

### 5.3 Critérios de Dimensionamento da Linha Adutora de Água Tratada

No dimensionamento inicial de sistemas de adutoras, o diâmetro foi calculado pela “Fórmula de Bresse” dado pela seguinte expressão:

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

No qual D é o diâmetro da adutora em metros, Q é a vazão a ser aduzida em m<sup>3</sup>/s e K um coeficiente que varia de 0,7 a 1,5, dependendo do tipo de adutora utilizado. No caso do presente estudo, utilizou-se K=1,2.

As perdas de carga foram calculadas pela fórmula de Hazen-Williams:

$$J=10,643Q^{1,85}C^{-1,85}D^{-4,75}$$

No qual J é a perda de carga unitária (m/m), Q a vazão (m<sup>3</sup>/s), D o diâmetro da tubulação (m) e C coeficiente que depende da natureza (material e estado) das paredes dos tubos.

No Quadro 4.7 em anexo são apresentados os resultados

### 5.4 Transientes Hidráulicos

No funcionamento do sistema, a parada brusca no fornecimento de energia ou a manobra equivocada das bombas são os efeitos causadores de transientes mais susceptíveis de ocorrer durante a operação do sistema.

Em uma instalação de recalque, quando há um desligamento das bombas de maneira brusca, são desenvolvidas ondas de choque que percorrem a tubulação, alterando transitoriamente o comportamento das pressões internas e das vazões de adução. Neste caso, a primeira onda que se forma é de depressão e pode provocar a separação da coluna líquida, dependendo das condições instantâneas de pressão e do perfil topográfico da linha. Com a vinda, em seguida, da onda de sobrepressão, há possibilidade de junção da coluna e, em consequência, as pressões podem chegar a atingir valores insuportáveis para o material das tubulações.

O estudo de transientes hidráulicos foi analisado em duas etapas complementares, com a primeira delas compreendendo o diagnóstico das linhas, caso ocorra uma paralisação brusca, sem os dispositivos de proteção. Em seguida, constatada a necessidade de proteção, foram escolhidos os dispositivos mais eficientes, realizando-se uma verificação de



seu funcionamento, de modo que as pressões resultantes não provocassem danos aos sistemas.

Foi utilizado o programa do Hammer, que permite verificar se há pressões elevadas ao longo da linha ou a possibilidade de separação da coluna líquida na tubulação, dependendo do valor de HP em relação à cota do terreno na seção considerada. Se, nesse ponto, a pressão calculada for inferior, em valor absoluto, à pressão de vapor da água, haverá separação de coluna e, portanto, necessidade de se utilizarem dispositivos de proteção. Dentre estes, os mais usuais são: chaminés de equilíbrio; tanques de alimentação unidirecionais – TAU's; volante de inércia nos conjuntos elevatórios; tanques hidropneumáticos.

Dependendo do caso específico, pode-se empregar um ou mais desses dispositivos, tendo em vista as condições econômicas, construtivas e funcionais de cada situação.



## Sistema Proposto

## 6 SISTEMA PROPOSTO

### 6.1 Configuração do Projeto Proposto

O projeto abrange a implantação do sistema adutor de água tratada (1 ETAPA – 1º e 2º trechos) com vistas a atender à população da cidade de Ibicuitinga.

A linha de adução de água tratada é por recalque e tem seu início na ETA existente, em que a água será bombeada ao RAP-03 (1º trecho) e, em seguida, através da EEAT-03, será recalçada até o RAP-04 (2º trecho).

A seguir, são apresentadas as características hidráulicas da AAB:

1º trecho – Linha de adução de água tratada da ETA até o RAP-03;

Diâmetro	250 mm
Extensão	3.320,00 m
Material:	PVC DEFoFo

2º trecho – Linha de adução de água tratada da EEAT-03 até o RAP-04;

Diâmetro	250 mm
Extensão	16.800,00 m
Material:	PVC DEFoFo

Serão consideradas as unidades existentes listadas abaixo para dar funcionalidade à obra.

- Estação Elevatória de Água Tratada (EEAT-01) na área da ETA  
Q=100 m<sup>3</sup>/h; Hman=100 mca; Pot: 75CV
- Reservatório Apoiado (RAP) de 75 m<sup>3</sup> – Zé Lucena
- Estação Elevatória de Água Tratada (EEAT-03) – Zé Lucena  
Q=100 m<sup>3</sup>/h; Hman=100 mca; Pot: 75CV
- Reservatório Apoiado (RAP) de 75 m<sup>3</sup> – Currais

## 6.2 Estudo de Transientes Hidráulicos

A partir do perfil topográfico da adutora e levando-se em conta todas as suas características técnicas e seu funcionamento durante o escoamento permanente, foi elaborada uma análise utilizando-se do programa de transientes, para se verificar os efeitos do escoamento variado.

Neste item, serão apresentados para a adutora estudada, os gráficos das envoltórias dos níveis piezométricos, além da planilha ilustrando as pressões máximas e mínimas ao longo da tubulação, para as situações sem e com dispositivos de proteção anti-golpe de aríete, o que permite avaliar quais os pontos críticos da linha de recalque e a eficiência dos dispositivos empregados.

Após a realização da simulação do transiente hidráulico para a linha de adução desprotegida contra o golpe de aríete, pode-se verificar que os pontos mais altos sofrem atuação de ondas de pressões negativas, que atingem valor mínimo ameaçando colapsar a tubulação. Quanto às sobrepressões, estas atingem valor máximo tolerável pelo material que constitui a adutora no trecho (ver memória de cálculo).

Após varias simulações, variando as características geométricas dos tanques, bem como o número deles e os seus posicionamentos, obteve-se sucesso com os seguintes dispositivos de proteção contra os efeitos oriundos dos transientes hidráulicos.

### 1º trecho: Dispositivos de Proteção

- 01 (um) Tanque Hidropneumático – 4.000 Litros, localizado na área da ETA;
- 01 (um) Tanque de Alimentação Unidirecional (TAU) – DN 2000mm e Altura Útil de 3 m, localizado na E119;

### 2º trecho: Dispositivos de Proteção

- 01 (um) Tanque Hidropneumático – 4.000 Litros, localizado na EEAT-03;
- Ventosas de alto desempenho (DN 100 mm), localizada nas estacas E926, E959 e E986.

Os resultados das envoltórias máximas e mínimas dos níveis piezométricos sem e com os dispositivos de proteção anti-golpe encontram-se nos anexos.

## 6.3 Reservatório Hidropneumático

Deverá ser empregado, como dispositivo de proteção para a linha de recalque, um reservatório hidropneumático do tipo multien capsulado com esferas em poliuretano ou do

tipo com bolsa elastomérica interna em poliuretano para água bruta com as seguintes especificações:

Modelos de referência: ..... Hidroballs, Charlatte ou similar

Volume: ..... 4.000Litros

Diâmetro mínimo da entrada: ..... 150 mm

Material: ..... Aço Carbono ASTM A 36 Gr. C

Diâmetro mínimo da inspeção: ..... 450 mm

O reservatório deverá ser fabricado conforme norma ASME em formato cilíndrico. O interior do tanque deverá ser recoberto com tinta epóxi anticorrosão. O exterior do tanque deverá ser recoberto com pintura de poliuretano anticorrosão. No dimensionamento da parede do tanque, deverá ser considerada uma corrosão interna mínima de 2 mm. Não será permitida a execução de soldagem no tanque após o processo de alívio do stress do material construtivo.

O tanque deverá dispor de uma conexão roscada em sua parte superior, que permita a instalação de um manômetro para monitoramento da pressão de pré-carga e uma válvula para admissão do gás comprimido. Além disso, deverá dispor de um indicador de nível através de transmissor de pressão diferencial, com display LCD local e saída 4 a 20 mA, para permitir o monitoramento do gás em seu interior.

#### **6.4 Ventosas**

As ventosas deverão ter as seguintes especificações:

Modelo de referência: ..... ARI D-043 ou similar

Tipo: ..... Tríplice Função de Alto Desempenho

Material do Corpo: ..... Aço Fundido ou Inoxidável

Classe de Carga: ..... PN 10 ou PN 16

Diâmetro: ..... 4" (100 mm)

O corpo da ventosa deve ser revestido com epóxi em conformidade com a norma DIN 30677-2.



## Anexos



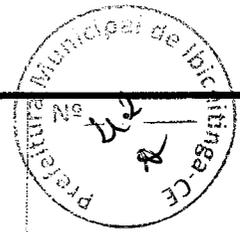
Cagece

## 7 ANEXOS

ANEXO 01 – LAUDO GEOTÉCNICO GEMAM – ANO 2012;



# Laudo de Análise Estudos Geotécnicos



## Informações Gerais

Município	Localidade	Nº do Processo	
IBICUITINGA	IBICUITINGA	0094 000191/2012-89	
Projetista / Pessoa Jurídica	DATA	Telefone de Contato	
ENGESOFT	JULHO/1995		
Empreendimento	Nº da análise	Página/Total	
SAA DA CIDADE DE IBICUITINGA: ADUTORA DO RIO BANABUIÚ PARA IBICUITINGA	01	01	

## Parecer Técnico

### SERVIÇOS GEOTÉCNICOS APROVADOS NA CIDADE DE IBICUITINGA, MUNICÍPIO DE IBICUITINGA.

**EXECUTOR: ENGESOFT - JULHO/1995**

**APÓS ANÁLISE DAS (CENTO E SESENTA E CINCO) SONDAgens EXECUTADAS AO LONGO DA ADUTORA DE IBICUITINGA, MEDINDO APROXIMADAMENTE 30 (TRINTA) KM, DEFINIMOS AS CATEGORIAS E PERCENTUAIS DOS SOLOS:**

**1ª CATEGORIA - 50,0 %**

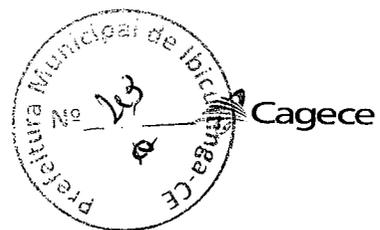
**2ª CATEGORIA - 27,0 %**

**3ª CATEGORIA - 23,0 %**

DATA: 30/04/2012

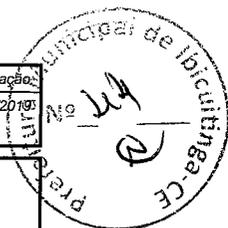
Visto:

Supervisor - GEMAM	Gerente - GEMAM	Interessado
 <b>Ronaldo Queiroz da Silva</b> Supervisor de Controle de Mananciais CREA Nº 7201 GEMAM/CAGECE	 <b>Maria Amélia Souza Menezes</b> CREA/RG Nº 7976 Gerente de Meio Ambiente GEMAM / CAGECE	Recebi em: ___/___/___



**ANEXO 02 – ESTUDO POPULACIONAL**

R



## 1 ESTIMATIVA POPULACIONAL

A partir do IBGE foram levantados dados sobre a população urbana, conforme apresentado abaixo:

Censo	1991	2000	2010
População	2.424	4.387	5.742

A partir destes dados, realizou-se um estudo da estimativa populacional através de três métodos de previsão:

- Método Aritmético
- Método Geométrico
- Método de Estrapolação Gráfica

### 1.1 Método Aritmético

Este método pressupõe uma taxa de crescimento constante ao longo dos anos, a partir dos dados coletados dos últimos censos. Admite-se aqui que a população varia linearmente com o tempo, sendo indicado para períodos à curto prazo, de 1 a 5 anos.

A metodologia consiste em determinar a razão de crescimento  $k$  a partir dos dois últimos censos, aplicando-o em seguida na obtenção da população que se quer prever. Para tal utiliza-se as seguintes equações abaixo:

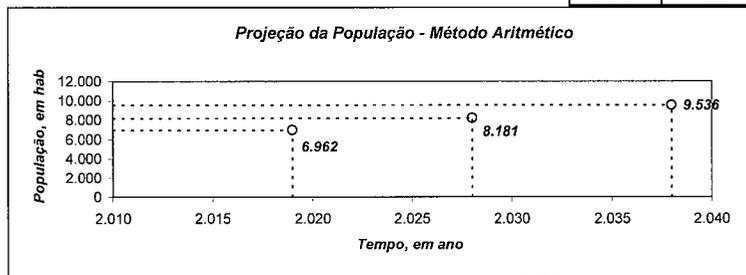
$$k = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \quad \text{e} \quad P = P_2 + k(t - t_2)$$

Onde:

- $k$ : constante de crescimento aritmético;
- $P_1$ : população do penúltimo censo;
- $P_2$ : população do último censo;
- $P$ : população a ser prevista;
- $t_1$ : ano de realização do penúltimo censo;
- $t_2$ : ano de realização do último censo;
- $t$ : ano em que se deseja obter a previsão da população

Censo	1991	2000	2010
População	2.424	4.387	5.742
$k$	218,1		135,5

Taxa	Ano	População	Ano	População	Ano	População	Ano	População
135,5	2.019	6.962	2.024	7.639	2.029	8.317	2.034	8.994
Pop. Inic.	2.020	7.097	2.025	7.775	2.030	8.452	2.035	9.130
5.742	2.021	7.233	2.026	7.910	2.031	8.588	2.036	9.265
Ano Inic	2.022	7.368	2.027	8.046	2.032	8.723	2.037	9.401
2.010	2.023	7.504	2.028	8.181	2.033	8.859	2.038	9.536
							2.039	9.672



### 1.2 Método Geométrico

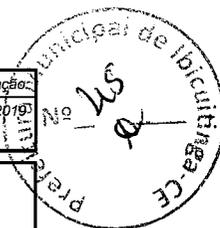
Neste método, o crescimento populacional é proporcional à população existente em um determinado ano, ou seja, que o incremento de população varia conforme o passar dos anos. Também é indicado para pequenos espaços de tempo, contudo, tendo em vista a facilidade de cálculo e à proximidade com o crescimento populacional verificado no Estado, é comumente usado para estimativa da população.

A metodologia consiste em determinar a razão de crescimento  $k$  a partir dos dois últimos censos, aplicando-o em seguida na obtenção da população que se quer prever.

$$r = \sqrt[t_2 - t_1]{\frac{P_2}{P_1}} - 1 \quad \text{e} \quad P = P_2 (1 + r)^{t - t_2}$$

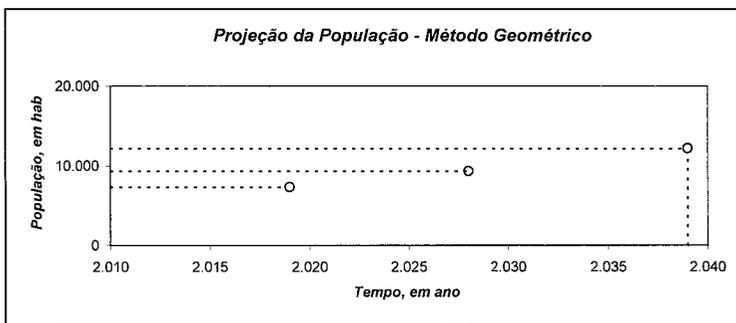
Onde:

- $r$ : taxa de crescimento geométrico;
- $P_1$ : população do penúltimo censo;
- $P_2$ : população do último censo;
- $P$ : população a ser prevista;
- $t_1$ : ano de realização do penúltimo censo;
- $t_2$ : ano de realização do último censo;
- $t$ : ano em que se deseja obter a previsão da população



Censo	1991	2000	2010
População	2.424	4.387	5.742
r	6,81%		2,73%

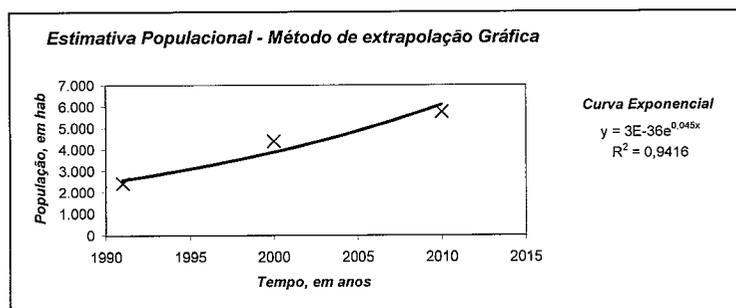
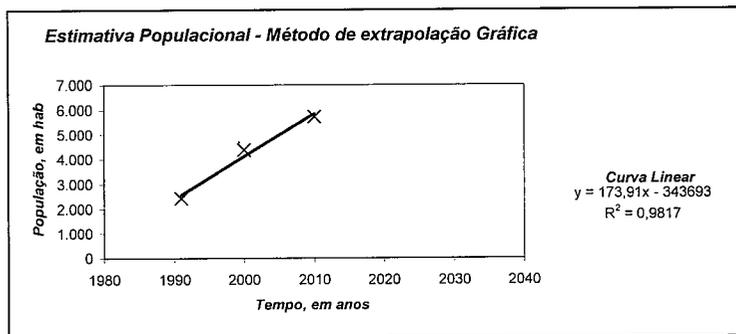
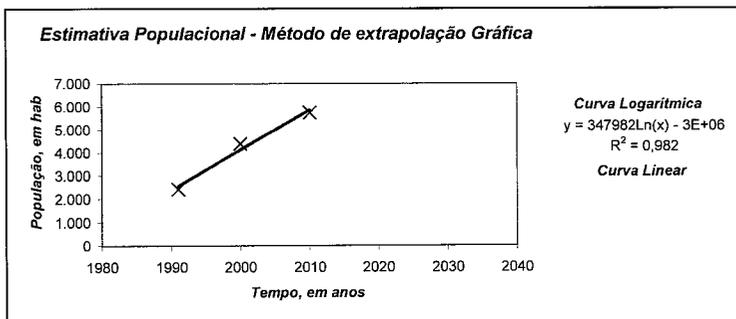
Taxa	Ano	População	Ano	População	Ano	População	Ano	População
2,73%	2.019	7.316	2.024	8.370	2.029	9.576	2.034	10.955
Pop. Inic.	2.020	7.516	2.025	8.598	2.030	9.837	2.035	11.254
5.742	2.021	7.721	2.026	8.833	2.031	10.105	2.036	11.561
Ano Inic	2.022	7.931	2.027	9.074	2.032	10.381	2.037	11.876
2.010	2.023	8.148	2.028	9.321	2.033	10.664	2.038	12.200
							2.039	12.533

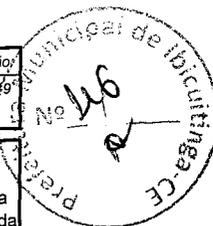


### 1.3 Método de Extrapolação Gráfica

Este método consiste no traçado de uma curva arbitrária ajustada aos dados já observados, onde a partir de seu prolongamento/extrapolação, verifica-se sua tendência de crescimento e determina-se a população de projeto.

Censo	1991	2000	2010
População	2.424	4.387	5.742





A partir do gráfico observa-se que tanto a curva de tendência do tipo logarítmica quanto a do tipo linear possuem boa correlação de crescimento da população em relação aos dados fornecidos. O valor da abscissa refere-se ao ano e o da ordenada é a população. Por este método, utilizando as duas curvas, a previsão da população será:

**Estimativa Populacional - Curva Logarítma**

Coef. K1	Ano	População	Ano	População	Ano	População	Ano	População	
348.000,00	2.019	8.404	2.024	9.265	2.029	10.124	2.034	10.980	
	2.020	8.577	2.025	9.437	2.030	10.295	2.035	11.151	
-2,64E+06	2.021	8.749	2.026	9.609	2.031	10.467	2.036	11.322	
	2.022	8.921	2.027	9.781	2.032	10.638	2.037	11.493	
Xo do gráfico	2.010	2.023	9.093	2.028	9.952	2.033	10.809	2.038	11.664
							2.039	11.835	

**Estimativa Populacional - Curva Linear**

Coef. K1	Ano	População	Ano	População	Ano	População	Ano	População	
173,91	2.019	7.431	2.024	8.301	2.029	9.171	2.034	10.040	
	2.020	7.605	2.025	8.475	2.030	9.344	2.035	10.214	
-3,44E+05	2.021	7.779	2.026	8.649	2.031	9.518	2.036	10.388	
	2.022	7.953	2.027	8.823	2.032	9.692	2.037	10.562	
Xo do gráfico	2.010	2.023	8.127	2.028	8.997	2.033	9.866	2.038	10.736
							2.039	10.910	

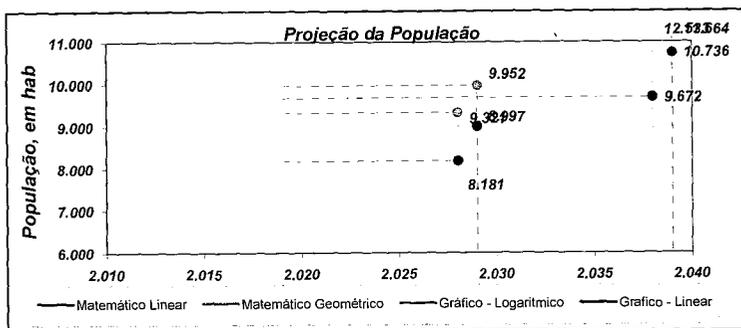
**Estimativa Populacional - Curva Exponencial**

Coef. K1	Ano	População	Ano	População	Ano	População	Ano	População	
348.000,00	2.019	8.404	2.024	9.265	2.029	10.124	2.034	10.980	
	2.020	8.577	2.025	9.437	2.030	10.295	2.035	11.151	
-2,64E+06	2.021	8.749	2.026	9.609	2.031	10.467	2.036	11.322	
	2.022	8.921	2.027	9.781	2.032	10.638	2.037	11.493	
Xo do gráfico	2.010	2.023	9.093	2.028	9.952	2.033	10.809	2.038	11.664
							2.039	11.835	

**1.4 Análise dos Métodos Matemáticos**

O quadro abaixo apresenta um resumo dos métodos apresentados com as diferentes estimativas de população em médio e fim de plano de forma que se possa ter uma noção quanto suas diferenças e assim balizar a decisão quanto qual método adotar.

Modelo	1ª Etapa	2ª Etapa
Matemático Aritmético	8.181	9.672
Matemático Geométrico	9.321	12.533
Extrapolação Gráfica		
Logarítmica	9.952	11.835
Linear	8.997	10.910





## 1 ESTIMATIVA POPULACIONAL

A partir do IBGE foram levantados dados sobre a população urbana, conforme apresentado abaixo:

Censo	1991	2000	2010
População	6.174	5.048	5.593

A partir destes dados, realizou-se um estudo da estimativa populacional através do método de previsão geométrico:

### 1.2 Método Geométrico

Neste método, o crescimento populacional é proporcional à população existente em um determinado ano, ou seja, que o incremento de população varia conforme o passar dos anos. Também é indicado para pequenos espaços de tempo, contudo, tendo em vista a facilidade de cálculo e à proximidade com o crescimento populacional verificado no Estado, é comumente usado para estimativa da população.

A metodologia consiste em determinar a razão de crescimento  $k$  a partir dos dois últimos censos, aplicando-o em seguida na obtenção da população que se quer prever.

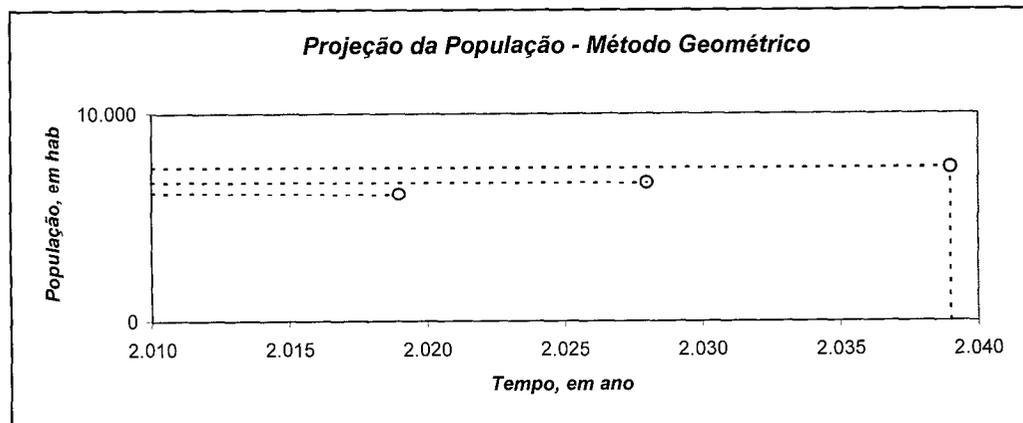
$$r = \sqrt[t_2 - t_1]{\frac{P_2}{P_1}} - 1 \quad \text{e} \quad P = P_2(1+r)^{t_2 - t}$$

Onde:

- r: taxa de crescimento geométrico;
- $P_1$ : população do penúltimo censo;
- $P_2$ : população do último censo;
- P: população a ser prevista;
- $t_1$ : ano de realização do penúltimo censo;
- $t_2$ : ano de realização do último censo;
- t: ano em que se deseja obter a previsão da população

Censo	1991	2000	2010
População	6.174	5.048	5.593
r	-2,21%		1,03%

Taxa	Ano	População	Ano	População	Ano	População	Ano	População
1,03%	2.019	6.134	2.024	6.456	2.029	6.796	2.034	7.153
Pop. Inic.	2.020	6.197	2.025	6.523	2.030	6.866	2.035	7.227
5.593	2.021	6.261	2.026	6.590	2.031	6.937	2.036	7.301
Ano Inic	2.022	6.325	2.027	6.658	2.032	7.008	2.037	7.377
2.010	2.023	6.390	2.028	6.727	2.033	7.080	2.038	7.453
							2.039	7.530





**ANEXO 03 – ESTUDO DE DEMANDA**

*MS*



## Dimensionamento das Vazões do Sistema

### Vazões de Adução - Quadro 4.5

( IBICUITINGA-SEDE/CE )

#### 1. Dados Iniciais

##### 1.1. Dados Gerais

Horizonte de Projeto ( T ) ----- :	20 anos
Consumo per capita ( q ) ----- :	150 L/hab.dia

##### 1.2. Populações

Pop. Atual ( P <sub>0</sub> ) ----- :	8.404 hab
População em 10 anos ( P <sub>10</sub> ) ----- :	10.124 hab
População em 20 anos ( P <sub>20</sub> ) ----- :	11.835 hab

#### 2. Parâmetros para os cálculos das vazões

Tempo de Bombeamento ( T <sub>b</sub> ) ----- :	<b>22 h</b>
Coef. dia de maior consumo ( k <sub>1</sub> ) ----- :	1,2
Coef. hora de maior consumo ( k <sub>2</sub> ) ----- :	1,5
Taxa de Perda de Vazão de Adução ( i ) : Tratamento por Filtros :	<b>5,00 %</b>

#### 3. Vazão de Adução

##### 3.1. Vazão de Adução - Água Bruta

Vazão de Adução Inicial ( Q <sub>AAB(0)</sub> ) ----- :	$\frac{k_1 \times P_0 \times q \times 24 \times (1+i)}{86400 \times T_b}$	72,20 m <sup>3</sup> /h 20,06 L/s
Vazão de Adução 10 anos ( Q <sub>AAB(10)</sub> ) ----- :	$\frac{k_1 \times P_{10} \times q \times 24 \times (1+i)}{86400 \times T_b}$	86,97 m <sup>3</sup> /h 24,16 L/s
Vazão de Adução 20 anos ( Q <sub>AAB(20)</sub> ) ----- :	$\frac{k_1 \times P_{20} \times q \times 24 \times (1+i)}{86400 \times T_b}$	101,67 m <sup>3</sup> /h 28,24 L/s

##### 3.2. Vazão de Adução - Água Tratada

Vazão de Adução Inicial ( Q <sub>AAT(0)</sub> ) ----- :	$\frac{k_1 \times P_0 \times q \times 24 \times (1+i)}{86400 \times T_b}$	72,20 m <sup>3</sup> /h 20,06 L/s
Vazão de Adução 10 anos ( Q <sub>AAT(10)</sub> ) ----- :	$\frac{k_1 \times P_{10} \times q \times 24 \times (1+i)}{86400 \times T_b}$	86,97 m <sup>3</sup> /h 24,16 L/s
Vazão de Adução 20 anos ( Q <sub>AAT(20)</sub> ) ----- :	$\frac{k_1 \times P_{20} \times q \times 24 \times (1+i)}{86400 \times T_b}$	101,67 m <sup>3</sup> /h 28,24 L/s

2

## Dimensionamento das Vazões do Sistema

### Vazões de Adução - Quadro 4.6

( IBICUITINGA- Localidades Rurais /CE )

#### 1. Dados Iniciais

##### 1.1. Dados Gerais

Horizonte de Projeto ( T ) ----- :	20 anos
Consumo per capita ( q ) ----- :	120 L/hab.dia

##### 1.2. Populações

Pop. Atual ( P <sub>0</sub> ) ----- :	6.134 hab
População em 10 anos ( P <sub>10</sub> ) ----- :	6.796 hab
Populaçõ em 20 anos ( P <sub>20</sub> ) ----- :	7.530 hab

#### 2. Parâmetros para os cálculos das vazões

Tempo de Bombeamento ( T <sub>b</sub> ) ----- :	22 h
Coef. dia de maior consumo ( k <sub>1</sub> ) ----- :	1,2
Coef. hora de maior consumo ( k <sub>2</sub> ) ----- :	1,5
Taxa de Perda de Vazão de Adução ( i ) : Tratamento por Filtros :	5,00 %

#### 3. Vazão de Adução

##### 3.1. Vazão de Adução - Água Bruta

Vazão de Adução Inicial ( Q <sub>AAB(0)</sub> ) ----- :	$\frac{k_1 \times P_0 \times q \times 24 \times (1+i)}{86400 \times T_b}$	42,16 m <sup>3</sup> /h 11,71 L/s
Vazão de Adução 10 anos ( Q <sub>AAB(10)</sub> ) ----- :	$\frac{k_1 \times P_{10} \times q \times 24 \times (1+i)}{86400 \times T_b}$	46,71 m <sup>3</sup> /h 12,97 L/s
Vazão de Adução 20 anos ( Q <sub>AAB(20)</sub> ) ----- :	$\frac{k_1 \times P_{20} \times q \times 24 \times (1+i)}{86400 \times T_b}$	51,75 m <sup>3</sup> /h 14,38 L/s

##### 3.2. Vazão de Adução - Água Tratada

Vazão de Adução Inicial ( Q <sub>AAT(0)</sub> ) ----- :	$\frac{k_1 \times P_0 \times q \times 24 \times (1+i)}{86400 \times T_b}$	42,16 m <sup>3</sup> /h 11,71 L/s
Vazão de Adução 10 anos ( Q <sub>AAT(10)</sub> ) ----- :	$\frac{k_1 \times P_{10} \times q \times 24 \times (1+i)}{86400 \times T_b}$	46,71 m <sup>3</sup> /h 12,97 L/s
Vazão de Adução 20 anos ( Q <sub>AAT(20)</sub> ) ----- :	$\frac{k_1 \times P_{20} \times q \times 24 \times (1+i)}{86400 \times T_b}$	51,75 m <sup>3</sup> /h 14,38 L/s



## ANEXO 04 – DIMENSIONAMENTO DO DIÂMETRO

## Dimens. do Sistema de Recalque (20 ANOS)

### Cálculo do Diâmetro da Adutora - Quadro 4.7

( Sistema Integrado de Ibicuitinga - Sede e Localidade Rurais/CE )

#### 1. Resumo do Quadro de Vazão de Adução

Tempo de Bombeamento ( $T_b$ ) -----	:	22 h
Coef. dia de maior consumo ( $k_1$ ) -----	:	1,2
:		
Vazão do Sistema Integrado (Urbano):		28,24 l/s
Vazão do Sistema Integrado (Rural):		14,38 l/s
Vazão do Sistema Integrado (Urbano+Rural) ---	$Q_{AAT(20)}$	42,62 l/s
		0,04262 m <sup>3</sup> /s

#### 3. Cálculo do Diâmetro da Tubulação

1 trecho: Comprimento ( L ) -----	:	<b>3.320,00 m</b>
2 trecho: Comprimento ( L ) -----	:	<b>16.800,00 m</b>
3 trecho: Comprimento ( L ) -----	:	<b>8.040,00 m</b>
:		
Diâmetro Econômico ( $D'$ ) -----	:	1,2 x $Q^{0,5}$ : 248,00 mm
Diâmetro Adotado ( $D$ ) -----	:	Diâmetro Interno : <b>250 mm</b>
Velocidade ( $V$ ) -----	:	$\frac{Q}{\pi \times (D/2)^2}$ : 0,87 m/s

#### 4. Cálculo das Perdas de Carga na Tubulação

##### 4.1. Perdas de Carga ao Longo da Tubulação

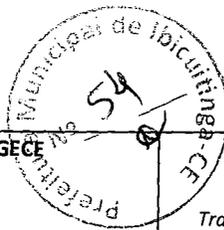
Coeficiente da Fórmula de Hazen-Williams ( $C$ ) -----	:	$DEF^0$ : <b>140</b>
Velocidade ( $V$ ) -----	:	0,87 m/s
Perda de Carga Distribuída ( $j$ ) -----	:	$\frac{10,643 \times Q^{1,85}}{D^{4,87} \times C^{1,85}}$ : 0,002841 m/m
1 trecho: Perda de Carga por Comprimento ( $J$ ) -----	:	$j_L \times L$ : 9,43 m
2 trecho: Perda de Carga por Comprimento ( $J$ ) -----	:	$j_L \times L$ : 47,73
3 trecho: Perda de Carga por Comprimento ( $J$ ) -----	:	$j_L \times L$ : 22,84



**ANEXO 05 - MEMÓRIA DE CÁLCULO – SIMULAÇÃO HIDRÁULICA DA ADUTORA DE  
ÁGUA TRATADA (TRECHOS 1 E 2).**



Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE

Sistema de Abastecimento de Água - SA  
AAT Ibicuitinga

Data:

28/08/2019

Transientes Hidráulicos

**Análise dos Fenômenos Transientes Hidráulicos: Condições de Cálculo**

Linha de recal na alfoi alizado m st do de transientes hidrá li os:

Única

**Trecho 01: Adutora de interligação da ETA ao RAP da EE-03.**

Dados para elaboração do ál lo stão apontados abaixo:

<i>Marca (Referência)</i>	-	
<i>Modelo (Referência)</i>	-	
<i>Curva</i>	-	
<i>Tipo:</i>		Centrifuga
<i>Número de bombas:</i>	1	tiva + 1 Reserva
<i>Potência nominal:</i>	-	v
<i>Vazão de bombeamento:</i>	27,78	L/s
<i>Altura manométrica:</i>	100,00	m
<i>Rotação:</i>	-	rpm
<i>Rendimento da bomba:</i>	> 80	%
<i>Rendimento do motor:</i>	> 92	%
<i>Rendimento do conjunto:</i>	> 73,6	%
<i>NPSH requerido:</i>	-	m
<i>Submersão mínima:</i>	-	m
<i>Diâmetro de Entrada (flange):</i>	-	mm
<i>Diâmetro de Saída (flange):</i>	-	mm
<i>Rotor:</i>	-	mm
<i>Velocidade Específica:</i>	-	(US)
<i>Iné ia do Conj nto Moto-Bomba:</i>	-	Kg.m <sup>2</sup>
<i>Ext nsão da Linha:</i>	3320	m
<i>Diâm t o Int no:</i>	252	mm
<i>Esp ss a das pa d s da t b lação:</i>	11,00	mm
<i>C l idad En ont ada:</i>	408,90	m/s
<i>Mat ial da T b lação:</i>		PVC DEFoFo 1MPa
<i>Mód lo d Yo ng do Mat ial:</i>	3300	MPa
<i>Co fi i nt d Poisson:</i>	0,45	-
<i>T mpo da nális :</i>	300	s

Após os est dos, om tilização d softwa d análise esp cializado que utiliza o Método das Cara t ísti as (MOC), ve ifico -se que:

A adutora pre isa á d m Tan Hid opn mático, que se á ligado à linha no ponto proximo a de ivação da adutora de pa a DN250, possui á m vol m d 4000 Lit os.

A adutora pre isa á d m Tan lim ntação Unidirecional, locado na estaca E119.



Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE

Sistema de Abastecimento de Água - SAA

AAT Ibicuitinga



Data:

28/08/2019

Transientes Hidráulicos

**RESUMO: Análise dos Fenômenos Transientes Hidráulicos: Resultados Sem Proteção**

**Trecho 01: PVC DEFo DN250**

Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Wave Speed (m/s)	Pressure (Maximum, Transient) (m H2O)	Pressure (Minimum, Transient) (m H2O)
1,50	RES1	CMB1	153	Ductile Iron	130	1299,19	5,08	-4,40
20,00	E0	E1	252	PVC	140	408,88	127,91	31,09
20,00	E1	E2	252	PVC	140	408,88	125,00	31,60
40,00	E2	E4	252	PVC	140	408,88	121,36	32,12
20,00	E4	E5	252	PVC	140	408,88	121,05	33,04
20,00	E5	E6	252	PVC	140	408,88	121,43	32,96
80,00	E6	E10	252	PVC	140	408,88	122,13	32,96
80,00	E10	E14	252	PVC	140	408,88	122,36	33,00
80,00	E14	E18	252	PVC	140	408,88	122,16	33,68
80,00	E18	E22	252	PVC	140	408,88	120,67	33,45
20,00	E22	E23	252	PVC	140	408,88	124,16	33,80
20,00	E23	E24	252	PVC	140	408,88	124,16	32,98
80,00	E24	E28	252	PVC	140	408,88	113,24	25,94
80,00	E28	E32	252	PVC	140	408,88	108,19	20,70
80,00	E32	E36	252	PVC	140	408,88	96,17	15,81
80,00	E36	E40	252	PVC	140	408,88	92,57	13,35
80,00	E40	E44	252	PVC	140	408,88	94,14	12,95
80,00	E44	E48	252	PVC	140	408,88	91,63	12,69
20,00	E48	E49	252	PVC	140	408,88	84,92	13,00
20,00	E49	E50	252	PVC	140	408,88	79,17	13,60
20,00	E50	E51	252	PVC	140	408,88	78,85	13,60
20,00	E51	E52	252	PVC	140	408,88	75,65	14,33
20,00	E52	E53	252	PVC	140	408,88	74,70	14,42
80,00	E53	E57	252	PVC	140	408,88	74,40	13,00
80,00	E57	E61	252	PVC	140	408,88	71,16	10,31
80,00	E61	E65	252	PVC	140	408,88	67,48	6,87
80,00	E65	E69	252	PVC	140	408,88	64,31	3,44
80,00	E69	E73	252	PVC	140	408,88	61,91	0,00
80,00	E73	E77	252	PVC	140	408,88	57,82	-3,44
80,00	E77	E81	252	PVC	140	408,88	55,78	-6,88
80,00	E81	E85	252	PVC	140	408,88	52,91	-9,47
80,00	E85	E89	252	PVC	140	408,88	51,24	-9,98
80,00	E89	E93	252	PVC	140	408,88	49,46	-9,98
80,00	E93	E97	252	PVC	140	408,88	47,53	-9,98
80,00	E97	E101	252	PVC	140	408,88	46,79	-9,98
80,00	E101	E105	252	PVC	140	408,88	46,17	-9,98
80,00	E105	E109	252	PVC	140	408,88	45,75	-9,98
80,00	E109	E113	252	PVC	140	408,88	45,53	-9,98
80,00	E113	E117	252	PVC	140	408,88	49,78	-9,98
20,00	E117	E118	252	PVC	140	408,88	46,48	-9,98
20,00	E118	E119	252	PVC	140	408,88	46,72	-9,98
20,00	E119	E120	252	PVC	140	408,88	46,04	-9,98
20,00	E120	E121	252	PVC	140	408,88	44,69	-9,98
20,00	E121	E122	252	PVC	140	408,88	42,24	-9,98
20,00	E122	E123	252	PVC	140	408,88	39,57	-9,98
20,00	E123	E124	252	PVC	140	408,88	41,67	-9,98
20,00	E124	E125	252	PVC	140	408,88	41,67	-9,98

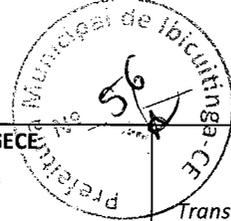
2



Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE

Sistema de Abastecimento de Água - SAA

AAT Ibicuitinga



Data:

28/08/2019

Transientes Hidráulicos

**RESUMO: Análise dos Fenômenos Transientes Hidráulicos: Resultados Sem Proteção****Trecho 01: PVC DEFoFo DN250**

Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Wave Speed (m/s)	Pressure (Maximum, Transient) (m H2O)	Pressure (Minimum, Transient) (m H2O)
20,00	E125	E126	252	PVC	140	408,88	42,08	-9,98
20,00	E126	E127	252	PVC	140	408,88	43,09	-9,98
80,00	E127	E131	252	PVC	140	408,88	42,01	-9,98
80,00	E131	E135	252	PVC	140	408,88	43,77	-9,98
80,00	E135	E139	252	PVC	140	408,88	45,24	-9,98
60,00	E139	E142	252	PVC	140	408,88	50,27	-9,86
20,00	E142	E143	252	PVC	140	408,88	50,01	-9,63
20,00	E143	E144	252	PVC	140	408,88	50,01	-9,65
60,00	E144	E147	252	PVC	140	408,88	50,81	-9,98
80,00	E147	E151	252	PVC	140	408,88	49,22	-9,98
60,00	E151	E154	252	PVC	140	408,88	47,36	-9,98
20,00	E154	E155	252	PVC	140	408,88	46,68	-9,98
20,00	E155	E156	252	PVC	140	408,88	45,79	-9,98
20,00	E156	E157	252	PVC	140	408,88	47,84	-9,98
20,00	E157	E158	252	PVC	140	408,88	46,69	-9,98
60,00	E158	E161	252	PVC	140	408,88	44,86	-9,98
60,00	E161	E164	252	PVC	140	408,88	39,39	-9,98
20,00	E164	E165	252	PVC	140	408,88	38,19	-9,98
20,00	E165	E166	252	PVC	140	408,88	37,28	-9,98
1,75	CMB1	B1	153	Ductile Iron	130	1299,19	158,74	-1,70
1,75	B1	B2	153	Ductile Iron	130	1299,19	150,35	17,29
3,15	B2	B3	153	Ductile Iron	130	1299,19	150,16	17,29
10,00	B3	E0	154,6	Ductile Iron	130	1275,07	135,12	24,24
15,00	E166	S1	206,2	Ductile Iron	130	1230,64	45,06	-9,98
5,75	S1	S2	204,4	Ductile Iron	130	1260,29	49,49	-9,98
1,00	S2	RES2	204,4	Ductile Iron	130	1260,29	49,49	-9,98
1,50	E0	RHO	153	Ductile Iron	130	1299,19	(N/A)	(N/A)
12,00	E119	TAU	153	Ductile Iron	130	1299,19	(N/A)	(N/A)



RESUMO: Análise dos Fenômenos Transientes Hidráulicos: Resultados Com Proteção

Trecho 01: PVC DEFoFo DN250 + 1RHO 4000L + 1TAU (DN2000 Hu=3m)

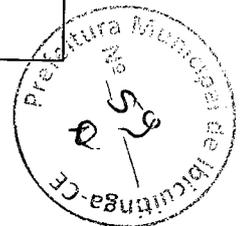
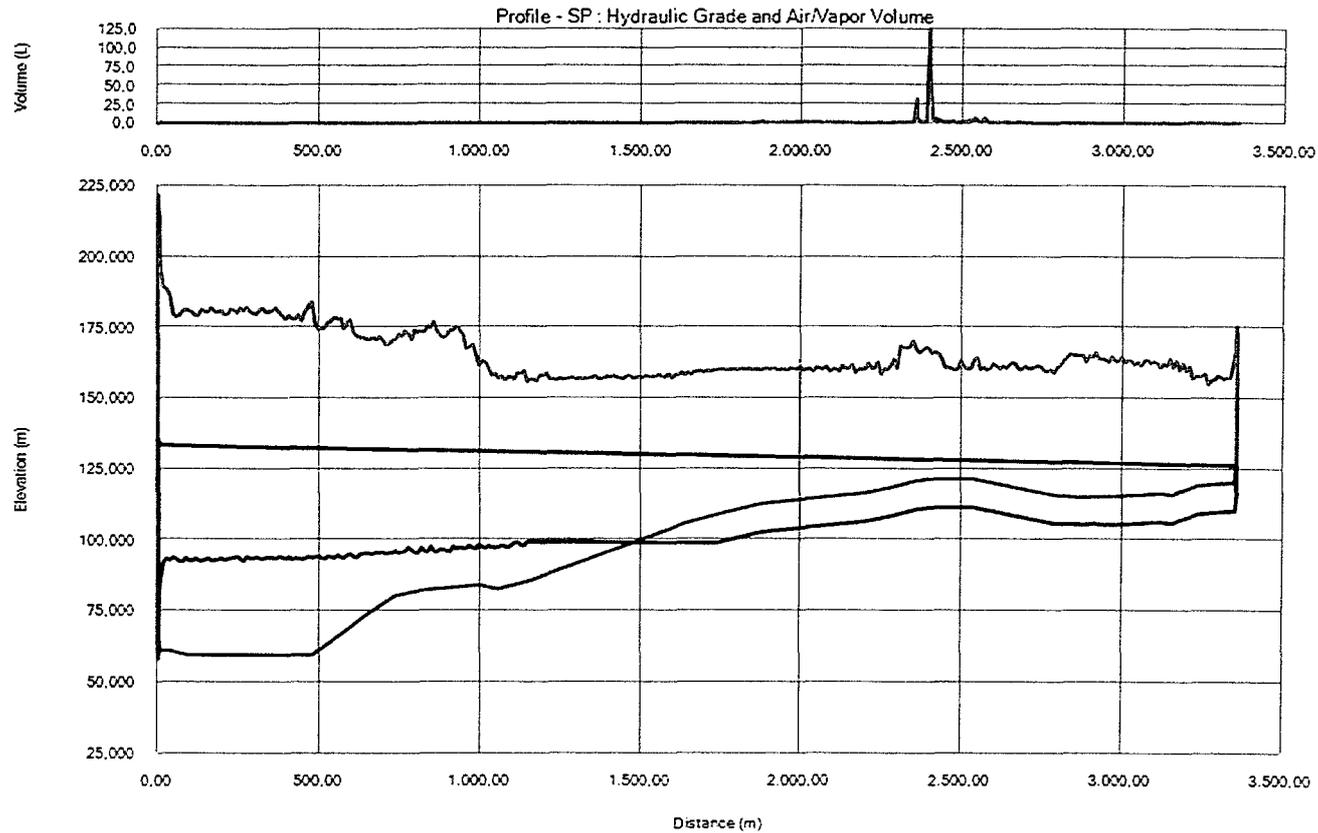
Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Wave Speed (m/s)	Pressure (Maximum, Transient) (m H2O)	Pressure (Minimum, Transient) (m H2O)
1,50	RES1	CMB1	153	Ductile Iron	130	1299,19	6,35	-8,13
20,00	E0	E1	252	PVC	140	408,88	83,40	43,08
20,00	E1	E2	252	PVC	140	408,88	83,52	43,39
40,00	E2	E4	252	PVC	140	408,88	84,39	44,40
20,00	E4	E5	252	PVC	140	408,88	84,41	45,17
20,00	E5	E6	252	PVC	140	408,88	84,32	45,31
80,00	E6	E10	252	PVC	140	408,88	84,32	45,60
80,00	E10	E14	252	PVC	140	408,88	83,79	46,42
80,00	E14	E18	252	PVC	140	408,88	83,36	47,56
80,00	E18	E22	252	PVC	140	408,88	82,79	48,59
20,00	E22	E23	252	PVC	140	408,88	82,36	48,92
20,00	E23	E24	252	PVC	140	408,88	81,95	47,52
80,00	E24	E28	252	PVC	140	408,88	80,46	41,32
80,00	E28	E32	252	PVC	140	408,88	73,31	34,89
80,00	E32	E36	252	PVC	140	408,88	66,02	29,37
80,00	E36	E40	252	PVC	140	408,88	59,92	27,83
80,00	E40	E44	252	PVC	140	408,88	57,33	27,40
80,00	E44	E48	252	PVC	140	408,88	56,34	27,00
20,00	E48	E49	252	PVC	140	408,88	55,29	26,90
20,00	E49	E50	252	PVC	140	408,88	55,48	26,90
20,00	E50	E51	252	PVC	140	408,88	55,95	27,44
20,00	E51	E52	252	PVC	140	408,88	56,21	27,99
20,00	E52	E53	252	PVC	140	408,88	56,21	28,06
80,00	E53	E57	252	PVC	140	408,88	55,42	26,18
80,00	E57	E61	252	PVC	140	408,88	52,76	23,30
80,00	E61	E65	252	PVC	140	408,88	48,87	20,44
80,00	E65	E69	252	PVC	140	408,88	44,81	17,62
80,00	E69	E73	252	PVC	140	408,88	41,04	14,84
80,00	E73	E77	252	PVC	140	408,88	36,85	12,10
80,00	E77	E81	252	PVC	140	408,88	33,43	9,39
80,00	E81	E85	252	PVC	140	408,88	29,78	7,52
80,00	E85	E89	252	PVC	140	408,88	26,42	5,96
80,00	E89	E93	252	PVC	140	408,88	23,74	4,44
80,00	E93	E97	252	PVC	140	408,88	20,82	4,27
80,00	E97	E101	252	PVC	140	408,88	18,80	4,37
80,00	E101	E105	252	PVC	140	408,88	17,63	4,37
80,00	E105	E109	252	PVC	140	408,88	16,39	4,10
80,00	E109	E113	252	PVC	140	408,88	14,95	2,31
80,00	E113	E117	252	PVC	140	408,88	12,98	0,97
20,00	E117	E118	252	PVC	140	408,88	10,73	0,97
20,00	E118	E119	252	PVC	140	408,88	10,51	1,03
20,00	E119	E120	252	PVC	140	408,88	10,06	0,75
20,00	E120	E121	252	PVC	140	408,88	10,10	0,75
20,00	E121	E122	252	PVC	140	408,88	10,22	0,87
20,00	E122	E123	252	PVC	140	408,88	10,22	0,44
20,00	E123	E124	252	PVC	140	408,88	10,12	0,19
20,00	E124	E125	252	PVC	140	408,88	10,13	0,19





Análise dos Fenômenos Transientes Hidráulicos: Gráfico de Envolvórias Sem Proteção

Trecho 01: PVC DEFoFo DN250

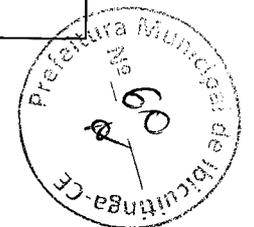
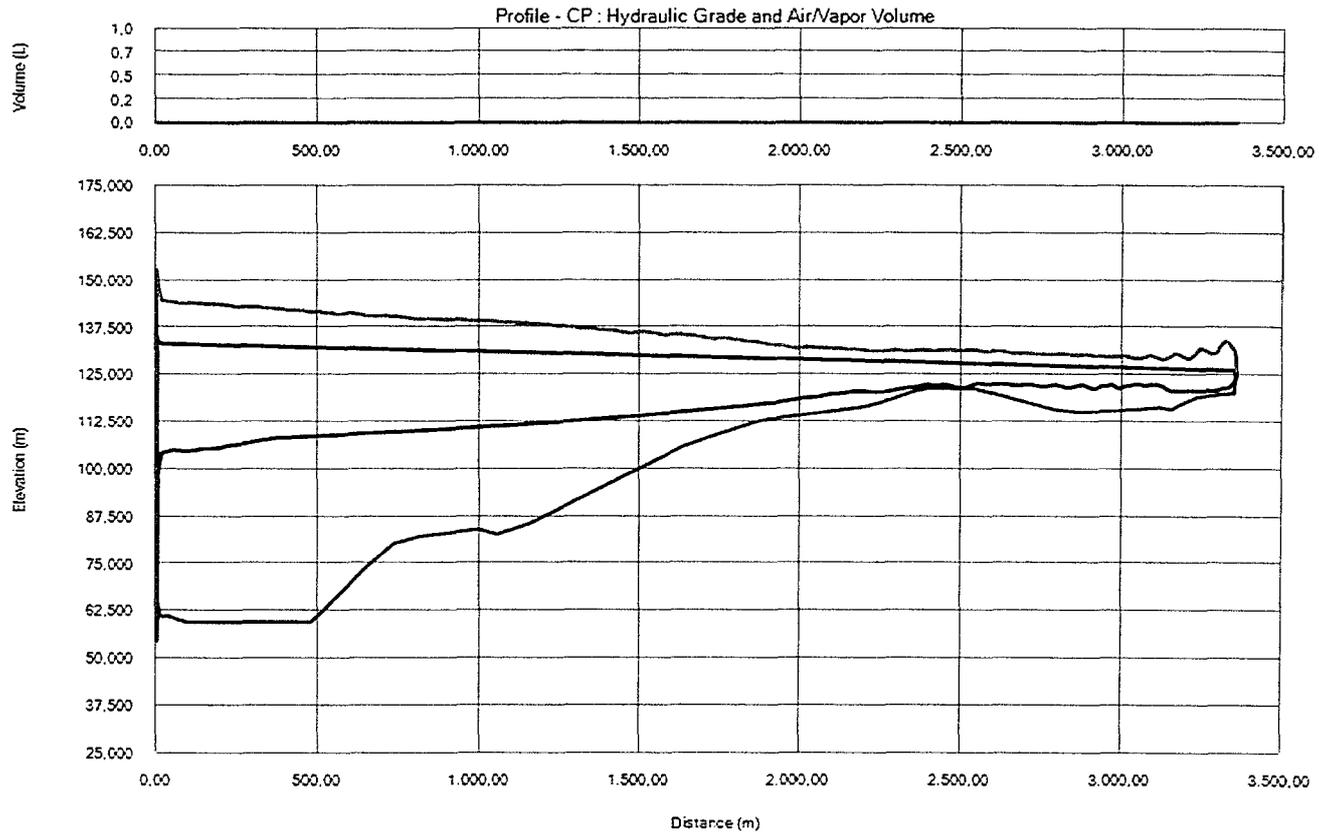


2

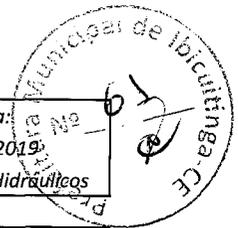


Análise dos Fenômenos Transientes Hidráulicos: Gráfico de Envolvórias Com Proteção

Trecho 01: PVC DEFoFo DN250 + 1RHO 4000L + 1TAU (DN2000 Hu=3m)



70



**Análise dos Fenômenos Transientes Hidráulicos: Especificação do RHO**

**01 - Dados do Reservatório Hidropneumático:**

Cota da base:	62,492 m
Pressão no ponto de injetamento para o RHO	72,055 mca
Pressão máxima no ponto de injetamento para o RHO	72,240 mca
Volume de Líquido Inicial do RHO:	2700 L
Volume Total do RHO:	4000 L
Pressão Atmosférica (m):	9,984 m
Material:	*Aço Carbono
Diâmetro do Orifício:	153,0 mm
Perda de Carga Localizada adotada no RHO:	2,50
Expoente da Lei dos Gases:	1,20
Coefficiente de Perda de Carga :	2,50

**02 - Dados do Tubo de Ligação:**

Comprimento (máximo) do Tubo de Ligação:	6,00 m
Material da Tubulação:	FoFo Dúctil K9 PN10
Módulo de Young do Material:	172.000,00 MPa
Diâmetro Interno:	153,0 mm
Espessura das paredes da tubulação:	6,00 mm
Celeridade Encontrada:	1299,19 m/s
Coefficiente de Perda de Carga :	2,50

Deverá ser empregado, como dispositivo de proteção para a linha de recalque, reservatório hidropneumático do tipo multien capsulado com esferas em poliuretano ou do tipo com bolsa elastomérica interna em poliuretano para água tratada com as seguintes especificações:

Modelos de referência: Hidroballs, Charlatte ou similar  
Material: Aço Carbono ASTM A 36 Gr. C  
Diâmetro mínimo da inspeção: 450 mm

O reservatório deverá ser fabricado conforme norma ASME em formato cilíndrico. O interior do tanque deverá ser recoberto com tinta epóxi anticorrosão. O exterior do tanque deverá ser recoberto com pintura de poliuretano anticorrosão. No dimensionamento da parede do tanque, deverá ser considerada uma corrosão interna mínima de 2 mm. Não será permitida a execução de soldagem no tanque após o processo de alívio do stress do material construtivo.

O tanque deverá dispor de uma conexão roscada em sua parte superior, que permita a instalação de um manômetro para monitoramento da pressão de pré-carga e uma válvula para admissão do gás comprimido. Além disso, deverá dispor de um indicador de nível através de transmissor de pressão diferencial, com display LCD local e saída 4 a 20 mA, para permitir o monitoramento do gás em seu interior.

e



Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE

Sistema de Abastecimento de Água - SAA

AAT Ibicuitinga



Data:

28/08/2019

Transientes Hidráulicos

Análise dos Fenômenos Transientes Hidráulicos: Especificação TAU

01 - Dados do Tanque de Alimentação Unidirecional:	Estaca E119
Cota da base:	122,500 m
Cota do nível mínimo:	122,600 m
Cota do nível inicial:	125,600 m
Cota do nível máximo:	126,600 m
Volume morto:	-
Seção:	Circular
Material:	Concreto
Diâmetro Interno:	2000 mm
Espessura das paredes do TAU:	200,00 mm
Diâmetro do Orifício:	153,0 mm
02 - Dados do Tubo de Ligação:	
Comprimento do Tubo de Ligação adotado no cálculo:	12,00 m
Material da Tubulação:	FoFo Dúctil K9 PN10
Módulo de Young do Material:	172.000,00 MPa
Diâmetro Interno:	153,0 mm
Espessura das paredes da tubulação:	6,00 mm
Celeridade Encontrada:	1299,19 m/s
Coefficiente de Perda de Carga :	2,50

R



**Análise dos Fenômenos Transientes Hidráulicos: Condições de Cálculo**

A Linha de recalque na qual foi realizado um estudo de transientes hidráulicos:

**Única**

**Trecho 02: Adutora de interligação da EE-03 AO RAP da EE-04.**

Dados para elaboração do cálculo estão apontados abaixo:

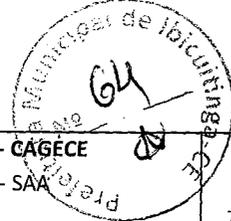
<i>Marca (Referência)</i>	-
<i>Modelo (Referência)</i>	-
<i>Curva</i>	-
<i>Tipo:</i>	Centrifuga
<i>Número de bombas:</i>	1 Ativa + 1 Reserva
<i>Potência nominal:</i>	- cv
<i>Vazão de bombeamento:</i>	27,80 L/s
<i>Altura manométrica:</i>	100,00 m
<i>Rotação:</i>	- rpm
<i>Rendimento da bomba:</i>	> 70 %
<i>Rendimento do motor:</i>	> 92 %
<i>Rendimento do conjunto:</i>	> 64,4 %
<i>NPSH requerido:</i>	- m
<i>Submersão mínima:</i>	- m
<i>Diâmetro de Entrada (flange):</i>	- mm
<i>Diâmetro de Saída (flange):</i>	- mm
<i>Rotor:</i>	- mm
<i>Velocidade Específica:</i>	- (US)
<i>Inércia do Conjunto Moto-Bomba:</i>	- Kg.m <sup>2</sup>
<i>Extensão da Linha:</i>	16790 m
<i>Diâmetro Interno:</i>	252 mm
<i>Espessura das paredes da tubulação:</i>	11,00 mm
<i>Celeridade Encontrada:</i>	408,90 m/s
<i>Material da Tubulação:</i>	PVC DEFoFo 1MPa
<i>Módulo de Young do Material:</i>	3300 MPa
<i>Coefficiente de Poisson:</i>	0,45 -
<i>Tempo da Análise:</i>	300 s

Após os estudos, com utilização de software de análise especializado que utiliza o Método das Características (MOC), verificou-se que:

A adutora precisará de um Tanque Hidropneumático, que será ligado à linha no ponto próximo a derivação da adutora de para DN250, possuirá um volume de 4000 Litros.

As ventosas da linha que possuem função de proteção, se localizam nas estacas: E924 / E958 / E983.

ℓ



RESUMO: Análise dos Fenômenos Transientes Hidráulicos: Resultados Sem Proteção

Trecho 02: PVC DEFoFo DN250

Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Wave Speed (m/s)	Pressure (Maximum, Transient) (m H2O)	Pressure (Minimum, Transient) (m H2O)
1,50	RES1	CMB	204,4	Ductile Iron	130	1260,29	7,52	-5,40
20,00	E166	E167	252	PVC	140	408,9	60,24	-9,98
20,00	E167	E168	252	PVC	140	408,9	60,03	-9,98
20,00	E168	E169	252	PVC	140	408,9	60,05	-9,98
20,00	E169	E170	252	PVC	140	408,9	60,15	-9,98
20,00	E170	E171	252	PVC	140	408,9	60,39	-9,68
20,00	E171	E172	252	PVC	140	408,9	60,74	-9,42
20,00	E172	E173	252	PVC	140	408,9	61,08	-9,31
20,00	E173	E174	252	PVC	140	408,9	61,41	-8,94
20,00	E174	E175	252	PVC	140	408,9	61,70	-8,73
20,00	E175	E176	252	PVC	140	408,9	61,95	-8,73
20,00	E176	E177	252	PVC	140	408,9	62,18	-8,30
20,00	E177	E178	252	PVC	140	408,9	62,40	-8,02
20,00	E178	E179	252	PVC	140	408,9	62,60	-8,00
20,00	E179	E180	252	PVC	140	408,9	62,76	-7,59
20,00	E180	E181	252	PVC	140	408,9	62,85	-7,50
20,00	E181	E182	252	PVC	140	408,9	62,92	-7,67
20,00	E182	E183	252	PVC	140	408,9	62,94	-7,67
20,00	E183	E184	252	PVC	140	408,9	62,94	-8,30
20,00	E184	E185	252	PVC	140	408,9	62,70	-8,30
20,00	E185	E186	252	PVC	140	408,9	62,60	-8,29
20,00	E186	E187	252	PVC	140	408,9	62,57	-8,04
20,00	E187	E188	252	PVC	140	408,9	62,64	-7,79
20,00	E188	E189	252	PVC	140	408,9	62,80	-7,27
20,00	E189	E190	252	PVC	140	408,9	62,99	-6,90
20,00	E190	E191	252	PVC	140	408,9	63,19	-6,41
20,00	E191	E192	252	PVC	140	408,9	63,43	-5,81
20,00	E192	E193	252	PVC	140	408,9	63,65	-5,60
20,00	E193	E194	252	PVC	140	408,9	63,85	-5,11
20,00	E194	E195	252	PVC	140	408,9	64,05	-5,07
20,00	E195	E196	252	PVC	140	408,9	64,23	-4,66
20,00	E196	E197	252	PVC	140	408,9	64,42	-4,02
20,00	E197	E198	252	PVC	140	408,9	64,57	-3,85
20,00	E198	E199	252	PVC	140	408,9	64,70	-3,55
20,00	E199	E200	252	PVC	140	408,9	64,86	-3,55
20,00	E200	E201	252	PVC	140	408,9	64,99	-3,43
20,00	E201	E202	252	PVC	140	408,9	65,13	-3,15
20,00	E202	E203	252	PVC	140	408,9	65,24	-3,09
20,00	E203	E204	252	PVC	140	408,9	65,28	-2,97
20,00	E204	E205	252	PVC	140	408,9	65,29	-2,82
20,00	E205	E206	252	PVC	140	408,9	65,29	-2,82
20,00	E206	E207	252	PVC	140	408,9	65,27	-2,81
20,00	E207	E208	252	PVC	140	408,9	65,25	-2,76
20,00	E208	E209	252	PVC	140	408,9	65,25	-2,72
20,00	E209	E210	252	PVC	140	408,9	65,21	-2,77
20,00	E210	E211	252	PVC	140	408,9	65,05	-2,80
20,00	E211	E212	252	PVC	140	408,9	64,99	-2,80

e



R SUMO: Análise dos Fenômenos Transientes Hidráulicos: Resultados Sem Proteção

Trecho 02: PVC DEFoFo DN250

Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Wave Speed (m/s)	Pressure (Maximum, Transient) (m H2O)	Pressure (Minimum, Transient) (m H2O)
20,00	E212	E213	252	PVC	140	408,9	64,94	-2,79
20,00	E213	E214	252	PVC	140	408,9	64,90	-2,78
20,00	E214	E215	252	PVC	140	408,9	64,80	-2,86
20,00	E215	E216	252	PVC	140	408,9	64,66	-2,86
20,00	E216	E217	252	PVC	140	408,9	64,63	-2,81
20,00	E217	E218	252	PVC	140	408,9	64,58	-2,80
20,00	E218	E219	252	PVC	140	408,9	64,56	-2,78
20,00	E219	E220	252	PVC	140	408,9	64,44	-2,83
20,00	E220	E221	252	PVC	140	408,9	64,32	-2,88
20,00	E221	E222	252	PVC	140	408,9	64,20	-2,98
20,00	E222	E223	252	PVC	140	408,9	64,02	-3,07
20,00	E223	E224	252	PVC	140	408,9	63,86	-3,08
20,00	E224	E225	252	PVC	140	408,9	63,77	-3,17
20,00	E225	E226	252	PVC	140	408,9	63,61	-3,21
20,00	E226	E227	252	PVC	140	408,9	63,49	-3,26
20,00	E227	E228	252	PVC	140	408,9	63,36	-3,39
20,00	E228	E229	252	PVC	140	408,9	63,15	-3,53
20,00	E229	E230	252	PVC	140	408,9	62,93	-3,79
20,00	E230	E231	252	PVC	140	408,9	62,60	-4,09
20,00	E231	E232	252	PVC	140	408,9	62,22	-4,41
20,00	E232	E233	252	PVC	140	408,9	61,82	-4,75
20,00	E233	E234	252	PVC	140	408,9	61,40	-5,12
20,00	E234	E235	252	PVC	140	408,9	60,95	-5,50
20,00	E235	E236	252	PVC	140	408,9	60,50	-5,85
20,00	E236	E237	252	PVC	140	408,9	60,07	-6,19
20,00	E237	E238	252	PVC	140	408,9	59,65	-6,48
20,00	E238	E239	252	PVC	140	408,9	59,28	-6,66
20,00	E239	E240	252	PVC	140	408,9	59,02	-6,73
20,00	E240	E241	252	PVC	140	408,9	58,87	-6,79
20,00	E241	E242	252	PVC	140	408,9	58,73	-6,82
20,00	E242	E243	252	PVC	140	408,9	58,68	-6,82
20,00	E243	E244	252	PVC	140	408,9	58,68	-6,69
20,00	E244	E245	252	PVC	140	408,9	58,73	-6,62
20,00	E245	E246	252	PVC	140	408,9	58,79	-6,48
20,00	E246	E247	252	PVC	140	408,9	58,99	-6,34
20,00	E247	E248	252	PVC	140	408,9	59,13	-6,07
20,00	E248	E249	252	PVC	140	408,9	59,29	-5,85
20,00	E249	E250	252	PVC	140	408,9	59,49	-5,61
20,00	E250	E251	252	PVC	140	408,9	59,77	-5,33
20,00	E251	E252	252	PVC	140	408,9	60,05	-4,97
20,00	E252	E253	252	PVC	140	408,9	60,30	-4,61
20,00	E253	E254	252	PVC	140	408,9	60,52	-4,28
20,00	E254	E255	252	PVC	140	408,9	60,70	-3,98
20,00	E255	E256	252	PVC	140	408,9	60,85	-3,72
20,00	E256	E257	252	PVC	140	408,9	61,00	-3,49
20,00	E257	E258	252	PVC	140	408,9	61,10	-3,30
20,00	E258	E259	252	PVC	140	408,9	61,19	-3,16

e