição preliminar | Consórcio | TAC  | NKT  | NKT  |
|      |          |                   |           |      |      |      |
|      |          |                   |           |      |      |      |
|      |          |                   |           |      |      |      |



## ÍNDICE

## ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>APRESENTAÇÃO .....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>1 - INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>2 - SISTEMA DE ABASTECIMENTO D'ÁGUA EXISTENTE .....</b>                         | <b>12</b> |
| 2.1 -CIDADE DE MARANGUAPE .....  | 13        |
| 2.2 -LOCALIDADES DE SAPUPARA, URUCARÁ E LADEIRA GRANDE .....                       | 14        |
| <b>3 - POPULAÇÃO ALVO DO PROJETO PROPOSTO .....</b>                                | <b>16</b> |
| <b>4 - MANANCIAL.....</b>  | <b>19</b> |
| <b>5 - ESTUDO DE DEMANDA DO PROJETO PROPOSTO .....</b>                             | <b>21</b> |
| 5.1 -CRITÉRIOS ESTABELECIDOS.....  | 22        |
| 5.2 -PARÂMETROS DE PROJETO .....   | 22        |
| 5.3 -VAZÕES DE PROJETO .....   | 24        |
| <b>5.3.1 - Consumo Populacional.....</b>   | <b>24</b> |
| <b>5.3.2 - Consumo Industrial .....</b>  | <b>25</b> |
| <b>5.3.3 - Consumo Total .....</b>   | <b>25</b> |
| <b>6 - DELINEAMENTO DO PROJETO PROPOSTO .....</b>                                  | <b>32</b> |
| 6.1 -CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES .....  | 33        |
| 6.2 -DESCRIÇÃO DO SISTEMA.....   | 33        |
| <b>7 - PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA.....</b>                                     | <b>38</b> |
| 7.1 -ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ÁGUA .....  | 39        |
| <b>7.1.1 - Estação Elevatória de Água Bruta – EEAB-I e EEAB-II (Captação).....</b> | <b>39</b> |
| <b>7.1.2 - Estação Elevatória de Água Tratada– EEAT (Reelevatória) .....</b>       | <b>47</b> |
| <b>7.1.3 - Avaliação do Transiente Hidráulico.....</b>                             | <b>52</b> |
| 7.2 -ADUÇÃO.....   | 57        |
| <b>7.2.1 - Formulação das Alternativas de Adução de Água Tratada .....</b>         | <b>57</b> |
| <b>7.2.2 - Estudo do Diâmetro Econômico da Adução de Água Bruta.....</b>           | <b>60</b> |
| <b>7.2.3 - Movimento de Terra .....</b>  | <b>66</b> |
| <b>7.2.4 - Localização das Obras Cívicas .....</b>                                 | <b>66</b> |
| 7.3 -TRATAMENTO D'ÁGUA – ETA.....  | 67        |
| <b>7.3.1 - Análise físico-química da Água.....</b>                                 | <b>67</b> |
| <b>7.3.2 - Tratamento proposto .....</b>   | <b>69</b> |

|  |     |
|--|-----|
| 7.3.3 - Pré-dimensionamento dos Filtros.....                 | 69  |
| 7.3.4 - Lavagem dos Filtros (EELF) .....                     | 70  |
| 7.4 - RESERVAÇÃO .....                                       | 71  |
| 7.4.1 - Critérios de Reservação .....                        | 71  |
| 7.4.2 - Dimensionamento da Reservação .....                  | 71  |
| 8 - OPERAÇÃO DO SISTEMA .....                                | 74  |
| 9 - AVALIAÇÃO ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS ESTUDADAS .....     | 76  |
| 9.1 - INVESTIMENTOS.....                                     | 77  |
| 9.2 - CUSTO ANUAL DE MANUTENÇÃO .....                        | 77  |
| 9.3 - CUSTO ANUAL DE OPERAÇÃO .....                          | 77  |
| 9.4 - CUSTO ANUAL DE ENERGIA .....                           | 77  |
| 9.5 - ANÁLISE ECONÔMICA.....                                 | 78  |
| 9.6 - ALTERNATIVA ESCOLHIDA.....                             | 78  |
| ANEXO 1 – ESTIMATIVAS DE INVESTIMENTO DAS ALTERNATIVAS ..... | 79  |
| ANEXO 2 – ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO .....                 | 82  |
| ANEXO 2A – AAB-I .....                                       | 83  |
| ANEXO 2B– AAB-II .....                                       | 89  |
| ANEXO 2C – AAT-0.....  | 95  |
| ANEXO 2D– AAT-I.....   | 101 |
| ANEXO 3 – FICHA DE ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA .....      | 105 |



## APRESENTAÇÃO

## APRESENTAÇÃO

Tendo por objetivo a implantação da adutora do sistema de abastecimento d'água do município de Maranguape, a Secretaria de Recursos Hídricos – SRH e o Consórcio JP ENGENHARIA – AGUASOLOS – ESC/TE, firmaram o Contrato N.º 005/PROGERIRH-PILOTO/CE/SRH/2001, para a Elaboração do Projeto Executivo correspondente.

O Projeto da Adutora de Maranguape se insere no contexto do Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - PROGERIRH, em parceria com o Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD. Está sendo elaborado de forma a atender os requisitos contidos nos Termos de Referência do Edital da SDP N° 05/00-PROGERIRH/SRH/CE, bem como, as normas pertinentes para sistemas de abastecimento de água.

A documentação aqui apresentada compreende o Relatório do Anteprojeto que servirá de suporte na elaboração do Projeto Executivo da Adutora. As fontes hídricas serão os açudes Maranguape I e Maranguape II, ambos em fase de projeto, que serão construídos no município de Maranguape no estado do Ceará.

Em síntese, o projeto em referência está constituído dos seguintes documentos:

### Módulo I – Estudos de Alternativas de Localização da Barragem e Adutora

VOLUME I – Estudo de Alternativas e Opções para a Localização do Eixo Barrável e Adutora

### Módulo II – Estudos dos Impactos no Meio Ambiente

VOLUME I – Estudos Básicos e Diagnóstico

Tomo 1 – Estudos Básicos

Tomo 2 – Diagnóstico Ambiental

VOLUME II – EIA/RIMA

Tomo 1 – Relatório Preliminar dos Estudos Ambientais

Tomo 2 – Relatório Final EIA/RIMA

### Módulo III – Projetos Executivo da Barragem

VOLUME I – Estudos Básicos

Tomo 1 – Relatório Geral

Tomo 2 – Estudos Hidrológicos

Tomo 3 – Estudos Cartográficos

Tomo 4 – Estudos Geológicos e Geotécnicos

VOLUME II – Anteprojeto

Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral

### VOLUME III – Detalhamento do Projeto Executivo

Tomo 1 – Memorial Descritivo do Projeto

Tomo 2 – Memória de Cálculo

Tomo 3 – Especificações Técnicas

Tomo 4 – Quantitativos e Orçamentos

Tomo 5 – Síntese

### Módulo IV – Levantamento Cadastral e Plano de Reassentamento

#### VOLUME I – Levantamento Cadastral

Tomo 1 – Relatório Geral

Tomo 2 – Laudos Individuais de Avaliação

Tomo 3 – Levantamentos Topográficos

#### VOLUME II – Plano de Reassentamento

Tomo 1 – Diagnóstico

Tomo 2 – Programação das Ações

Tomo 3 – Detalhamento do Plano de Reassentamento

Tomo 4 – Relatório Final do Reassentamento

### Módulo V – Projeto Executivo da Adutora

#### VOLUME I – Estudos Básicos

Tomo 1 – Levantamentos Topográficos

Tomo 2 – Investigações Geotécnicas

#### **VOLUME II – Anteprojeto**

#### VOLUME III – Detalhamento do Projeto Executivo

Tomo 1 – Memorial Descritivo

Tomo 2 – Memória de Cálculo

Tomo 3 – Quantitativos e Orçamentos

Tomo 4 – Especificações Técnicas e Normas de Medições

### Módulo VI – Elaboração dos Manuais de Operação e Manutenção

#### VOLUME 1 – Manuais de Operação e Manutenção

### Módulo VII – Avaliação Financeira e Econômica do Projeto

#### VOLUME 1 – Relatório de Avaliação Financeira e Econômica do Projeto



## 1 - INTRODUÇÃO



## 1 - INTRODUÇÃO

Com o intuito de oferecer à população radicada na cidade de Maranguape e nas localidades de Sapupara e Urucará, água para abastecimento humano, dentro dos padrões exigidos pela legislação específica vigente e de fonte de suprimento confiável, no que diz respeito à regularidade, foram procedidos os estudos que ora se apresentam em atendimento ao programa desenvolvido pelo Governo do Estado do Ceará, na área de atuação da Secretaria dos Recursos Hídricos, no âmbito do Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – PROGERIRH, nos quais deverá se apoiar a subsequente elaboração do projeto executivo.

A distância entre Fortaleza e a cidade de Maranguape é de 20 Km.

As coordenadas geográficas, altitude da sede do município de Maranguape são:

- Latitude: 3°53'27"
- Longitude: 34°41'08"
- Altitude (Sede): 69,00 m
- Área do município: 654,80 km<sup>2</sup>

Tem por limites:

Ao Norte: Maracanaú e Caucaia

Ao Sul: Caridade, Palmácia e Guaiúba

A Leste: Guaiúba, Pacatuba e Maracanaú

A Oeste: Pentecoste e Caridade (Ver Figura 1.0)

Os mananciais que alimentarão a Adutora serão os açudes Maranguape I e Maranguape II, ambos em fase de estudo e projeto que, em linha reta, estão a 3,0 e 4,0Km da cidade de Maranguape, respectivamente. Na Figura 2.0 é apresentado um traçado da adutora deste a captação até as localidades beneficiadas pelo projeto.

O horizonte de é de 30 anos, tendo como ano inicial o ano de 2003.

## FIGURA 1.0 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO

FIGURA 2.0

## 2 - SISTEMA DE ABASTECIMENTO D'ÁGUA EXISTENTE

## 2 - SISTEMA DE ABASTECIMENTO D'ÁGUA EXISTENTE

### 2.1 - CIDADE DE MARANGUAPE

A cidade é suprida com água bruta proveniente da adutora do Açude Acarape do Meio, localizado no município de Redenção, e nos períodos de estio prolongado (quando o suprimento ofertado por aquele reservatório entra em colapso) o abastecimento é feito com água captada no sistema Pacoti-Riachão.

Na primeira das duas situações, a alimentação do sistema Maranguape se faz por gravidade a partir de derivação da adutora Acarape do Meio-Fortaleza.

A adutora (ramal Maranguape) que tem origem naquela derivação é em ferro fundido, DN 400mm e tem 12,3 km de extensão, estando ao seu término, conectada a câmara de carga da ETA.

Na situação em que se faz necessária a captação no sistema Pacoti-Riachão, a estrutura e equipamento referentes a captação e adução compõem-se de:

- a) Estação de Bombeamento Gavião/Acarape, localizada no município de Pacatuba, a qual conta com o equipamento seguinte:

3 bombas acionadas por motores elétricos de 200CV

1 bomba acionada por motor elétrico de 50CV

Tais motobombas são montadas sobre base flutuante metálica, estando os respectivos equipamentos de controle e proteção hidromecânicos e elétricos abrigados em edificações localizada nas proximidades.

Referida estação supre o distrito industrial através de ramal em fofo de 600mm de diâmetro, a cervejaria Kaiser e as cidades de Pacatuba e Guaiuba, utilizando derivações da adutora Acarape do Meio-Fortaleza, operando em contra-fluxo, além da cidade de Maranguape.

A estação de tratamento d'água de Maranguape situa-se na zona sudoeste da cidade, em cota (TN: 88,60m) insuficiente para aduzir água por gravidade a todas as edificações existentes na malha urbana. Daí a existência de 2 boosters (dos 6 projetados) intercalados na rede de distribuição, que têm por função garantir o fornecimento d'água a zonas de cotas mais elevadas.

A ETA compõe-se de 5 cinco filtros de fluxo ascendente de 4,0m de diâmetro, cuja capacidade de processamento conjunta é de 430 m<sup>3</sup>/h; de uma câmara de carga,

de uma casa de química, onde estão instalados os equipamentos de preparação e aplicação de produtos químicos à água bruta (coagulação/desinfecção); e 3 bombas destinadas à lavagem dos filtros ( $Q=375\text{m}^3/\text{h}$ ;  $H = 12\text{mca}$ , acionadas por motores elétricos, 30cv, 1750rpm).

Situam-se junto à ETA dois reservatórios apoiados, um de  $100\text{m}^3$  e outro, de execução mais recente, de  $800\text{m}^3$ .

Compõe ainda a infra-estrutura de reservação um reservatório elevado de  $220\text{m}^3$ , localizado a 300m da ETA.

A cidade de Maranguape conta com 8.542 ligações prediais e a rede de distribuição d'água atual apresenta um nível de atendimento de 71,1%, tendo as características apresentadas no Quadro 1.0.

**QUADRO 1.0 - Tubulação: Extensão (m)**

| DN(mm) | Material |       |       |
|--------|----------|-------|-------|
|        | PVC      | CA    | FoFo  |
| 32     | 353      |       |       |
| 40     | 1195     |       |       |
| 50     | 41.927   | 5.176 | 2.476 |
| 75     | 7.788    | 1.749 |       |
| 100    | 5.228    | 660   |       |
| 150    | 3.895    | 2.432 | 4.621 |
| 200    | 482      | 3.072 | 5.883 |

## 2.2 - LOCALIDADES DE SAPUPARA, URUCARÁ E LADEIRA GRANDE

As localidades de Sapupara, Urucará e Ladeira Grande são abastecidas com água proveniente do Açude Penedo, situado no município de Maranguape, nas proximidades do povoado denominado Passagem Franca, que se localiza à margem da CE 455, 20km após a cidade de Maranguape (sentido praia-sertão).

Referido açude tem capacidade de armazenamento de  $7.500.000\text{m}^3$  e atende atualmente uma população de 10.097 habitantes, distribuídos nas localidades de

Sapupara (57,35%), Urucará (6,7%), Ladeira Grande (3,07%) e povoados, além de Ladeira Grande: Cajazeiras, Vila Nova, Umari, Lajes.

Atualmente a vazão média liberada é de 35.000m<sup>3</sup>/mês (segundo dados apropriados pelo escritório da CAGECE, em Sapupara) o que dá um consumo “per capita” bruto de 115,5 l/hab/dia, para o conjunto da população atendida por aquele reservatório.

Vale ressaltar que em épocas de estio prolongado Urucará e Sapupara são abastecidas com água proveniente da Cidade de Maranguape, ocasião em que se verifica o colapso do sistema suprido pelo Açude Penedo.

O sistema de abastecimento que atende aquelas localidades conta com os seguintes componentes:

ETA: capacidade de processamento: 150.000,0 l/dia

BOMBAS: Para alimentação da adutora e recalque para o reservatório elevado

- uma de 70cv
- uma de 50cv

Reservatório Elevado: 100m<sup>3</sup> (para lavagem dos filtros)

O sistema adutor é composto de tubulação:

- I) Fofo; DN 250mm: 5.000m
- II) Aço; DN 150mm: 1.088m
- III) PVC; DN 110mm: 3.000m
- IV) PVC; DN 75mm: 2.000m
- V) PVC; DN 60mm: 612m
- VI) PVC; DN 32mm: 2.050m

### 3 - POPULAÇÃO ALVO DO PROJETO PROPOSTO



### 3 – POPULAÇÃO ALVO DO PROJETO PROPOSTO

A projeção da população das localidades beneficiadas foi definida no estudo de Avaliação Financeira e Econômica do Projeto, cujo resultado é apresentado resumidamente no Quadro 2.0 e ano a ano no Quadro 3.0.

**QUADRO 2.0 - Projeção da População**

| Localidade        | Ano           |               |               |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|
|                   | 2012          | 2022          | 2032          |
| Maranguape (sede) | 56.980        | 68.047        | 79.221        |
| Sapupara          | 7.363         | 8.950         | 10.553        |
| Urucará           | 826           | 1.009         | 1.233         |
| <b>Total</b>      | <b>65.169</b> | <b>78.006</b> | <b>91.006</b> |

No Quadro 3.0 está apresentada a evolução ano a ano da população das localidades atendidas pelo presente projeto , até o horizonte deste.

## QUADROS 3.0

Quadros.xls\quadro3.0



## 4 - MANANCIAL

#### 4 - MANANCIAL

Dois são os mananciais que suprirão a oferta d'água para a cidade de Maranguape e demais localidades com atendimento previsto pelo projeto que ora se esboça, a saber, os reservatórios Maranguape I e Maranguape II, ambos em fase de estudo e projeto.

A barragem do primeiro deles situa-se a 2,2km da rodovia CE-004, em boqueirão do riacho Gereraú e o segundo tem seu maciço localizado no riacho Sapupara a 1,2km da mesma rodovia, estando o início do acesso aos mesmos, seguindo a estrada acima citada, a 5,0 e a 7,0km, respectivamente além da cidade de Maranguape; o primeiro a direita e o segundo à esquerda.

O Açude Maranguape I acumulará pouco mais que 6 milhões de metros cúbicos e disponibilizará uma vazão regularizada de 85 l/s, enquanto o açude Maranguape II deverá oferecer vazão regularizada de 108 l/s, acumulando 10 milhões e oitocentos mil metros cúbicos.

Em conjunto, portanto, garantirão vazão regularizada de 193 l/s, em 9 de cada 10 anos, em termos estatísticos.

A vazão do açude Maranguape I representa 44,04% do total disponível, e a do Maranguape II 55,96%, sendo esses percentuais utilizados para definir as contribuições dos açudes não só no horizonte, como em todo o período de alcance do projeto.

Definido o tempo diário de operação do sistema adutor em 20h, poderá ser garantida uma vazão de 231,6 l/s.

## 5 - ESTUDO DE DEMANDA DO PROJETO PROPOSTO

## 5 - ESTUDO DE DEMANDA DO PROJETO PROPOSTO

### 5.1 - CRITÉRIOS ESTABELECIDOS

#### a) Consumo “per capita”: l/hab/dia

Foi estabelecida uma taxa de consumo “per capita” líquida de valor crescente, de acordo com a gradação vista no Quadro 4.0, com base no fato de que a oferta de água com maior garantia de fornecimento, induz a um aumento de consumo até determinado nível, atingido em função do atendimento das necessidades básicas e do custo.

**QUADRO 4.0 - Consumo “Per Capita”**

| Localidade | Consumo Líquido “Per capita”(l/hab/dia) |           |           |       |
|------------|---|-----------|-----------|-------|
|            | 2003-2005                               | 2006-2008 | 2009-2011 | 2012→ |
| Maranguape | 100                                     | 105       | 110       | 112,5 |
| Sapupara   | 100                                     | 105       | 110       | 112,5 |
| Urucará    | 75                                      | 80        | 85        | 90    |

#### b) Eficiência do Sistema

No cálculo da vazão de dimensionamento levou-se em conta, outrossim, as perdas d’água do sistema, admitidas em 25% tendo por base sistemas semelhantes operados pela CAGECE.

### 5.2 - PARÂMETROS DE PROJETO

De acordo com os critérios estabelecidos e Termo de Referência, definiram-se os seguintes parâmetros de cálculo:

- Ano inicial do plano.....2.003
- Horizonte de projeto da 1ª Etapa.....2.012
- Horizonte de projeto da 2ª Etapa.....2.022
- Horizonte de projeto da 3ª Etapa.....2.032
- População alvo (1ª Etapa )
  - Maranguape .....56.980 hab.

- Sapupara .....7.363 hab.
- Urucará.....826 hab.
- TOTAL.....65.169 hab.
- População alvo (2ª Etapa )
  - Maranguape ..... 68.047 hab.
  - Sapupara ..... 8.950 hab.
  - Urucará.....1009 hab.
  - TOTAL.....78.006 hab.
- População alvo (3ª Etapa )
  - Maranguape ..... 79.221 hab.
  - Sapupara .....10.553 hab.
  - Urucará.....1.233 hab.
  - TOTAL.....91.006 hab.
- Índice de Abastecimento (iab)
  - Maranguape .....90%
  - Sapupara .....90%
  - Urucará.....100%
- Índice de Perdas no Sistema (ip).....25%
- Consumo Per Capita Bruto (qb)..... $q / (1-(ip/100))$  l/hab. x dia
  - Maranguape ..... 150 l/hab. x dia
  - Sapupara .....150 l/hab. x dia
  - Urucará.....120 l/hab. x dia
- Coeficiente de Majoração p/ o Dia de Maior Consumo (K1).....1,20
- Coeficiente de Majoração p/ a Hora de Maior Consumo (K2).....1,50
- Tempo de Operação Máximo Diário (Td).....20 h

A vazão para dimensionamento do sistema foi definida em função do número de horas de operação diária, estabelecido em 20h, ao final de cada década, considerando-se ainda, para dimensionamento dos elementos constituintes do sistema, as condições de operação verificadas para o fim de cada período, de acordo com a indicação do Quadro 5.0.

**QUADRO 5.0 - Fases Consideradas para Dimensionamento do Sistema**

| Ano  | Equipamento de Bombeamento | Estrutura de Tratamento e Reservação D'Água | Tubulação |
|------|----------------------------|---|-----------|
| 2012 | X                          | X   |           |
| 2022 | X                          | X   |           |
| 2032 | X                          |   | X         |

**5.3 - VAZÕES DE PROJETO**

**5.3.1 - Consumo Populacional**

De acordo com os parâmetros estabelecidos no item anterior e com a projeção da população das localidades consideradas foram calculadas as vazões brutas com o uso das seguintes expressões:

- Vazões média (Qm : l/s)

$$Q_m = (P_n \times q_b \times (i_{ab}/100)/86400) \times 24/T_d$$

- Vazões máximas diária (Qmaxd : l/s)

$$Q_{max} = Q_m \times k_1$$

- Vazões máxima horária (Qmaxh : l/s)

$$Q_{maxh} = Q_m \times K_2.$$

As vazões resultantes da utilização dos dados disponíveis e dos critérios adotados são as apresentadas no Quadro 6.0.

**QUADRO 6.0 - Vazões resultantes do consumo populacional (l/s)**

| Localidade | 1º Etapa | 2º Etapa | 3º Etapa |
|------------|----------|----------|----------|
| Maranguape | 128,20   | 153,11   | 178,25   |
| Sapupara   | 16,57    | 20,14    | 23,74    |
| Urucará    | 1,65     | 2,02     | 2,47     |
| Total      | 146,42   | 175,26   | 204,46   |



### 5.3.2 - Consumo Industrial

Estudo desenvolvido pela CAGECE, definiu um consumo d'água médio de 0,4 l/s por cada ha, em áreas ocupadas por distritos industriais.

Levando em conta uma área de 73 ha para o distrito industrial de Maranguape (área ocupada atualmente + área de ampliação futura), haveria necessidade de agregar mais 29,2 l/s à oferta acima mencionada, considerando o tempo de operação anteriormente mencionado.

### 5.3.3 - Consumo Total

As vazões de pré-dimensionamento do sistema são as apresentadas no Quadro 7.0.

#### QUADRO 7.0- Vazões Estabelecidas para o Pré-dimensionamento do Sistema (l/s)

| Etapa    | C. popul. | C. Indust. | Total  | Dispon. | Vazão de Projeto | Déficit |
|----------|-----------|------------|--------|---------|------------------|---------|
| 1ª Etapa | 146,42    | 29,20      | 175,62 | 231,60  | 175,62           | 0,00    |
| 2ª Etapa | 175,26    | 29,20      | 204,46 | 231,60  | 204,46           | 0,00    |
| 3ª Etapa | 204,46    | 29,20      | 233,66 | 231,60  | 231,60           | 2,06    |

Com o consumo d'água de 204,46 l/s para fins domésticos do conjunto da população abrangida pelo projeto em seu horizonte (ano de 2032) e de 29,20 l/s para fins industrial, ter-se-ia, portanto, que garantir no horizonte do projeto uma oferta de 233,66 l/s.

Haverá portanto um déficit de 2,06 l/s ou 0,89% em relação às necessidades previstas.

Vale ressaltar que, diante do exposto acima, não foi considerado o pleno atendimento da área industrial.

Nos diversos trechos do sistema adutor as vazões encontradas foram:

↔Adutora AAB-I

- Trecho único(EAAB-I – ETA)

- . 1ª Etapa (Qmax de 2012).....77,35 l/s

- . 2ª Etapa (Qmax de 2022).....90,05 l/s

- . 3ª Etapa (Qmax de 2032).....102,00 l/s

↔Adutora AAB-II

• Trecho único(EEAB-II - ETA)

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| . 1ª Etapa (Qmax de 2012)..... | 98,28 l/s  |
| . 2ª Etapa (Qmax de 2022)..... | 114,41 l/s |
| . 3ª Etapa (Qmax de 2032)..... | 129,60 l/s |

↔AAT-0

• Trecho único (ETA - Rad)

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| . 1ª Etapa (Qmax de 2012)..... | 175,62 l/s |
| . 2ª Etapa (Qmax de 2022)..... | 204,46 l/s |
| . 3ª Etapa (Qmax de 2032)..... | 231,60 l/s |

↔AAT-I

• Trecho I (Rad – RE de Urucará)

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| . 1ª Etapa (Qmax de 2012)..... | 159,05 l/s |
| . 2ª Etapa (Qmax de 2022)..... | 184,33 l/s |
| . 3ª Etapa (Qmax de 2032)..... | 209,92 l/s |

• Trecho II ( RE de Urucará – RE de Maranguape)

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| . 1ª Etapa (Qmax de 2012)..... | 157,40 l/s |
| . 2ª Etapa (Qmax de 2022)..... | 182,31 l/s |
| . 3ª Etapa (Qmax de 2032)..... | 207,45 l/s |

↔AAT-II

• Trecho Único (Rad – RE de Sapupara)

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| . 1ª Etapa (Qmax de 2012)..... | 16,57 l/s |
| . 2ª Etapa (Qmax de 2022)..... | 20,14 l/s |
| . 3ª Etapa (Qmax de 2032)..... | 23,74 l/s |

Nos quadros seguinte é mostrada a evolução das vazões ao longo dos anos de alcance do projeto (Quadros 8.0 a 12.0).

## QUADROS 8.0

Quadros.xls\quadro 8.0

## QUADRO 9.0

Quadros.xls\quadro 9.0

QUADRO 10.0

Quadros.xls\quadro 10.0

QUADRO 11.0

Quadros.xls\quadro 11.0

## QUADRO 12.0

Quadros.xls\quadro 12.0



## 6 - DELINEAMENTO DO PROJETO PROPOSTO



## 6 - DELINEAMENTO DO PROJETO PROPOSTO

### 6.1 - CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

O projeto que ora se delinea prevê o atendimento da população beneficiada até o horizonte estabelecido, que é de 30 anos. Estando o início de operação previsto para o ano de 2003, seu horizonte situa-se, portanto, no ano de 2032.

#### 1) Componentes do Projeto: Critérios de Dimensionamento

O dimensionamento do sistema leva em conta as fases de execução das obras e instalação dos equipamentos, a saber:

##### a) Equipamento de Bombeamento

Dimensionado para atender às exigências de oferta d'água previstas ao final de cada de três períodos consecutivos de 10 anos, estando sua montagem e instalação prevista para o início de cada dos períodos mencionados.

##### b) Tubulação Adutora

Dimensionada para o horizonte do projeto e instalada no ano inicial.

##### c) Obras civis

Projetadas para o horizonte do projeto e implantadas na ordem seguinte:

Casas de bomba e de Química: ano inicial

ETA: projetada segundo módulos e instalada de acordo com a evolução da demanda d'água, estimada em função da projeção da população beneficiada.

Reservatórios: projetados para o horizonte de projeto e executados a partir da configuração das exigências de armazenamento, segundo projeção da população.

### 6.2 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O esboço geral do projeto se delinea da forma descrita a seguir:

Captação: feita nas barragens Maranguape I e Maranguape II.

Em ambos, a captação far-se-á a partir de tomada d'água em poço de sucção alimentado pela tubulação da galeria da barragem. Referidos pontos de captação se

impõem face às condições locais de relevo e perfil do caminhamento estudado para os dois trechos de adutora de água bruta.

A estrutura e equipamento de captação/adução constará de um poço de sucção, uma casa de bombas contígua ao mesmo, 2 bombas centrífugas (1 reserva) e equipamento hidroeletromecânico correspondente.

A partir dos dois pontos de captação será aduzida água bruta até o local situado na meia encosta de uma elevação, que está a 850 m da tomada d'água do primeiro dos citados reservatórios e 3.400m do segundo, com cota média em torno de 90,0 m; valendo acrescentar que as cotas de tomada d'água previstas para captação correspondentes a cada trecho adutor são as cotas 85m e 82m, respectivamente nas barragens Maranguape I e Maranguape II.

Em sua extremidade de jusante as adutoras de água bruta serão conectadas a uma câmara de carga e aos filtros de fluxo ascendentes de ETA que será instalada nesse local.

Após tratada, a água será aduzida para um reservatório apoiado (Rad) localizado na mesma encosta em ponto de cota mais elevada (124 m) distando 250 m da ETA.

Deste último reservatório em diante a adução se efetuará gravitativamente até os pontos de entrega d'água: reservatórios localizados em Sapupara, Urucará e Maranguape (sede municipal).

Vale ressaltar ainda que o ponto de entrega d'água correspondente à Ladeira Grande não está sendo considerado no presente projeto, uma vez que há conveniência em atender aquela localidade através do sistema já existente que é suprido pelo açude Penedo (ver considerações a respeito no item: operação do sistema).

Na Figura 3.0 apresenta-se uma visualização esquemática do projeto, onde se destacam:

- a) posição relativa das unidades do sistema.
- b) Tubulações adutoras de água bruta e tratada com extensão de cada trecho e respectivos diâmetro e vazão.

Os quadros 13, 14 e 15 apresentam dados referentes ao pré-dimensionamento do equipamento de bombeamento das estações elevatórias previstas, EEAB I ,II e EEAT, para as 3 etapas do projeto.

No tocante à tratamento d'água, a ETA compor-se-á de 6 filtros de fluxo ascendentes, quatro dos quais deverão ser executados no início da implantação do

projeto (1ª Etapa) e os dois restantes no início da segunda década de operação do sistema (2ª Etapa). A ETA disporá, ainda, de uma câmara de carga, de uma casa de química e de um abrigo para operador de máquinas.

Junto a ETA instalar-se-á a estação de bombeamento de água tratada (EEAT), que aduzirá água para o reservatório apoiado de distribuição (Rad).

O reservatório apoiado de distribuição disponibilizará carga e vazão para lavagem dos filtros.

Quanto ao sistema de reservação serão executados três reservatório elevados, na 1ª Etapa, e dois reservatórios apoiados, um na 1ª etapa e um outro na 2ª etapa, conforme indicado a seguir.

| Local                     | Reservatório (m³) |          |          |          |          |          |
|---------------------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                           | Elevado           |          |          | Apoiado  |          |          |
|                           | 1ª Etapa          | 2ª Etapa | 3ª Etapa | 1ª Etapa | 2ª Etapa | 3ª Etapa |
| Maranguape (sede)         | 200               | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| Sapupara                  | 100               | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| Urucara                   | 75                | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| Ponto Elevado junto à ETA | 0                 | 0        | 0        | 2041     | 1386     | 0        |

A reservação diária de água tratada para a cidade de Maranguape, seguindo, o critério de armazenamento de 1/3 do total do volume d'água demandado por dia, será de 4.277,91 m³, no horizonte do projeto.

Atualmente a cidade conta com a seguinte estrutura de reservação d'água, capaz de atender, por gravidade, parte da cidade.

1 reservatório apoiado de 800 m³

1 reservatório apoiado de 100 m³

1 reservatório elevado de 220 m<sup>3</sup>

No horizonte do projeto haverá portanto um déficit de 3.157,91.

Por outro lado, parte da área urbana só é abastecida graças à operação de “boosters” instalados na rede de distribuição.

Para superação do déficit mencionado, bem como, do problema relativo a deficiência de pressão na rede de distribuição, o projeto ora em elaboração, considerou a execução de um reservatório elevado na extremidade de jusante da linha adutora, o qual destinar-se-á ao atendimento da cidade, em ponto de cota suficiente para atender gravitativamente toda a atual malha urbana da sede municipal. Uma vez que em termos de acumulação, a estrutura de reservação, existente na cidade, já supera o volume d’água flutuante, que é de 713 m<sup>3</sup> na 3ª Etapa de projeto, tal reservatório foi dimensionado para acumular somente 200 m<sup>3</sup>.

O restante do volume diário necessário será acumulado no reservatório apoiado de distribuição, junto à ETA.

Os quadros n<sup>os</sup>. 18, 19, 20 e 21 do item 7.4 – (Reservação), deste relatório, dão uma visão geral sobre as necessidades e proposições relacionadas às exigências de Maranguape e das localidades de Sapucaia e Urucará.

## FIGURA 3.0 – AUTOCAD

Alt. de Captação-T.dwg



## 7 - PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

## 7 - PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

### 7.1 - ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ÁGUA

#### 7.1.1 - Estação Elevatória de Água Bruta – EEAB-I e EEAB-II (Captação)

##### 7.1.1.1 - Elementos de Captação no açude Maranguape I – EEAB-I

Considerando os elementos condicionantes locais, principalmente de relevo e posição da barragem, apenas um modo de captação se configurou como proposta.

Captação a partir de um reservatório de sucção localizado na extremidade de jusante da tubulação da galeria da tomada d'água da barragem, de onde a água seria aduzida diretamente para a ETA. Constará dos seguintes elementos:

- Reservatório de sucção;
- Casa para abrigo dos conjuntos motobombas e quadros de comando;
- 2 (dois) Conjuntos motobomba (1 ativo e 1 reserva);
- Sucção e barrilete com registros e válvulas de retenção;
- Tubulação em PVC de DN 300 mm e L= 850 m.

##### 7.1.1.2 - Elementos da Captação no açude Maranguape II – EEAB-II

Considerando também os elementos condicionantes locais, principalmente de relevo e posição da barragem, apenas um modo de captação se configurou como proposta.

Captação a partir de um reservatório de sucção localizado na extremidade de jusante da tubulação da galeria da tomada d'água da barragem, de onde a água seria aduzida diretamente para a câmara de carga da ETA. Constará dos seguintes elementos:

- Reservatório de sucção;
- Casa para abrigo dos conjuntos motobombas e quadros de comando;
- 2 (dois) Conjuntos motobomba (1 ativo e 1 reserva);
- Sucção e barrilete com registros e válvulas de retenção;
- Tubulação em PVC de DN 400 mm e L= 3.433,0 m.

A representação esquemática de captação é mostrada nas Figuras 4.0 e 5.0.

Figura 4.0

Alt. de Captação-T.dwg



Figura 5.0

Alt. de Captação-T.dwg

### 7.1.1.3 - Metodologia e Parâmetros de Dimensionamento

A metodologia e os parâmetros utilizados no dimensionamento da Captação são apresentados a seguir:

#### ↔EEAB-I

- Vazão de recalque da 1ª etapa.....77,35 l/s(2012)
- Vazão de recalque da 2ª etapa.....90,05 l/s(2022)
- Vazão de recalque da 3ª etapa.....102,00 l/s(2032)
- Nº de bomba..... Uma ativa e uma reserva
- Diâmetro da tubulação de recalque .....300mm
- Comprimento da tubulação de recalque .....850,00m
- Nível mínimo do açude (NA mínimo).....85,00
- Nível máximo do açude (NA máximo).....103,00
- Cota do terreno natural na ETA/EEAT(TN.ETA).....90,00
- Cota do terreno natural na tomada d 'água(C.Tom).....85,00
- Altura do RE(H.RE).....7,00m
- Altura da câmara de carga (H.cc).....7,00m
- Rendimento dos conjuntos motobomba (n).....70 %

#### ↔EEAB-II

- Vazão de recalque da 1ª etapa.....98,28 l/s(2012)
- Vazão de recalque da 2ª etapa.....114,41 l/s(2022)
- Vazão de recalque da 3ª etapa.....129,60 l/s(2032)
- Nº de bomba..... Uma ativa e uma reserva
- Diâmetro da tubulação de recalque .....400mm
- Comprimento da tubulação de recalque .....3.433,00 m

- Nível mínimo do açude (NA mínimo).....82,00
- Nível máximo do açude (NA máximo).....95,00
- Cota do terreno natural na ETA/EEAT(TN.ETA).....90,00
- Cota do terreno natural na tomada d 'água(C.Tom).....82,00
- Altura do RE(H.RE).....7,00m
- Altura da câmara de carga (Hcc).....7,00m
- Rendimento dos conjuntos motobomba (n).....70%
- Perda na sucção (Hfs)..... Fórmula de Colebrook
- Perda no recalque (Hfr).....Fórmula de Colebrook

A potência dos conjuntos motobomba será calculada pela seguinte fórmula:

$$P = \frac{\gamma \times Q \times HMT}{75 \times n} \times 1,10$$

Onde:

P = Potência (CV);

$\gamma$  = Peso específico da água (1000kgf/m<sup>3</sup>);

Q = Vazão máxima diária (m<sup>3</sup>/s);

H = Altura manométrica total (m);

n = Rendimento da bomba (%).

Já as perdas de carga serão calculadas pela fórmula Universal com f – fator de atrito - de Colebrook, a qual será apresentada posteriormente.

#### 7.1.1.4 - Cálculo da Potência dos Motores

↔ EEAB-I

a) Hman – Altura manométrica total (m.c.a)

$$Hman = (TN.ETA - C.Tom) + H.RE + Hfs + Hfr) * 1,10$$

## b) Potência (cv)

As potências dos motores para cada etapa do projeto estão calculadas e apresentadas no Quadro 13.0.

↔ EEAB-II

## a) Hman – Altura manométrica total (m.c.a)

$$H_{man} = (TN.ETA - C.Tom) + H.RE + H_{fs} + H_{fr} * 1,10$$

## b) Potência (cv)

As potências dos motores para cada etapa do projeto estão calculadas e apresentadas no Quadro 14.0.

QUADRO 13.0

Quadros.xls\quadro 13.0

## QUADRO 14.0

Quadros.xls\quadro 14.0

## 7.1.2 - Estação Elevatória de Água Tratada– EEAT (Reelevatória)

### 7.1.2.1 - Característica Gerais

A estação reelevatória de água tratada constará de 3 (três) conjuntos motobomba – 2 (dois) ativos e 1 (um) reserva –, instalados no interior de um prédio próximo ao Reservatório apoiado de distribuição (Rad), no complexo denominado de EEAT/ETA, o qual dará abrigo igualmente os quadros elétricos de comando e proteção do equipamento hidromecânico da EEAT.

### 7.1.2.2 - Metodologia e Parâmetros de Dimensionamento

A metodologia e os parâmetros utilizados no dimensionamento das bombas são apresentados a seguir:

- Vazão de recalque da 1ª etapa.....175,62 l/s(2012)
- Vazão de recalque da 2ª etapa.....204,46 l/s(2022)
- Vazão de recalque da 3ª etapa.....231,60 l/s(2032)
- Quantidade de Bomba.....3(uma reserva)
- Diâmetro da tubulação de recalque.....500 mm
- Comprimento da tubulação de recalque.....250,0 m
- Cota do terreno na ETA/EEAT (TN.ETA).....90,00
- Cota no local da reservatório apoiado de distribuição – Rad (C.Rad).....124,0
- Perda na sucção (Hfs)..... Fórmula de Colebrook
- Perda no recalque (Hfr).....Fórmula de Colebrook

### 7.1.2.3 - Cálculo da Potência dos Motores

O Quadro 15.0, elaborado com dados obtidos com o emprego do formulário e marcha de cálculo, mencionados no item 7.1.1.2, apresenta um pré-dimensionamento dos conjuntos moto-bomba e suas características operacionais. Nos Gráficos 1.0, 2.0 e 3.0 estão apresentadas as Linhas Piezométricas das Adutoras AAB-I, AAB-II e AAT.

## QUADRO 15

Quadros.xls\quadro 15.0



## Gráfico 1

## Gráfico 2

### Gráfico 3

### 7.1.3 - Avaliação do Transiente Hidráulico

#### 7.1.3.1 - Trecho: EEBI → ETA

$$Q = 0,102 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 850 \text{ m}$$

$$DN = 300 \text{ mm}$$

$$DE = 326 \text{ mm}$$

$$e = 13,1 \text{ mm}$$

$$DI = 299,8 \text{ mm}$$

Material: PVC

a) Celeridade da onda (a)

$$a = \frac{9.900}{\sqrt{48,3 + k \left( \frac{D}{e} \right)}}$$

$$a = 461 \text{ m/s}$$

$$D = 0,2998 \text{ m}$$

$$K = 18$$

b) Sub Pressão  $\Delta h_1$

$$\Delta h_1 = -\frac{a}{g \cdot s} (Q_0 - Q)$$

$$\Delta h_1 = -\frac{461}{9,81 \times 0,0706} \times 0,102$$

$$\Delta h_1 = -67,93 \text{ m}$$

$$a = 461 \text{ m/s}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$s = 0,0706 \text{ m}^2$$

$$Q_0 = 0,102 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0$$

c) Sobrepressão  $\Delta h_2$

$$\Delta h_2 = \frac{a \cdot v}{g}$$

$$\Delta h_2 = \frac{461 \times 1,44}{9,81}$$

$$\Delta h_2 = 67,66 \text{ m}$$

d) Carga Mínima ( $H_{\text{mín}}$ )

$$H_{\text{mín}} = H_{\text{man}} - |\Delta h_1|$$

$$H_{\text{mín}} = 20 - 67,93$$

$$H_{\text{mín}} = -47,63$$

e) Carga Máxima

$$H_{m\acute{a}x} = H_{man} + \Delta h_2$$

$$H_{m\acute{a}x} = 20 + 67,66$$

$$H_{m\acute{a}x} = 87,66m$$

7.1.3.2 - Trecho: EEAB - II → ETA

$$Q = 0,1296 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 3432,7 \text{ m}$$

$$DN = 400 \text{ mm}$$

$$DE = 429 \text{ mm}$$

$$e = 17,2 \text{ mm}$$

$$DI = 394,6 \text{ mm}$$

Material: PVC

a) Celeridade da onda (a)

$$a = \frac{9.900}{\sqrt{48,3 + 18 \left( \frac{0,3946}{0,0172} \right)}}$$

$$a = 461 \text{ m/s}$$

b) Sub Pressão

$$\Delta h = -\frac{a}{g \cdot s} (Q_0 - Q)$$

$$\Delta h = -\frac{461}{9,81 \times 0,1222} \times 0,1296$$

$$\Delta h = -49,84$$

$$a = 461 \text{ m/s}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$s = 0,0706 \text{ m}^3$$

$$Q_0 = 0,1296 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0$$

c) Sobrepressão

$$\Delta h = \frac{a \cdot v}{g}$$

$$\Delta h = \frac{461 \times 1,06}{9,81}$$

$$\Delta h = 49,81 \text{ m}$$

d) Carga Mínima junto ao barrilete

$$H_{min} = H_{man} - \Delta h$$

$$H_{min} = 34,54 - 49,84$$

$$H_{min} = - 15,30m$$

e) Carga Máxima junto ao barrilete ( $H_{man}$ )

$$H_{max} = 34,54 + 49,81$$

$$H_{max} = 84,35 m$$

### 7.1.3.3 - Trecho: EEAT → Rad

Avaliação pelo Método: Kinno - Kennedy

$$L = 250 m$$

$$Q = 0,2316 m^3/s$$

Material: PVC

$$DN = 500 mm$$

$$DE = 532$$

$$e = 21,3$$

$$DI = 489,4$$

a) Celeridade da onda (a)

$$a = \frac{9.900}{\sqrt{48,3 + 18 \left( \frac{0,4894}{0,0213} \right)}}$$

$$a = 461 m/s$$

b) Constante da linha ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{a.v}{2.g.Hman}$$

$$\rho = \frac{461 \times 1,23}{2 \times 9,81 \times 45}$$

$$\rho = 0,64$$

c) Momento de inércia das massas girantes ( $Wr^2$ ):

Bomba + Motor

$Wr^2 = 0,774 + 0,7866$  (de acordo com os fabricantes)

$Wr^2 = 1,5606$

d) constante da bomba ( $K_1$ )

$$K_1 = 896.000 \frac{H.Q}{wr^2 . Ef . (rpm)^2}$$

$$K_1 = 896.000 \frac{0,2316 \times 45}{3 \times 1,5606 \times 0,75 \times (1750)^2}$$

$$K_1 = 0,86$$

|                                |
|--------------------------------|
| $Ef = 0,75$<br>$rot = 1750rpm$ |
|--------------------------------|

e) Determinação de  $\tau$

$$\tau = \frac{1}{k_1 \frac{2L}{a}}$$

$$\tau = \frac{1}{0,86 \frac{2 \times 250}{461}}$$

$$\tau = 1,07$$

f) Fator de perda de carga ( $H_f$ )

$$H_f = \frac{hf}{Hman}$$

$$H_f = \frac{2,12}{45}$$

$$H_f = 0,047 \cong 0$$

$hf = 2,12$  (perda de carga por atrito, na tubulação de recalque)

$$H_{man} = 45,0 \text{ m}$$

$$g) \text{ Pressão mínima para } \begin{cases} \rho = 0,64 \\ \tau = 1,07 \\ H_f = 0 \end{cases}$$

g.1) No barrilete, junto à bomba ( $h_d = 0,30$ )

$$P_{minb} = h_d \times H_{man}$$

$$P_{minb} = 0,3 \times 45$$

$$P_{minb} = 13,50 \text{ m}$$

g.2) No meio da tubulação ( $h_d = 0,5$ )

$$P_{mina} = h_d \times H_{man}$$

$$P_{mina} = 0,5 \times 45$$

$$P_{mina} = 22,50 \text{ m}$$

$$h) \text{ Pressão máxima para } \begin{cases} \rho = 0,64 \\ \tau = 1,07 \\ H_f = 0 \end{cases}$$

h.1) No barrilete, junto à bomba ( $h_r = 1,40$ )

$$P_{manb} = h_r \times H_{man}$$

$$P_{manb} = 1,40 \times 45$$

$$P_{manb} = 63,0 \text{ m}$$

h.2) No meio da tubulação ( $h_{mr} = 1,24$ )

$$P_{mana} = h_{mr} \times H_{man}$$

$$P_{mana} = 1,24 \times 45$$

$$P_{mana} = 55,80 \text{ m}$$



### 7.1.3.4 - Conclusões

Quando do evento de um golpe de aríete máximo, tem-se:

- 1) O cotejo das linhas piezométricas mínimas com o perfil do terreno natural nos trechos Maranguape I – ETA e Maranguape II – ETA, indica a necessidade da instalação de válvulas antecipadoras de golpe à saída dos barriletes das estações de bombeamento instaladas junto aquelas barragens, vez que tais linhas situam-se abaixo da linha do terreno natural desde o início do recalque até 100 m e 120 m do extremo de jusante, respectivamente dos 2 trechos adutores mencionados.
- 2) No trecho ETA – Rad, a análise do transiente hidráulico, com utilização do método Kinno-Kennedy, que se ajusta a situação em estudo, permite concluir que o equipamento de bombeamento indicado poderá amortizar os efeitos do golpe de aríete máximo sem utilização de equipamento de proteção ao sistema.

## 7.2 - ADUÇÃO

### 7.2.1 - Formulação das Alternativas de Adução de Água Tratada

Foram avaliadas duas alternativas de adução para se determinar o melhor caminhamento do sistema de adutora de água tratada.

- Alternativa I

Constituída de duas adutoras individuais, sendo uma denominada de AAT-I para abastecimento de Maranguape e Urucará com trecho inicial pela estrada de acesso a Barragem Maranguape I e uma segunda denominada de AAT-II para abastecimento de Sapupara, ambas partindo do Reservatório apoiado de distribuição (Rad).

- Alternativa II

Constituída de uma adutora denominada de AAT-I que partindo do Rad em direção a Barragem Maranguape II, abastecerá, inicialmente através de um ramal Sapupara e em seguida Urucará e Maranguape.

Nas Figuras 6.0 e 7.0 pode-se visualizar os diagramas dos diâmetros e comprimentos das adutoras estudadas para cada alternativa.

FIGURA 6.0

Alt de captação-T.dwg

FIGURA 7.0

Alt de captação-T.dwg

## 7.2.2 - Estudo do Diâmetro Econômico da Adução de Água Bruta

### 7.2.2.1 - Critérios Adotados

No dimensionamento preliminar do sistema foi realizada uma avaliação do diâmetro econômico, ou seja, para iguais condições de vazão, comprimento e nível altimétrico, adotou-se o diâmetro que apresentou o menor custo final de investimento (implantação) e operação (gasto de energia e manutenção). O custo de investimento refere-se apenas ao custo de implantação e de aquisição das tubulações, não sendo considerado, portanto, os custos referentes as unidades de bombeamento, já que estes são pequenos quando comparados com os da tubulação.

Para a determinação da localização do reservatório apoiado de distribuição e definição da sua cota de operação, procedeu-se a um estudo econômico tendo em vista minimização dos custos totais de implantação, manutenção e operação.

Para tanto foi calculada a perda de carga no trecho Rad – Maranguape (AAT-I), para os diâmetros de 400 e 500mm, correlacionando-a com a cota referente a carga hidrodinâmica exigida no Rad (para o escoamento gravitativo até a cidade de Maranguape) e correlacionando esta cota com a potência exigida no equipamento instalado na EEAT.

Nesse estudo levou-se em conta o gasto de energia na EEAT para elevar a água a dois níveis através da AAT-0 e o custo da tubulação da AAT-I para dois diâmetros. Cada nível corresponde a cota piezométrica necessária para abastecer o RE de Maranguape com os diâmetros de 400 e 500mm.

Já para o AAT-II (RAD - RE de Sapucaia) adotou-se o menor diâmetro, cuja perda de carga é vencida pela carga disponível no Rad.

O número anual de horas de funcionamento do sistema foi obtido a partir da relação entre a vazão média do ano de interesse e a vazão máxima diária do ano 2032 (final do plano), coeficiente este multiplicado por 7.300 horas (total anual).

Para cada trecho estudado foram feitas até 04 (quatro) simulações com diâmetros distintos, tendo como base para a escolha a fórmula de Bresse, ou seja:

$$D(m) = 1,2 \sqrt{Q(m^3/s)}$$

### 7.2.2.2 - Metodologia e Parâmetros de Dimensionamento

A metodologia e os parâmetros utilizados nos cálculos das simulações são apresentados a seguir:

- Ano de início do projeto.....2003
- Ano final do projeto.....2032
- Tarifa de consumo (tc).....0,1314 R\$/kWh
- Tarifa de demanda (td).....8,70 R\$/kWmês
- Taxa de juros (tx).....12% a.a
- Horas de funcionamento diário do sistema.....20 h/dia
- Rendimento dos conjuntos motobomba.....70%
- Vazão de recalque da 1ª Etapa.....Q(2012)
- Vazão de recalque da 2ª Etapa.....Q(2022)
- Vazão de recalque da 3ª Etapa.....Q(2032)
- Diâmetro (fórmula Bresse - Q(2032)).....D(mm)
- Material da tubulação.....PVC ou RPVC

Para o cálculo das perdas de cargas do sistema foram utilizadas as seguintes fórmulas:

Fórmula universal de perda de carga:

$$h_f = F \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Fórmula de Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{F}} = -2 \log \left( 0,27 \frac{K}{D} + \frac{2,51}{R\sqrt{F}} \right)$$

Número de Reynolds:

$$R = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

Equação da continuidade:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot V$$

Onde:

F = fator de Colebrook

D = diâmetro (m)

K = coeficiente de rugosidade (mm)

$\nu$  = viscosidade do líquido (m<sup>2</sup>/s)

L = comprimento do trecho (m)

V = velocidade da água (m/s)

g = aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>)

Os valores de coeficientes de rugosidade adotados para PVC e ferro dúctil são 0,06 e 0,10 respectivamente.

A potência consumida em cada simulação será calculada pela seguinte fórmula:

$$PB = \frac{\gamma \times Q \times H}{75 \times n} \times 0,736$$

Onde:

PB = Potência consumida pelo sistema (kW)

$\gamma$  = Peso específico da água (1000 kgf/m<sup>3</sup>)

Q = Vazão máxima diária (m<sup>3</sup>/s)

H = Altura manométrica total (m)

n = Rendimento da bomba (60%)

### 7.2.2.3 - Simulações

↔ AAB-I

#### a) Dados

- Trecho.....EEAB-I – ETA
- Extensão.....850 m
- Vazão máxima diária da 1ª Etapa ( $Q_{max}$  Diária).....77,35 l/s
- Vazão máxima diária da 2ª Etapa ( $Q_{max}$  Diária).....90,05 l/s
- Vazão máxima diária da 3ª Etapa ( $Q_{max}$  Diária).....02,00 l/s
- Diâmetro (fórmula Bresse –  $K=1,00$  p/ trecho curto).....0,319 m

#### b) Resultados

Conforme definido anteriormente, foram estudados 04 (quatro) diâmetros, tendo como base o diâmetro encontrado pela fórmula de Bresse. Assim sendo, simularam-se os diâmetros de 200, 250, 300 e 350 mm. Os custos totais incluindo investimento e energia, sendo este último considerado no período de 30 anos, são apresentados no valor presente com taxa de 12% a.a., e estão resumidos a seguir:

- DN = 200 mm ..... R\$ 350.256,18
- DN = 250 mm ..... R\$ 239.715,35
- DN = 300 mm ..... R\$ 228.303,87
- DN = 350 mm ..... R\$ 241.625,12

Adotou-se o diâmetro de 300 mm.

As planilhas de cálculo com os resultados e os resumos dos mesmos são apresentados no Anexo 2A.

↔ AAB-II

#### a) Dados

- Trecho.....EEAB-II - ETA
- Extensão.....3.433,0 m

- Vazão máxima diária da 1ª Etapa ( $Q_{\max}$  Diária).....98,28 l/s
- Vazão máxima diária da 2ª Etapa ( $Q_{\max}$  Diária).....114,41 l/s
- Vazão máxima diária da 3ª Etapa ( $Q_{\max}$  Diária).....129,60 l/s
- Diâmetro (fórmula Bresse –  $K=1,00$  p/ trecho curto).....0,360 m

#### b) Resultados

Simularam-se aqui os diâmetros de 250, 300, 350 e 400mm. Os custos totais incluindo investimento e energia, sendo este último considerado no período de 30 anos, são apresentados no valor presente com taxa de 12% a.a., e estão resumidos a seguir:

- DN = 250 mm ..... R\$ 1.027.340,64
- DN = 300 mm ..... R\$ 819.661,10
- DN = 350 mm ..... R\$ 815.981,94
- DN = 400 mm ..... R\$ 811.259,13

Adotou-se o diâmetro de 400 mm.

As planilhas de cálculo com os resultados e os resumos dos mesmos são apresentados no Anexo 2B.

↔ AAT-0

#### a) Dados

- Trecho..... ETA - Rad
- Extensão.....250,0 m
- Vazão máxima diária da 1ª Etapa ( $Q_{\max}$  Diária).....175,63 l/s
- Vazão máxima diária da 2ª Etapa ( $Q_{\max}$  Diária).....204,46 l/s
- Vazão máxima diária da 3ª Etapa ( $Q_{\max}$  Diária).....231,60 l/s
- Diâmetro (fórmula Bresse –  $K=1,00$  p/ trecho curto).....0,481 m

#### b) Resultados



Simularam-se aqui os diâmetros de 400, 450, 500 e 600mm. Os custos totais incluindo investimento e energia, sendo este último considerado no período de 30 anos, são apresentados no valor presente com taxa de 12% a.a., e estão resumidos a seguir:

- DN = 400 mm ..... R\$ 950.597,80
- DN = 450 mm ..... R\$ 945.597,92
- DN = 500 mm ..... R\$ 815.086,21
- DN = 600 mm ..... R\$ 953.281,85

Adotou-se o diâmetro de 500 mm.

As planilhas de cálculo com os resultados e os resumos dos mesmos são apresentados no Anexo 3B.

↔ AAT-I

#### a) Dados

- Trecho.....Rad – RE de Maranguape
- Extensão.....6.662,0 m
- Vazão máxima diária da 1ª Etapa ( $Q_{\max}$  Diária).....159,05 l/s
- Vazão máxima diária da 2ª Etapa ( $Q_{\max}$  Diária).....184,33 l/s
- Vazão máxima diária da 3ª Etapa ( $Q_{\max}$  Diária).....209,92 l/s
- Diâmetro (fórmula Bresse –  $K=1,20$ ).....0,550 m

#### b) Resultados

Foram simulados aqui dois diâmetros: 400 e 500mm. Os custos totais incluindo investimento e energia, sendo este último considerado no período de 30 anos, são apresentados no valor presente com taxa de 12% a.a., e estão resumidos a seguir:

- DN = 400 mm ..... R\$ 2.507.050,59
- DN = 500 mm ..... R\$ 2.081.894,21

Adotou-se o diâmetro de 500 mm.

As planilhas de cálculo com os resultados e os resumos dos mesmos são apresentados no Anexo 4B.

### 7.2.3 - Movimento de Terra

No sistema adutor a tubulação será assentada numa vala de dimensões médias – profundidade de 1,20 m e largura de 1,00 m – sobre camada de 0,10 m de areia fina quando a escavação for em material de 2ª e 3ª categoria.

A classificação e volume do material a escavar, em termos estimativos, são os seguintes:

| Categoria | Volume (m3) | %  |
|-----------|-------------|----|
| 1ª        | 6.245,0     | 40 |
| 2ª        | 7.807,0     | 50 |
| 3ª        | 1.561,0     | 10 |

### 7.2.4 - Localização das Obras Cívís

As obras previstas são as que se listam no Quadro abaixo, com respectivas localizações.

| OBRA  | LOCALIZAÇÃO                           |
|---|---------------------------------------|
| EEAB-I  | Na Barragem Maranguape I              |
| EEAB-II   | Na Barragem Maranguape II             |
| ETA   | A 850,0 m da Barragem Maranguape I    |
| EEAT  | Na ETA                                |
| Reservatório apoiado de distribuição            | A 250,0 da ETA                        |
| Adutoras (AAB-I, AAB-II, AAT-0, AAT-I e AAT-II) | Estradas de ligação das cidades Benf. |
| Caixas de proteção de registros e ventosas      | Caminhamentos das adutoras            |
| Blocos de ancoragens                            | Caminhamentos das adutoras            |
| Reservatórios                                   | Localidades beneficiadas              |

## 7.3 - TRATAMENTO D'ÁGUA – ETA

### 7.3.1 - Análise físico-química da Água

No processo de seleção do tipo mais adequado para tratamento da água bruta, levou-se em consideração as análises físico-químicas e bacteriológica de amostras de água coletadas no dia 09/01/2002 nos riachos Gereraú e Sapupara próximos aos locais dos barramentos, cujos resultados estão respectivamente nos Quadros 16.0 e 17.0 e no Anexo 3.

**QUADRO 16.0 - CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIACHO GERERAÚ**

| Parâmetros                | Índice                      |          |
|---------------------------|-----------------------------|----------|
|                           | Amostra                     | Limite   |
| Turbidez                  | 127,0 UT                    | 5        |
| Cor                       | 280,0 UH                    | 15       |
| Odor                      | inodoro                     | inodoro  |
| pH                        | 6,96                        | 6,0– 9,5 |
| Alcalinidade Hidróxidos   | 0                           |          |
| Alcalinidade Carbonatos   | 0                           |          |
| Alcalinidade Bicarbonatos | 45,0mgCaCO <sup>3</sup> /L  |          |
| Dureza                    | 68,0mg CaCO <sup>3</sup> /L | 500      |
| Cálcio                    | 14,4 mg Ca/L                |          |
| Magnésio                  | 7,6 mg Mg/L                 | 150      |
| Condutividade             | 346,0 mS/cm                 | 750      |
| Cloretos                  | 58,0 mg Cl-/L               | 250      |
| Cloro residual            | Ausência                    | 0,2-2,0  |
| Sulfatos                  | 37,0mg S0=4/L               | 250      |
| Ferro                     | 2,94 mg Fe/L                | 0,3      |
| O2 consumido              | 16,3 mg O2/L                | 1,5      |
| Sódio                     | 24,9 mg Na/L                | 200      |
| Potássio                  | 23,9 mg K/L                 |          |
| Nitritos                  | 0,94 mg N-N0-2/L            | 1,0      |
| Nitratos                  | 4,0 mg N-N0-3/L             | 10       |
| Amônia                    | 0,54 mg N-NH-3/L            | 1,5      |
| Sólidos Totais            | 180,0 mg STD/L              | 1000     |
| Alumínio                  | 0,01 mgAl/L                 | 0,2      |

FONTE: CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará

## QUADRO 17.0 - CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIACHO SAPUPARA

| Parâmetros                | Índice                        |          |
|---------------------------|-------------------------------|----------|
|                           | Amostra                       | Limite   |
| Turbidez                  | 106,0 UT                      | 5        |
| Cor                       | 200,0 UH                      | 15       |
| Odor                      | inodoro                       | inodoro  |
| pH                        | 7,01                          | 6,0– 9,5 |
| Alcalinidade Hidróxidos   | 0                             |          |
| Alcalinidade Carbonatos   | 0                             |          |
| Alcalinidade Bicarbonatos | 76,0mgCaCO <sup>3</sup> /L    |          |
| Dureza                    | 94,0mg CaCO <sup>3</sup> /L   | 500      |
| Cálcio                    | 16,0 mg Ca/L                  |          |
| Magnésio                  | 12,9 mg Mg/L                  | 150      |
| Condutividade             | 460,0 mS/cm                   | 750      |
| Cloretos                  | 75,0 mg Cl-/L                 | 250      |
| Cloro residual            | Ausência                      | 0,2-2,0  |
| Sulfatos                  | 39,05 mg SO <sub>4</sub> =4/L | 250      |
| Ferro                     | 3,56 mg Fe/L                  | 0,3      |
| O <sub>2</sub> consumido  | 19,0 mg O <sub>2</sub> /L     | 1,5      |
| Sódio                     | 36,0 mg Na/L                  | 200      |
| Potássio                  | 29,3 mg K/L                   |          |
| Nitritos                  | 1,52 mg N-NO-2/L              | 1,0      |
| Nitratos                  | 2,45 mg N-NO-3/L              | 10       |
| Amônia                    | 0,48 mg N-NH-3/L              | 1,5      |
| Sólidos Totais            | 239,0 mg STD/L                | 1000     |
| Alumínio                  | 0,02 mgAl/L                   | 0,2      |

FONTE: CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará

De acordo com as análises pode-se dizer que a água dos referidos açudes é utilizável, desde que submetida a tratamento adequado, tendo em vista alguns elementos excederem os limites toleráveis, que são: turbidez, cor, ferro, oxigênio consumido e nitrito. Os altos teores desses elementos, caracterizam uma presença de matéria orgânica, possivelmente resultado da pouca quantidade de água no leito do rio, nesta fase do ano, a qual se encontra estocada em pequenas poças, onde se desenvolve intensa atividade microbiana. Vale ressaltar que com a construção dos açudes deverá ser coletada água destes com intuito de se obter análises físico-químicas mais representativas da água a ser tratada.

Um processo de tratamento à base de filtração e cloração poderá enquadrá-la nos padrões de potabilidade determinados pela legislação em vigor (Portaria n.º 36/90 do Ministério da Saúde).

### 7.3.2 - Tratamento proposto

Para o tratamento da água será projetada uma ETA compacta do tipo filtração direta ascendente, composta de uma câmara de carga (torre piezométrica), seis filtros de corrente ascendente, também conhecidos por clarificadores de contato e casa de química.

### 7.3.3 - Pré-dimensionamento dos Filtros

a) Parâmetros adotados:

- Q (1ª Etapa).....175,62 l/s
- Q (2ª Etapa) .....204,46 l/s
- Q (3ª Etapa) .....231,60 l/s
- Tempo Máximo Diário de Operação da ETA (Td).....20 horas
- Taxa de Filtração Máxima Diária (Tf).....180 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x dia

b) Área Filtrante Total(Aft)

$$A_{ft} = \frac{Q}{T_f} = \frac{0,2316 \times 72000}{180} = 92,64 \text{ m}^2 \text{ (3ª Etapa)}$$

$$= \frac{0,20446 \times 72000}{180} = 81,78 \text{ m}^2 \text{ (2ª Etapa)}$$

$$= \frac{0,17562 \times 72000}{180} = 70,25 \text{ m}^2 \text{ (1ª Etapa)}$$

c) Número mínimo de Unidades Filtrante(N)

$$N = 1,4 \sqrt{c}$$

$$c = \frac{72000 \times 92,64}{1.000.000} = 6,67 \text{ milhões de l/dia (3ª Etapa)}$$

$$N = 1,4 \sqrt{6,67} = 1,93 \quad 3,62 \text{ (3ª Etapa)}$$

Adotar-se-á, no entanto, 6 (seis) filtros para modular a implantação por etapa.

d) Área do Filtro ( $A_f$ )

$$A_f = \frac{A_{ft}}{N} = \frac{92,64}{6} = 15,44 \text{ m}^2 \text{ (3ª Etapa)}$$

e) Diâmetro de cada Filtro ( $D_f$ )

$$D_f = \sqrt{(4 * A_f)/\pi} = 4,43\text{m}$$

Adotado o diâmetro de 4,50 m com área filtrante ( $A_{fa}$ ) de 15,90 m<sup>2</sup>.

f) Taxa de Filtração Máxima na 3ª Etapa ( $T_f$ )

$$T_f = ((Q/1000) * T_d * 3600) / (A_{fa} * N) = 174,75 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$$

g) Implantação dos filtros

Serão instalados quatro filtros na 1ª etapa e dois na 2ª etapa.

### 7.3.4 - Lavagem dos Filtros (EELF)

a) Vazão de lavagem ( $q$ ):

$$q = v \times A_{fa}$$

onde:  $v$  - velocidade de lavagem (m/s)

$A_{fa}$  - área do filtro adotado (m<sup>2</sup>)

Sabe-se que:

$$v \geq 0,80 \text{ m/min (NBR 12.216)}$$

Adotou-se  $v = 0,80 \text{ m/min}$

Então:

$$q = \frac{0,80 \times 15,90}{60} = 0,212 \text{ m}^3/\text{s}$$

Adotou-se  $q = 212 \text{ l/s}$ .

b) Volume de lavagem (V)

$$V = q \times T$$

onde:

T - tempo de lavagem (s)

Sabe-se que:

$T \geq 10$  min (NBR 12.216), então:

$$V = 0,212 \times 10 \times 60 = 127,2 \text{ m}^3.$$

c) Volume do Reservatório (RE) de Lavagem (Vre)

$$Vre = V \times 1.30 = 165,36 \text{ m}^3.$$

Adotado: Vol. de 170 m<sup>3</sup>.

O volume de água necessário para lavagem dos filtros será estocada no Reservatório apoiado de distribuição.

## 7.4 - RESERVAÇÃO

### 7.4.1 - Critérios de Reservação

Na determinação dos volumes de reservação do sistema seguiram-se as recomendações da CAGECE (NRPT 1/86), as quais prevêm um volume de reservação de no mínimo 1/3 (um terço) do volume demandado diariamente.

### 7.4.2 - Dimensionamento da Reservação

#### 7.4.2.1 - Fórmulas Utilizadas

$$V = ((Q/1000) \times 86400/3) \times (Td/24)$$

onde: Q - vazão máxima diária (l/s);

Td - Tempo máximo de funcionamento diário.

### 7.4.2.2 - Reservação Complementar

No Quadro 18.0 fez-se um cotejo entre a reservação existente e a necessária para armazenamento diário, onde se constata a necessidade na 1ª Etapa de ampliação da reservação na cidade de Maranguape e construção de reservatórios elevados na 1ª etapa para as demais localidades.

**QUADRO 18.0 - Volumes de reservação existentes e necessários**

| LOCALIDADE   | EXISTENTE   |                 |                 | RESERVA NECESSÁRIA |                 |                 | DEFICT          |                 |                 |
|--------------|-------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|              | RA          | RE              | TOTAL           | 1ª ETAPA           | 2ª ETAPA        | 3ª ETAPA        | 1ª ETAPA        | 2ª ETAPA        | 3ª ETAPA        |
| Maranguape   | 0,00        | 1.120,00        | 1.120,00        | 3.076,90           | 3.674,53        | 4.277,91        | 1.956,90        | 2.554,53        | 3.157,91        |
| Sapupara     | 0,00        | 0,00            | 0,00            | 397,59             | 483,31          | 569,86          | 397,59          | 483,31          | 569,86          |
| <b>Total</b> | <b>0,00</b> | <b>1.120,00</b> | <b>1.120,00</b> | <b>3.474,49</b>    | <b>4.157,84</b> | <b>4.847,77</b> | <b>2.354,49</b> | <b>3.037,84</b> | <b>3.727,77</b> |
| Urucará      | 0,00        | 0,00            | 0,00            | 39,66              | 48,44           | 59,17           | 39,66           | 48,44           | 59,17           |
| <b>TOTAL</b> | <b>0,00</b> | <b>1.120,00</b> | <b>1.120,00</b> | <b>3.514,15</b>    | <b>4.206,28</b> | <b>4.906,94</b> | <b>2.394,15</b> | <b>3.086,28</b> | <b>3.786,94</b> |

Os Quadros 19.0 e 20.0 apresentam o cálculo do volume de água fluante, que corresponde ao percentual do volume necessário de armazenamento (1/3 da demanda diária) que estará disponível a população por gravidade.

**QUADRO 19.0 – Percentual de água fluante (%)**

| HORAS   | (%)<br>CONS.MÉDIO | (%)<br>CONS. NO<br>INTERVALO | ÁGUA ADUZIDA - horas |       | Balanço Superrávit/Déficit |        |
|---------|-------------------|------------------------------|----------------------|-------|----------------------------|--------|
|         |                   |                              | 24                   | 20    | +                          | -      |
| 0 - 2   | 40                | 3,33                         | 8,33                 |       |                            | -3,33  |
| 2 - 4   | 40                | 3,33                         | 8,33                 | 10,00 | 6,67                       |        |
| 4 - 6   | 60                | 5,00                         | 8,33                 | 10,00 | 5,00                       |        |
| 6 - 8   | 110               | 9,17                         | 8,33                 | 10,00 | 0,83                       |        |
| 8 - 10  | 145               | 12,08                        | 8,33                 | 10,00 |                            | -2,08  |
| 10 - 12 | 140               | 11,67                        | 8,33                 | 10,00 |                            | -1,67  |
| 12 - 14 | 145               | 12,08                        | 8,33                 | 10,00 |                            | -2,08  |
| 14 - 16 | 130               | 10,83                        | 8,33                 | 10,00 |                            | -0,83  |
| 16 - 18 | 140               | 11,67                        | 8,33                 | 10,00 |                            | -1,67  |
| 18 - 20 | 115               | 9,58                         | 8,33                 | 10,00 | 0,42                       |        |
| 20 - 22 | 75                | 6,25                         | 8,33                 | 10,00 | 3,75                       |        |
| 22 - 24 | 60                | 5,00                         | 8,33                 |       |                            | -5,00  |
|         |                   |                              |                      |       | 16,67                      | -16,67 |



**QUADRO 20.0 – Volume de água flutuante (m<sup>3</sup>)**

| LOCALIDADE | VOLUME FLUTUANTE |          |          |
|------------|------------------|----------|----------|
|            | 1ª ETAPA         | 2ª ETAPA | 3ª ETAPA |
| Maranguape | 512,82           | 612,42   | 712,99   |
| Sapupara   | 66,26            | 80,55    | 94,98    |
| Urucará    | 6,61             | 8,07     | 9,86     |
| TOTAL      | 1.164,77         | 1.394,02 | 1.625,79 |

Analisando os Quadros 18.0 e 20.0, constata-se que, para a cidade de Maranguape a reservação existente em reservatório elevado já comporta o volume flutuante no ano de horizonte do projeto, sendo necessário apenas a construção de reservatório apoiado para a complementação do volume necessário de armazenamento diário.

No entanto será construído mais um reservatório elevado no final da adutora, cujo volume será deduzido do volume do reservatório apoiado à ser construído.

Na localidade de Sapupara será construído um reservatório elevado de 100 m<sup>3</sup>, para atender o volume flutuante. Já para a localidade de Urucará será construído um reservatório elevado de 75 m<sup>3</sup>, que corresponde ao volume total de armazenamento (Flutuante + apoiado).

O volume complementar para Maranguape e Sapupara será armazenado num reservatório apoiado localizado em um ponto alto próximo a ETA, denominado de reservatório apoiado de distribuição – Rad.

No Quadro 21.0 encontra-se a capacidade de acumulação dos reservatórios a construir.

**QUADRO 21.0 – Reservatório a construir (m<sup>3</sup>)**

| LOCALIDADE          | 1ª ETAPA |          | 2ª ETAPA |          | 3ª ETAPA |      | TOTAL  |          |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|------|--------|----------|
|                     | RE       | RA       | RE       | RA       | RE       | RA   | RE     | RA       |
| Maranguape          | 200,00   | 2.041,00 | 0,00     | 1.386,00 | 0,00     | 0,00 | 200,00 | 3.427,00 |
| Sapupara            | 100,00   | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00 | 100,00 | 0,00     |
| Total (Maran.+Sap.) | 300,00   | 2.041,00 | 0,00     | 1.386,00 | 0,00     | 0,00 | 300,00 | 3.427,00 |
| Urucará             | 75,00    |          |          |          |          |      | 75,00  | 0,00     |

RA - Reservatório apoiado

RE - Reservatório elevado



## 8 - OPERAÇÃO DO SISTEMA

## 8 - OPERAÇÃO DO SISTEMA

A operação do sistema far-se-a em 03 pontos distintos:

1. Casa de Bombas EEB I – junto à barragem Maranguape I;
2. Casa de Bombas EEB II – junto à barragem Maranguape II; e
3. Complexo ETA / EEAT.

As partidas e desligamentos dos motores serão efetuados por controle manual ou por dispositivos de automação, isto é:

- |  |  |
|--|--|
| Motores da EEAB's<br>EEAB I e<br>EEAB II | - desligamento: por relé de contato na câmara de carga;                          |
|  | - partida: por ação de pressostato no barrilete das estações de bomba;           |
| Motores da EEAT                          | - partida e desligamento: por relé de contato no reservatório de sucção da EEAT. |

Nos reservatórios de cada localidade serão instaladas válvulas borboleta com bóia para interrupção do fluxo d'água quando da sua repleção.

Ladeira Grande, localidade prevista para atendimento por este projeto, de acordo com o Termo de Referência correspondente, não foi aqui considerada, tendo em vista as seguintes razões:

- a) Seu abastecimento exigiria uma tubulação de  $\phi 75\text{mm}$ , de 3.800m de extensão, para transportar uma vazão de apenas 0,71l/s, no horizonte do projeto;
- b) Localiza-se em ponto de cota 14,00m acima da cota do ponto em que se localizará o Rad previsto;
- c) Exigiria a instalação e operação de um booster intercalado na adutora de água tratada à altura da localidade de Sapupara;
- d) O setor de operação da CAGECE, não viu conveniência no atendimento de Ladeira Grande, através do sistema ora em projeto, em razão dos fatos apresentados acima e de que o sistema operado a partir do açude Penedo poderia continuar suprindo aquela comunidade com larga margem de segurança.

## 9 - AVALIAÇÃO ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS ESTUDADAS

## 9 - AVALIAÇÃO ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS ESTUDADAS

### 9.1 - INVESTIMENTOS

Os custos de investimento foram obtidos a partir de estimativa do custo das obras e de aquisição de equipamentos, os quais estão apresentados no Anexo 1.

### 9.2 - CUSTO ANUAL DE MANUTENÇÃO

O custo de manutenção foi estimado sobre o investimento inicial, adotando os percentuais seguintes:

- Captação e Complexo ETA/EEAT - 3%;
- Tubulação – 1,5%.

O custo total anual de manutenção do projeto esta apresentado no Quadro 23.0 do item 9.5.

### 9.3 - CUSTO ANUAL DE OPERAÇÃO

Para operação do sistema foi adotada uma equipe mínima, de acordo com a necessidade exigida pelo número de unidades que requeiram operação e manobras freqüentes, conforme se apresenta no Quadro 22.0. Vale ressaltar que a equipe proposta refere-se a operação de todo o sistema de captação, reelevatória, adução e tratamento. Na composição do custo anual foi adotado o acréscimo de 100% relativo aos encargos sociais incidentes sobre salários e 20% de taxa de administração.

**QUADRO 22.0 – Custo da Equipe de Operação**

| Discriminação | Custo/mês<br>R\$ | Quantidades   |                | Custo anual   |                |
|---------------|------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
|               |                  | Alternativa I | Alternativa II | Alternativa I | Alternativa II |
| Engenheiro    | 1.500,00         | 1,00          | 1,00           | 36.000,00     | 36.000,00      |
| Aux. Técnico  | 450,00           | 2,00          | 2,00           | 21.600,00     | 21.600,00      |
| Operário      | 180,00           | 4,00          | 4,00           | 17.280,00     | 17.280,00      |
| Veículo       | 1.500,00         | 2,00          | 2,00           | 43.200,00     | 43.200,00      |
| Total         |                  |               |                | 118.080,00    | 118.080,00     |

### 9.4 - CUSTO ANUAL DE ENERGIA

Face ao incremento das demandas, o custo de energia cresce ano a ano. Foi considerado que o sistema atingirá o pico de funcionamento (20 horas por dia) no final do plano (ano 2032).

As tarifas adotadas foram as seguintes:

- Consumo.....R\$ 0,1314 / KW. h
- Demanda.....R\$ 8,70/KW.mês

O número anual de horas de funcionamento do sistema foi obtido a partir da relação entre a vazão média do ano de interesse e a vazão máxima diária do ano 2032 (final do plano), coeficiente este multiplicado por 7300 horas (total anual).

O custo total anual de energia do projeto é apresentado no Quadro 23.0 do item 9.5.

## 9.5 - ANÁLISE ECONÔMICA

A análise econômica preliminar apresentada a seguir foi baseada na avaliação final do custo de investimento, operação, manutenção e de energia, elaborado para cada alternativa tendo como base o valor presente, conforme se observa no Quadro 23.0.

**QUADRO 23.0 - CUSTO TOTAL DAS ALTERNATIVAS EM R\$**

| ALTERNATIVA | INVESTIMENTO | OPERAÇÃO   | MANUTENÇÃO | ENERGIA      | TOTAL        |
|-------------|--------------|------------|------------|--------------|--------------|
| I           | 3.123.178,73 | 951.156,12 | 220.402,29 | 5.155.248,35 | 9.449.985,50 |
| II          | 3.155.955,62 | 951.156,12 | 231.422,41 | 5.155.248,35 | 9.493.782,50 |

## 9.6 - ALTERNATIVA ESCOLHIDA

Levando em consideração as alternativas disponíveis, optou-se pela adoção da primeira alternativa, tendo em conta que esta apresenta sobre a segunda, um menor custo global, considerando custos de investimento inicial e de operação, manutenção e energia durante os 30 anos do projeto, em valor presente.

## ANEXO 1 – ESTIMATIVAS DE INVESTIMENTO DAS ALTERNATIVAS

Orç. das alternativas-T.xls\plan1(2)

ESTIMATIVA DE CUSTO DAS ALTERNATIVAS DE CAPTAÇÃO

PÁG.1/2





Orç. das alternativas-P.xls\plan1(2)

PÁG 2/2



## ANEXO 2 – ESTUDO DO DIÂMETRO ECONÔMICO



## ANEXO 2A – AAB-I



Resumo do D-econ-1D-M..xls\AAB-I



D-econ1D-M.xls\D1



D-econ1D-M.xls\D2



D-econ1D-M.xls\D3



D-econ1D-M.xls\D4





## ANEXO 2B– AAB-II



## Resumo do D-econ1-M..xls\AAB-II



D-econ2-M.xls\D1



D-econ2-M.xls\D2



D-econ2-M.xls\D3



D-econ2-M.xls\D4



**ANEXO 2C – AAT-0**



Resumo do D-econ-1D-M..xls\AAT-0





D-econ3 D-M.xls\D1



D-econ3D-M.xls\ID2



D-econ3D-M.xls\D3



D-econ3D-M.xls\D4



**ANEXO 2D- AAT-I**



## Resumo do D-econ1-M..xls\AAT-I



D-econ4-M.xls\D1



D-econ4-M.xls\D2



## ANEXO 3 – FICHA DE ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA



➤ **MARANGUAPE I**

Ficha de análise físico-química da água (Maranguape I )



➤ **MARANGUAPE II**

## Ficha de análise físico-química da água (Maranguape II )