

**GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**

**COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO  
GRANDE DO NORTE - CAERN**

**ADUTORA MONSENHOR EXPEDITO  
(SISTEMA ADUTOR AGRESTE/TRAIRI/POTENGI)**

**PROJETO BÁSICO DA SUBADUTORA PARA  
SERRA DE SÃO BENTO E MONTE DAS GAMELEIRAS**

**VOLUME I  
MEMORIAL DESCRITIVO DA OBRA, QUANTITATIVOS E CUSTOS,  
MEMÓRIA DE CÁLCULO E O DETALHAMENTO DOS NÓS**



**MARÇO/2004**

## APRESENTAÇÃO

Este relatório tem a finalidade de apresentar a CAERN o Projeto Básico da Subadutora Para Serra de São Bento e Monte das Gameleiras, projetada a partir de uma derivação da Adutora Monsenhor Expedito na EB-6.

Esta subadutora possui a finalidade de suprir de água potável a zona urbana das cidades de Serra de São Bento e Monte das Gameleiras, situadas na região agreste do estado do Rio Grande do Norte, e as comunidades de Favela, Rajada, Mari e Cacimba através de chafarizes alimentados por derivações na subadutora.

O presente relatório está dividido em três volumes, a saber:

- Volume I - Memorial Descritivo da Obra, Quantitativos e Custos, Memória de Cálculo e o Detalhamento dos Nós;
- Volume II - Especificações Técnicas de Obras Civas, Fornecimento e Montagem de Materiais e Equipamentos Hidroeletromecânicos;
- Volume III - Desenhos do Projeto.

## ÍNDICE

APRESENTAÇÃO.....	1
1. FICHA TÉCNICA DA SUBADUTORA PARA SERRA DE SÃO BENTO E MONTE DAS GAMELEIRAS .....	5
2. ESTUDOS ANTECEDENTES.....	7
3. SISTEMA ADUTOR .....	8
3.1 INTRODUÇÃO.....	8
3.2 VAZÃO DE PROJETO.....	8
3.3 DEFINIÇÃO DOS DIÂMETROS DOS SUBTRECHOS E DO POSICIONAMENTO DAS ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO..	9
3.4 DESCRIÇÃO DO SISTEMA ADUTOR .....	11
3.4.1 Derivação da Adutora Monsenhor Expedito .....	12
3.4.2 Estações de Bombeamento .....	12
3.4.3 Linhas Adutoras.....	13
3.4.4 Sistema de Proteção Contra Transientes Hidráulicos .....	14
3.4.5 Derivação para Chafarizes.....	15
3.4.6 Equipamentos de Proteção .....	15
3.4.7 Obras Cíveis .....	16
4. ESTUDO DE TRANSIENTES HIDRÁULICOS .....	18
4.1 DIAGNÓSTICO DO FENÔMENO .....	18
4.2 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	25
4.2.1 Subtrecho EB-6/1 - EB-6/2 .....	25
4.2.2 Subtrecho EB-6/2 - Stand-Pipe 1 .....	25
4.2.3 Subtrecho EB-6/3 - Stand-Pipe 2 .....	27
4.2.4 Subtrecho EB-6/3 - Reservatório de Serra de São Bento .....	27
5. SISTEMA DE SUPRIMENTO ELÉTRICO E DE AUTOMAÇÃO .....	30
5.1 SISTEMA DE SUPRIMENTO ELÉTRICO .....	30
5.1.1 Dados Básicos .....	30
5.1.2 Critérios de Projeto .....	30
5.1.3 Descrição do Sistema de Suprimento Elétrico .....	30
5.1.4 Premissas para Desenvolvimento de Estudos .....	30
5.1.5 Finalidade .....	31
5.1.6 Potência Instalada.....	31
5.1.7 Cálculo da Demanda a ser Contratada à Concessionária .....	35
5.1.8 Subestação Principal.....	36
5.1.9 Condições Operacionais .....	39
5.2 SISTEMA DE AUTOMAÇÃO .....	40
5.2.1 Características do Sistema de Transmissão de Sinais Via Rádio.....	45
6. QUANTITATIVOS E CUSTOS .....	47

## **TABELAS**

Tabela 3.1 - Cálculo das Vazões Acumuladas por Trecho - Per Capita: 120/100/30 (Ano 2010) .....	9
Tabela 3.2 - Diâmetros nos Vários Subtrechos da Subadutora .....	11
Tabela 3.3 - Dados Operacionais dos Conjuntos Motobombas das EBs.....	12
Tabela 3.4 - Parâmetros Operacionais nos Vários Subtrechos da Subadutora.....	14
Tabela 3.5 - Características Básicas dos Stand-Pipes .....	14
Tabela 3.6 - Características Básicas dos TAU's .....	15
Tabela 4.1 - Dados Básicos Utilizados nos Cálculos das Pressões Transientes na Seção de Saída das Bombas.....	19
Tabela 4.2 - Dados de Entrada para os Subtrechos .....	20
Tabela 4.3 - Variações das Pressões na Saída das Bombas Após a Paralisação do Fornecimento de Energia Elétrica - EB-6/1 - EB-6/2 (Sistema Sem Proteção) .....	21
Tabela 4.4 - Variações das Pressões na Saída das Bombas Após a Paralisação do Fornecimento de Energia Elétrica - EB-6/2 - Stand-Pipe 1 (Sistema Sem Proteção).....	22
Tabela 4.5 - Variações das Pressões na Saída das Bombas Após a Paralisação do Fornecimento de Energia Elétrica - EB-6/3 - Stand-Pipe 2 (Sistema Sem Proteção).....	23
Tabela 4.6 - Variações das Pressões na Saída das Bombas Após a Paralisação do Fornecimento de Energia Elétrica - EB-6/3 - Res. Serra de São Bento (Sistema Sem Proteção).....	24
Tabela 4.7 - Variações das Pressões na Saída das Bombas Após a Paralisação do Fornecimento de Energia Elétrica - EB-6/2 - Stand-Pipe 1 (Sistema Com Proteção).....	26
Tabela 4.8 - Variações das Pressões na Saída das Bombas Após a Paralisação do Fornecimento de Energia Elétrica - EB-6/3 - Stand-Pipe 2 (Sistema Com Proteção).....	28
Tabela 5.1 - Apresentação das Potências Instaladas em Motores e Outras Cargas - Estação Elevatória EB-6/1 .....	32
Tabela 5.2 - Apresentação das Potências Instaladas em Motores e Outras Cargas - Estação Elevatória EB-6/2 .....	32
Tabela 5.3 - Apresentação das Potências Instaladas em Motores e Outras Cargas - Estação Elevatória EB-6/3 .....	33
Tabela 5.4 - Determinação das Potências Efetivas - Estação Elevatória EB-6/1.....	33
Tabela 5.5 - Determinação das Potências Efetivas - Estação Elevatória EB-6/2.....	34
Tabela 5.6 - Determinação das Potências Efetivas - Estação Elevatória EB-6/3.....	34
Tabela 5.7 - Resumo do Ramal de Ligação Aéreo - EB-6/1, EB-6/2 e EB-6/3.....	36
Tabela 5.8 - Disjuntores Tripolar - EB-6/1, EB-6/2 e EB-6/3.....	37
Tabela 5.9 - Sistema de Aterramento - EB-6/1, EB-6/2 e EB-6/3.....	38
Tabela 5.10 - Cabos Condutores da Estação Elevatória- EB-6/1, EB-6/2 e EB-6/3.....	38
Tabela 5.11 - Características do Ramal dos Motores - EB-6/1, EB-6/2 e EB-6/3 .....	39

## **FIGURAS**

Figura 3.1 - Situação Geográfica da Subadutora para Serra de São Bento e Monte das Gameleiras e Demais Subadutoras que Estão Sendo Incorporadas a Adutora Monsenhor Expedito .....	10
Figura 4.1 - Estudo de Transientes Hidráulicos - Perfil Reduzido e Envoltórias de Pressão.....	29
Figura 5.1 - Diagrama Funcional Simplificado .....	42
Figura 5.2 - Desenho Esquemático do Pannel Microprocessador da EB-16/1 .....	43
Figura 5.3 - Desenho Esquemático da Transmissão de Dados Entre as Estações de Bombeamento e a Central de Supervisão e Controle.....	44

## **GRÁFICOS**

Gráfico 4.1 - Variação de Pressão x Tempo - EB-6/1 - EB-6/2 (Sem Proteção) .....	21
Gráfico 4.2 - Variação de Pressão x Tempo - EB-6/2 - Stand-Pipe 1 (Sem Proteção) .....	22
Gráfico 4.3 - Variação de Pressão x Tempo - EB-6/3 - Stand-Pipe 2 (Sem Proteção) .....	23
Gráfico 4.4 - Variação de Pressão x Tempo - EB-6/3 - Res. S. de São Bento (Sem Proteção).....	24
Gráfico 4.5 - Variação de Pressão x Tempo - EB-6/2 - Stand-Pipe 1 (Com Proteção) .....	26
Gráfico 4.6 - Variação de Pressão x Tempo - EB-6/3 - Stand-Pipe 2 (Com Proteção) .....	28

## **ANEXOS**

Anexo 1 -	Memória de Cálculo
Anexo 2 -	Detalhamento dos Nós
Anexo 3 -	Proposição para Modernização do Sistema de Automação da Adutora Monsenhor Expedito

## 1. FICHA TÉCNICA DA SUBADUTORA PARA SERRA DE SÃO BENTO E MONTE DAS GAMELEIRAS

- **Comunidades Atendidas:**

- Serra de São Bento e Favela;
- Monte das Gameleiras, Rajada, Mari e Cacimba.

- **População Humana Atendida no Final de Plano (2010):**

- Serra de São Bento: ..... 3.787 hab.
- Favela: ..... 116 hab.
- Monte das Gameleiras: ..... 1.725 hab.
- Rajada: ..... 257 hab.
- Mari: ..... 643 hab.
- Cacimba: ..... 86 hab.

- **Vazão Requerida no Final de Plano (2010):** ..... 14,41 l/s  
(8,16 l/s para Serra de São Bento e 6,25 l/s para Monte das Gameleiras)

- **Adutoras de Recalque:**

**Trecho EB-6/1 - EB-6/2**

- Extensão da Tubulação: ..... 11.874 m
- Diâmetro / Material Empregado: ..... DN 150 / FºFº Dúctil Classe K-7
- Tipo de Assentamento: Enterrado: ..... 11.874 m
- Derivações: ..... 01 Derivação para a Comunidade de Favela
- Diâmetro / Material das Derivações: ..... DN 50 / PVC PBA - P<sub>serviço</sub> = 50 m

**Trecho EB-6/2 - Stand-Pipe 1**

- Extensão da Tubulação: ..... 4.246 m
- Diâmetro / Material Empregado: ..... DN 150 / FºFº Dúctil Classe K-7
- Tipo de Assentamento: Enterrado: ..... 4.246 m
- Proteção Contra Transientes Hidráulicos:  
TAU (Altura Total) na estaca 744 ..... 20 m  
Stand-Pipe (Altura Total) na estaca 806 ..... 9 m

**Trecho Stand-Pipe 1 - EB-6/3**

- Extensão da Tubulação: ..... 918 m  
(DN 100 = 18m e DN 150 = 900 m)
- Diâmetro / Material Empregado: ..... DN 100 e 150 / FºFº Dúctil Classe K-7
- Tipo de Assentamento: Enterrado: ..... 918 m

**Trecho EB-6/3 - Stand-Pipe 2**

- Extensão da Tubulação: ..... 10.414 m
- Diâmetro / Material Empregado: ..... DN 100 / FºFº Dúctil Classe K-7
- Tipo de Assentamento: Aéreo: ..... 995 m  
Enterrado: ..... 9.419 m
- Derivações: ..... 03 Derivações para as Comunidades de Rajada, Mari e Cacimba
- Diâmetro / Material das Derivações: ..... DN 50 / PVC PBA -  $P_{\text{serviço}} = 50$  m
- Proteção Contra Transientes Hidráulicos:  
TAU (Altura Total) na estaca 279 ..... 8 m  
Stand-Pipe (Altura Total) na estaca 520+14 ..... 6,6 m

**Trecho EB-6/3 - Reservatório de Serra de São Bento**

- Extensão da Tubulação: ..... 318 m
- Diâmetro / Material Empregado: ..... DN 100 / FºFº Dúctil Classe K-7
- Tipo de Assentamento: Enterrado: ..... 318 m

**• Adutoras de Gravidade:****Trecho Stand-Pipe 2 - Reservatório de Monte das Gameleiras**

- Extensão da Tubulação: ..... 1.286 m
- Diâmetro / Material Empregado: ..... DN 80 e 100 / FºFº Dúctil Classe K-9
- Tipo de Assentamento: Enterrado: ..... 1.286 m

**• Bombeamento:**

- Número / Nome da Estação de Bombeamento: ..... 3 / EB-6/1, EB-6/2 e EB-6/3,
- Número / Tipo de Bombas: ..... 1+1R / Centrífugas de Eixo Horizontal
- Potência: ..... 40 cv, 100 cv e 50/10 cv
- Alimentação Elétrica: .... Subestações Aéreas (13.800/380V), instaladas em postes com Potências de 75 kVA, 112,5 kVA e 112,5 kVA
- Automação: ..... A partir de transmissão de dados e de comunicação de voz via rádio com gerenciamento a partir de controlador lógico programável (PLC) instalado nas Estações de Bombeamento. Os Dispositivos PLCs a serem instalados, possibilitam a comunicação do status da operação das EBs para uma Central de Operação de toda a Adutora Monsenhor Expedito (Sistema Adutor Agreste/Tairi/Potengi).

## 2. ESTUDOS ANTECEDENTES

Por solicitação da CAERN, foi elaborado pela TECHNE Engenheiros Consultores S/C Ltda., em Novembro de 2003, o Estudo de Concepção para a Ampliação da Adutora Monsenhor Expedito (Sistema Adutor Agreste/Trairi/Potengi).

O estudo acima referido constatou que, para o atendimento adicional das cidade de Japi, a partir da EB-16, de Serra de São Bento e Monte das Gameleiras, a partir da EB-6, e de São Bento do Trairi, Coronel Ezequiel, Campo Redondo e Jaçanã, a partir da EB-17, o alcance do projeto, como concebido originalmente, reduzir-se-ia de 2016 para 2008, considerando a vazão máxima de projeto fixada em 452,32 l/s.

Tendo em vista a necessidade de ampliar a oferta de água pela Adutora Monsenhor Expedito, com a inclusão de novos usuários inicialmente não previstos, e a restrição operacional e também judicial de utilização da Lagoa do Bonfim, a TECHNE desenvolveu um estudo intitulado “Estudo do Reforço Hídrico, pela Incorporação de Novos Mananciais, da Adutora Monsenhor Expedito”, onde são apresentados as opções disponíveis para ampliar a atual oferta de água.

A alternativa recomendada é implantar, em uma primeira etapa, o Sistema Poços Canjoão (vazão máxima de projeto fixada em 480 l/s) e, em seguida, o Sistema Poços Boacica. Com isso, seria possível restabelecer, primeiro, o horizonte de alcance de atendimento do sistema adutor até 2010 e, posteriormente, o horizonte de 2016 (alcance do projeto original da Adutora Monsenhor Expedito).

Ambos os estudos acima citados fazem parte do escopo do mesmo contrato do presente Projeto Básico da Subadutora para Serra de São Bento e Monte das Gameleiras.

Contudo, para ampliar de 2010 para 2016 o horizonte do projeto, não basta implantar suplementarmente ao Sistema Poços Canjoão o Sistema Poços Boacica; será também necessária a implantação de novas linhas adutoras paralelas, entre as EBs, com os diâmetros indicados na Tabela 6.1 do Relatório do Estudo do Reforço Hídrico, já referido.

Desse modo, dada a dificuldade, sobretudo devida aos custos de implantação, da duplicação das linhas adutoras de praticamente toda a 1ª Etapa do Sistema Adutor Monsenhor Expedito, optou-se, no âmbito do presente projeto, a limitar-se o horizonte de atendimento da Subadutora para Serra de São Bento e Monte das Gameleiras a 2010, como horizonte último do Projeto Básico ora apresentado.



### 3. SISTEMA ADUTOR

#### 3.1 INTRODUÇÃO

O Sistema Adutor, que promoverá o suprimento de água potável das cidades de Serra de São Bento e Monte das Gameleiras e das comunidades de Favela, Rajada, Mari e Cacimba, possui os seguintes elementos:

- a) Derivação da EB-6/São José do Campestre da Adutora Monsenhor Expedito;
- b) Estações de Bombeamento associadas a Reservatórios que conferem ao Sistema uma autonomia operacional de cerca de 1 hora;
- c) Linhas Adutoras dotadas de tubulação, peças acessórios e equipamentos de proteção, com extensão aproximada de 29,4 km.

Nos capítulos seguintes serão apresentadas as descrições dos elementos componentes do Sistema Adutor para Serra de São Bento e Monte das Gameleiras.

A Figura 3.1, a seguir, apresenta a situação geográfica da Subadutora para Serra de São Bento e Monte das Gameleiras, assim como as demais novas Subadutoras que estão sendo incorporadas ao Sistema Adutor Monsenhor Expedito.

#### 3.2 VAZÃO DE PROJETO

A vazão de projeto da subadutora foi obtida para o ano 2010, ano de alcance do projeto do Sistema Adutor Agreste/Trairi/Potengi, considerando-se a retirada da vazão de suprimento para Serra de São Bento e Monte das Gameleiras e das comunidades de Favela, Rajada, Mari e Cacimba e demais cidades/comunidades vinculadas à expansão da Adutora Monsenhor Expedito.

O estudo efetuado pela TECHNE Engenheiros Consultores S/C Ltda., encaminhado a CAERN através de Relatório e Nota Técnica de Novembro/2003 e Janeiro/2004, mostrou que o alcance do projeto da Adutora Monsenhor Expedito foi reduzido de 2016 para 2008. Posteriormente este alcance foi ampliado para 2010 (ver Capítulo 2).

Foram utilizados os parâmetros comumente utilizados pelo BIRD/PROÁGUA em projetos de sistemas adutores (vide Projeto do Sistema Adutor Mossoró), que foi posteriormente ajustado para o Projeto da Adutora Monsenhor Expedito.

Desta forma a vazão de projeto da adutora foi obtida através da seguinte expressão:

$$Q = \frac{P \times K_1 \times q}{72.000 \times e^f}$$

**Onde:**

Q = Vazão máxima diária

P = População em habitantes

Taxa de crescimento populacional = Definida através de ajustamento de curva com base nos censos do IBGE nos anos de 1970, 1980, 1991 e 2000

$$q = \text{Consumo per capita} \Rightarrow \begin{cases} 301/\text{hab.dia} - \text{População Rural Servida por Chafariz;} \\ 1001/\text{hab.dia} - \text{População Rural Servida por Rede;} \\ 1201/\text{hab.dia} - \text{População Urbana.} \end{cases}$$

ef = Eficiência de adução  $\Rightarrow 95\%$

K<sub>1</sub> = Coeficiente de máximo consumo diário  $\Rightarrow 1,2$

Desta forma foram obtidas as vazões de projeto dos 3 (três) subtrechos compreendidos entre EBs e dos subtrechos finais, Stand-Pipe 2 - Monte das Gameleiras e EB-6/3 - Reservatório de Serra de São Bento.

Na Tabela 3.1 apresentada a seguir reproduz-se os cálculos oriundos dos estudos de concepção/aumento da oferta hídrica elaborado pela TECHNE, para a CAERN.

**Tabela 3.1 - Cálculo das Vazões Acumuladas por Trecho - Per Capita: 120/100/30 (Ano 2010)**

<b>Ano:</b>	<b>2010</b>	<b>Per Capita (l/hab/dia)</b>	
<b>Horas de Bombeamento:</b>	<b>20</b>	<b>Cidade:</b>	<b>120</b>
		<b>Comunidade Rural:</b>	<b>100</b>
		<b>Chafariz:</b>	<b>30</b>

Discriminação		Vazão (l/s)		
Início	Fim	No Trecho	Acumulada	Acumulada (x1,05)
EB-6/1	Derivação para Serra de São Bento	7,77	13,72	14,41
Derivação para Serra de São Bento	Monte das Gameleiras	5,96	5,96	6,25

### 3.3 DEFINIÇÃO DOS DIÂMETROS DOS SUBTRECHOS E DO POSICIONAMENTO DAS ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO

Os 3 (três) subtrechos compreendidos entre as 3 (três) Estações de Bombeamento, bem como os trechos gravitários de suprimento da EB-3 e Reservatório de Monte das Gameleiras e de recalque para suprimento do Reservatório de Serra de São Bento respectivamente, tiveram seus diâmetros escolhidos de forma a promoverem a adução das vazões de projeto com linhas piezométricas compatíveis com as classes de pressão das tubulações escolhidas e alturas manométricas das estações de bombeamento limitados a um valor máximo de cerca de 200 m.

De acordo com estes critérios, foram definidos os diâmetros (Tabela 3.2), dos vários subtrechos.

As Estações de Bombeamento Intermediárias EB-6/2 e EB-6/3 foram posicionadas de forma a se ter alturas manométricas compatíveis com os critérios fixados para definição dos diâmetros de suas linhas de recalque. A EB-6/1 foi posicionada em área adjacente a EB-6 (existente) da Adutora Monsenhor Expedito (Sistema Adutor Agreste/Trairi/Potengi).

**Figura 3.1 - Situação Geográfica da Subadutora para Serra de São Bento e Monte das Gameleiras e Demais Subadutoras que Estão Sendo Incorporadas a Adutora Monsenhor Expedito**

A3

**Tabela 3.2 - Diâmetros nos Vários Subtrechos da Subadutora**

Subtrecho	Vazão de Projeto (l/s)	Diâmetro (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga Unitária (m/km)
EB-6/1 - EB-6/2	14,41	150	0,82	5,17
EB-6/2 - Stand-Pipe 1	14,41	150	0,82	5,17
Stand-Pipe 1 - EB-6/3	14,41	150/100	0,82/1,84	5,17/41,83
EB-6/3 - Stand-Pipe 2	6,25	100	0,80	8,23
Stand-Pipe 2 - Reservatório de Monte das Gameleiras	6,25	100/80	0,80/1,24	8,23/25,97
EB-6/3 - Reservatório de Serra de São Bento	8,16	100	1,04	13,78

### 3.4 DESCRIÇÃO DO SISTEMA ADUTOR

O Sistema Adutor da Subadutora para Serra de São Bento e Monte das Gameleiras é constituído dos seguintes elementos:

- Derivação da Adutora Monsenhor Expedito;
- Estações de Bombeamento - EB-6/1, EB-6/2 e EB-6/3;
- Linhas Adutoras com Subtrechos:
  - EB-6/1 - EB-6/2 (Recalque);
  - EB-6/2 - Stand-Pipe 1 (Recalque);
  - Stand-Pipe 1 - EB-6/3 (Gravidade);
  - EB-6/3 - Stand-Pipe 2 (Recalque);
  - Stand-Pipe 2 - Reservatório de Monte das Gameleiras (Gravidade);
  - EB-6/3 - Reservatório de Serra de São Bento (Recalque);
- Sistema de Proteção Contra Transientes Hidráulicos:
  - Stand-Pipe 1 situado no Subtrecho EB-6/2 - EB-6/3;
  - Stand-Pipe 2 situado no Subtrecho EB-6/3 - Monte das Gameleiras;
  - TAU 1 situado no Subtrecho Eb-06/2 - Stand-Pipe 1;
  - TAU 2 situado no Subtrecho Eb-06/3 - Stand-Pipe 2;
- Derivações para Comunidades Situadas ao Longo do seu Trajeto para Alimentação de Chafarizes.

Apresenta-se a seguir uma descrição de cada um desses elementos.

### 3.4.1 Derivação da Adutora Monsenhor Expedito

A derivação da Adutora Monsenhor Expedito será feita a partir do poço de sucção da EB-6. Promover-se-á uma comunicação do poço de sucção da Estação de Bombeamento EB-6/1 com o da EB-6, existente, do tipo “vasos comunicantes”, através de uma tubulação de diâmetro de 200 mm de DEFºFº Vinilfer.

### 3.4.2 Estações de Bombeamento

Para promover a elevação mecânica da água, o projeto prevê três Estações de Bombeamento, a primeira a ser construída em local adjacente a EB-6 da Adutora Monsenhor Expedito, e duas outras situadas em posições intermediárias do ponto final de adução.

Os sistemas de recalque terão uma autonomia de operação de cerca de 1 hora, assegurada por reservatórios de compensação, a serem implantados ao lado das Estações, com volumes úteis de cerca de 52 m³.

As Estações de Bombeamento terão suas obras civis constituídas de dois compartimentos.

O primeiro compartimento, interligado ao reservatório de compensação, funcionará como poço de sucção, abrigando dois conjuntos moto-bombas associados em paralelo (um efetivo e outro de reserva) que serão alimentados pelas tubulações de sucção, de diâmetro 150 mm, dotadas de juntas de montagens e válvulas gavetas para possibilitar a retirada dos conjuntos moto-bombas.

As bombas funcionarão afogadas pelos níveis d’água do poço de sucção em qualquer circunstância.

O recalque será feito por linhas de descarga verticais, através de tubulações de diâmetro 100 mm (EBs 06/1 e 06/2) e 80 mm (EB-6/3), dotadas de válvulas de retenção e controladora de bomba, do tipo Bermad ou similar, e registro de gaveta.

As linhas de descarga serão interligadas através de um barrilete de diâmetro de 150 mm (EBs 06/1 e 06/2) e 100 mm (EB-6/3).

As EBs serão dotadas de medidores de vazão e manômetro.

O segundo compartimento é composto de sala de comando, depósito, escritório e banheiro.

Os dados operacionais dos conjuntos motobomba das EBs são observados na Tabela 3.3.

**Tabela 3.3 - Dados Operacionais dos Conjuntos Motobombas das EBs**

EB	Vazão (l/s)	Altura Manométrica Máxima (m)	Potência (cv)	Rotação (rpm)	Nº de Unidades (*)
EB-6/1	14,41	96,58	40	3.500	2 (1+1R)
EB-6/2	14,41	209,63	100	3.500	2 (1+1R)
EB-6/3.1	6,25	226,69	50	3.500	2 (1+1R)
EB-6/3.2	8,16	37,37	10	3.500	2 (1+1R)

(\*) Operação sob forma de rodízio.

As válvulas previstas no sistema de descarga das bombas, que operarão sob uma pressão de serviço de ordem de 100 / 210 / 227 m, foram especificadas com classe de pressão PN-10 / PN-25 / PN-25 respectivamente. As tubulações de descarga, bem como o barrilete, foram especificados com as mesmas classes de pressão, que, em se tratando de tubos, peças e acessórios de ferro fundido dúctil, segundo informações do fabricante, admitem para a pressão máxima de serviço os seguintes valores:

- DN 100..... 3,0 MPa;
- DN 150..... 3,0 MPa.

A operação das Estações de Bombeamento será supervisionada e controlada em função do nível d'água do reservatório de jusante (EB-6/2, Stand-Pipe 1 e 2 em relação a EB-6/2 e EB-6/3, respectivamente), através de automação a partir de transmissão de dados dos níveis d'água dos reservatórios. No Capítulo 5, apresenta-se a descrição do Sistema de Automação previsto.

Os Desenhos PM-PB-HD-EB-001-R0 a PM-PB-HD-EB-009-R0 mostram as características das instalações das EBs, localização e urbanização; os Desenhos PM-PB-EL-EB-001-R0 a PM-PB-EL-EB-018-R0 apresentam os projetos de suprimento elétrico.

### 3.4.3 Linhas Adutoras

O projeto da adutora, nos subtrechos entre estações de bombeamento, foi elaborado a partir de levantamento topográfico, fornecido pela CAERN, constando de planta com cadastro e perfil longitudinal, na escala 1:2.000 (H) e 1:200 (V). Os locais onde serão implantadas as estações de bombeamento foram submetidos a levantamentos plani-altimétrico, a partir dos quais foram elaborados os projetos das estações de bombeamento EB-6/1, EB-6/2 e EB-6/3.

O posicionamento da linha adutora em relação ao terreno foi projetado de acordo com o topo rochoso, inferido a partir do levantamento geológico-geotécnico. A partir dessas informações foram definidos os trechos de assentamento enterrado e aéreo.

As travessias de cursos d'água serão feitas através das longarinas das pontes e dos talvegues através de tubulação “envelopada”. (Desenho PM-PB-HD-AD-025-R0)

Os parâmetros operacionais da adutora podem ser observados na Tabela 3.4 a seguir.

Os Desenhos PM-PB-HD-AD-001-R0 a PM-PB-HD-AD-021-R0 apresentam a planta e o perfil da adutora.

O detalhamento ponto a ponto (Detalhamento dos Nós) se encontra no Anexo 2.

**Tabela 3.4 - Parâmetros Operacionais nos Vários Subtrechos da Subadutora**

Subtrecho	Vazão (l/s)	Diâmetro (mm)	Material	Velocidade (m/s)	Perda de Carga Unitária (m/km)
EB-6/1 - EB-6/2	14,41	150	FºFº Dúctil	0,82	5,17
EB-6/2 - Stand-Pipe 1	14,41	150	FºFº Dúctil	0,82	5,17
Stand-Pipe 1 - EB-6/3	14,41	150/100	FºFº Dúctil	0,82/1,84	5,17/41,83
EB-6/3 - Reservatório de Serra de São Bento	8,16	100	FºFº Dúctil	1,04	13,78
EB-6/3 - Stand-Pipe 2	6,25	100	FºFº Dúctil	0,80	8,23
Stand-Pipe 2 - Reservatório de Monte das Gameleiras	6,25	100/80	FºFº Dúctil	0,80	8,23/25,97

### 3.4.4 Sistema de Proteção Contra Transientes Hidráulicos

#### 3.4.4.1 Considerações Preliminares

O projeto prevê a instalação de dois Stand-Pipes nas estacas 806 e 520+14, respectivamente. Pertencem aos subtrechos EB-6/2 - EB-6/3 e EB-6/3 - Monte das Gameleiras.

Esses reservatórios cilíndricos promovem a transição entre os regimes de funcionamento por recalque e gravitário.

As características básicas dessas obras são apresentadas na Tabela 3.5 a seguir.

**Tabela 3.5 - Características Básicas dos Stand-Pipes**

Stand-Pipe	Subtrecho	Localização (estaca)	Diâmetro do Reservatório (mm)	Altura * (m)
1	EB-6/2 - EB-6/3	806	1.500	9,0
2	EB-6/3 - Monte das Gameleiras	520+14	1.500	6,6

(\*) Em relação ao terreno.

Os Desenhos PM-PB-HD-AD-027-R0 e PM-PB-HD-AD-029-R0 apresentam estes equipamentos.

#### 3.4.4.2 TAUs (Tanques Amortecedores Unidirecionais)

Para proteção da adutora, contra os efeitos dos transientes hidráulicos, foram previstos dois TAUs, um no subtrecho EB-6/2 - Stand-Pipe 1 e outro no subtrecho EB-6/3 - Stand-Pipe 2.

Esses reservatórios cilíndricos são ligados a adutora através de duas tubulações dotadas de válvulas de retenção ladeadas por registros de gaveta (Desenhos PM-PB-HD-AD-027-R0 e PM-PB-HD-AD-028-R0).

As características básicas dessas obras são apresentadas na Tabela 3.6 a seguir.

**Tabela 3.6 - Características Básicas dos TAUs**

TAU	Subtrecho	Localização (estaca)	Diâmetro das Tubulações (m)		Altura * (m)	Diâmetro do TAU (mm)
			Interligação	Suprimento do Reservatório		
1	EB-6/2 - Stand-Pipe 1	744	150	50	20,00	2.000
2	EB-6/3 - Stand-Pipe 2	279	100	50	8,00	2.000

(\*) Em relação ao terreno.

### 3.4.5 Derivação para Chafarizes

Para suprimento das comunidades de Favela, Rajada, Mari e Cacimba foram previstos, ao longo da linha adutora, 04 (quatro) pontos de derivação onde serão instalados válvulas redutoras de pressão e limitadoras de vazão, válvulas de gaveta e placa de orifício, cujas classes de pressão serão definidas no campo, quando da instalação.

Os chafarizes serão alimentados através de linhas adutoras de 50 mm de diâmetro.

O Desenho PM-PB-HD-AD-023-R0 apresenta a referida obra tipo.

### 3.4.6 Equipamentos de Proteção

#### 3.4.6.1 Ventosas

Ao longo da linha adutora foram previstas ventosas para permitir a admissão e expulsão de ar durante a operação normal e durante os períodos de enchimento e esvaziamento da mesma.

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

Utilizou-se apenas ventosas de tríplice função pelo fato destes aparelhos minimizarem os efeitos de eventuais transientes ao longo da linha adutora.

O posicionamento das ventosas, baseou-se nos seguintes critérios:

- Pontos altos da adutora;
- Longos trechos horizontais; neste caso a cada 500 m.



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

Foi definido desta forma o diâmetro de 50 mm.

Os detalhes das caixas de ventosas estão no Desenho PM-PB-HD-AD-022-R0.

#### 3.4.6.2 Descargas de Fundo

Nos locais mais baixos da linha adutora foram previstos pontos de drenagem, destinados a esgotar a água dos tubos por ocasião de reparos e limpeza. Foi adotado o diâmetro de 100 mm para as descargas.

Os detalhes das descargas de fundo estão no Desenho PM-PB-HD-AD-022-R0.

#### 3.4.6.3 Válvulas de Bloqueio

Foi prevista a instalação de uma válvula de bloqueio na linha adutora de forma a subdividi-la em duas partes, facilitando o esvaziamento da linha quando da operação de manutenção. As válvulas de bloqueio serão instaladas nas estacas 300 (EB-6/1 - EB-6/3) e 270 (EB-6/3 - Monte das Gameleiras. (Desenho PM-PB-HD-AD-022-R0)

### 3.4.7 Obras Civis

#### 3.4.7.1 Assentamento da Tubulação

##### a) Assentamento Enterrado

As tubulações serão enterradas a uma profundidade mínima de 0,8 m acima da geratriz superior do tubo. A esta profundidade, a maioria dos veículos pode trafegar sem afetar o tubo.

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

O assentamento da adutora em valas será realizado sobre berço de areia e o reaterro em material de 1ª categoria.

##### b) Assentamento Aéreo

Nos trechos com afloramento rochoso, ou de ocorrência de rocha a pequena profundidade, a adutora será assentada em pilaretes de concreto com abraçadeiras na razão de uma por tubo. O pilarete sempre se localizará nas proximidades das bolsas dos tubos. (Desenho PM-PB-ET-AD-001-R0)

Nas travessias de talvegues, na entrada de propriedades, no cruzamento com estradas e na área de perímetro urbano, a adutora deverá ser enterrada.

O detalhe dos blocos de ancoragem da adutora com assentamento aéreo e enterrado, bem como a transição aérea-enterrada se encontra no Desenho PM-PB-ET-AD-002-R0.

#### 3.4.7.2 Caixas de Proteção

Os dispositivos que serão instalados em caixas de proteção serão:

- Ventosas;
- Descargas de fundo.

As caixas serão em alvenaria de tijolo e terão função apenas de proteger os dispositivos acima referidos.

Para a drenagem, foi previsto um colchão de brita de 20 cm no fundo da caixa que não será dotada de laje de fundo. A tampa será em concreto para garantir a proteção dos equipamentos.

#### 3.4.7.3 Blocos de Ancoragem

São estruturas em concreto ciclópico ou armado com a função de absorver os impactos causados pelas variações de fluxo na adutora. Estão localizados nas seguintes peças:

- Tês de derivação;
- Reduções;
- Curvas.

#### 3.4.7.4 Derivação para Chafarizes

Na derivação para os chafarizes foram previstas caixas que abrigarão as válvulas de controle do tipo “Bermad” ou similar que possuem as seguintes funções:

- Reduzir a pressão de montante a um valor pré-determinado a jusante;
- Manter a pressão de jusante constante independente da variação de pressão de montante;
- Ter mecanismo de fechamento automático quando a pressão a montante cair abaixo de um determinado valor, impedindo assim que seja retirada água da tubulação quando a bomba da EB que domina o subtrecho da derivação estiver desligada;
- Definir a vazão derivada.

As tubulações de alimentação dos chafarizes terão extensões variáveis e diâmetro de 50mm.

Os seus traçados serão definidos no campo, por ocasião da implantação dos chafarizes.

No Desenho PM-PB-HD-AD-024-R0 pode ser observado o chafariz tipo.

## **4. ESTUDO DE TRANSIENTES HIDRÁULICOS**

### **4.1 DIAGNÓSTICO DO FENÔMENO**

Para os subtrechos EB-6/1 - EB-6/2, EB-6/2 - Stand-Pipe 1, EB-6/3 - Stand-Pipe 2 e EB-6/3 - Reservatório de Serra de São Bento, que se constituem em adutoras de recalque das Estações de Bombeamento EB-6/1, EB-6/2 e EB-6/3, respectivamente, foram efetuados os cálculos das máximas e mínimas pressões nas saídas das respectivas bombas, quando do evento da interrupção do fornecimento de energia elétrica, visando a verificação da ocorrência do fenômeno da separação da coluna líquida.

Para tal finalidade foi utilizada a metodologia recomendada pela Norma P-NB-591/77 em seu Anexo J.

Os dados básicos utilizados na elaboração dos cálculos são apresentados a seguir na Tabela 4.1.

Para os quatro subtrechos: EB-6/1 - EB-6/2, EB-6/2 - Stand-Pipe 1, EB-6/3 - Stand-Pipe 2 e EB-6/3 - Reservatório de Serra de São Bento, foram calculadas as variações das pressões transientes, na seção de saída das bombas, após o corte de fornecimento de energia elétrica aos motores das bombas.

Os dados de entrada são apresentados na Tabela 4.2.

Nas Tabelas 4.3 a 4.6 apresenta-se a variação das pressões na saída da bomba após a paralisação do fornecimento de energia elétrica ao motores, com o sistema de recalque (linha adutora), sem contar com qualquer equipamento de proteção.

Nos Gráficos 4.1 a 4.4 são ilustrados as variações de pressão em relação ao tempo de operação (segundos) das adutoras de recalque dos quatro subtrechos.

**Tabela 4.1 - Dados Básicos Utilizados nos Cálculos das Pressões Transientes na Seção de Saída das Bombas**

TRECHO	Q (l/s)	Q (m³/h)	D (mm)	L (m)	Vo (m/s)	etubul. (mm)	a (m/s)	J (m/m)	hf (m)	cota res.Jus. (m)	cota piez. s/bomba (m)
EB-6/1-EB-6/2	14,41	51,88	150	11874	0,82	7,70	1202	0,005172	61,41	222	283,41
EB-6/2-STAND-PIPE1	14,41	51,88	150	4246	0,82	7,70	1202	0,005172	21,96	405	426,96
EB-6/3-STAND-PIPE2	6,25	22,50	100	10728	0,80	7,55	1262	0,008225	88,24	534	622,24
EB-6/3-RES.S. DE S.B.	8,16	29,38	100	318	1,04	7,55	1262	0,013779	4,38	428	432,38

TRECHO	cota bomba (m)	Ho (m)	Hg (m)	Hman (m)	rend. bomb.	POT. Teórica (cv)	POT. (cv)	POT. (kW)	BOMBA ESCOLHIDA	ROTAÇÃO (rpm)	PARÂMETROS DA CURVA DA BOMBA			INÉRC. (kg*m²)
											A	B	C	
EB-6/1-EB-6/2	188,12	95,29	33,88	96,58	0,56	38,98	40	29,41	ETANORM 40-250	3500	0,034060	13,439830	-139.575,00	0,191
EB-6/2-STAND-PIPE1	218,27	208,69	186,73	209,63	0,50	94,77	100	73,60	WKL 80/3	3500	0,069511	-0,000010	-0,004700	0,691
EB-6/3-STAND-PIPE2	395,77	226,47	137,95	226,69	0,40	55,56	60	44,16	WKL 80/3	3500	0,071080	-0,003067	-0,003500	0,338
EB-6/3-RES.S. DE S.B.	395,59	36,79	31,95	37,37	0,58	8,32	10	7,36	ETANORM 32-160	3500	0,014031	-0,001587	-0,014900	0,028

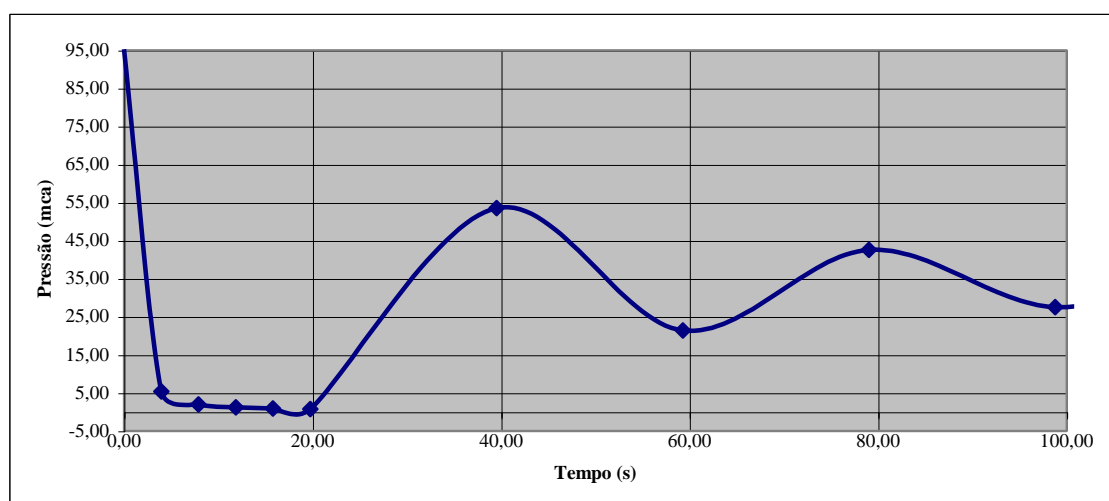
**Tabela 4.2 - Dados de Entrada para os Subtrechos**

Dados	SUBTRECHOS			
	EB-6/1 - EB-6/2	EB-6/2 - Stand-Pipe 1	EB-6/3 - Stand-Pipe 2	EB-6/3 - Res. Serra de São Bento
Ho (m)	95,29	211,70	226,20	36,33
Qo (m³/s)	0,01441	0,01441	0,00625	0,00816
A	0,034060	0,069511	0,071080	0,014031
B	13,439830	-0,000010	-0,003067	-0,001590
C	-139,575000	-0,004700	-0,003500	-0,014900
Hg (m)	33,90	189,80	138,00	32,00
No (rot./seg)	58,33	58,33	58,33	58,33
Qb (m³/s)	0,01441	0,01441	0,00625	0,00816
Nº de Bombas	1	1	1	1
S	0,00014400	0,00014400	0,00006102	0,00006102
He (m)	0,38	3,75	0,25	0,25
Inércia (kg x m²)	0,191	0,691	0,338	0,028
a (m/s)	1.202	1.202	1.262	1.262
Δh (m)	61,39	21,90	86,20	4,33
f	0,0230	0,0230	0,0250	0,0250
D (m)	0,15	0,15	0,10	0,10
Pot (kgm.s)	2.556,46	6.391,15	3.857,25	63,12
Pot Total (cv)	40	100	50	10
Rotor (rpm)	3.500	3.500	3.500	3.500
Nº Polos	2	2	2	2
Cota Bomba	188,12	218,27	395,77	395,59

**Tabela 4.3 - Variações das Pressões na Saída das Bombas Após a Paralisação do Fornecimento de Energia Elétrica - EB-6/1 - EB-6/2 (Sistema Sem Proteção)**

T (s)	N (T)		Q(m³/s)	Pressão (m)	Cota Piez. (m)
	(rps)	(rpm)			
0,00	58,33	3499,98	0,01	95,29	283,41
3,95	12,01	720,70	0,00	5,36	193,48
7,90	6,70	401,71	0,00	1,98	190,10
11,85	4,64	278,46	0,00	1,19	189,31
15,81	3,55	213,08	0,00	0,88	189,00
19,76	2,88	172,57	0,00	0,73	188,85
39,51	1,47	88,46	0,00	53,55	241,67
59,27	0,99	59,48	0,00	21,37	209,49
79,03	0,75	44,80	0,00	42,57	230,69
98,79	0,60	35,93	0,00	27,54	215,66
118,54	0,50	29,99	0,00	38,77	226,89
138,30	0,43	25,74	0,00	30,05	218,17
158,06	0,38	22,54	0,00	37,02	225,14
177,81	0,33	20,05	0,00	31,32	219,44
197,57	0,30	18,06	0,00	36,07	224,19
217,33	0,27	16,42	0,00	32,05	220,17
237,08	0,25	15,06	0,00	35,50	223,62
256,84	0,23	13,91	0,00	32,50	220,62
276,60	0,22	12,92	0,00	35,13	223,25
296,36	0,20	12,06	0,00	32,81	220,93
316,11	0,19	11,31	0,00	34,87	222,99
335,87	0,18	10,64	0,00	33,03	221,15
355,63	0,17	10,06	0,00	34,69	222,81
375,38	0,16	9,53	0,00	33,18	221,30
395,14	0,15	9,05	0,00	34,55	222,67
414,90	0,14	8,62	0,00	33,30	221,42
434,66	0,14	8,23	0,00	34,45	222,57

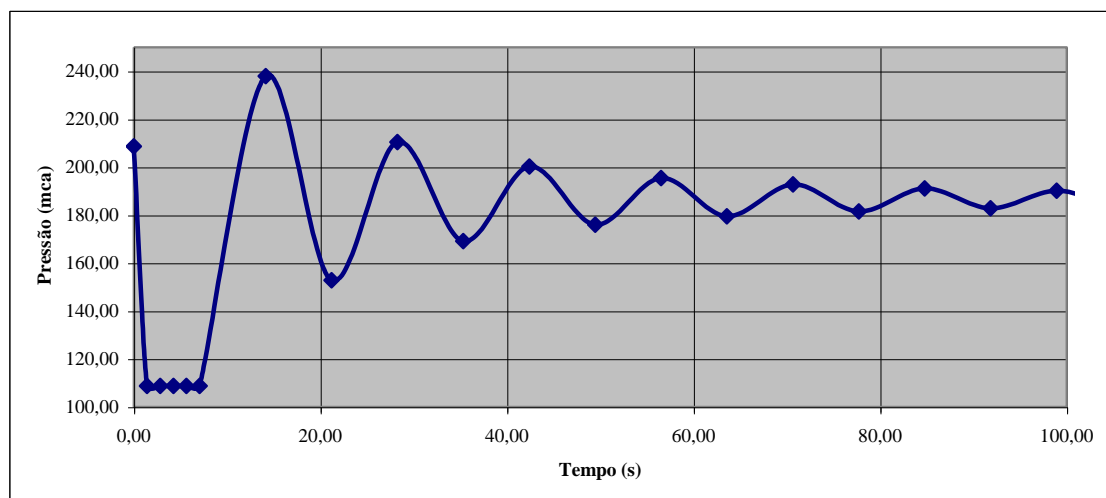
**Gráfico 4.1 - Variação de Pressão x Tempo - EB-6/1 - EB-6/2 (Sem Proteção)**



**Tabela 4.4 - Variações das Pressões na Saída das Bombas Após a Paralisação do Fornecimento de Energia Elétrica - EB-6/2 - Stand-Pipe 1 (Sistema Sem Proteção)**

T (s)	N (T)		Q(m³/s)	Pressão (m)	Cota Piez. (m)
	(rps)	(rpm)			
0,00	58,33	3499,98	0,01	208,69	426,96
1,41	29,87	1792,17	0,00	108,73	327,00
2,83	20,07	1204,46	0,00	108,73	327,00
4,24	15,12	907,02	0,00	108,73	327,00
5,65	12,12	727,39	0,00	108,73	327,00
7,06	10,12	607,15	0,00	108,73	327,00
14,13	5,54	332,41	0,00	237,99	456,26
21,19	3,81	228,85	0,00	152,79	371,06
28,26	2,91	174,49	0,00	210,54	428,81
35,32	2,35	141,00	0,00	169,15	387,42
42,39	1,97	118,29	0,00	200,24	418,51
49,45	1,70	101,88	0,00	176,03	394,30
56,52	1,49	89,47	0,00	195,42	413,69
63,58	1,33	79,76	0,00	179,54	397,81
70,65	1,20	71,95	0,00	192,79	411,06
77,71	1,09	65,53	0,00	181,56	399,83
84,78	1,00	60,16	0,00	191,20	409,47
91,84	0,93	55,61	0,00	182,83	401,10
98,91	0,86	51,69	0,00	190,16	408,43
105,97	0,80	48,30	0,00	183,69	401,96
113,04	0,76	45,32	0,00	189,45	407,72
120,10	0,71	42,68	0,00	184,29	402,56
127,17	0,67	40,34	0,00	188,93	407,20
134,23	0,64	38,24	0,00	184,73	403,00
141,30	0,61	36,35	0,00	188,56	406,83
148,36	0,58	34,63	0,00	185,06	403,33
155,43	0,55	33,07	0,00	188,27	406,54

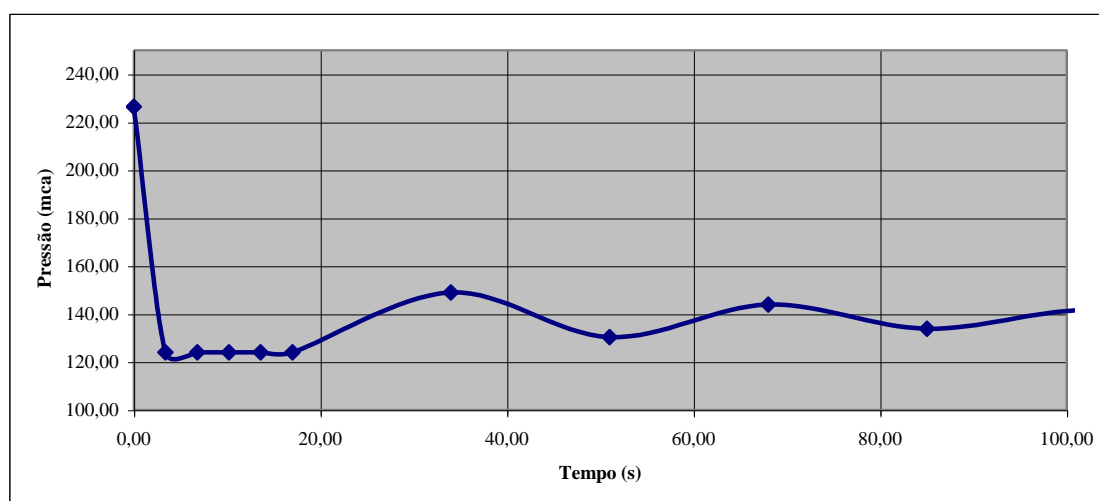
**Gráfico 4.2 - Variação de Pressão x Tempo - EB-6/2 - Stand-Pipe 1 (Sem Proteção)**



**Tabela 4.5 - Variações das Pressões na Saída das Bombas Após a Paralisação do Fornecimento de Energia Elétrica - EB-6/3 - Stand-Pipe 2 (Sistema Sem Proteção)**

T (s)	N (T)		Q(m³/s)	Pressão (m)	Cota Piez. (m)
	(rps)	(rpm)			
0,00	58,33	3499,98	0,01	226,47	622,24
3,40	15,23	913,96	0,00	124,05	519,82
6,80	8,76	525,61	0,00	124,05	519,82
10,20	6,15	368,87	0,00	124,05	519,82
13,60	4,74	284,14	0,00	124,05	519,82
17,00	3,85	231,06	0,00	124,05	519,82
34,00	1,99	119,48	0,00	149,03	544,80
51,00	1,34	80,57	0,00	130,37	526,14
68,01	1,01	60,78	0,00	144,01	539,78
85,01	0,81	48,79	0,00	133,86	529,63
102,01	0,68	40,75	0,00	141,64	537,41
119,01	0,58	34,99	0,00	135,51	531,28
136,01	0,51	30,65	0,00	140,46	536,23
153,01	0,45	27,27	0,00	136,38	532,15
170,02	0,41	24,57	0,00	139,79	535,56
187,02	0,37	22,35	0,00	136,89	532,66
204,02	0,34	20,50	0,00	139,39	535,16
221,02	0,32	18,93	0,00	137,22	532,99
238,02	0,29	17,58	0,00	139,12	534,89
255,02	0,27	16,42	0,00	137,44	533,21
272,03	0,26	15,39	0,00	138,94	534,71
289,03	0,24	14,49	0,00	137,60	533,37
306,03	0,23	13,69	0,00	138,80	534,57
323,03	0,22	12,97	0,00	137,71	533,48
340,03	0,21	12,33	0,00	138,71	534,48
357,03	0,20	11,74	0,00	137,79	533,56
374,03	0,19	11,21	0,00	138,63	534,40

**Gráfico 4.3 - Variação de Pressão x Tempo - EB-6/3 - Stand-Pipe 2 (Sem Proteção)**

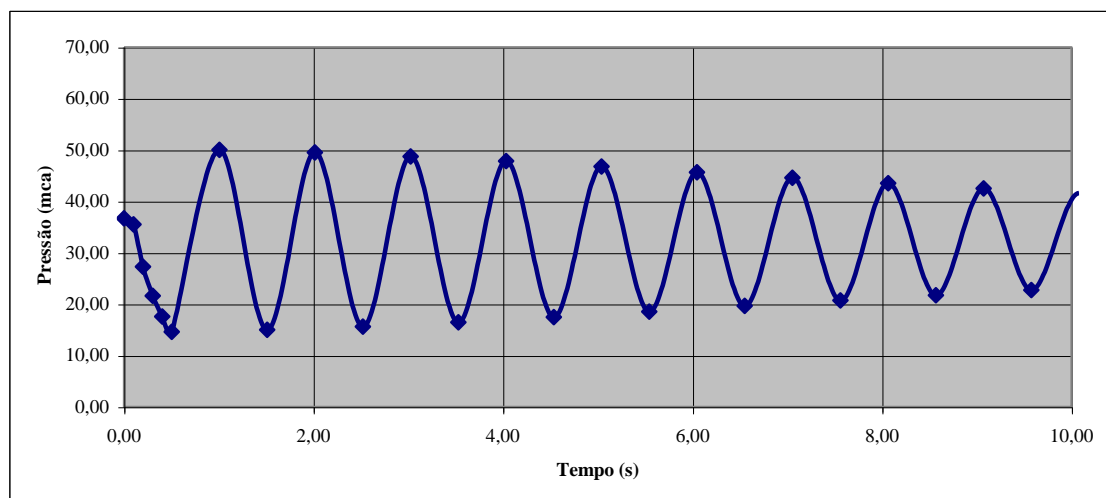




**Tabela 4.6 - Variações das Pressões na Saída das Bombas Após a Paralisação do Fornecimento de Energia Elétrica - EB-6/3 - Res. Serra de São Bento (Sistema Sem Proteção)**

T (s)	N (T)		Q(m³/s)	Pressão (m)	Cota Piez. (m)
	(rps)	(rpm)			
0,00	58,33	3499,98	0,01	36,69	432,28
0,10	49,95	2997,19	0,01	35,51	431,10
0,20	43,68	2620,71	0,01	27,27	422,86
0,30	38,80	2328,26	0,01	21,63	417,22
0,40	34,91	2094,53	0,01	17,60	413,19
0,50	31,72	1903,44	0,01	14,62	410,21
1,01	21,79	1307,17	0,00	50,05	445,64
1,51	16,59	995,36	0,00	15,00	410,59
2,02	13,39	803,66	0,00	49,53	445,12
2,52	11,23	673,87	0,00	15,64	411,23
3,02	9,67	580,18	0,00	48,78	444,37
3,53	8,49	509,36	0,00	16,49	412,08
4,03	7,57	453,95	0,00	47,84	443,43
4,54	6,82	409,41	0,00	17,49	413,08
5,04	6,21	372,83	0,00	46,80	442,39
5,54	5,70	342,25	0,00	18,57	414,16
6,05	5,27	316,31	0,00	45,70	441,29
6,55	4,90	294,02	0,00	19,67	415,26
7,06	4,58	274,66	0,00	44,61	440,20
7,56	4,30	257,70	0,00	20,75	416,34
8,06	4,05	242,71	0,00	43,55	439,14
8,57	3,82	229,37	0,00	21,77	417,36
9,07	3,62	217,42	0,00	42,56	438,15
9,58	3,44	206,65	0,00	22,73	418,32
10,08	3,28	196,90	0,00	41,64	437,23
10,58	3,13	188,03	0,00	23,60	419,19
11,09	3,00	179,92	0,00	40,81	436,40

**Gráfico 4.4 - Variação de Pressão x Tempo - EB-6/3 - Res. S. de São Bento (Sem Proteção)**



## **4.2 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS**

### **4.2.1 Subtrecho EB-6/1 - EB-6/2**

A análise dos resultados obtidos da Tabela 4.3, conduziu à seguinte conclusão básica:

- Verificou-se um rebaixamento de pressão até um valor de 0,73 m, partindo de 95,29 m;
- Não se registrou a ocorrência de subpressão na seção de saída da bomba;
- A análise das envoltórias de subpressões e sobrepressões que são apresentadas na Figura 4.1 mostrou que não há necessidade da instalação de qualquer equipamento de proteção contra os efeitos de transientes hidráulicos.

Para as operações rotineiras de ligação e desligamento da bomba prevê-se, para a proteção das bombas, a instalação, nas linhas de descarga das mesmas, de válvulas protetoras de bombas. Este tipo de válvula evita golpes de ariete quando a bomba liga e desliga, fechando imediatamente quando há quebra de corrente, também funcionando como válvula de retenção.

### **4.2.2 Subtrecho EB-6/2 - Stand-Pipe 1**

A análise dos resultados obtidos das Tabela 4.4 conduziu à seguinte conclusão básica:

- Verificou-se um rebaixamento de pressão até um valor de 208,69 m, partindo de 211,70 m;
- Não se registrou a ocorrência de subpressão na seção de saída da bomba;
- A análise das envoltórias de subpressões e sobrepressões que são apresentadas na Figura 4.1 mostrou que há necessidade da instalação em um ponto alto de um TAU que promoverá uma elevação da linha envoltória de subpressão.

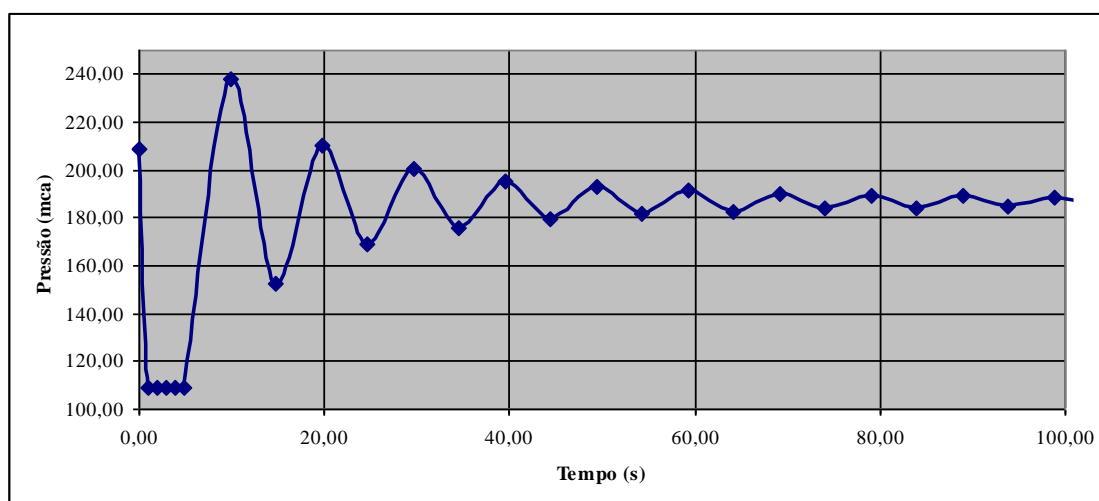
A Tabela 4.7 e o Gráfico 4.5 mostram a variação das pressões transientes, na saída das bombas, com a linha adutora de recalque com o TAU instalado.

Para as operações rotineiras de ligação e desligamento da bomba prevê-se, para a proteção das bombas, a instalação, nas linhas de descarga das mesmas, de válvulas protetoras de bombas.

**Tabela 4.7 - Variações das Pressões na Saída das Bombas Após a Paralisação do Fornecimento de Energia Elétrica - EB-6/2 - Stand-Pipe 1 (Sistema Com Proteção)**

T (s)	N (T)		Q(m³/s)	Pressão (m)	Cota Piez. (m)
	(rps)	(rpm)			
0,00	58,33	3499,98	0,01	208,69	426,96
0,99	35,00	2100,13	0,00	108,73	327,00
1,98	25,00	1500,14	0,00	108,73	327,00
2,97	19,45	1166,79	0,00	108,73	327,00
3,95	15,91	954,66	0,00	108,73	327,00
4,94	13,46	807,79	0,00	108,73	327,00
9,88	7,61	456,59	0,00	237,99	456,26
14,83	5,30	318,23	0,00	152,79	371,06
19,77	4,07	244,22	0,00	210,54	428,81
24,71	3,30	198,14	0,00	169,15	387,42
29,65	2,78	166,69	0,00	200,24	418,51
34,59	2,40	143,86	0,00	176,03	394,30
39,53	2,11	126,53	0,00	195,42	413,69
44,48	1,88	112,92	0,00	179,54	397,81
49,42	1,70	101,96	0,00	192,79	411,06
54,36	1,55	92,94	0,00	181,56	399,83
59,30	1,42	85,38	0,00	191,20	409,47
64,24	1,32	78,96	0,00	182,83	401,10
69,18	1,22	73,44	0,00	190,16	408,43
74,13	1,14	68,64	0,00	183,69	401,96
79,07	1,07	64,43	0,00	189,45	407,72
84,01	1,01	60,70	0,00	184,29	402,56
88,95	0,96	57,39	0,00	188,93	407,20
93,89	0,91	54,41	0,00	184,73	403,00
98,84	0,86	51,73	0,00	188,56	406,83
103,78	0,82	49,30	0,00	185,06	403,33
108,72	0,78	47,09	0,00	188,27	406,54

**Gráfico 4.5 - Variação de Pressão x Tempo - EB-6/2 - Stand-Pipe 1 (Com Proteção)**



#### **4.2.3 Subtrecho EB-6/3 - Stand-Pipe 2**

A análise dos resultados obtidos da Tabela 4.5 conduziu à seguinte conclusão básica:

- Verificou-se um rebaixamento de pressão até um valor de 123,78 m, partindo de 226,47 m;
- Não se registrou a ocorrência de subpressão na seção de saída da bomba;
- A análise das envoltórias de subpressões e sobrepressões que são apresentadas na Figura 4.1 mostrou que há necessidade da instalação em um ponto alto de um TAU que promoverá uma elevação da linha envoltória de subpressão.

A Tabela 4.8 e o Gráfico 4.6 mostram a variação das pressões transientes, na saída das bombas, com a linha adutora de recalque com o TAU instalado.

Para as operações rotineiras de ligação e desligamento da bomba prevê-se, para a proteção das bombas, a instalação, nas linhas de descarga das mesmas, de válvulas protetoras de bombas.

#### **4.2.4 Subtrecho EB-6/3 - Reservatório de Serra de São Bento**

A análise dos resultados obtidos da Tabela 4.6 conduziu à seguinte conclusão básica:

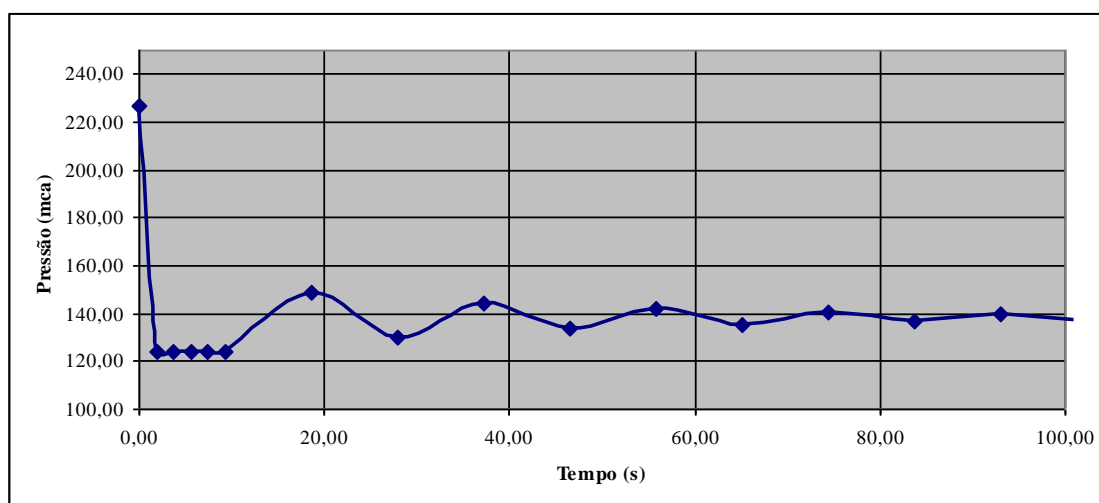
- Verificou-se um rebaixamento de pressão até um valor de 14,62 m, partindo de 36,79 m;
- Não se registrou a ocorrência de subpressão na seção de saída da bomba;
- A análise das envoltórias de subpressões e sobrepressões que são apresentadas na Figura 4.1 mostrou que não há necessidade da instalação de qualquer equipamento de proteção contra os efeitos de transientes hidráulicos.

Para as operações rotineiras de ligação e desligamento da bomba prevê-se, para a proteção das bombas, a instalação, nas linhas de descarga das mesmas, de válvulas protetoras de bombas.

**Tabela 4.8 - Variações das Pressões na Saída das Bombas Após a Paralisação do Fornecimento de Energia Elétrica - EB-6/3 - Stand-Pipe 2 (Sistema Com Proteção)**

T (s)	N (T)		Q(m³/s)	Pressão (m)	Cota Piez. (m)
	(rps)	(rpm)			
0,00	58,33	3499,98	0,01	226,47	622,24
1,86	22,89	1373,52	0,00	124,05	519,82
3,72	14,24	854,41	0,00	124,05	519,82
5,58	10,33	620,06	0,00	124,05	519,82
7,44	8,11	486,60	0,00	124,05	519,82
9,30	6,67	400,41	0,00	124,05	519,82
18,61	3,54	212,35	0,00	149,03	544,80
27,91	2,41	144,49	0,00	130,37	526,14
37,21	1,82	109,50	0,00	144,01	539,78
46,51	1,47	88,15	0,00	133,86	529,63
55,82	1,23	73,77	0,00	141,64	537,41
65,12	1,06	63,42	0,00	135,51	531,28
74,42	0,93	55,62	0,00	140,46	536,23
83,72	0,83	49,53	0,00	136,38	532,15
93,03	0,74	44,64	0,00	139,79	535,56
102,33	0,68	40,63	0,00	136,89	532,66
111,63	0,62	37,28	0,00	139,39	535,16
120,94	0,57	34,44	0,00	137,22	532,99
130,24	0,53	32,00	0,00	139,12	534,89
139,54	0,50	29,89	0,00	137,44	533,21
148,84	0,47	28,03	0,00	138,94	534,71
158,15	0,44	26,40	0,00	137,60	533,37
167,45	0,42	24,94	0,00	138,80	534,57
176,75	0,39	23,64	0,00	137,71	533,48
186,05	0,37	22,46	0,00	138,71	534,48
195,36	0,36	21,40	0,00	137,79	533,56
204,66	0,34	20,43	0,00	138,63	534,40

**Gráfico 4.6 - Variação de Pressão x Tempo - EB-6/3 - Stand-Pipe 2 (Com Proteção)**



**Figura 4.1 - Estudo de Transientes Hidráulicos - Perfil Reduzido e Envoltórias de Pressão**

(A3)

## **5. SISTEMA DE SUPRIMENTO ELÉTRICO E DE AUTOMAÇÃO**

### **5.1 SISTEMA DE SUPRIMENTO ELÉTRICO**

#### **5.1.1 Dados Básicos**

Para a elaboração do Projeto Básico do sistema elétrico, foram consultados, preliminarmente, os seguintes projetos e documentos:

- Planejamento Físico da Área do Projeto;
- Projeto Hidráulico e Civil das Estações de Bombeamento;
- Oferta de Energia Elétrica na Região Operada pela Concessionária Local;

#### **5.1.2 Critérios de Projeto**

O critério do projeto elétrico foi baseado estritamente nas normas da ABNT, Normas Internacionais para equipamentos, e nas normas específicas das Concessionárias CAERN e COSERN.

#### **5.1.3 Descrição do Sistema de Suprimento Elétrico**

Na região, predomina a oferta de energia derivada de sistema de distribuição primária em 13.800 Volt, e secundária em 380/220V, operados pela COSERN, para atendimento a cargas de alimentação comercial, domiciliar, iluminação, pública. A concessionária COSERN desenvolverá estudos para atendimento das cargas acima, definindo, dessa forma, os respectivos PDE's/Pontos de Ligação.

Em função da capacidade instalada nos pontos de consumo, e de acordo com o prescrito nas diretrizes do órgão regulador ANEEL. - Agencia Nacional de Energia Elétrica, e nos critérios da Concessionária, este projeto levou em consideração a existência de condições que garantem a alimentação das cargas recebendo energia no nível de tensão primária, (média tensão) 13.800-380/220V.

#### **5.1.4 Premissas para Desenvolvimento de Estudos**

- As potências instaladas foram calculadas a partir da necessidade total, em kW, das cargas de motores e serviços auxiliares, (considerando o rendimento dos motores e o fator de potência corrigido para 95%) e, subseqüentemente, convertida em potência equivalente em kVA, e a seguir, compatibilizadas com o normativo da COSERN;
- No presente projeto, por orientação do corpo técnico da CAERN, os motores com potência menor ou igual a 5CV deverão ser acionados por partida direta à plena tensão. Acima dessa potência os motores deverão ser acionados pelo método de redução de tensão mediante o emprego de chave de partida suave (Chave Estática);

- Os motores trifásicos serão alimentados no nível de tensão de 380V;
- As cargas dos serviços auxiliares (iluminação e tomadas para eventual serviço de manutenção), deverão ser alimentadas em 380/220V;
- Os condutores elétricos foram dimensionados levando em conta a capacidade de condução em condições de regime das cargas, da condição de curto circuito e, queda de tensão na partida dos motores;
- Nas condições acima, foram realizadas simulações para determinação das condições técnicas de projeto para o dimensionamento da rede de alimentação dos motores, a fim de assegurar níveis aceitáveis de queda de tensão, em regime, conforme preconiza a NBR-5410/97. Foi considerado, também como premissa, o limite de 10% para a queda de tensão, no ramal do motor em relação ao PDE, no ato de partida do mesmo;
- Para assegurar maior confiabilidade ao sistema de MPCC, (medição, proteção, comando e controle), deverá ser prevista, para alimentação dos circuitos de comando dos equipamentos, a instalação de estabilizador de tensão, a fim de garantir tensão estabilizada (220V) e imune aos transientes decorrentes das partidas dos motores;
- O projeto de iluminação, interna e externa, foi desenvolvido propondo uma solução simples, porém bastante confiável e eficiente, sob o ponto de vista da luminotécnica;
- Foi considerado para cálculo, o nível de iluminância de 250lux para a iluminação interna e de 12lux para as áreas externas;
- O projeto de sistema de aterramento das estações, subestações e dos equipamentos elétricos, foi desenvolvido observando o critério de segurança física para o pessoal de operação e, de proteção dos equipamentos quanto a eventuais surtos de tensão decorrentes de manobras, e/ou, descargas atmosféricas;
- O SPDA foi desenvolvido com base no modelo eletro-geométrico e em função de informações estatísticas quanto ao nível cerâmico da região;
- Em virtude da legislação tarifária, o Fator de Potência da instalação deverá situar-se, no mínimo, em 92%. A compensação será feita mediante a injeção de reativos com o uso de capacitores trifásicos nos ramais dos motores.

### **5.1.5 Finalidade**

Conforme descrito precedentemente, o presente projeto destina-se ao suprimento de energia elétrica para atendimento das cargas principais (motores elétricos de acionamento de bombas hidráulicas para abastecimento d'água) e demais cargas auxiliares (bomba de drenagem, iluminação interna e externa, e tomadas de energia para eventuais pequenos serviços de manutenção) da Estações de Bombeamento componentes do presente Projeto.

Para o referido Programa, a concepção hidráulica prevê as construções das Estações Elevatórias de Água Tratada EB-6/1, EB-6/2 e EB-6/3, conforme mostrado nos desenhos de Concepção Geral do Sistema de Água.

### **5.1.6 Potência Instalada**



As cargas elétricas instaladas nas Estações estão demonstradas nas Tabelas 5.1 a 5.3, correspondentes aos apresentados nas respectivas memórias de cálculo.

**Tabela 5.1 - Apresentação das Potências Instaladas em Motores e Outras Cargas - Estação Elevatória EB-6/1**

Estação Elevatória - EB 13,8 - 0,38kV				
Carga 3Ø	Quant.	Potência		Total kW Instalado
		cv	kW(*)	
Motor trifásico	2	40,00	36,76	73,52
Motor trifásico	1	1,00	1,15	1,15
Iluminação Interna/Externa			2,50	2,50
Tomada 3Ø p/manutenção	1		10,53	10,53
Tomada 1Ø p/manutenção	1		2,19	2,19

(\*) potência em kW considerando o rendimento elétrico dos motores;

(\*\*) em decorrência das condições operacionais, dos motores instalados, um se constituirá em RESERVA TÉCNICA.

**Tabela 5.2 - Apresentação das Potências Instaladas em Motores e Outras Cargas - Estação Elevatória EB-6/2**

Estação Elevatória - EB 13,8 - 0,38kV				
Carga 3Ø	Quant.	Potência		Total kW Instalado
		cv	kW(*)	
Motor trifásico	2	100,00	86,87	173,74
Motor trifásico	1	1,00	1,15	1,15
Iluminação Interna/Externa			2,50	2,50
Tomada 3Ø p/manutenção	1		10,53	10,53
Tomada 1Ø p/manutenção	1		2,19	2,19

(\*) potência em kW considerando o rendimento elétrico dos motores;

(\*\*) em decorrência das condições operacionais, dos motores instalados, um se constituirá em RESERVA TÉCNICA.

**Tabela 5.3 - Apresentação das Potências Instaladas em Motores e Outras Cargas - Estação Elevatória EB-6/3**

Estação Elevatória - EB 13,8 - 0,38kV				
Carga 3Ø	Quant.	Potência		Total kW Instalado
		cv	kW(*)	
Motor trifásico (EB-06/3.1)	2	10,00	9,61	19,22
Motor trifásico (EB-06/3.2)	2	50,00	45,88	91,76
Motor trifásico	1	1,00	1,15	1,15
Iluminação Interna/Externa			2,50	2,50
Tomada 3Ø p/manutenção	1		10,53	10,53
Tomada 1Ø p/manutenção	1		2,19	2,19

(\*) potência em kW considerando o rendimento elétrico dos motores;

(\*\*) em decorrência das condições operacionais, dos motores instalados, um se constituirá em RESERVA TÉCNICA.

Observa-se, entretanto, que as cargas aqui indicadas não representam a demanda efetiva a ser requerida pela Estação (conforme dito acima) em virtude do regime de operação das bombas que ocorrerá sempre com um dos conjuntos de moto-bomba como reserva operacional.

Como consequência, a demanda efetiva a ser requerida ao sistema alimentador da Concessionária deverá atender ao quadro de cargas representado pelas grandezas apresentadas na Tabela 5.4 a 5.6.

**Tabela 5.4 - Determinação das Potências Efetivas - Estação Elevatória EB-6/1**

Estação Elevatória - EB TRAF0 - 13,8 - 0,38kV				
Carga 3Ø	Quant.	Potência		Total kW Instalado
		cv	kW	
Motor trifásico	1	40,00	36,76	36,76
Motor trifásico	1	1,00	1,15	1,15
Iluminação Interna/Externa			2,50	2,50
Tomada 3Ø p/manutenção	1		10,53	10,53
Tomada 1Ø p/manutenção	1		2,19	2,19
<b>POTÊNCIA REQUERIDA (**) - kVA</b>				<b>57,76</b>
<b>POTÊNCIA INSTALADA EM TRAF0 - kVA</b>				<b>75</b>

(\*) considerando: f.p.=0,95 (corrigido) e o rendimento do motor;

(\*\*) considerando fator de demanda = 0,75.

**Tabela 5.5 - Determinação das Potências Efetivas - Estação Elevatória EB-6/2**

Estação Elevatória - EB TRAF0 - 13,8 - 0,38kV				
Carga 3Ø	Quant.	Potência		Total kW Instalado
		cv	kW	
Motor trifásico	1	100,00	86,87	86,87
Motor trifásico	1	1,00	1,15	1,15
Iluminação Interna/Externa			2,50	2,50
Tomada 3Ø p/manutenção	1		10,53	10,53
Tomada 1Ø p/manutenção	1		2,19	2,19
<b>POTÊNCIA REQUERIDA (**) - kVA</b>				<b>112,23</b>
<b>POTÊNCIA INSTALADA EM TRAF0 - kVA</b>				<b>112,5</b>

(\*) considerando: f.p.=0,95 (corrigido) e o rendimento do motor;

(\*\*) considerando fator de demanda = 0,75.

**Tabela 5.6 - Determinação das Potências Efetivas - Estação Elevatória EB-6/3**

Estação Elevatória - EB TRAF0 - 13,8 - 0,38kV				
Carga 3Ø	Quant.	Potência		Total kW Instalado
		cv	kW	
Motor trifásico (EB-06/3.1)	1	10,00	9,61	9,61
Motor trifásico (EB-06/3.2)	1	50,00	45,88	45,88
Motor trifásico	1	1,00	1,15	1,15
Iluminação Interna/Externa			2,50	2,50
Tomada 3Ø p/manutenção	1		10,53	10,53
Tomada 1Ø p/manutenção	1		2,19	2,19
<b>POTÊNCIA REQUERIDA (**) - kVA</b>				<b>78,12</b>
<b>POTÊNCIA INSTALADA EM TRAF0 - kVA</b>				<b>112,5</b>

(\*) considerando: f.p.=0,95 (corrigido) e o rendimento do motor;

(\*\*) considerando fator de demanda = 0,75.

## 5.1.7 Cálculo da Demanda a ser Contratada à Concessionária

### 5.1.7.1 EB-6/1

$$D=(a+b+c+d+e) / fp$$

a=iluminação e tomadas: 15,22kW

e=Potência de motores: 36,76kW

b=c=d=0

fp=0,95

$$D= 57,76kVA$$

**Obs.:** por período de 20horas/dia. A instalação não deverá operar no intervalo de ponta do sistema.

### 5.1.7.2 EB-6/2

$$D=(a+b+c+d+e) / fp$$

a=iluminação e tomadas: 15,22kW

e=Potência de motores: 88,02kW

b=c=d=0

fp=0,92

$$D= 112,23kVA$$

**Obs.:** por período de 20horas/dia. A instalação não deverá operar no intervalo de ponta do sistema.

### 5.1.7.3 EB-6/3

$$D=(a+b+c+d+e) / fp$$

a=iluminação e tomadas: 15,22kW

e=Potência de motores: 56,64kW

b=c=d=0

fp=0,92

$$D= 78,12kVA$$

**Obs.:** por período de 20horas/dia. A instalação não deverá operar no intervalo de ponta do sistema.

### 5.1.8 Subestação Principal

A subestação será do tipo aérea, com potência instalada conforme mostrado acima, e localizada, nas proximidades da edificação da Estação Elevatória, e será alimentada na tensão de 13.800 V por meio de conexão à rede de distribuição da COSERN.

Potência instalada: Transformador trifásico em banho de óleo, tipo ONAN, 112,5kVA, relação 13.800-380/220Volts, 60Hz, isolamento classe de 15kV, com cinco derivações, sendo: 1 de 4,5% acima e 3 de 4,5% abaixo da tensão nominal de 13.800Volts. Fabricado de acordo com as normas da ABNT.

#### 5.1.8.1 Entrada de Serviço

Para a instalação acima, a entrada de serviço será constituída por, Ramal de Ligação e Ramal de Entrada, aéreo conforme mostrado nos desenhos de referência.

Serão empregados materiais elétricos de comprovada qualidade e fabricados em estrita obediência ao preconizado pelas Normas da CAERN, COSERN, ABNT e Normas Internacionais quando aplicáveis.

O ramal de ligação aéreo será projetado e executado pela COSERN.

A Tabela 5.7 abaixo resume a situação para as Estações aqui consideradas.

**Tabela 5.7 - Resumo do Ramal de Ligação Aéreo - EB-6/1, EB-6/2 e EB-6/3**

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA - RAMAL DE LIGAÇÃO	
TIPO	Aéreo
CONDUTOR	Dimensionado para COSERN
POSTE AUXILIAR	300/11

#### 5.1.8.2 Proteção Primária

##### a) Contra Sobre-Tensão

A subestação será protegida contra sobre-tensão mediante o emprego de pára-raios de 12kV, para rede de distribuição, (sistema de 13.800 Volts com neutro aterrado), com capacidade de descarga, mínima, de 10 kA, cabo de escomaneto em cobre nu de seção de 50mm<sup>2</sup>, instalados na estrutura do PDE.

##### b) Contra Sobre-Corrente - Proteção Primária

A Subestação será protegida mediante o emprego de corta-circuito fusível, classe de tensão de 15kV corrente nominal de 100 A com elos fusíveis de 6 K.

### 5.1.8.3 Proteção Secundária

#### a) Contra Sobre-Tensão

A instalação será protegida contra sobre-tensão mediante o emprego de pára-raios de 380V, para sistema de alimentação secundário, (sistema de 380 Volts com neutro aterrado), com capacidade de descarga, mínima, de 5 kA, instalados na barra geral do QGDFC.

#### b) Contra Sobre-Corrente

Será obtida mediante a instalação de disjuntor geral na barra de entrada do QGDFC bem como, para cada ramal de motor.

Os disjuntores serão dotados de disparador eletrônico de sobrecorrente para proteção contra sobrecarga e curto-circuito, demais características conforme Tabela 5.8 abaixo e mostrado no diagrama unifilar.

**Tabela 5.8 - Disjuntores Tripolar - EB-6/1, EB-6/2 e EB-6/3**

PROTEÇÃO SECUNDÁRIA DISJUNTOR TRIPOLAR	EB-6/1		EB-6/2		EB-6/3		
	GERAL	MOTOR 40 cv	GERAL	MOTOR 100 cv	GERAL	MOTORES (cv)	
						10	50
TENSÃO DE ISOLAMENTO	500V	500V	500V	500V	500V	500V	500V
CAPACIDADE NOMINAL	125 A	65 A	250 A	160 A	250 A	25 A	100 A
CAPAC. DE INTERRUPÇÃO	$\geq 5\text{kA}$	$\geq 5\text{kA}$	$\geq 30\text{kA}$	$\geq 30\text{kA}$	$\geq 30\text{kA}$	$\geq 30\text{kA}$	$\geq 30\text{kA}$

**Obs.:** As curvas de disparo tempo-corrente do referido disjuntor deverão ser anexadas ao MD quando submetido à análise/aprovação da Concessionária.

### 5.1.8.4 Aterramento

A instalação terá todos os equipamentos: pára-raios, carcaça e neutro do transformador, quadro de medição, CCM's e demais partes metálicas (não energizadas), devidamente aterradas, mediante o emprego de cabo de cobre nu, flexível, têmpera mole, conforme descrito na memória de cálculo.

O sistema de aterramento consistirá de cabo e eletrodos de aterramento com as seguintes características:

- sistema único, interligado e sem emendas;
- condutor de escoamento em cabo de cobre nu, seção de 50mm<sup>2</sup>, têmpera mole protegido mecanicamente por eletroduto de PVC rígido;
- haste de aterramento, em aço com revestimento de cobre;
- posição de enterramento na vertical, em formação de malha;
- condutor da malha de terra terá seção de 50mm<sup>2</sup>.

A resistência final do sistema de aterramento não deverá ser superior a 10 ohms em qualquer época do ano.

**Tabela 5.9 - Sistema de Aterramento - EB-6/1, EB-6/2 e EB-6/3**

SISTEAM DE ATERRAMENTO	
COND. ESCOAMENTO (mm <sup>2</sup> )	50
HASTE DE TERRA (Ø" x m)	3/4" x 2,40
ELETRODUTO PROTEÇÃO (PVC)	1"

#### 5.1.8.5 Medição de Faturamento

Considerando as potências instaladas na subestação, a medição será feita no lado do circuito de baixa tensão (380V), à montante do disjuntor geral de entrada (proteção secundária) conforme preconizam as Normas da COSERN.

Será feita a medição de: energia ativa (kW-h), demanda (kW) e à critério da COSERN, a energia reativa (kVAr-h).

#### a) Cabos de Alta Tensão

No trecho aéreo da entrada os cabos de alta tensão serão em alumínio de 1/0AWG-CAA.

#### b) Cabos de Baixa Tensão - 380 V

**Seção** - Os cabos condutores de energia que serão empregados na instalação serão compostos de fios de cobre, encordoamento classe 2, têmpera mole, enchimento e cobertura em composto termofixo (EPR/XLPE), cobertura de PVC, tipo unipolar, classe de tensão de 0,6/1 kV e fabricados de acordo com as Normas da ABNT, principalmente: NBR- 6880, NBR-7286 e NBR-6244.

**Tabela 5.10 - Cabos Condutores da Estação Elevatória- EB-6/1, EB-6/2 e EB-6/3**

CABOS CONDUTORES	Estações Elevatórias (mm <sup>2</sup> )		
	EB-6/1	EB-6/2	EB-6/3
SECUND. TRANSFORMADOR PRINCIPAL	50	95 e 50	95 e 50
RAMAL DO MOTOR	16	70	25 e 6
SERV. AUXILIARES	4 - 2,5 e 1,5	6 - 4 - 2,5	6 - 4 - 2,5

**Instalação** - Os cabos (alimentação dos motores, iluminação, etc.) serão instalados de forma mista (canaleta, eletrocalha, duto flexível, etc.) conforme mostrado nos detalhes do projeto.

#### 5.1.8.6 Conexões Elétricas

Todas as conexões elétricas serão do tipo “a parafuso/cavilhada” com arruela de pressão.

Não serão empregadas conexões soldadas (com exceção das conexões especiais do sistema de aterramento que deverão ser do tipo solda exotérmica).

#### 5.1.8.7 Proteção Contra Incêndio

Foram previstos dois extintores de incêndio de 8kg, Classe "C", sendo: um de pó químico seco instalado no lado de dentro do cubículo do disjuntor e outro, de CO<sub>2</sub>, instalado próximo ao transformador da subestação.

### 5.1.9 Condições Operacionais

#### 5.1.9.1 Proteção dos Motores

A proteção contra curto-circuito será obtida mediante a instalação de disjuntor-motor de proteção do ramal do respectivo motor.

O dimensionamento desses disjuntores acha-se conforme a respectiva memória de cálculo.

Os disjuntores serão dotados de disparador eletrônico de sobrecorrente para proteção contra sobrecarga e curto-circuito, demais características conforme Tabela 5.11 abaixo.

**Tabela 5.11 - Características do Ramal dos Motores - EB-6/1, EB-6/2 e EB-6/3**

PROTEÇÃO SECUNDÁRIA DISJUNTOR TRIPOLAR	EB-6/1	EB-6/2	EB-6/3	
	MOTOR 40 cv	MOTOR 100 cv	MOTORES (cv)	
			10	50
TENSÃO DE ISOLAMENTO	500V	500V	500V	500V
CAPACIDADE NOMINAL	65 A	160 A	25 A	100 A
CAPAC. DE INTERRUPÇÃO	$\geq 5\text{kA}$	$\geq 30\text{kA}$	$\geq 30\text{kA}$	$\geq 30\text{kA}$

A proteção contra sobrecarga, sub-carga, inversão ou falta de fase, será provida pelo sistema de proteção incorporado na Chave de Partida (soft-starter) além de relé de sobrecarga específico em cada ramal de motor.

#### 5.1.9.2 Partida de Motores

Os estudos demonstrados no capítulo da Memória de Cálculo relativo às condições de partida desses motores, concluem pela necessidade do emprego de método de partida com limitação da corrente em razão dos valores encontrados para a Queda de Tensão decorrente da partida dos mesmos.

Dessa forma torna-se necessária a adoção de dispositivos atenuadores de corrente de partida, resultando na aplicação de acionadores de partida tipo Chave Estática, com valores calculados para as quedas de tensão dentro dos limites preconizados pela NBR-5410/97.

#### 5.1.9.3 Alternância dos Motores das Bombas

O conjunto de bombas para a formação da sequência da ordem de entrada em operação deverá levar em conta a bomba que estava na posição de RESERVA OPERACIONAL.

Para a realização dessa configuração, seguindo os critérios apresentados pela CAERN, foi projetado sistema de comando/controle para alternância das bombas baseado em configuração a ser efetuada, automaticamente, pelo sistema de comando/controle da Estação.



## 5.2 SISTEMA DE AUTOMAÇÃO

A operação das Estações de Bombeamento da Subadutora para Serra de São Bento e Monte das Gameleiras será supervisionada e controlada em função do nível de água dos reservatórios de jusante, os quais serão abastecidos pelas operações das bombas das EBs 06/1, 06/2 e 06/3, bem como pelos níveis d'água nos reservatórios de montante (supridor).

O gerenciamento das ordens de partida/parada das bombas será feito por Controlador Lógico Programável - PLC instalados nas Estações de Bombeamento.

Os sinais analógicos/digitais necessários à operação/interpretação do PLC serão transmitidos por meio de ondas de rádio VHF/UHF.

O Controlador Lógico Programável efetuará o rodízio da seqüência de entrada em operação das bombas, sempre que for iniciado um novo ciclo de trabalho.

Por novo ciclo de trabalho, entende-se o ciclo seguinte a cada vez que o reservatório encher, ou seja, ao ser desligada a bomba que se encontrava em operação encerra-se um ciclo de trabalho, ao ser necessário novo bombeamento para reposição do reservatório, será iniciado novo ciclo de trabalho. Nessa situação será realizado inicialmente o rodízio das bombas (a efetiva e a reserva), para novo ciclo de operação das mesmas.

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

- ordem de partida dos grupos;
- seqüência de religação dos grupos;
- segurança dos grupos;
- segurança da estação;
- sinalização e seqüência de alarmes.

O PLC deverá levar em conta a integridade das informações que deverão ser supervisionadas/controladas. O PLC deverá ser dimensionado para o equipamento completo da Estação (para todos os dois grupos).

Antes de serem levadas em conta pelo PLC, todas as informações serão temporizadas pelo programa (ajustagem de 0 a 3 minutos, pelo menos, para falhas hidráulicas), afim de não perturbar o funcionamento com falhas fictícias. As informações levadas em conta serão em seguida memorizadas pelo Controlador.

As seguintes seguranças operacionais deverão ser previstas:

- nível baixo de sucção;
- paradas de emergência (de ordem elétrica / mecânica / hidráulica);

- falha na alimentação de energia;
- ação dos termostatos dos transformadores (quando existentes);
- ação do relé Bucholtz dos transformadores (quando existente);
- disjuntor de baixa tensão aberto;
- falha no sentido de rotação de fases.

Em, resumo, o automatismo das Estações de Bombeamento deverão obedecer, em princípio, ao estabelecido no diagrama funcional lógico a seguir (Figura 5.1).

Para possibilitar a transmissão das informações do status operativo das EBs 06/1, 06/2 e 06/3, para a Central de Supervisão e Controle, dentro da filosofia de modernização do Sistema de Controle e Supervisão do Sistema de Automação da Adutora Monsenhor Expedito, será instalado em cada EB um Paineiro Microprocessador.

A Figura 5.2 ilustra um desenho esquemático do Paineiro Microprocessador a ser instalado nas EBs 06/1, 06/2 e 06/3.

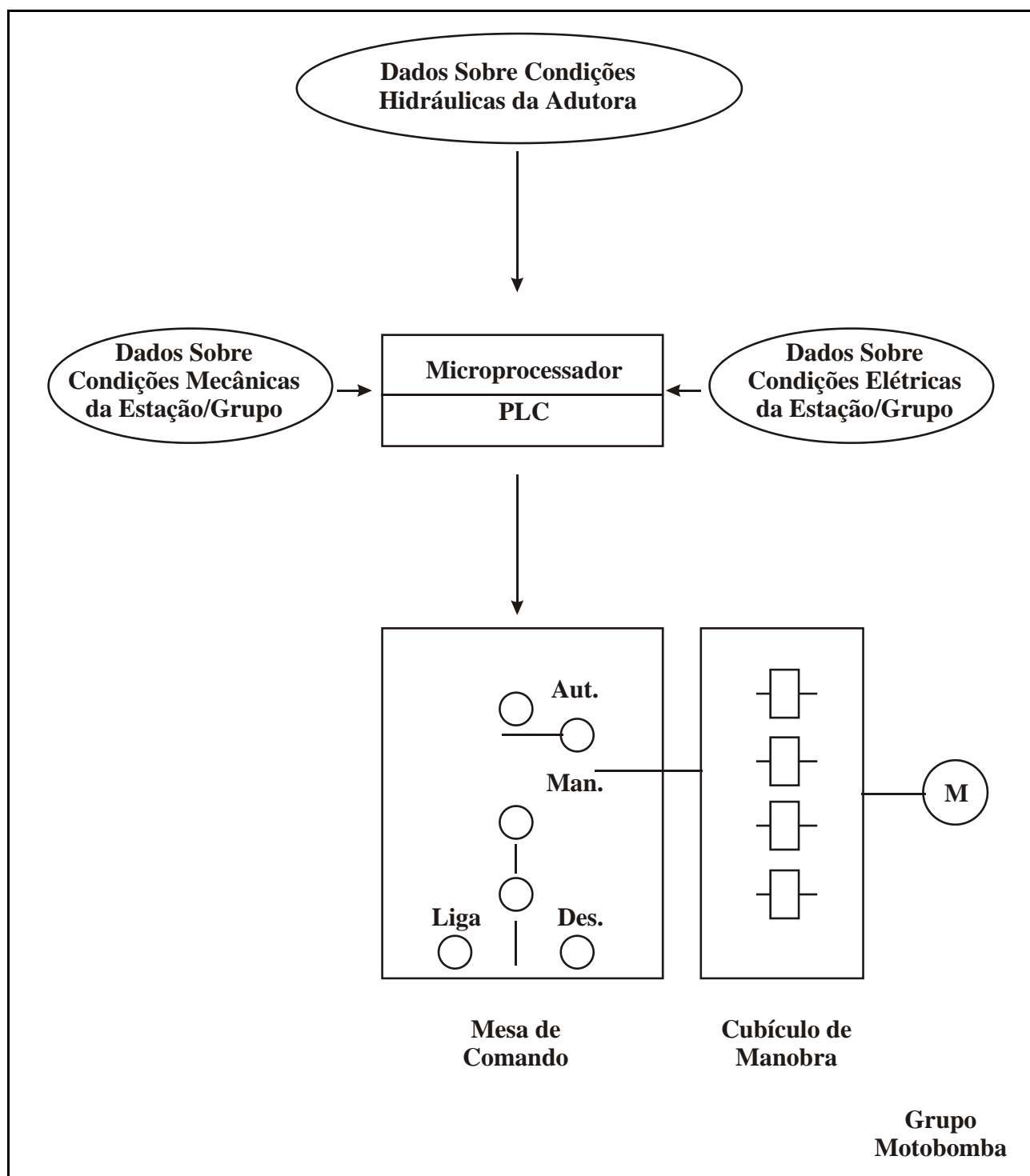
A transferência de dados entre as Estações de Bombeamento da Adutora monsenhor Expedito e a central de Supervisão e Controle será processada conforme mostra a Figura 5.3.

Todos os Dados, Nível, Vazão, Pressão, etc., são enviados diretamente para a Central de Supervisão e Controle, a qual através de um Software comandará e supervisionará automaticamente todas as Estações de bombeamento e Reservatórios da Adutora. Nas Estações de bombeamento também existirá a possibilidade, através de chave seletora, de ser acionada manualmente as suas bombas.

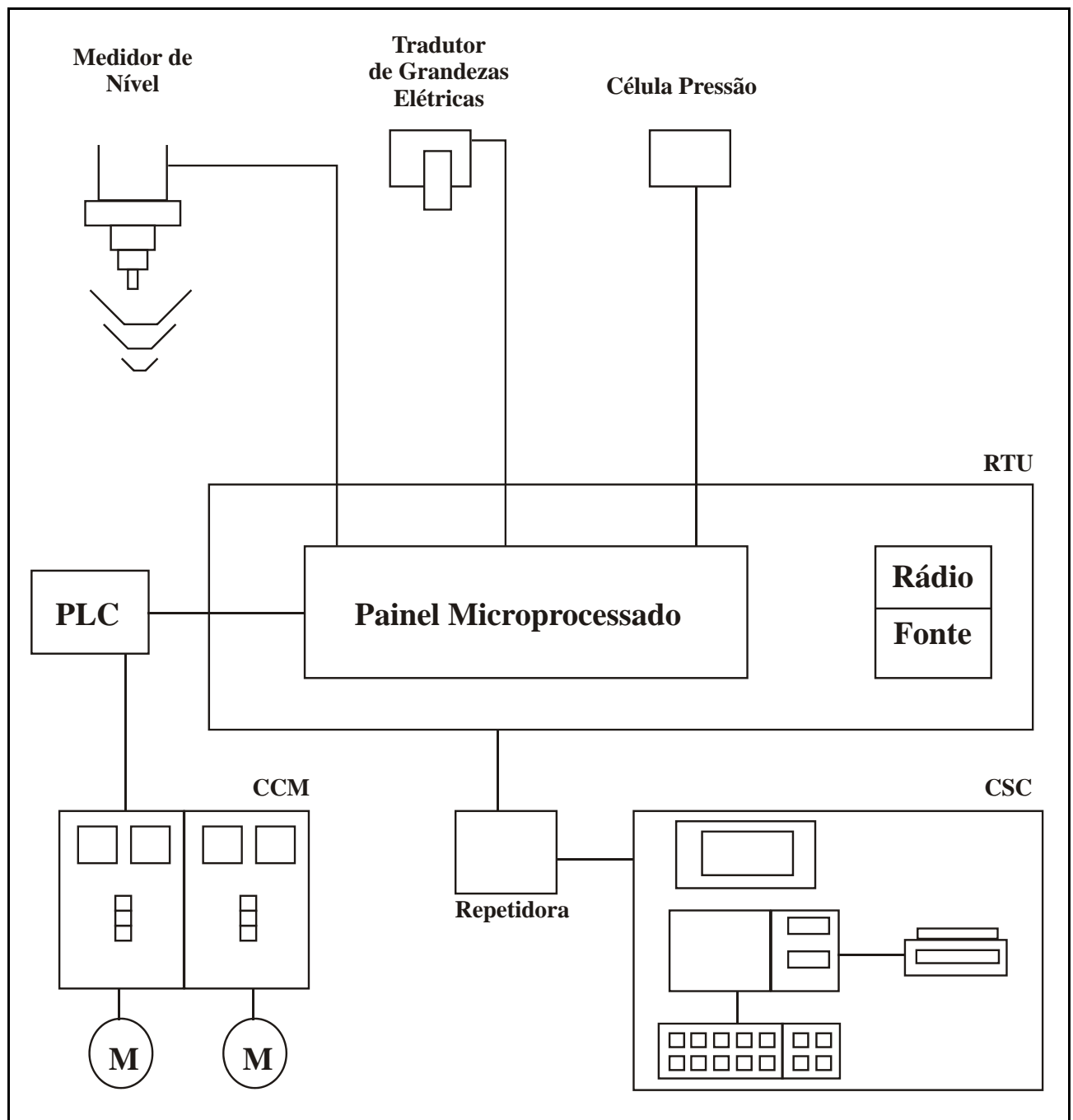
Na Central de Supervisão e Controle, também será possível operar remotamente as bombas, das Estações de Bombeamento, no modo manual.

No Anexo 3, apresenta-se uma proposição para Modernização do Sistema de Automação da Adutora Monsenhor Expedito.

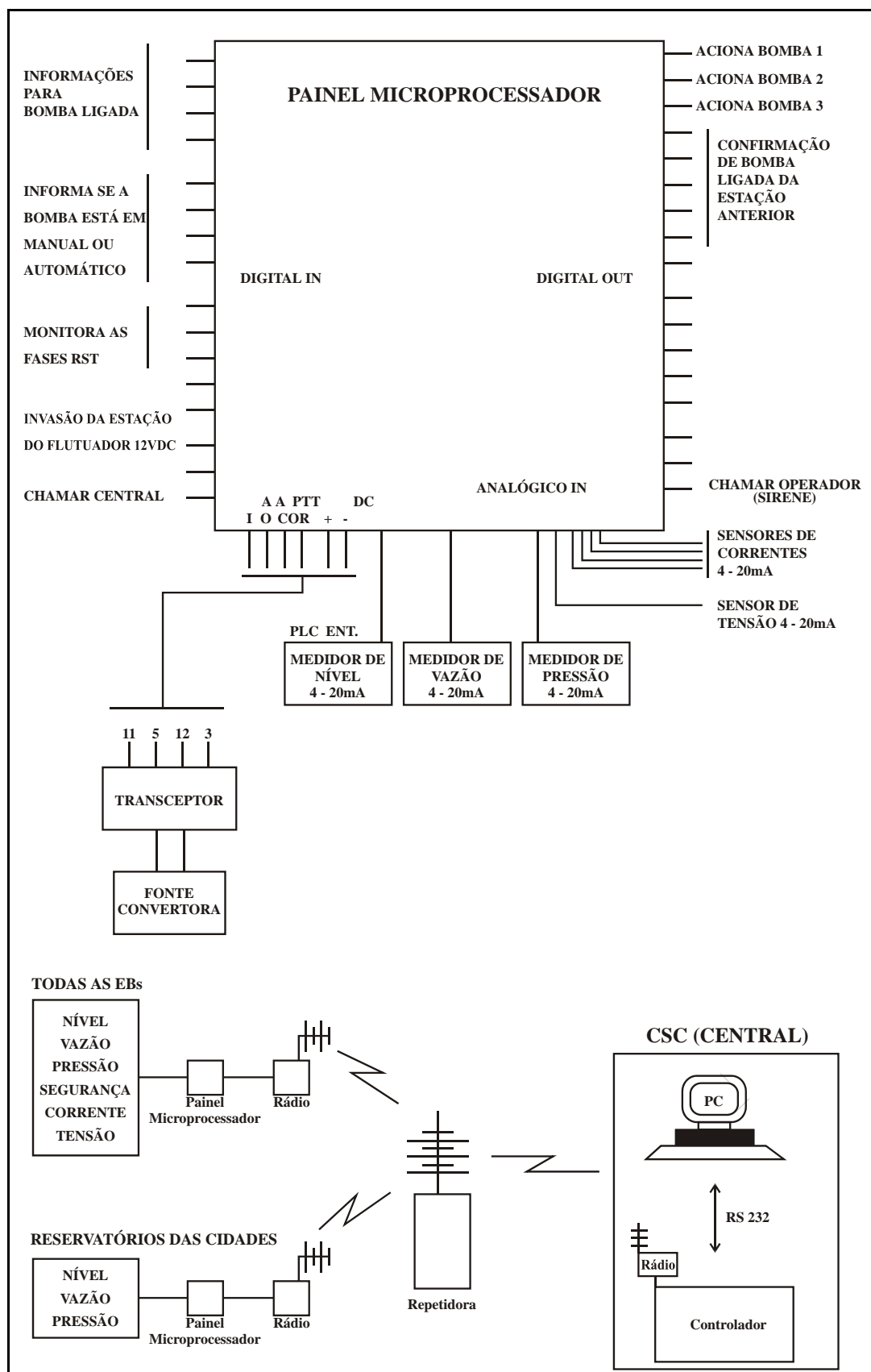
**Figura 5.1 - Diagrama Funcional Simplificado**



**Figura 5.2 - Desenho Esquemático do Painel Microprocessador da EB-16/1**



**Figura 5.3 - Desenho Esquemático da Transmissão de Dados Entre as Estações de Bombeamento e a Central de Supervisão e Controle**



## **5.2.1 Características do Sistema de Transmissão de Sinais Via Rádio**

### **5.2.1.1 Definição dos Sistemas**

Os seguintes sistemas de telecomunicações deverão ser implantados para atender ao empreendimento.

#### **a) Sistema de Transmissão de Dados**

- Estação de Rádio UHF - Simplex, para Transmissão de Dados;
- Sistema de Alarme para os operadores manualmente ligarem ou desligarem as bombas, caso o Sistema Automático não o faça;
- Painel Eletrônico Microprocessado com informações relativas para ligar e desligar a bomba, com alarme informativo após o número de tentativas infrutíferas.

#### **b) Sistema de Comunicação de Voz**

- Estação de Base Fixa em VHF.

### **5.2.1.2 Descrição dos Sistemas**

#### **a) Sistema de Transmissão de Dados**

É um sistema totalmente independente do Sistema de Comunicação de Voz, que será composto de:

- Estações de Rádios de Base (Fixas)

Serão instalados nas Estações de Bombeamento (EBs) e nos Reservatório Elevado da cidade de Serra de São Bento e Stand-Pipes 1 e 2 com os transceptores programados na frequência Simplex, em UHF, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> ou F<sub>3</sub> e respectivos subtons, de modo a propiciar a transmissão de informações relativas aos níveis das bóias dos reservatórios e dos poços de sucção das EBs.

#### **b) Sistema de Comunicação de Voz**

Será um sistema totalmente independente do sistema de transmissão de dados, de modo a propiciar uma comunicação de voz, a qualquer tempo entre todas as Estações de Bombeamento da Adutora Monsenhor Expedito, utilizando-se de um par de frequência, semiduplex em VHF.

### **5.2.1.3 Equipamentos**

Conforme descrito anteriormente, o Projeto de Automação será composto de 2 (dois) Sistemas totalmente independentes e inclusive com equipamentos próprios para transmissão de dados e comunicação de voz.

Para implantação dos dois Sistemas, foram previstos os seguintes equipamentos para cada Estação de Bombeamento:

**a) Transmissão de Dados**

- 01 (uma) Estação fixa, completa, UHF, modelo M-130, com faixa de frequência de 450 a 470 MHz, tipo de emissão 16KOF3EJN, com 25 watts de potência de saída em RF, totalmente transistorizado, com até 02 canais programáveis em memória “EEPROM”, dotado de controles e alto-falantes incorporados no painel frontal, compostas de:
  - 02 (dois) transceptores M-130, 02 canais, 25 watts, UHF;
  - 02 (duas) fontes de alimentação 110/220 Vac -12 Vdc, 16 Ampères;
  - 02 (duas) antenas Yagi, diretiva, com 06 elementos, 10 dB de ganho;
  - 50 (cinquenta) metros de cabos coaxial RG-213 c/ conectores;
  - 02 (dois) painéis microprocessadores para codificação/transmissão dos níveis das bóias para comando das bombas.

**Obs.: Instalação das Antenas:**

As antenas previstas nos itens anteriores serão instaladas em postes constituídos de tubos galvanizados, diâmetro 1 1/2", fixados externamente na estrutura das Elevatória/Reservatório, de modo a atingir a altura de 2m em relação ao teto da estrutura das Elevatórias/Reservatórios e facilmente removíveis e repostos para manutenção e eventual troca de antenas após determinado período de uso.

Para tanto serão necessários varas de tubos galvanizadas de 1 1/2" (comprimento 6m), com os cortes necessários em cada caso.

**b) Transmissão de Voz**

- 01 (uma) Estação Fixa, completa, modelo GM-300, VHF, 16 (dezesesseis) canais, 45 watts, composta de:
  - 02 (dois) transceptores GM-300, 16 canais, 45 watts, VHF;
  - 02 (duas) fontes de alimentação 110/220 Vac - 12 Vdc, 16 ampères c/ flutuação;
  - 02 (duas) antenas com 06 dB de ganho;
  - 50 (cinquenta) metros de cabo coaxial RG-213 c/ conectores.

**Obs.1: Instalação das Antenas**

As antenas, serão instaladas em postes constituídos de tubos galvanizados, diâmetro de 2", fixados externamente na estrutura das Elevatória/Cabine, de modo a atingir a altura de 10m em relação ao solo e facilmente removíveis e repostos para manutenção e eventual troca de antenas após determinado período de uso.

Para tanto serão necessários varas de tubos galvanizadas de 2" (comprimento 6m), com os cortes necessários em cada caso.

**Obs.2: Baterias**

Externamente na Elevatória dotada com Estação Fixa para Comunicação de Voz, em caixas protetoras próprias, deverá ser instalada bateria para permitir o uso de equipamentos de rádio, nos caso de falta de energia elétrica, a saber:

- Bateria de 12V. 180 Ampères/hora.

## **6. QUANTITATIVOS E CUSTOS**

Apresenta-se a seguir a estimativa dos quantitativos e custos dos serviços, fornecimento e montagem de equipamentos, tubos peças e acessórios das obras integrantes da Subadutora para Serra de São Bento e Monte das Gameleiras.

Os custos unitários considerados foram obtidos, em sua maioria, da listagem de custos unitários da CAERN (Março/2004) e dos equipamentos, a partir de consultas a fabricantes.



# ANEXOS

---

## **Anexo 1 - Memória de Cálculo**

## MEMÓRIA DE CÁLCULO

### 1 - Cálculo de Dimensionamento dos TAU's

#### 1.1 - Cálculo das Vazões de Drenagem e Volumes Úteis

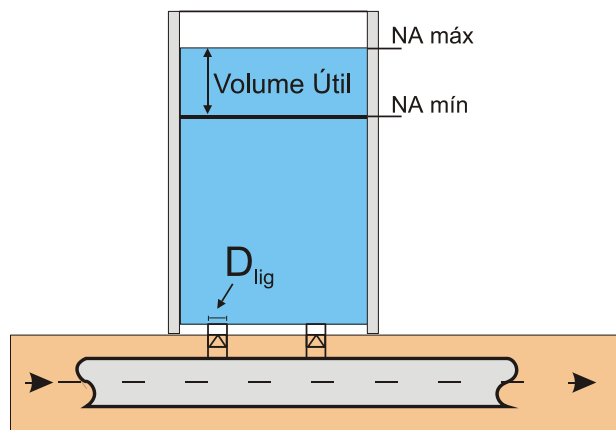
Tanque de Amortecimento Unidirecional 1							
L (m)	h (m)	T (s)	L/a (s)	T+L/a (s)	Qdrer.TAU (m³/s)	Volume TAU (m³)	Δh (m)
123,00	60,00	1,70	1,02	2,73	0,0144	0,039	0,013

Q <sub>0</sub> (m³/s)	0,01441
A/D=0,15m (m²)	0,018
Celeridade (m/s)	1.202
A/D=2,00m (m²)	3,14
D (m)	0,15
A (m²)	0,018

Tanque de Amortecimento Unidirecional 2							
L (m)	h (m)	T (s)	L/a (s)	T+L/a (s)	Qdrer.TAU (m³/s)	Volume TAU (m³)	Δh (m)
4.820,00	51,00	7,67	3,82	11,49	0,0063	0,072	0,023

Q <sub>0</sub> (m³/s)	0,00625
A/D=0,15m (m²)	0,008
Celeridade (m/s)	1.262
A/D=2,00m (m²)	3,14
D (m)	0,10
A (m²)	0,0079

#### 1.2 - Dimensionamento das Linhas de Ligação com a Subadutora (D<sub>lig</sub>)



### 1.2.1 - TAU 1

$$D_{lig} = 150 \text{ mm} \Rightarrow A = 0,018 \text{ m}^2 \therefore V = \frac{0,0144}{0,018} = 0,80 \text{ m/s}$$

$$\frac{V^2}{2g} = 0,033 \text{ m} \therefore \frac{4V^2}{2g} = 0,13 \text{ m (perdas de carga - total)}$$

$$NA_{\min} \text{ no interior do TAU} = 369,92 - 0,013 = 369,907 \text{ m}$$

$$NA_{\min} \text{ no interior da ADUTORA} = 369,907 - 0,13 = 369,78 \text{ m}$$

### 1.2.2 - TAU 2

$$D_{lig} = 100 \text{ mm} \Rightarrow A = 0,0078 \text{ m}^2 \therefore V = \frac{0,00625}{0,0078} = 0,80 \text{ m/s}$$

$$\frac{V^2}{2g} = 0,033 \text{ m} \therefore \frac{4V^2}{2g} = 0,13 \text{ m (perdas de carga - total)}$$

$$NA_{\min} \text{ no interior do TAU} = 529,88 - 0,023 = 529,857 \text{ m}$$

$$NA_{\min} \text{ no interior da ADUTORA} = 529,857 - 0,13 = 529,73 \text{ m}$$

### 1.3 - Verificação dos Tempos de Enchimento dos TAUs

Dados dos Ramais de Enchimento	TAU-1	TAU-2
Carga estática disponível (H)	34,00	4,00
Coefficiente de atrito (f)	0,030	0,030
Coefficiente de perdas localizadas ( $K_s$ )	4,00	4,00
Diâmetro do tubo D (m)	0,05	0,05
Área do tubo A (m <sup>2</sup> )	$1,96 \times 10^{-3}$	$1,96 \times 10^{-3}$
Vazão de enchimento Q (m <sup>3</sup> /s)	0,0124	0,0057
Altura do NA (m)	21,00	9,00
Volume de enchimento inicial (m <sup>3</sup> )	65,97	28,27
Tempo de enchimento inicial (min)	89,00	83,00
Volume drenagem máximo	0,039	0,072
Tempo de reenchimento (min)	3,15	12,63

**Obs.:** Comprimento das linhas:  $H = \left( \frac{f L}{D} + K_s \right) \frac{Q^2}{(2g A^2)}$

- TAU 1\* = 21,00 m

- TAU 2\* = 9,00 m

(\*) Altura da obra + 1m (embutido no terreno)

## 2 - Curvas dos Sistemas Hidráulicos

### 2.1 - Cálculo da Curva do Sistema: EB-6/1 - EB-6/2

Vazão do Sistema = 14,41 l/s  
 Número de Bombas = 1 Reserva = 1 Total de Bombas = 2  
 Vazão por Bomba = 14,41 l/s

#### Perdas de Carga Acidentais em Peças Especiais

Peça	Sucção DN = 150			Recalque DN = 100		
	K	Quant.	K total	K	Quant.	K total
Curva de raio longo	0,4	1	0,4	0,4	1	0,4
Curva de raio curto (cotovelo)	0,9		0	0,9		0
Curva de 45°	0,2		0	0,2		0
Cotovelo de 45°	0,4		0	0,4		0
Curva de 22°30'	0,1		0	0,1		0
Crivo	0,75		0	0,75		0
Ampliação	0,3		0	0,3	1	0,3
Redução gradual	0,15	1	0,15	0,15		0
Registro de gaveta aberto	0,2	1	0,2	0,2	1	0,2
Registro de globo aberto	10		0	10		0
Registro de ângulo aberto	5		0	5		0
Junção de 45°	0,4		0	0,4	1	0,4
Tê, passagem estreita	0,6		0	0,6		0
Tê, saída lateral	1,3		0	1,3		0
Válvula Controladora da Bomba	1,8		0	5	1	5
Válvula de retenção	2,5		0	2,5	1	2,5
Válvula de pé	1,75		0	1,75		0
Total			0,75			8,8
Perdas Localizadas (m)			0,037			1,630
Perdas Localizadas Totais(m)						1,667

#### Cálculo da Perda de Carga Distribuída na Tubulação de Recalque

Q (l/s)	L (m)	DN	V (m/s)	K	Perda Unit (m/m)	Perda Atrito (m)
14,41	11874	150	0,82	0,2	0,005172	61,41

#### Cálculo da Altura Manométrica

Sucção		Recalque		Altura Geométrica		Perdas de Carga (m)	Alturas Manométricas	
NAmin (m)	Namáx (m)	NAmin (m)	Namáx (m)	Mín. (m)	Máx. (m)		Máx. (m)	Mín. (m)
188,50	191,50	219,00	222,00	27,50	33,50	63,08	96,58	90,58

#### Bomba Escolhida

Marca: KSB  
 Modelo: Etanorm 40-250  
 Rotação: 3500 rpm

#### Cálculo da Potência da Bomba

Q (l/s)	Alt. Manométrica (m)		Rendimento		Potência (HP)		
	Máx.	Mín	Bomba	Motor	Bomba	Moto-Bomba	Comercial
14,41	96,58	90,58	0,56	0,85	33,13	38,98	40,00

#### Cálculo do NPSH Disponível

Z (m)	Pa (kgf/cm²)	Pv (20°C) (hgf/cm²)	Perda Suc. (m)	NPSH disp (m)	NPSH req (m)	NPSH res (m)
0,38	0,95	0,024	0,037	9,60	1,90	7,70

**Curva do Sistema**

Tubulação de recalque

Q (l/s): 14,41 Perda =  $K_1 Q^2$   
 Perda (m): 61,41  $K_1 =$  295734,92

Alturas geométricas

Máxima: 33,50

Mínima: 27,50

Perdas Localizadas

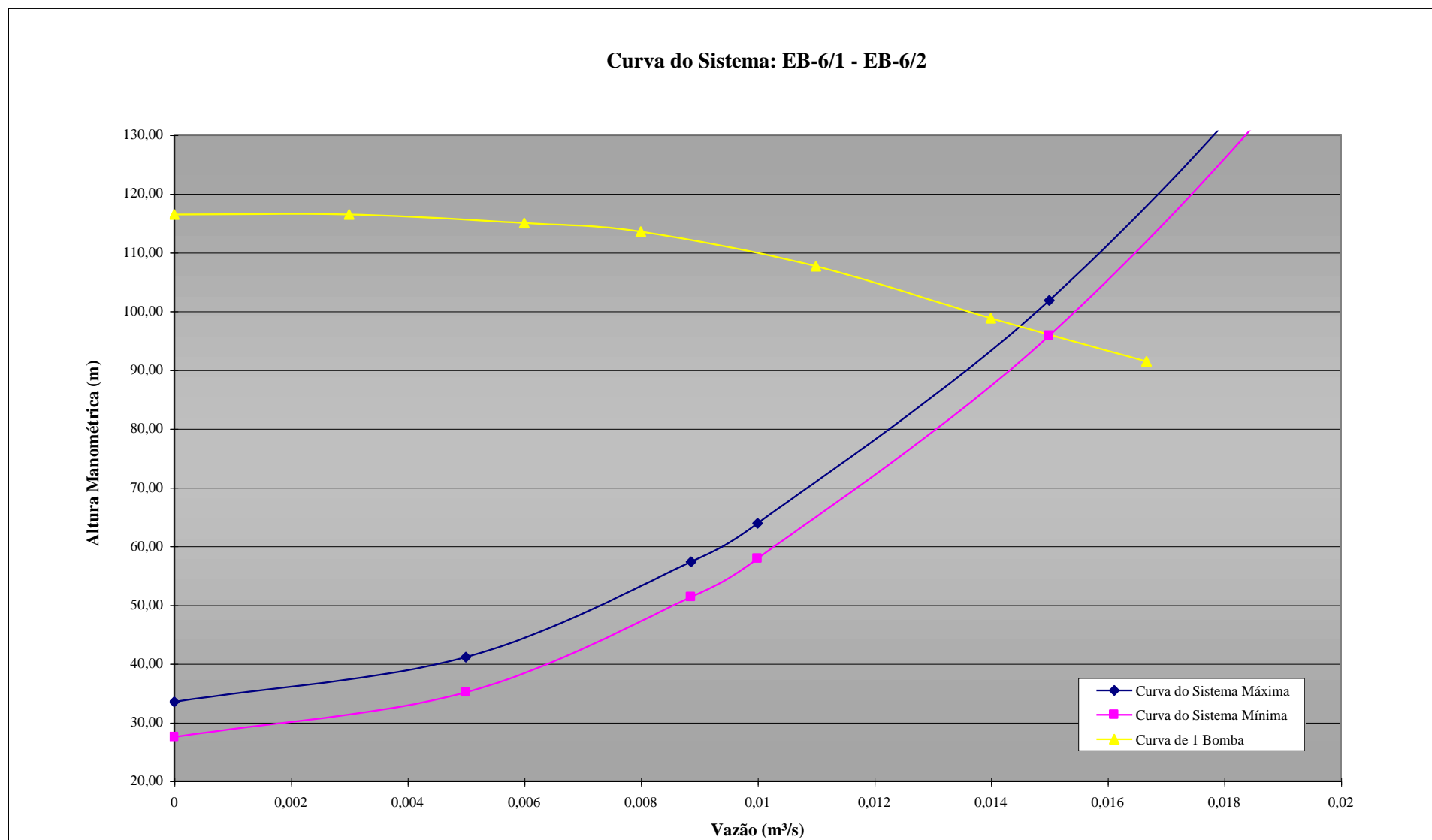
Sucção: 0,037 Perda =  $K_S Q^2$  Perda =  $K_R Q^2$   
 Recalque: 1,630  $K_S =$  179,53  $K_R =$  7849,56

**Curva do Sistema**

Q (l/s)	Q (m³/s)	Alt. Manométrica (m)	
		Máx.	Mín.
0	0,000	33,50	27,50
5	0,005	41,09	35,09
8,86	0,009	57,35	51,35
10	0,010	63,88	57,88
15	0,015	101,85	95,85
20	0,020	155,01	149,01
25	0,025	223,35	217,35

**Curva da Bomba**

Q (m³/h)	Q (m³/s)	Alt. Man. (m)
	1 Bomba	
0	0,000	116,47
10	0,003	116,47
20	0,006	115,00
30	0,008	113,53
40	0,011	107,65
50	0,014	98,82
60	0,017	91,47



## 2.2 - Cálculo da Curva do Sistema: EB-6/2 - Stand-Pipe 1

Vazão do Sistema = 14,41 l/s  
 Número de Bombas = 1 Reserva = 1 Total de Bombas = 2  
 Vazão por Bomba = 14,41 l/s

### Perdas de Carga Acidentais em Peças Especiais

Peça	Sucção DN = 150			Recalque DN = 100		
	K	Quant.	K total	K	Quant.	K total
Curva de raio longo	0,4	1	0,4	0,4	1	0,4
Curva de raio curto (cotovelo)	0,9		0	0,9		0
Curva de 45°	0,2		0	0,2		0
Cotovelo de 45°	0,4		0	0,4		0
Curva de 22°30'	0,1		0	0,1		0
Crivo	0,75		0	0,75		0
Ampliação	0,3		0	0,3	1	0,3
Redução gradual	0,15	1	0,15	0,15		0
Registro de gaveta aberto	0,2	1	0,2	0,2	1	0,2
Registro de globo aberto	10		0	10		0
Registro de ângulo aberto	5		0	5		0
Junção de 45°	0,4		0	0,4	1	0,4
Tê, passagem estreita	0,6		0	0,6		0
Tê, saída lateral	1,3		0	1,3		0
Válvula Controladora da Bomba	1,8		0	5	1	5
Válvula de retenção	2,5		0	2,5	1	2,5
Válvula de pé	1,75		0	1,75		0
Total	0,75			8,8		
Perdas Localizadas (m)	0,037			1,630		
Perdas Localizadas Totais(m)				1,667		

### Cálculo da Perda de Carga Distribuída na Tubulação de Recalque

Q (l/s)	L (m)	DN	V (m/s)	K	Perda Unit (m/m)	Perda Atrito (m)
14,41	4246	150	0,82	0,2	0,005172	21,96

### Cálculo da Altura Manométrica

Sucção		Recalque		Altura Geométrica		Perdas de Carga (m)	Alturas Manométricas	
NAmin (m)	Namáx (m)	NAmin (m)	Namáx (m)	Mín. (m)	Máx. (m)		Máx. (m)	Mín. (m)
219,00	222,00	405,00	405,00	183,00	186,00	23,63	209,63	206,63

### Bomba Escolhida

Marca: KSB  
 Modelo: WKL-80/3  
 Rotação: 3500 rpm

### Cálculo da Potência da Bomba

Q (l/s)	Alt. Manométrica (m)		Rendimento		Potência (HP)		
	Máx.	Mín.	Bomba	Motor	Bomba	Moto-Bomba	Comercial
14,41	209,63	206,63	0,50	0,85	80,55	94,77	100,00

### Cálculo do NPSH Disponível

Z (m)	Pa (kgf/cm²)	Pv (20°C) (hgf/cm²)	Perda Suc. (m)	NPSH disp (m)	NPSH req (m)	NPSH res (m)
1,75	0,95	0,024	0,037	10,97	1,90	9,07



**Curva do Sistema**

Tubulação de recalque

Q (l/s): 14,41 Perda =  $K_1 Q^2$   
 Perda (m): 21,96  $K_1 =$  105751,26

Alturas geométricas

Máxima: 186,00

Mínima: 183,00

Perdas Localizadas

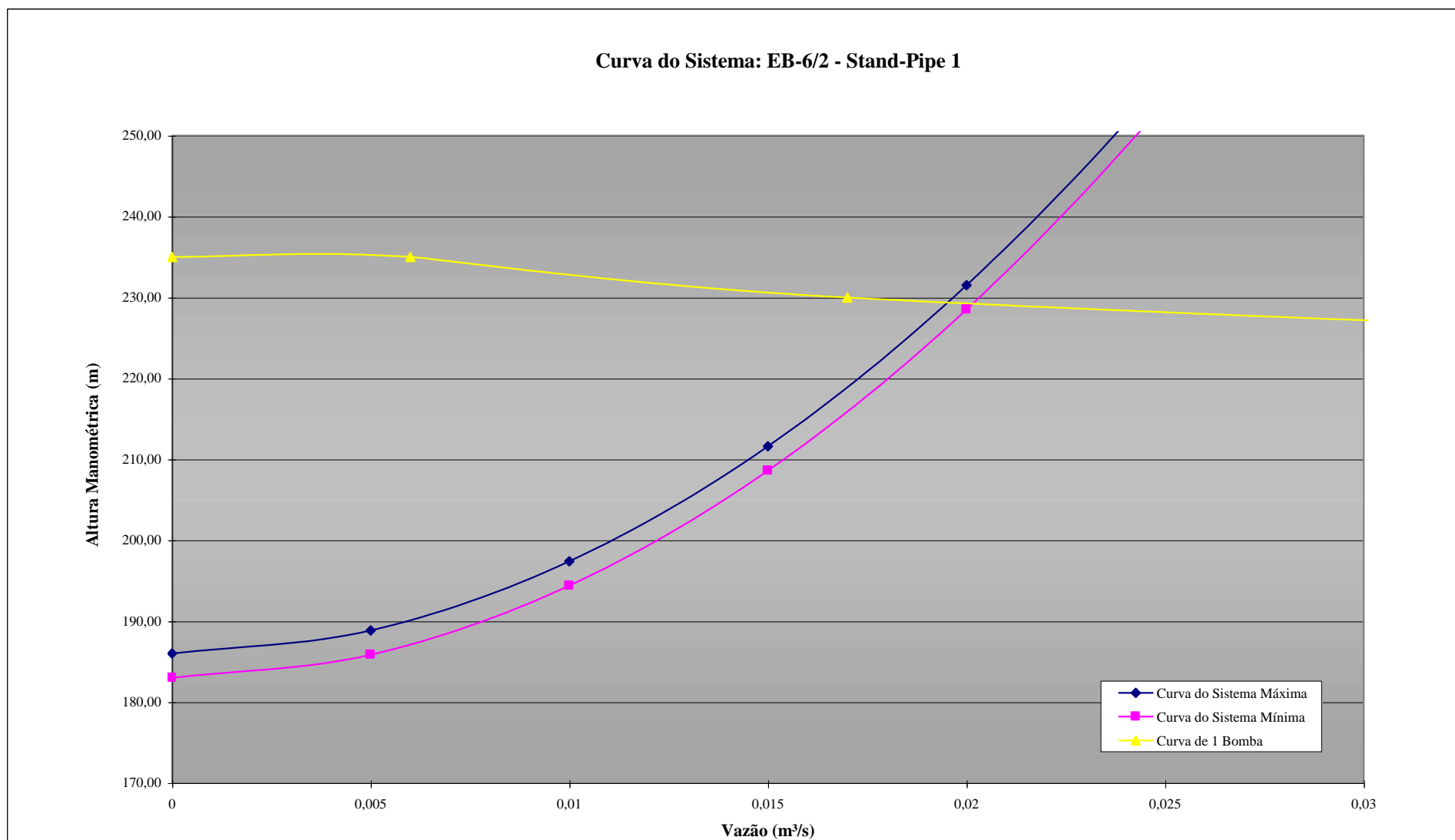
Sucção: 0,037 Perda =  $K_S Q^2$  Perda =  $K_R Q^2$   
 Recalque: 1,630  $K_S =$  179,53  $K_R =$  7849,56

**Curva do Sistema**

Q (l/s)	Q (m³/s)	Alt. Manométrica (m)	
		Máx.	Mín.
0	0,000	186,00	183,00
5	0,005	188,84	185,84
10	0,010	197,38	194,38
15	0,015	211,60	208,60
20	0,020	231,51	228,51
25	0,025	257,11	254,11
30	0,030	288,40	285,40

**Curva da Bomba**

Q (m³/h)	Q (m³/s)	Alt. Man. (m)
	1 Bomba	
0	0,000	235,00
20	0,006	235,00
60	0,017	230,00
80	0,020	195,00
140	0,039	148,00
150	0,042	115,00



### 2.3 - Cálculo da Curva do Sistema: EB-6/3 - Stand-Pipe 2

Vazão do Sistema = 6,25 l/s  
 Número de Bombas = 1      Reserva = 1      Total de Bombas = 2  
 Vazão por Bomba = 6,25 l/s

#### Perdas de Carga Acidentais em Peças Especiais

Peça	Sucção DN = 150			Recalque DN = 80		
	K	Quant.	K total	K	Quant.	K total
Curva de raio longo	0,4	1	0,4	0,4	1	0,4
Curva de raio curto (cotovelo)	0,9		0	0,9		0
Curva de 45°	0,2		0	0,2		0
Cotovelo de 45°	0,4		0	0,4		0
Curva de 22°30'	0,1		0	0,1		0
Crivo	0,75		0	0,75		0
Ampliação	0,3		0	0,3		0
Redução gradual	0,15	1	0,15	0,15		0
Registro de gaveta aberto	0,2	1	0,2	0,2	1	0,2
Registro de globo aberto	10		0	10		0
Registro de ângulo aberto	5		0	5		0
Junção de 45°	0,4		0	0,4	1	0,4
Tê, passagem estreita	0,6		0	0,6		0
Tê, saída lateral	1,3		0	1,3		0
Válvula Controladora da Bomba	1,8		0	5	1	5
Válvula de retenção	2,5		0	2,5	1	2,5
Válvula de pé	1,75		0	1,75		0
Total	0,75			8,5		
Perdas Localizadas (m)	0,007			0,749		
Perdas Localizadas Totais(m)				0,756		

#### Cálculo da Perda de Carga Distribuída na Tubulação de Recalque

Q (l/s)	L (m)	DN	V (m/s)	K	Perda Unit (m/m)	Perda Atrito (m)
6,25	10728	100	0,80	0,2	0,008225	88,24

#### Cálculo da Altura Manométrica

Sucção		Recalque		Altura Geométrica		Perdas de Carga (m)	Alturas Manométricas	
NAmin (m)	Namáx (m)	NAmin (m)	Namáx (m)	Mín. (m)	Máx. (m)		Máx. (m)	Mín. (m)
396,30	399,30	534,00	534,00	134,70	137,70	88,99	226,69	223,69

#### Bomba Escolhida

Marca: KSB  
 Modelo: WKL-80/3  
 Rotação: 3500 rpm

#### Cálculo da Potência da Bomba

Q (l/s)	Alt. Manométrica (m)		Rendimento		Potência (HP)		
	Máx.	Mín.	Bomba	Motor	Bomba	Moto-Bomba	Comercial
6,25	226,69	223,69	0,50	0,85	37,78	44,45	45,00

#### Cálculo do NPSH Disponível

Z (m)	Pa (kgf/cm²)	Pv (20°C) (hgf/cm²)	Perda Suc. (m)	NPSH disp (m)	NPSH req (m)	NPSH res (m)
0,25	0,95	0,024	0,007	9,50	1,90	7,60

**Curva do Sistema**

Tubulação de recalque

Q (l/s): 6,25 Perda =  $K_1 Q^2$   
 Perda (m): 88,24  $K_1 =$  2258843,4

Alturas geométricas

Máxima: 137,70

Mínima: 134,70

Perdas Localizadas

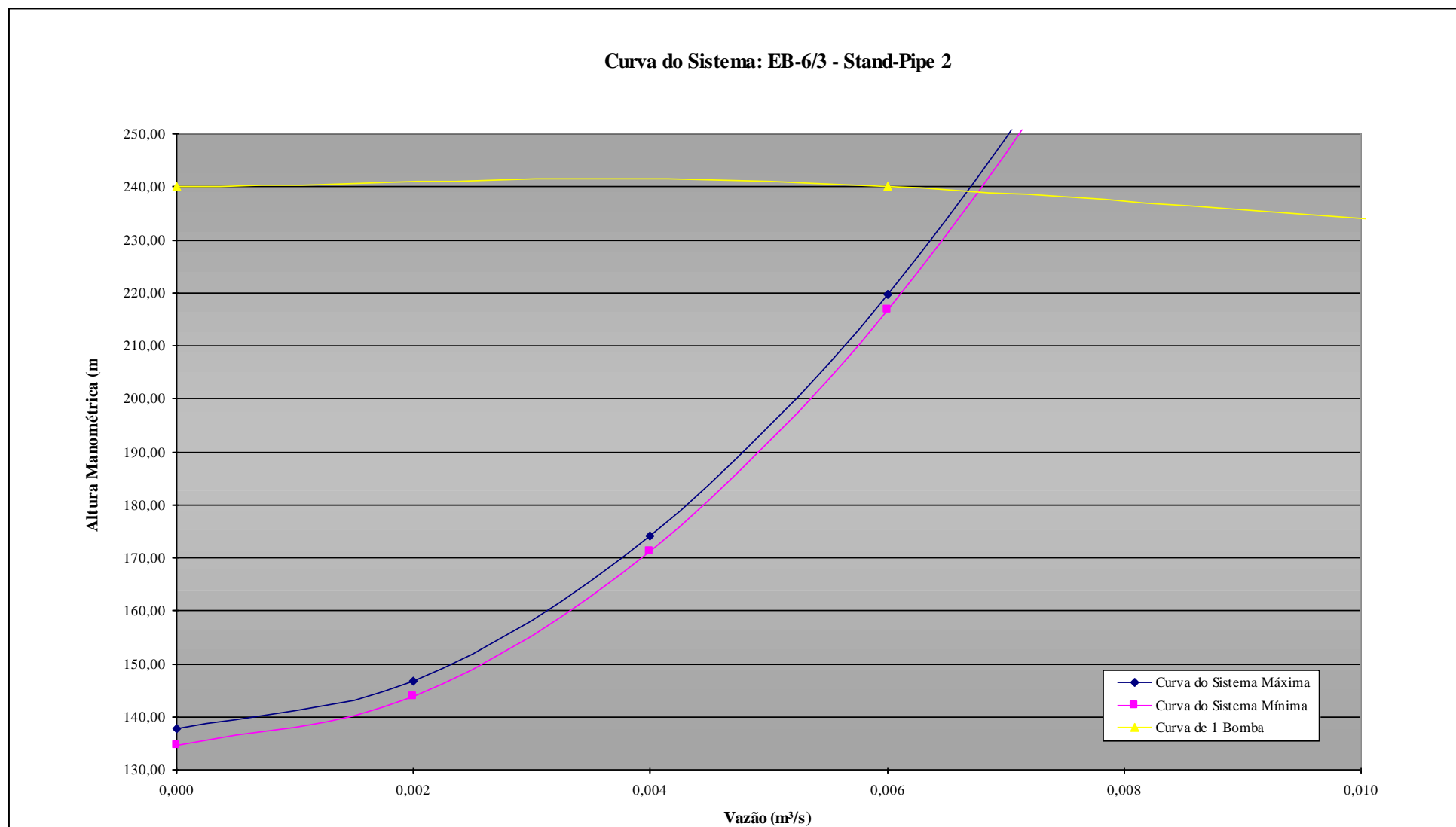
Sucção: 0,007 Perda =  $K_S Q^2$  Perda =  $K_R Q^2$   
 Recalque: 0,749  $K_S =$  179,53  $K_R =$  19163,95

**Curva do Sistema**

Q (l/s)	Q (m³/s)	Alt. Manométrica (m)	
		Máx.	Mín.
0	0,000	137,70	134,70
2	0,002	146,81	143,81
4	0,004	174,15	171,15
6	0,006	219,71	216,71
8	0,008	283,50	280,50
10	0,010	365,52	362,52
12	0,012	465,76	462,76

**Curva da Bomba**

Q (m³/h)	Q (m³/s)	Alt. Man. (m)
	1 Bomba	
0	0,000	240,00
20	0,006	240,00
60	0,017	220,00
80	0,022	200,00
100	0,028	190,00
140	0,039	152,00



## 2.4 - Cálculo da Curva do Sistema: EB-6/3 - Reserv. de Serra de São Bento

Vazão do Sistema = 8,16 l/s  
 Número de Bombas = 1 Reserva = 1 Total de Bombas = 2  
 Vazão por Bomba = 8,16 l/s

### Perdas de Carga Acidentais em Peças Especiais

Peça	Sucção DN = 150			Recalque DN = 80		
	K	Quant.	K total	K	Quant.	K total
Curva de raio longo	0,4	1	0,4	0,4	1	0,4
Curva de raio curto (cotovelo)	0,9		0	0,9		0
Curva de 45°	0,2		0	0,2		0
Cotovelo de 45°	0,4		0	0,4		0
Curva de 22°30'	0,1		0	0,1		0
Crivo	0,75		0	0,75		0
Ampliação	0,3		0	0,3	1	0,3
Redução gradual	0,15	1	0,15	0,15		0
Registro de gaveta aberto	0,2	1	0,2	0,2	1	0,2
Registro de globo aberto	10		0	10		0
Registro de ângulo aberto	5		0	5		0
Junção de 45°	0,4		0	0,4	1	0,4
Tê, passagem estreita	0,6		0	0,6		0
Tê, saída lateral	1,3		0	1,3		0
Válvula Controladora da Bomba	1,8		0	5	1	5
Válvula de retenção	2,5		0	2,5	1	2,5
Válvula de pé	1,75		0	1,75		0
Total	0,75			8,8		
Perdas Localizadas (m)	0,012			1,276		
Perdas Localizadas Totais(m)				1,288		

### Cálculo da Perda de Carga Distribuída na Tubulação de Recalque

Q (l/s)	L (m)	DN	V (m/s)	K	Perda Unit (m/m)	Perda Atrito (m)
8,16	318	100	1,04	0,2	0,013779	4,38

### Cálculo da Altura Manométrica

Sucção		Recalque		Altura Geométrica		Perdas de Carga (m)	Alturas Manométricas	
NAmin (m)	Namáx (m)	NAmin (m)	Namáx (m)	Mín. (m)	Máx. (m)		Máx. (m)	Mín. (m)
396,30	399,30	428,00	428,00	28,70	31,70	5,67	37,37	34,37

### Bomba Escolhida

Marca: KSB  
 Modelo: Etanorm 32-160  
 Rotação: 3500 rpm

### Cálculo da Potência da Bomba

Q (l/s)	Alt. Manométrica (m)		Rendimento		Potência (HP)		
	Máx.	Mín.	Bomba	Motor	Bomba	Moto-Bomba	Comercial
8,16	37,37	34,37	0,60	0,85	6,78	7,97	10,00

### Cálculo do NPSH Disponível

Z (m)	Pa (kgf/cm²)	Pv (20°C) (hgf/cm²)	Perda Suc. (m)	NPSH disp (m)	NPSH req (m)	NPSH res (m)
0,25	0,95	0,024	0,012	9,50	1,90	7,60

**Curva do Sistema**

Tubulação de recalque

Q (l/s): 8,16 Perda =  $K_1 Q^2$   
 Perda (m): 4,38  $K_1 =$  65804,894

Alturas geométricas

Máxima: 31,70

Mínima: 28,70

Perdas Localizadas

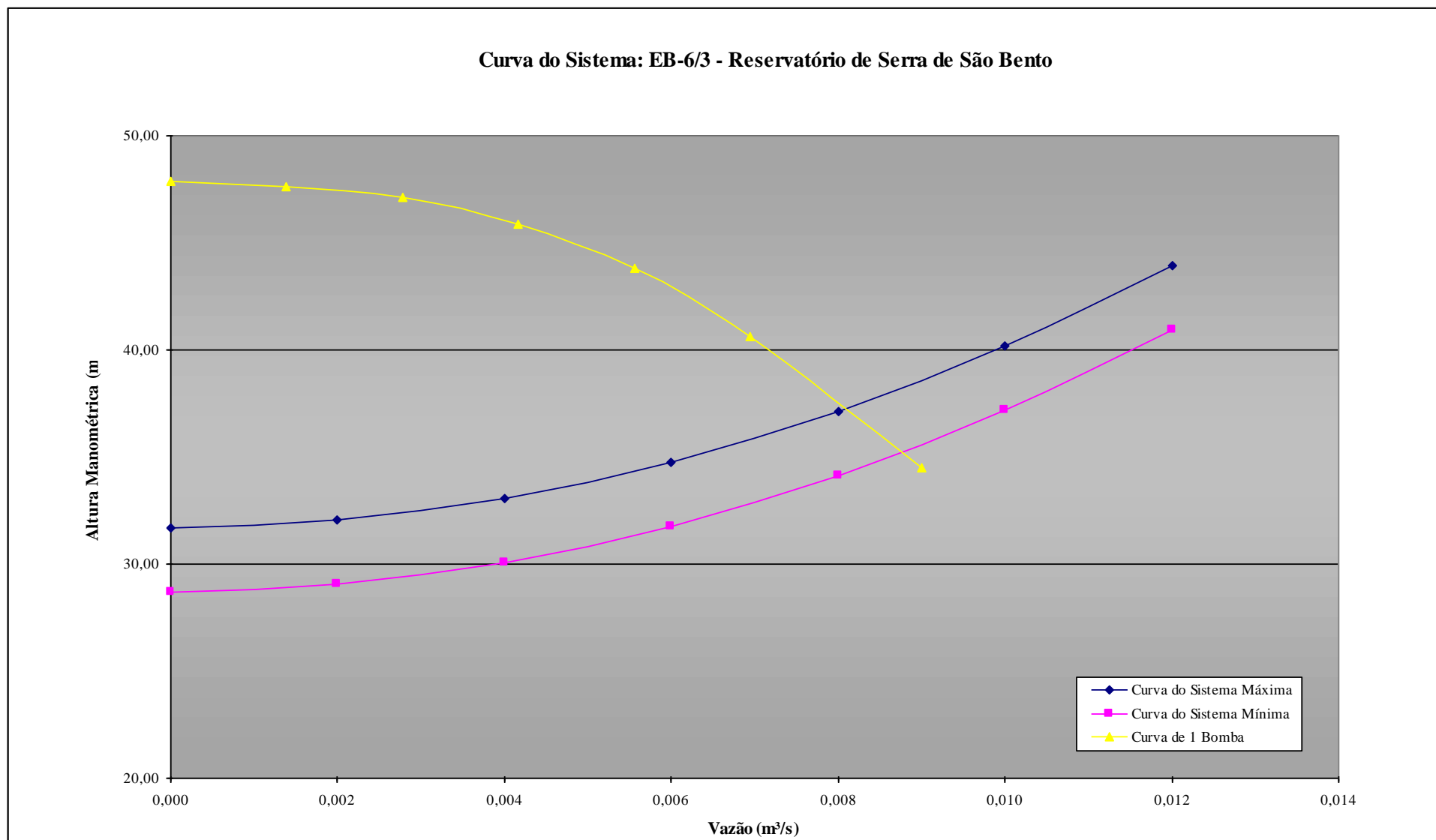
Sucção: 0,012 Perda =  $K_S Q^2$  Perda =  $K_R Q^2$   
 Recalque: 1,276  $K_S =$  179,53  $K_R =$  19163,95

**Curva do Sistema**

Q (l/s)	Q (m³/s)	Alt. Manométrica (m)	
		Máx.	Mín.
0	0,000	31,70	28,70
2	0,002	32,04	29,04
4	0,004	33,06	30,06
6	0,006	34,77	31,77
8	0,008	37,15	34,15
10	0,010	40,21	37,21
12	0,012	43,96	40,96

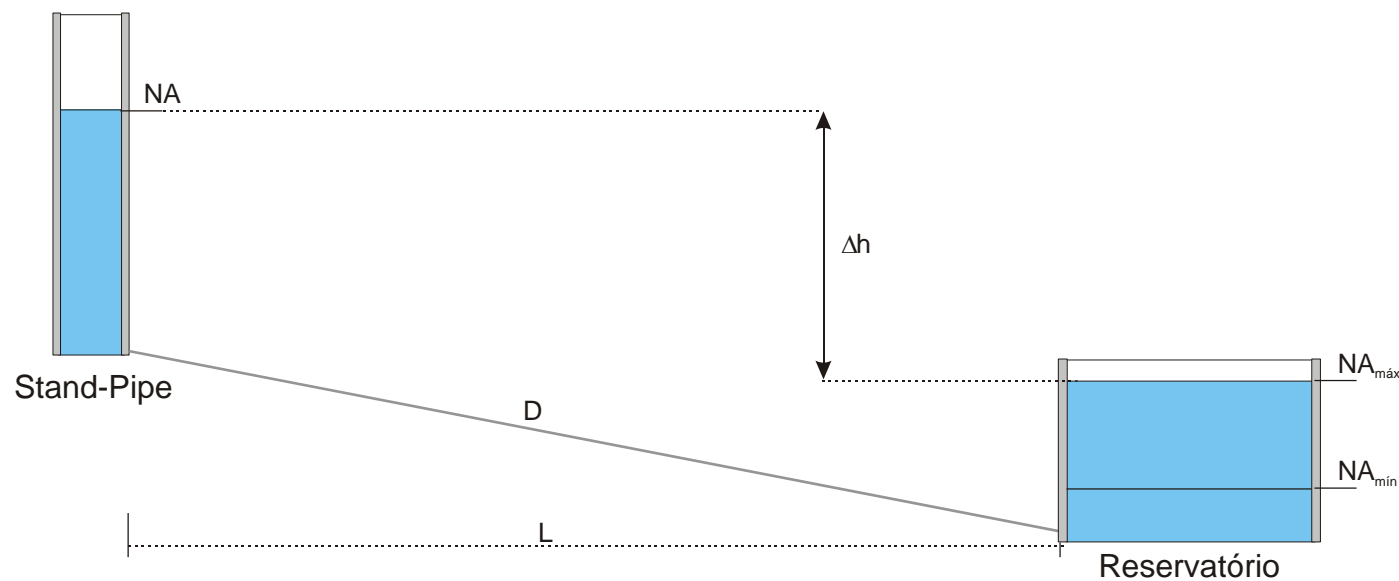
**Curva da Bomba**

Q (m³/h)	Q (m³/s)	Alt. Man. (m)
	1 Bomba	
0	0,000	47,90
5	0,001	47,60
10	0,003	47,10
15	0,004	45,90
20	0,006	43,80
25	0,007	40,60





### 3 - Dimensionamento dos Trechos por Gravidade



Subtrecho	L (m)	D (mm)	V (m/s)	J (m/m)	Δh (m)	Cotas (m)			Δh <sub>DISP.</sub> (m)
						NA	NA <sub>máx</sub>	NA <sub>mín</sub>	
Stand-Pipe 1 - EB-6/3	918,00	150	0,82	0,005172	4,75	405,00	399,30	396,30	5,70
Stand-Pipe 2 - Reservatório de Monte das Gameleiras	1.286,00	100	0,80	0,008233	10,59	534,00	520,00	520,00	14,00

**3.1 - Seleção dos Diâmetros para Consumir o Desnível Disponível - Trecho Stand-Pipe 1 - EB-6/3**

Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	R	K (m)	G (m/s²)	f	A (=1)	hf (m/m)	Δh (m)
0,01441	150	900,00	0,82	122.377,919	0,00020	9,81	0,02286944	0,99956	0,005172	4,66
0,01441	100	18,00	1,84	183.566,879	0,00020	9,81	0,02435611	0,99953	0,041831	0,75

**3.2 - Seleção dos Diâmetros para Consumir o Desnível Disponível- Trecho Stand-Pipe 2 - Reservatório de Monte das Gameleiras**

Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	R	K (m)	G (m/s²)	f	A (=1)	hf (m/m)	Δh (m)
0,00625	100	1.100,00	0,80	79.617,834	0,00020	9,81	0,02548083	0,99998	0,008233	9,06
0,00625	80	186,00	1,24	99.522,293	0,00020	9,81	0,02634107	1,00000	0,025972	4,83

## 4 - Projeto Elétrico

### 4.1 - Estação de Bombeamento EB-6/1

#### 4.1.1 - Potência da Subestação e Dimensionamento dos Condutores e Equipamentos Principais

##### DADOS DE ENTRADA DA INSTALAÇÃO

Sistema trifásico a cinco condutores	TN-S
Tensão de alimentação das cargas:	380 V
Fator de potência final da instalação	0,92 pu
Motores de potência (cv) menor ou igual a:	5 acionamento com partida direta
Motores de potência (cv) igual ou maior a:	15 a instalação requer subestação primária
Demanda total (kVA), igual ou maior a:	15 a instalação requer subestação primária

##### CARACTERÍSTICAS DOS MOTORES - DADOS DE ENTRADA

NOTA:	potência: cv	Número de polos	$\rho = 100\%$ carga	$\cos\phi = 100\%$ carga	$\cos\phi =$ na partida	Ip/Ir =	Tensão (V) alimentação
EB-06/1	40	2	0,910	0,880	0,35	7,8	380
EB-06/1	1	4	0,780	0,820	0,35	6,2	380

##### QUADRO DE CARGAS

Carga a ser instalada	Quantid. instalada	Quantid. reserva	Potência em cv	Potência em kW	Demanda em kW
motor da bomba da EB	2	1	40	36,76	36,76
motor da bomba drenagem	1	0	1	1,15	1,15
iluminação interna	1			0,50	0,50
iluminação externa	1			2,00	2,00
tomada mono p/serv. de manut.	1			2,19	2,19
tomada trif. p/serv. de manutenção	1			10,53	10,53
				Total	53,14

Instalação com motores de Potência em cv >=:	SIM - REQUER SUBESTAÇÃO
Instalação com demanda (D>=15kVA):	SIM - REQUER SUBESTAÇÃO
Potência da instalação em kVA:	57,76 kVA
Potência do Transformador em kVA:	75 kVA
Tensão primária de alimentação da SE:	13.800 Volt
Tensão secundária de alimentação das cargas:	380 Volt
Corrente máxima de projeto (no secundário):	

NOTA: A demanda requerida enquadra o atendimento da instalação em Alta Tensão conforme preconizam as normas da SERHID. Portanto o atendimento desta instalação será diretamente do sistema de distribuição primária da COSERN na tensão de 13.800Volts.

##### POTÊNCIA INSTALADA EM TRANSFORMADORES NA SUBESTAÇÃO DA EB-06/1

Transformador	trifásico em banho de óleo
Potência	75 kVA
Tensão no primário	13,8 kV
Tensão no secundário	380 V
Impedância	4,5 %
Perdas no cobre	1200 Watts
Corrente nominal primário	3,14 A
Corrente nom. secundário	113,95 A
Quantidade de trafos	1 ud

**CÁLCULO DA DEMANDA DO SISTEMA**

Motores em operação:	1
Potência nominal do motor:	36,76 kW
Pot. requerida motores:	36,76 kW
Potência auxiliares:	15,22 kW
Potência da instalação:	51,99 kW

$$D = (a+b+c+d+e) / f_p$$

$$\begin{aligned} a &= 15,22 \\ b=c=d &= 0 \\ e &= 37,91 \\ f_p &= 0,95 \end{aligned}$$

$$D = 57,76 \text{ kVA}$$

**CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA - DADOS DE ENTRADA**

Corrente de Curto-Circuito no PDE-13,8kV	2 kA	(conforme COSERN)
Potência de Curto-Circuito no PDE	47,80 MVA	
Resistência reduzida do sistema: $R_{\text{sistema}} =$	0,0000 $\Omega$ / 380 V	
Reatância reduzida do sistema: $X_{\text{sistema}} =$	0,0000 $\Omega$ / 380 V	
Impedância reduzida do sistema: $Z_{\text{sistema}} =$	0,1097 $\Omega$ / 380 V	
Cabo de alimentação primária do transformador da EB		
Seção dos cabos do ramal de ligação do transformador	1/0 AWG	
Parâmetros do cabo ramal de entrada: $R_{\text{ramal lig.}} =$	0,3655 pu/kM	
Parâmetros do cabo ramal de entrada: $X_{\text{ramal lig.}} =$	0,2724 pu/kM	
Parâmetros do cabo ramal de entrada: $R_{\text{ramal lig.}} =$	0,0005 $\Omega$ /km (380V)	
Parâmetros do cabo ramal de entrada: $X_{\text{ramal lig.}} =$	0,0004 $\Omega$ /km (380V)	
Comprimento do ramal de alimentação do transformador	40 m	
Número de cabos por fase do ramal de alimentação:	1	
Maneira de instalar dos cabos	aérea	

**VALORES LIMITES PARA QUEDA DE TENSÃO**

As condições operacionais do Projeto recomendam os seguintes limites:

Queda de tensão (%), em relação ao PDE, para a condição de <b>PARTIDA</b> do motor:	10 %
Queda de tensão (%), em relação ao PDE, para a condição de <b>REGIME</b> do motor:	7 %

#### 4.1.1.1 - Dimensionamento de Condutores e Equipamentos

### A - Cálculo do Condutor do Alimentador Geral de Baixa Tensão

#### CARACTERÍSTICAS DO CIRCUITO DO ALIMENTADOR GERAL

Valores das correntes do circuito do alimentador geral:

$$I_{\text{alimentador}} = 113,95 \text{ A}$$

Comprimento do alimentador (metros):	30	Fatores de correção:	
Tipo de condutor:	cobre	K1 (temperatura do solo 35°):	0,89
Resistividade do material:	0,0179	k2 (agrup. de cabos):	1,00
Nível de isolamento:	0,6/1kV	k3 (agrup. de circuitos):	1,00
Temp. máxima permitida (condutor):	90°C	k4 (agrup. de eletrodutos):	1,00
Temperatura do ambiente:	40°C	fs (fator de serviço)	1,00
Maneira de instalar:	eletroduto enterrado		
Tipo de instalação:	D		
Queda de tensão admitida no ramal (%):	2		

#### Cálculo da seção do condutor função da CAPACIDADE DE CONDUÇÃO para o tipo de instalação:

tipo do isolamento	corrente de projeto (A)	fator de correção	cap.cond neces. (A)	cap.cond por cabo (A)	seção em (mm <sup>2</sup> )	resist. Ω/km	reatância Ω/km
PVC	113,95	0,89	128,03	144	50	0,4700	0,1100

A seção do condutor será em função da capacidade de condução do condutor:

seção escolhida:	50 mm <sup>2</sup>
condutor por fase:	1

#### Cálculo da seção do condutor em função da queda de tensão ADMITIDA para o circuito:

$$S_{\text{condutor}} = 13,91 \text{ mm}^2$$

#### Cálculo da seção do condutor em função da CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO:

I <sub>cc</sub> =	0,74 kA
T <sub>elim. defeito</sub> =	0,5 seg
condutor:	PVC
T <sub>final</sub> =	250 °C
T <sub>inicial</sub> =	90 °C

	Isolamento do condutor	
temp em °C	PVC	XLPE
T <sub>final</sub>	160	250
T <sub>inicial</sub>	70	90

$$S_{\text{condutor}} = 3,67 \text{ mm}^2$$

Pelo cálculo acima, essa deveria ser a seção mínima, em função da máxima temperatura a que deve suportar com base no valor considerado para a corrente de curto circuito (simétrica), nos terminais secundários do transformador.

Resumo, a seção do condutor a ser adotada será, em função da que conduzir à maior seção dentre as três condições acima:

tipo do isolamento	corrente de projeto (A)	fator de correção	cap.cond neces. (A)	cap.cond cabo (A)	seção em (mm <sup>2</sup> )	resist. Ω/km	reatância Ω/km
PVC	113,95	0,89	128,03	144	50	0,4700	0,1100

#### Dimensionamento do condutor NEUTRO

Seção calculada	mm <sup>2</sup> :	25	(NBR 5410/97)
Seção escolhida	mm <sup>2</sup> :	25	
Quantidade por fase	ud:	1	

**Dimensionamento do condutor de PROTEÇÃO**

condutor: cobre nú

Seção escolhida	mm <sup>2</sup> :	25
Quantidade por fase	ud:	1

**RESUMO DOS CONDUTORES ESCOLHIDOS**

A seção escolhida do condutor será em função da capacidade de condução:

	FASE	NEUTRO	PE
Seção escolhida	50	25	25
Diâmetro externo	13,98	11,64	5,64
Quantidade por fase	1	1	1

**Dimensionamento do Eletroduto entre o TRAFO e o CCM**

$S_{\text{total condutor}} =$	591,87 mm <sup>2</sup>
$S_{\text{eletroduto}} \Rightarrow$	1.793,54 mm <sup>2</sup>
$\Phi_{\text{eletroduto}} \Rightarrow$	47,79 mm
$\Phi_{\text{eletroduto}} \Rightarrow$	1,88 "

Empregaremos, portanto, eletroduto flexível, de:

tamanho nominal= 50

PVC ou

tamanho nominal= 50

AÇO GALV.

**B - Dimensionamento dos Equipamentos de Proteção****DIMENSIONAMENTO PROTEÇÃO PRIMÁRIA**

Tipo de proteção contra curto circuito com abertura sob carga	chave fusível AT
Classe de tensão de isolamento da chave fusível:	15 kV
Corrente nominal, mínima, da chave fusível:	100 A
Corrente nominal do elo fusível:	5,00 K
Capacidade de rutura da chave fusível: >=	10 kA

**DIMENSIONAMENTO DO DISJUNTOR GERAL DE BAIXA TENSÃO - PROTEÇÃO SECUNDÁRIA**

Tipo do disjuntor	Caixa moldada tipo L
Aplicação do disjuntor:	Proteção circuito: Transformador
Fator de multiplicação de corrente:	K= 1,15
Corrente do circuito (corrente de projeto):	$I_{\text{projeto}} =$ 113,95 A
Capacidade de condução condutores ramal:	$I_{\text{condução}} =$ 144,00 A
Corrente de curto circuito nos bornes do disjuntor:	$I_{\text{curto circuito}} =$ 737 A
Corrente nominal escolhida para o disjuntor:	$I_{\text{nominal disjuntor}} =$ 160 A
Corrente ajustável de sobre carga para o disjuntor:	125-160
Corrente nominal de operação para o disjuntor:	$I_{\text{nominal disjuntor}} =$ 125 A
Corrente ajustável de curto circuito para o disjuntor:	fixo
Capacidade de interrupção mínima necessária:	$I_{\text{interrupção}} \geq$ 30 kA
Tempo de atuação/operação do disjuntor:	$T_{\text{operação disjuntor}} =$ 0,50 s

Verificação das condições:

$I_{\text{nominal do disjuntor}} \geq I_{\text{projeto}}$	CONDIÇÃO ATENDIDA
$I_{\text{nominal disjuntor}} \leq I_{\text{condutor}}$	CONDIÇÃO ATENDIDA
$K \times I_{\text{nominal disjuntor}} \leq 1,45 \times I_{\text{condutor}}$	CONDIÇÃO ATENDIDA
$I_{\text{interrupção disjuntor}} \geq I_{\text{cc máximo}}$	CONDIÇÃO ATENDIDA

Disjuntor indicado	caixa moldada
Corrente nominal $I_{\text{nominal}} =$	160 A
Faixa de ajuste para sobrecarga	125-160
Faixa de ajuste para curto-circuito	fixo
Capacidade de interrupção em 380V CA >=	30 kA

## 4.1.1.2 - Características do Motor da Bomba da EB-6/1

NOTA:	potência: cv	Número de polos	$\rho = 100\%$ carga	$\cos\phi = 100\%$ carga	$\cos\phi =$ na partida	$I_p/I_r =$	Tensão (V) alimentação
EB-06/1	40	2	0,910	0,880	0,35	7,8	380

**CARACTERÍSTICAS DO MOTOR DA BOMBA DA EB-06/1****Tipo de partida:** Partida com Chave Estática

Corrente de partida: 7 x Inominal

número de polos 2 polos

rotação nominal - rpm 3560 rpm

Tempo de aceleração - seg

Classe de isolamento

Sensor de temperatura - enrolamentos

Sensor de temperatura - mancais

Valores das correntes do circuito do ramal do motor:

 $I_{\text{nominal motor}} = 55,86 \text{ A}$   $I_{\text{partida motor}} = 435,68 \text{ A}$ **CARACTERÍSTICAS CIRCUITO DO RAMAL MOTOR DA BOMBA DA EB-06/1**

Comprimento do ramal motor (metros):	30	Fatores de correção:	0,85
Comprimento do alimentador (metros):	30	k1 (temperatura do solo):	1
Tipo de condutor:	cobre	k2 (agrup. de cabos):	1
Resistividade do material:	0,0179	k3 (agrup. de circuitos):	1
Nível de isolamento:	0,6/1kV	k4 (agrup. de eletrodutos):	1
Temp. máxima permitida no condutor:	90°C	fs (fator de serviço)	
Temperatura do ambiente:	40°C		
Maneira de instalar:	eletroduto flexível enterrado		
Tipo de instalação:	D		
Queda de tensão admitida no ramal (%):	4		

Cálculo da seção do condutor em função da capacidade de condução para o tipo de instalação:

tipo do isolamento	$I_{\text{projeto}} \text{ (A)}$	fator de correção	cap. cond neces. (A)	cap. condução	seção em (mm <sup>2</sup> )	resist. $\Omega/\text{km}$	reatância $\Omega/\text{km}$
0,6/1kV	55,86	0,85	65,71	79	16	1,3800	0,1200

Seção calculada: 16 mm<sup>2</sup> cond. por fase: 1

Cálculo da seção do condutor em função da queda de tensão ADMITIDA para o circuito

Seção calculada: 6,82 mm<sup>2</sup>

Cálculo da seção do condutor em função da CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO:

 $I_{\text{cc max}} = 0,54 \text{ kA}$  $T_{\text{elim. defeito}} = 0,5 \text{ seg}$ 

condutor: PVC

 $T_{\text{final}} = 250 \text{ °C}$  $T_{\text{inicial}} = 90 \text{ °C}$ 

temp em °C	Isolamento do condutor	
	PVC	XLPE
$T_{\text{final}}$	160	250
$T_{\text{inicial}}$	70	90

 $\text{raiz}\{\log[(234+T_f) / (234+T_i)]\} = 0,42$ Seção calculada: 2,69 mm<sup>2</sup>

A seção do condutor será em função do que conduzir à maior seção calculada

Seção escolhida: 16 mm<sup>2</sup>  
 Diâmetro externo condutor: 10,51 mm  
 Quantidade por fase: 1

#### DIMENSIONAMENTO DO ELETRODUTO

$S_{\text{total condutor}} = 260,44 \text{ mm}^2$   
 $S_{\text{eletroduto}} \Rightarrow 789,21 \text{ mm}^2$   
 $\Phi_{\text{eletroduto}} \Rightarrow 31,70 \text{ mm}$

Empregaremos, portanto, eletroduto de:

tamanho nominal= 32 PVC ou  
 tamanho nominal= 32 AÇO GALV.

#### 4.1.1.3 - Condições dos Circuitos Ramais de Motor

MOTOR: EB-06/1

Seção dos cabos do ramal do motor da bomba 16 mm<sup>2</sup>  
 Parâmetros do cabo ramal motor-1  $R_{\text{ramal-1}} = 1,3800 \text{ } \Omega/\text{km}$   
 Parâmetros do cabo ramal motor-1  $X_{\text{ramal-1}} = 0,1200 \text{ } \Omega/\text{km}$   
 Comprimento do ramal do motor-1 30 m  
 Número de cabos por fase do motor-1 1  
 Maneira de instalar do motor-1 D  
 Eletroduto para os cabos do motor-1 PVC

#### 4.1.1.4 - Cálculo da Queda de Tensão na Partida dos Motores

Impedância do sistema de alimentação  $Z_{\text{red. sist}} = R_{\text{sist}} + j X_{\text{sist}}$   
 Resistência do sistema (vista secundário)  $R_{\text{sist}} = 0,0000 \text{ } \Omega/380\text{V}$   
 Reatância sistema (vista do secundário)  $X_{\text{sist}} = 0,0030 \text{ } \Omega/380\text{V}$   
 Impedância sistema (vista do secundário)  $Z_{\text{sist}} = 0,0030 \text{ } \Omega/380\text{V}$   
 Impedância do circuito: PDE-trafo  $R_{\text{cabo prim}} = 0,00002 \text{ } \Omega/380\text{kV}$   
 $X_{\text{cabo prim}} = 0,00002 \text{ } \Omega/380\text{V}$   
 $Z_{\text{cabo prim}} = 0,00003 \text{ } \Omega/380\text{V}$   
 Impedância do TRAFO (vista do primário)  $Z_{\text{trafo}} = R_{\text{trafo}} + j X_{\text{trafo}}$   
 $R_{\text{p}} = \text{Perdas}_{\text{cobre}} / (10 \times \text{Pot.}_{\text{nom. trafo}}) \text{ } (\%)$   
 $R_{\text{p}} = 1,60 \text{ } \%$  (nas bases do trafo)  
 $R_{\text{pt}} = 40,6272 \text{ } \Omega/13,8\text{kV}$   
 $R_{\text{pt}}^2 = 650,5694$   
 $Z_{\text{pt}} = V_{\text{cc}} / I_{\text{npt}} \text{ } \Omega/13,8\text{kV}$   
 $V_{\text{cc}} = Z_{\text{p}} \times [V_{\text{np}} / \text{raiz}(3)] \text{ V}$   
 $V_{\text{cc}} = 358,53 \text{ V}$   
 $Z_{\text{pt}} = 114,2640 \text{ } \Omega/13,8\text{kV}$   
 $Z_{\text{pt}}^2 = 13056,2617$   
 $X_{\text{pt}} = \text{raiz}(Z_{\text{pt}}^2 - R_{\text{pt}}^2)$   
 $X_{\text{pt}} = 106,7974 \text{ } \Omega/13,8\text{kV}$   
 Impedância TRAFO (vista do secundário)  $Z_{\text{pt}} = R_{\text{st}} + j X_{\text{st}}$   
 $R_{\text{pt}} = 0,0308 \text{ } \Omega/380\text{V}$   
 $X_{\text{pt}} = 0,0810 \text{ } \Omega/380\text{V}$   
 $Z_{\text{pt}} = 0,0866 \text{ } \Omega/380\text{V}$



Impedância do circuito: TRAF0-QGDFC	$R_{\text{cabo sec}} = 0,0141 \, \Omega / 380V$
	$X_{\text{cabo sec}} = 0,0033 \, \Omega / 380V$
	$Z_{\text{cabo sec}} = 0,0145 \, \Omega / 380V$
Impedância TOTAL do sistema até QGDFC	$Z_{\text{total-1}} = R_{\text{total}} + j X_{\text{total}}$
	$Z_{\text{total-1}} = Z_{\text{alim. trafo}} + Z_{\text{trafo}} + Z_{\text{secud.}}$
	$R_{\text{total-1}} = 0,0449 \, \Omega / 380V$
	$X_{\text{total-1}} = 0,0873 \, \Omega / 380V$
	$Z_{\text{total-1}} = 0,0982 \, \Omega / 380V$

### Cálculo da Queda de Tensão na Partida do Motor 1 da EB-6/1

Impedância circuito motor	$R_{\text{ramal-1}} = 0,0414 \, \Omega / 380V$
	$X_{\text{ramal-1}} = 0,0036 \, \Omega / 380V$
	$Z_{\text{ramal-1}} = 0,0416 \, \Omega / 380V$
Impedância do motor-1 na partida	$P_{\text{motor-1}} = 36,76 \, \text{kVA}$
	$R_{\text{motor-1}} = 0,00$
	$X_{\text{motor-1}} = 1000 \times V_{\text{nm}}^2 / K \times P_{\text{motor}}$
	$X_{\text{motor-1}} = 0,50357 \, (\Omega)$
	$Z_{\text{motor-1}} = 0,5036 \, (\Omega)$
Impedância do motor-1 em regime	$R_{\text{motor-1 reg}} = 0,00$
	$X_{\text{motor-1 reg}} = 3,9278 \, (\Omega)$
	$Z_{\text{motor-1 reg}} = 3,9278 \, (\Omega)$
Corrente de partida do motor-1	$I_{\text{partida}} = (1000 \times V_{\text{nm}}) / [\text{raiz}(3) \times (Z_{\text{total}} + Z_{\text{motor}})]$
CORRENTE NA PARTIDA DIRETA:	$I_{\text{partida}} = 364,58 \, \text{A}$
PARTIDA C/REDUÇÃO DE CORRENTE:	Ajuste= 4 xIn Chave Estática
	$I_{\text{part. reduzida}} = 223,42 \, \text{A}$ c/Chave Estática

#### VALORES DA QUEDA DE TENSÃO NA PARTIDA DO PRIMEIRO MOTOR:

<b>PARTIDA DIRETA</b>	$\Delta V = Z_{\text{total}} \times I_{\text{partida}}$
<b>Partida do motor-1</b>	$\Delta V = 50,95 \, \text{V}$
	$\Delta V = 13,41 \, \%$

#### CONDIÇÕES EM RELAÇÃO NBR-5410/90 NÃO DEVE PARTIR - REDIMENSIONAR

Queda de tensão na partida	$\Delta V = Z_{\text{total-1}} \times I_{\text{partida}}$
<b>c/ CHAVE ESTÁTICA</b>	$\Delta V = 31,22 \, \text{V}$
4 xIn	$\Delta V = 8,22 \, \%$

#### CONDIÇÕES EM RELAÇÃO NBR-5410/90 POSSÍVEL A PARTIDA

#### VALORES DA QUEDA DE TENSÃO EM REGIME:

Queda de tensão em regime	$\Delta V = Z_{\text{total-1}} \times I_{\text{regime}}$
	$\Delta V = 7,81 \, \text{V}$
	$\Delta V = 2,05 \, \%$

#### CONDIÇÕES EM RELAÇÃO NBR-5410/90 POSSÍVEL A OPERAÇÃO

**CAPACITOR CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA MOTOR DA BOMBA - EB-06/1**

motor da bomba principal EEAT	40 cv
fator de potência do motor a 100% da carga:	0,88 pu
fator de potência desejado para o motor:	0,92 pu
potência ativa requerida pelo motor (100% da carga):	37 kW
coeficiente para correção para 0,92:	0,191
potência reativa requerida pelo motor (100% carga):	7,02 kVAr
Capacitores necessários para correção do fator de potência:	7,5 kVAr trifásico
Tensão de alimentação da célula/banco	380 Volt

**DISPOSITIVOS ACIONAMENTO/PROTEÇÃO CAPACITORES ESTÁTICOS: FUSÍVEL**

Fusível retardado proteção dos capacitores:	7,5 kVAr	Fusível=	20 A
Contactador de acionamento dos capacitores:		lth=	19 A

NOTA: Caso seja adotada a correção isolada, os capacitores deverão ser energizados APÓS a entrada em operação da Chave Estática

**DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO, ACIONAMENTO E CONTROLE DO MOTOR DA BOMBA - EB-06/1****MEDIÇÃO DO RAMAL DO MOTOR- AMPERÍMETRO DIGITAL**

corrente nominal do circuito do motor	55,86 A
escala de leitura do amperímetro	83,78 A
amperímetro digital, dimensões de 96x96mm:	
classe de exatidão:	1,5 %
escala medição:	0-100 A
quantidade: Amperímetros	1 ud

**DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO C.C. DO RAMAL DO MOTOR: DISJUNTOR-MOTOR**

Disjuntor indicado	
Potência do motor:	P= 40 cv
Corrente nominal do motor	In= 55,86 A
Corrente nominal do disjuntor-motor In=	In= 65 A
Faixa de ajuste para curto-circuito	fixo
Faixa de ajuste para sobrecarga	ajustável
Capac. de interrupção em 380V CA>=	1 kA

**DISPOSITIVO DE ACIONAMENTO DO MOTOR BOMBA: CHAVE ESTÁTICA**

Capacidade de acionamento do motor de:	40 cv
Corrente nominal do motor:	55,86 A
Corrente de partida:	4 x In
Corrente passante na Chave de Partida (em regime):	55,86 A
Corrente nominal da Chave Estática:	70 A
Faixa de ajuste do relé de sobrecarga:	50-63 A
Fusíveis de proteção (ultra-rápidos)	160 A

**4.1.1.5 - Dimensionamento de Condutores de Aterramento dos Equipamentos**

O dimensionamento dos cabos da malha de terra principal (à qual deverão ser conectados os cabos de descida dos pára-raios, neutro e tanque do transformador (quando existentes) e demais partes metálicas da instalação), obedecerá ao procedimento do cálculo dos condutores da malha de terra, em função do tipo de instalação, conforme a seguir, com base no valor da corrente de curto-circuito informada pela Concessionária para o PDE/Ponto de Ligação:

Fórmula de Onderdonk:  $I_{def} = 226,53 \times S_{cobre} \left\{ \sqrt[3]{\frac{1}{t_{def}} \times \ln \left( \frac{T_{emp. solda} - T_{emp. amb}}{(234 + T_{emp. amb}) + 1} \right)} \right\}$

$I_{defeito}$  = corrente de defeito, em Ampère, através do condutor

$S_{cobre}$  = seção do condutor de cobre da malha de terra mm<sup>2</sup>

$T_{defeito}$  = tempo de duração do defeito em segundos

$T_{emp. solda}$  = temperatura da solda (pelo tipo de solda/conexão)

$T_{emp. ambiente}$  = temperatura ambiente da instalação

Máxima temperatura suportada pelos vários tipos de conexão:  $T_{emp. solda}$

Tipo de conexão	Temp.max. suportável
Cavilhada (conexão por aperto de parafuso)	250 graus Celsius
Solda exotérmica	850 graus Celsius

A premissa de cálculo será para a temperatura suportável das conexões **cavilhadas/a parafuso**, em face de ser este o ponto mais fraco na cadeia do sistema de aterramento, e por ser um tipo de conexão que estará presente nos principais pontos de ligação dos equipamentos ao sistema de aterramento.

### A - Cabos de Descida dos Pára-raios de 13,8kV-10kA

$I_{\text{defeito}}$ no ponto considerado:	$I_{\text{defeito}} =$	10.000 A
Tempo de duração do defeito (seg)	$t_{\text{duração}} =$	0,50 s
Temp. ambiente (graus Celsius)	$\theta_a =$	35 °C
Temp. solda (graus Celsius) conexão cavilhada	$\theta_m =$	250 °C

cálculo da seção mínima do condutor de cobre (cabo ligação): 40,73 mm<sup>2</sup>  
**Seção do condutor de descida dos Pára-Raios:**  $S_{\text{cond.PR}} =$  50 mm<sup>2</sup>

### B - Cabos da Malha de Terra Principal

$I_{\text{defeito}}$ no ponto considerado:	$I_{\text{defeito}} =$	4.911 A
$I_{\text{defeito}}$ no cabo de ligação dos equipamentos/malha:	$I_{\text{def.}} =$	4.911 A
Percentual da corrente de defeito na malha:		60 %
$I_{\text{defeito}}$ nos cabos da malha:	$I_{\text{def. Malha}} =$	2.947 A
Tempo de duração do defeito (seg)	$t_{\text{duração}} =$	0,50 s
Temp. ambiente (graus Celsius)	$\theta_a =$	35 graus
Temp. solda (graus Celsius) conexão cavilhada	$\theta_m =$	250 graus
cálculo da seção mínima do condutor de cobre (cabo ligação):		20,00 mm <sup>2</sup>

Entretanto, face às recomendações das Normas da Concessionária, será empregado condutor de seção maior  
**Portanto, o condutor da malha deverá ter seção de:**  $S_{\text{cond.malha}} =$  50 mm<sup>2</sup>

### C - Cabos de Aterramento dos Equipamentos de Baixa Tensão

O condutor de ligação para aterramento dos equipamentos de baixa tensão (lado de 380V) poderá ter seção de:  $S_{\text{condutor}} =$  20,00 mm<sup>2</sup>  
**Portanto, o condutor de aterramento dos equipamentos:**  $S_{\text{cond.}} =$  25 mm<sup>2</sup>

Estas deverão ser, portanto, as seções dos condutores para aterramento de TODOS os equipamentos de baixa tensão da instalação.

#### 4.1.1.6 - Parâmetros dos Equipamentos/Materiais

##### A - Transformador de Entrada

POTÊNCIA NOMINAL	75,0 kVA	QUANT.
TENSÃO PRIMÁRIA	13,8 kV	1
TENSÃO PRIMÁRIA	380 V	

##### B - Pára-raios

TIPO	Óxido de Zinco	QUANT.
TENSÃO PRIMÁRIA	12 kV	3
CORRENTE ESCOAMENTO	10 kA	

**C - Corta Circuito Fusível**

TIPO	MONOPLAR	QUANT.
TENSÃO PRIMÁRIA	12 kV	3
CORRENTE NOMINAL	100 A	
CAP. INTERRUPTÃO	10 kA	

**D - Condutores**

CIRCUITOS		Iprojeto (A)	Seção adotada mm <sup>2</sup>	Condutores por fase	Parâmetros Ω /km	
					Rca	XL
Alimentador Geral - Fase		113,95	50	1	0,47	0,11
Alimentador Geral - Neutro			25	1		
Ramal do Motor da Elevatória (cv)	40	55,86	16	1	1,38	0,12
Capacitor Correção Indiv. p/Motor (kVAr)	7,5	11,40	2,5	1	8,87	0,15
Circuitos Auxiliares		5,79	6	1	3,69	0,13
Circuitos Iluminação Interna			2,5	1	8,87	0,15
Circuitos Iluminação Externa			4	1	5,62	0,14
Cabo do Aterramento Descida P.Raios		10.000	50	cobre nu	têmpera mole	
Cabo do Aterramento da Malha		2.947	50	cobre nu	têmpera mole	
Aterramento Demais Equipamentos		4.911	25	cobre nu	têmpera mole	

**E - Fusíveis (Tipos: Ultra Rápido e Retardado)**

CIRCUITOS	MOTOR (cv)	I <sub>nominal</sub> (A)	Cap. Interrup. kA	Tensão nominal
CHAVE ESTÁTICA	40	160	>= 5	500V
CAPACITOR kVAr	7,5	20	>= 5	500V
COMANDO (RETARDADO)		6	>= 5	500V

**F - Disjuntores**

CIRCUITOS	I <sub>nominal</sub> (A)	Cap. Interrup. kA	Tensão nominal	Disparador S/C	Disparador C/C
ALIMENTADOR GERAL	160	>= 5	500V	fixo	fixo
RAMAL DO MOTOR DA EB-06/1	65	>= 5	500V	fixo	fixo

**G - Acionadores**

CIRCUITOS	DISPOSITIVO	I <sub>nominal</sub> (A)	Tensão nominal
MOTOR 40 cv	CHAVE ESTÁTICA	70	500V
CAPACITOR 7,5 kVAr trifásico	CONTACTOR	19	500V
SERVIÇOS AUXILIARES - QDL	SECCIONADOR FUSÍVEL	50	500V

**H - Instrumentos de Medição**

Motor (cv)	CIRCUITOS	Escala (A)	Tensão nominal
40	AMPERÍMETRO DIGITAL	0-100	500V
	LIGAÇÃO DIRETA	100/5	500V
VOLTÍMETRO DIGITAL		500V	500V

## **4.1.2 - Iluminação Externa das Edificações da EB-6/1**

### **4.1.2.1 - Dados da Entrada da Instalação**

A Iluminação Externa destina-se a dotar a área da Estação Elevatória de Água Tratada - EB-6/1, de condições de visibilidade e deslocamento de pessoas para uma eventual vistoria/observação noturna. Diante da natureza do trabalho a ser, eventualmente, desenvolvido na referida instalação, o nível de iluminamento adotado equipara-se àquele destinado para vias públicas de pequeno tráfego noturno. Segundo o que estabelecem as Normas Brasileiras, o iluminamento para essa situação está entre 8 e 10lux.

A Estação EB-6/1 será localizada na mesma área da EB-6 (existente), sítio que já é atendido por sistema de iluminação externa. Portanto, para a área da EB-6/1, a necessidade de iluminação externa será apenas na faixa de terreno (11,00x11,00m) que compreende o Pátio e Manobras ACRESCIDO.

A natureza do processo dispensa a necessidade de iluminação distribuída uniformemente cobrindo toda a área geométrica formada pelo polígono acima, portanto, diante da geometria da área, optamos por iluminação, de forma linear, e seguindo as margens do quadrilátero constituinte da área ACRESCIDA. O desenvolvimento do cálculo, será, assim, em função do iluminamento das bordas da área acima, o que possibilitará, também, uma visualização da área inscrita no mesmo.

Será calculado o nível de iluminamento (recomendado) para um ponto intermediário entre dois postes de iluminação e em uma linha imaginária distante de 2H (sendo H a altura de montagem da luminária) em relação à linha de eixo entre os postes. O nível de iluminamento abaixo do poste e em pontos na direção do ponto intermediário, sofrerá uma diminuição em consequência do afastamento. No ponto intermediário, o nível de iluminamento será o dobro daquele promovido por um dos postes uma vez que, nesse ponto, haverá a contribuição do outro ponto de luz equidistante.

A natureza do trabalho a ser desenvolvido na área da EB-6/1 não exige um alto grau de reprodução de cores. Considerando o aspecto de ordem econômica para o projeto, empregaremos lâmpadas de Multi Vapor Metálico, em face do alto rendimento luminoso e maior rendimento energético que oferecem.

As luminárias serão instaladas em postes de concreto DT 100/8. A distribuição dos circuitos será aérea, mediante o emprego de condutores isolados, com cobertura de PVC.

Os circuitos elétricos de alimentação das luminárias serão monofásicos, em 220V, derivados de sistema trifásico em 380V. Será adotado o sistema TN-S, a três condutores (F-N-PE). Cada circuito monofásico deverá ser alimentado por uma das três fases, e deverá ser provida a alternância entre elas com o intuito de aumentar a confiabilidade da área a ser iluminada, no caso de contingência de perda de uma das fases.

As luminárias serão do tipo para Iluminação Pública, fechadas, em corpo refletor em alumínio, refletor prismático em vidro boro-silicato (para uso de lâmpadas de Vapor Metálico) e com alojamento para reator. Cada luminária terá seu comando individual por relé foto-célula.

Todas as ferragens de suporte das luminárias, armações para os condutores, pinos, porcas, parafusos, etc., serão galvanizadas atendendo às prescrições das normas da ABNT.

**PREMISSAS DO PROJETO DE ILUMINAÇÃO**

tipo de luminária:	para Iluminação Pública, fechada, uso externo	
comando de operação liga/desliga:	individual por relé foto-célula	
tipo de circuito:	circuito monofásico, a três condutores, subterrâneo	
estrutura das luminárias:	poste de concreto DT 100/8	
tensão de alimentação da lâmpada:	220 Volts	
nível de iluminamento desejado:	10 lux	(ponto médio entre duas luminárias)
afastamento entre postes:	10 m	
altura de montagem da luminária:	7 m	
Número de luminárias por poste:	1	
Número de lampadas/luminária	1	

**TIPO DE LÂMPADA A SER USADA**

Multi Vapor Metálico	70 Watts
Fluxo luminoso da lampada	10.000 lumens
Consumo do reator:	20 Watts

**LUMINÁRIA A SER ADOTADA**

Fechada, para Iluminação Pública  
Corpo refletor estampado em chapa de alumínio  
Refrator prismático, em vidro boro-silicato

**CÁLCULO DO ILUMINAMENTO NO PONTO DESEJADO**

Iluminamento MÉDIO desejado a 2H do poste (na lateral):	10 lux
Altura de montagem da luminária:	7 m
Coef. de rendimento da luminária:	k= 0,85
Iluminamento máximo da luminária:	$E = (E_{\text{lx}} \times \Phi) / h^2$ lux
Fluxo/lumin necessário para a distância 2h do poste:	10 lux
Valor percentual do ponto P=2h em relação ao $E_{\text{max}}$ :	5 %
O iluminamento máximo num ponto abaixo da luminária é:	173 lux
Iluminamento a uma distância de 2h para uma luminária é:	8,67 lux
A contribuição da luminária adjacente é:	8,67 lux
O total do iluminamento no ponto considerado será:	<b>17,35 lux</b>

Condições do projeto: **o iluminamento calculado ATENDE AO PROJETO**

Deverá ser considerado, portanto, como ponto de iluminação padrão:

Tipo de poste:	100/8 DT - concreto
Tipo de luminária:	fechada
Altura de montagem:	7 m
Quantidade de luminária por poste:	1 ud
Afastamento entre os postes:	10 m
Tipo de lâmpada:	Vapor de Sódio
Potência da lâmpada:	70 Watts
Iluminamento a 2H do poste:	17,35 lux

A iluminação da EB - 6/1 será obtida mediante a distribuição de postes, no padrão acima, dispostos a 10 metros entre si, instalados nas laterais das instalações.

## 4.1.2.2 - Resumo do Projeto de Iluminação Externa da EB-6/1

**DISTRIBUIÇÃO DOS POSTES**

FASES	A	B	C	FINALID.
CIRC.	PONTOS			
C5	P1-P2-P3			ILUM.

QUADRO DE CARGAS								
CIRCUITO	LÂMPADA Watts	REATOR Watts	TOMADAS Watts		TOTAL RAMAL	DISJ. Inom.	SEÇÃO CONDUT.	FINALIDADE DO CIRCUITO
N#	70	20	1Φ-10A	3Φ-15A	Watts	Amp.	mm <sup>2</sup>	
C5	140	40			180	10	4	Ilum. Externa
C5			2200	9872,4	12.072	25-3Φ	4	Tom. Manuten.
C6					0.00	25-3Φ	4	Tom. Manuten.

<b>TOTAL CARGA</b>	<b>12.252 Watts</b>
--------------------	---------------------

Demanda máxima de iluminação	180 Watts	0,20 kVA
Demanda máxima de tomada	6.036,20 Watts	6,56 kVA

Considerando que a probabilidade de demanda máxima coincidente (100% de iluminação e 50% de tomadas) é baixíssima, tomaremos para demanda do sistema, a maior delas, no caso a da utilização das tomadas para um eventual serviço de manutenção, o qual muito provavelmente ocorrerá durante o dia, e portanto sem a necessidade de iluminação, assim, teremos:

Demanda máxima do sistema 6,56 kVA

Materiais e quantitativos	CIRCUITOS				TOTAL
	C5				
Condutor de 4mm <sup>2</sup> - 0,6/1kV - metros	50				50 m
Condutor de 2,5mm <sup>2</sup> - 0,6/1kV - metros	40				40 m
Luminária IP fechada	2				2 ud
Braço de 2m p/luminária	2				2 ud
Lâmpada Vapor de Sódio 100W	2				2 ud
Reator p/lamp. V.S.-100W	2				2 ud
Relé foto-célula 10A-220V	2				2 ud
Poste de concreto DT-100/8	2				2 ud
Caixa de sobrepor, c/2tomadas	1				1 ud
Eletroduto de PVC 32mm	30				30 m
Curva de PVC 32mm	4				4 ud
Quadro de Distribuição de Luz-trifásico	1				1 ud
Disjuntor tripolar 30A - 380V - 6kA	1				1 ud
Disjuntor tripolar 20A - 380V - 6kA	1				1 ud
Disjuntor monopolar 10A - 220V -6kA	3				3 ud



### 4.1.3 - Iluminação Interna das Edificações da EB-6/1

#### 4.1.3.1 - Dados da Entrada da Instalação

A Iluminação Interna destina-se a dotar a área da Estação Elevatória de Água Tratada - EB - 6/1, de condições de visibilidade e deslocamento de pessoas para execução da operação/observação noturna da Estação de Bombeamento. Diante da natureza do trabalho a ser, eventualmente, desenvolvido na referida instalação, o nível de iluminamento adotado equipara-se àquele destinado para ambientes industriais de operação/observação de máquinas/instrumentos. Segundo o que estabelecem as Normas Brasileiras, o iluminamento para essa situação está entre 150 e 250lux (considerados ao final do período de manutenção do conjunto luminária/lâmpada).

A área da EB - 6/1 é formada por cinco módulos destinados a: Sala das Bombas; Sala de Comando; Escritório; Depósito e WC.

Será calculado o nível de iluminamento (recomendado) para cada um dos módulos em função das dimensões de cada um, considerando o respectivo nível de iluminamento.

A natureza do trabalho a ser desenvolvido na área da EB - 6/1 não exige um alto grau de reprodução de cores. Considerando o aspecto de ordem econômica para o projeto, portanto, poderemos adotar o emprego de lâmpadas de descarga, de baixo consumo, na busca de maior rendimento energético para o Projeto de Iluminação.

As luminárias serão instaladas diretamente nas paredes laterais e/ou no teto sob a laje ou sob as vigas estruturais. A distribuição dos circuitos será obtida mediante o emprego de condutores isolados, instalados em eletrodutos rígidos.

Os circuitos elétricos de alimentação das luminárias serão monofásicos, em 220V, derivados de sistema trifásico em 380V. Será adotado o sistema TN-S, a cinco (ou três) condutores (F-N-PE). Cada circuito monofásico deverá ser alimentado por uma das três fases, e deverá ser provida a alternância entre elas com o intuito de aumentar a confiabilidade da área a ser iluminada, no caso de contingência de perda de uma das fases do circuito alimentador.

#### 4.1.3.2 - Área 1 - Sala de Bombas

##### TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA

tipo de luminária:	projeto circular aberto
comando de operação liga/desliga:	em grupo, por interruptor
tipo de circuito:	circuito monofásico, a três condutores.
montagem da luminária:	fixada por tirante sob o fundo da viga.
tensão de alimentação da lâmpada:	220 Volts
nível de iluminamento desejado:	250 lux
altura de montagem da luminária:	4,45 m
número de luminárias por ponto:	1 ud
número de lâmpadas/luminária	1 ud

##### TIPO DE LÂMPADA A SER USADA

Vapor Metálico	70 Watts
Fluxo luminoso da lâmpada	4.900 lumens
Consumo do reator:	13 Watts



**DIMENSÕES DO AMBIENTE**

Largura da edificação - m	4,50
Comprimento da edificação - m	7,00
Pé direito - m	4,90
Altura do plano de trabalho - m	0,00
Altura de suspensão da luminária - m	0,35
Altura de montagem - m	4,55

**PREMISSAS DO PROJETO**

Iluminamento para o local- lux	Em= 250
Área do local -m²	A= 31,50
Área EFETIVA a ser ilumin. -m²	A= 31,50
Número de lampadas/luminária	n= 1
Fluxo lum. da lampada - lumens	Φ= 4900
Potência da lâmpada - Watt:	Pot.= 70
Consumo do acessório - Watt:	Acess.= 13

**CÁLCULOS (método dos lumens)**

A quantidade de luminárias é dada por: 
$$N = \frac{E_m \times A}{n \times \Phi \times M_f \times U_f}$$

As condições do ambiente são:

Teto	claro	refletância	70%
Parede	clara	refletância	50%
Piso	escuro	refletância	10%

Índice do Local	K	Índice do Local	0,60
Ambiente NORMAL		Fator de Utilização	0,55
Período de manutenção de 3000h		Fator de Depreciação	0,70

O cálculo do número de luminárias será:

$$N = 4,17 \text{ ou em inteiros}$$

$$N = 4$$

NOTA: FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS:

**4 luminárias**

Com a quantidade de luminárias acima, a Iluminância média será:

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times M_f \times U_f \times 1,1}{A}$$

Iluminancia média calculada:  $E_{\text{médio}} = 264 \text{ lux}$ **4.1.3.3 - Área 2 - Sala de Comando****TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA**

tipo de luminária:	calha aberta para fluorescente
comando de operação liga/desliga:	em grupo, por interruptor
tipo de circuito:	circuito monofásico, a três condutores.
montagem da luminária:	fixada no teto.
tensão de alimentação da lâmpada:	220 Volts
nível de iluminamento desejado:	250 lux
altura de montagem da luminária:	2,60 m
número de luminárias por ponto:	1 ud
número de lampadas/luminária	2 ud

**TIPO DE LÂMPADA A SER USADA**

Fluorescente convencional	32 Watts
Fluxo luminoso da lampada	2.350 lumens
Consumo do reator:	15 Watts

**DIMENSÕES DO AMBIENTE**

Largura da edificação - m	2,80
Comprimento da edificação - m	5,40
Pé direito - m	2,60
Altura do plano de trabalho - m	0,00
Altura de suspensão da luminária - m	0,10
Altura de montagem - m	2,50

**PREMISSAS DO PROJETO**

Iluminamento para o local- lux	Em= 250
Área do local -m²	A= 15,12
Área EFETIVA a ser ilumin. -m²	A= 15,12
Número de lampadas/luminária	n= 2
Fluxo lum. da lampada - lumens	Φ= 2350
Potência da lâmpada - Watt:	Pot.= 32
Consumo do acessório - Watt:	Acess.= 15

CÁLCULOS (método dos lumens)

$$\text{A quantidade de luminárias é dada por: } N = \frac{E_m \times A}{n \times \Phi \times M_f \times U_f}$$

As condições do ambiente são:

Teto	claro	refletância	70%
Parede	clara	refletância	50%
Piso	escuro	refletância	10%

Índice do Local K

Ambiente NORMAL

Período de manutenção de 3000h

Índice do Local 0,74

Fator de Utilização 0,25

Fator de Depreciação 0,80

O cálculo do número de luminárias será:

N= 4,02 ou em inteiros

<b>N= 4</b>
-------------

NOTA: FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS:

4 luminárias

Com a quantidade de luminárias acima, a Iluminância média será:

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times M_f \times U_f \times 1,1}{A}$$

Iluminancia média calculada: 

<b>E<sub>médio</sub> = 274 lux</b>
------------------------------------

**4.1.3.4 - Área 3 - Escritório****TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA**

tipo de luminária:	calha aberta para fluorescente
comando de operação liga/desliga:	em grupo, por interruptor
tipo de circuito:	circuito monofásico, a três condutores.
montagem da luminária:	fixada no teto.
tensão de alimentação da lâmpada:	220 Volts
nível de iluminamento desejado:	250 lux
altura de montagem da luminária:	2,60 m
número de luminárias por ponto:	1 ud
número de lampadas/luminária	2 ud

**TIPO DE LÂMPADA A SER USADA**

Fluorescente convencional	32 Watts
Fluxo luminoso da lampada	2.350 lumens
Consumo do reator:	15 Watts

**DIMENSÕES DO AMBIENTE**

Largura da edificação - m	2,25
Comprimento da edificação - m	2,30
Pé direito - m	2,60
Altura do plano de trabalho - m	0,00
Altura de suspensão da luminária - m	0,10
Altura de montagem - m	2,50

**PREMISSAS DO PROJETO**

Iluminamento para o local- lux	Em= 250
Área do local -m²	A= 5,18
Área EFETIVA a ser ilumin. -m²	A= 5,18
Número de lampadas/luminária	n= 2
Fluxo lum. da lampada - lumens	Φ= 2350
Potência da lâmpada - Watt:	Pot.= 32
Consumo do acessório - Watt:	Acess.= 15

CÁLCULOS (método dos lumens)

$$\text{A quantidade de luminárias é dada por: } N = \frac{E_m \times A}{n \times \Phi \times M_f \times U_f}$$

As condições do ambiente são:

Teto	claro	refletância	70%
Parede	clara	refletância	50%
Piso	escuro	refletância	10%

Índice do Local K

Ambiente NORMAL

Período de manutenção de 3000h

Índice do Local

Fator de Utilização

Fator de Depreciação

0,45

0,18

0,80

O cálculo do número de luminárias será:

N= 1,91 ou em inteiros

**N= 2**

NOTA: FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS:

**2 luminárias**

Com a quantidade de luminárias acima, a Iluminância média será:

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times M_f \times U_f \times 1,1}{A}$$

Iluminancia média calculada: **E<sub>médio</sub> = 288 lux****4.1.3.5 - Área 4 - WC****TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA**

tipo de luminária:	fechada, tipo plafonier
comando de operação liga/desliga:	em grupo por interruptor
tipo de circuito:	circuito monofásico, a três condutores.
montagem das luminárias:	fixadas no teto
tensão de alimentação da lâmpada:	220 Volts
nível de iluminação desejado:	150 lux
altura de montagem da luminária:	2,60 m
Número de luminárias por ponto:	1 ud
Número de lampadas/luminária	1 ud

**TIPO DE LÂMPADA A SER USADA**

Fluorescente convencional	32 Watts
Fluxo luminoso da lampada	2.400 lumens
Consumo do reator:	Watts

**DIMENSÕES DO AMBIENTE**

Largura da edificação - m	2,30
Comprimento da edificação - m	1,30
Pé direito - m	2,60
Altura do plano de trabalho - m	0,00
Altura de suspensão da luminária - m	0,10
Altura de montagem - m	2,40

**PREMISSAS DO PROJETO**

Iluminamento para o local- lux	Em= 150
Área do local -m²	A= 2,99
Área EFETIVA a ser ilumin. -m²	A= 2,99
Número de lampadas/luminária	n= 1
Fluxo lum. da lampada - lumens	Φ= 2400
Potência da lâmpada - Watt:	Pot.= 32
Consumo do acessório - Watt:	Acess.=

CÁLCULOS (método dos lumens)

$$A \text{ quantidade de luminárias é dada por: } N = \frac{E_m \times A}{n \times \Phi \times M_f \times U_f}$$

As condições do ambiente são:

Teto	claro	refletância	70%
Parede	clara	refletância	50%
Piso	escuro	refletância	10%

Índice do Local K

Ambiente NORMAL

Período de manutenção de 3000h

Índice do Local 0,30

Fator de Utilização 0,24

Fator de Depreciação 0,80

O cálculo do número de luminárias será:

N= 0,98 ou em inteiros

**N= 1**

NOTA: FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS:

**1** luminária

Com a quantidade de luminárias acima, a Iluminância média será:

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times M_f \times U_f \times 1,1}{A}$$

Iluminancia média calculada: **E<sub>médio</sub> = 167,62 lux****4.1.3.6 - Área 5 - Depósito****TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA**

tipo de luminária:	fechada, tipo plafonier
comando de operação liga/desliga:	em grupo por interruptor
tipo de circuito:	circuito monofásico, a três condutores.
montagem das luminárias:	fixadas no teto
tensão de alimentação da lâmpada:	220 Volts
nível de iluminação desejado:	150 lux
altura de montagem da luminária:	2,60 m
Número de luminárias por ponto:	1 ud
Número de lampadas/luminária	1 ud

**TIPO DE LÂMPADA A SER USADA**

Fluorescente convencional	32 Watts
Fluxo luminoso da lampada	2.400 lumens
Consumo do reator:	Watts

**DIMENSÕES DO AMBIENTE**

Largura da edificação - m	2,30
Comprimento da edificação - m	1,30
Pé direito - m	2,60
Altura do plano de trabalho - m	0,00
Altura de suspensão da luminária - m	0,10
Altura de montagem - m	2,40

**PREMISSAS DO PROJETO**

Iluminamento para o local- lux	Em= 200
Área do local -m²	A= 2,99
Área EFETIVA a ser ilumin. -m²	A= 2,99
Número de lâmpadas/luminária	n= 1
Fluxo lum. da lâmpada - lumens	Φ= 2400
Potência da lâmpada - Watt:	Pot.= 32
Consumo do acessório - Watt:	Acess.= 0

CÁLCULOS (método dos lumens)

$$A \text{ quantidade de luminárias é dada por: } N = \frac{E_m \times A}{n \times \Phi \times M_f \times U_f}$$

As condições do ambiente são:

Teto	claro	refletância	70%
Parede	clara	refletância	50%
Piso	escuro	refletância	10%

Índice do Local K  
 Ambiente NORMAL  
 Período de manutenção de 3000h

Índice do Local	0,35
Fator de Utilização	0,24
Fator de Depreciação	0,80

O cálculo do número de luminárias será:

$$N = 1,31 \text{ ou em inteiros}$$

$$N = 2$$

NOTA: FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS:

2 luminárias

Com a quantidade de luminárias acima, a Iluminância média será:

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times M_f \times U_f \times 1,1}{A}$$

Iluminancia média calculada:  $E_{\text{médio}} = 335,24 \text{ lux}$ **4.1.3.7 - Resumo Quali-quantitativo do Projeto de Iluminação Interna da EB-6/1**

ÁREA	LUMINÁRIA TIPO	LÂMPADA	QUANT.	POT. (W)	CONSUMO TOTAL
ÁREA 1:	projektor circular aberto	Vapor Metálico	4	70	280 Watts
ÁREA 2:	calha aberta para fluorescente	Fluorescente convencional	4	32	128 Watts
ÁREA 3:	calha aberta para fluorescente	Fluorescente convencional	2	32	64 Watts
ÁREA 4:	fechada, tipo plafonier	Fluorescente compacta, eletrônica	1	32	32 Watts
ÁREA 5:	fechada, tipo plafonier	Fluorescente compacta, eletrônica	2	32	64 Watts

ÁREA	TOMADA TIPO		CONSUMO TOTAL
	1Φ-10A	3Φ-16A	
ÁREA 1:	1	1	12.731 Watts
ÁREA 2:	1	1	12.731 Watts
ÁREA 3:	2	0	4.400 Watts
ÁREA 4:	1	0	2.200 Watts
ÁREA 5:	1	0	2.200 Watts

fator de demanda lâmpadas: 1  
fator de demanda tomadas: 0,3

Demanda TOTAL a ser considerada: 10.846 Watts  
Corrente máxima no alimentador: 16,48 A  
Seção condutor do alimentador tronco: 4 mm<sup>2</sup>  
Seção do condutor do ramal lâmpada: 2,5 mm<sup>2</sup>  
Seção do condutor do ramal tomada: 4 mm<sup>2</sup>  
Disjuntor Geral iluminação, trifásico: 30 A  
Disjuntor tomadas, trifásico: 20 A  
Disjuntor ramais monofásico: 10 A

#### 4.1.3.8 - Resumo do Projeto de Iluminação Interna da EB-6/1

Materiais e quantitativos	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	TOTAL
Condutor de 4mm <sup>2</sup> - 0,6/1kV - metros	80		15	40		135,00 m
Condutor de 2,5mm <sup>2</sup> - 0,6/1kV - metros	60	30	20	20		130 m
Cabo de cobre nú, 10mm <sup>2</sup>	30	10	10	10		60 m
Eletroduto rígido de PVC-32mm - metros	42	6	6	10		64 m
Projeto circular p/lâmp. V.S.- 70W	4					4 ud
Calha aberta p/ lâmp. Fluorescente 2x32W		4	2			6 ud
Luminária, tipo plafonier p/lâmp. comp.				1	2	3 ud
Lâmpada multi vapores metálicos 70W	4					4 ud
Lâmpada fluorescente 32W		8	4			12 ud
Lâmpada compacta, eletrônica, 32W				1	2	3 ud
Interruptor uma seção 10A-220V	1	1	1			3 ud
Interruptor uma seção c/tomada 10A-220V	1			1	1	3 ud
Tomada monofásica, dupla 10A-220V		1	2			3 ud
Tomada monofásica, 2P+T 10A-220V	1	1				2 ud
Tomada trifásica, 3P+T 16A-380V	1	1				2 ud
Disjuntor tripolar 40A - 380V - 6kA						1 ud
Disjuntor tripolar 25A - 380V - 6kA						2 ud
Disjuntor monopolar 15A - 220V -6kA						5 ud
CP-1 passagem, sobrepor 20x20x12	1	2	2	3		8 ud
CP-2 passagem, sobrepor c/interruptor	1	1	1			3 ud
CP-3 passagem, sobrepor, c/2tomadas	1		1	1		3 ud
Quadro de Distribuição de Luz-trifásico						1 ud

#### 4.1.4 - Malha de Terra da EB-6/1

##### SUBESTAÇÃO PRINCIPAL 13.800-380Volts - 75kVA

OBS: Valores de: seção x diâmetro dos condutores:	seção (mm <sup>2</sup> )	diâm. (mm)
	50	7,98

#### PARÂMETROS INICIAIS RELATIVOS AO SISTEMA EM ESTUDO

Corrente de defeito, I <sub>cc</sub> (fase-terra), considerada:	I <sub>def</sub> =	1000 A
Tempo para eliminação do defeito (em segundos)	t <sub>def</sub> =	0,5 segundos
Para o tipo de solo, a resistividade varia de:		50-100 Ω.m
Consideraremos para o cálculo a resistividade aparente de:		160 Ω.m

#### DIMENSIONAMENTO TÉRMICO DO CONDUTOR DA MALHA E CABOS DE LIGAÇÃO

Método de Onderdonk (válido somente para o dimensionamento térmico para cabo de cobre)

$$I_{\text{defeito}} = 226,53 \times S_{\text{cobre}} \times \sqrt{\frac{1}{t_{\text{defeito}}} \ln \left( \frac{\theta_m - \theta_a}{234 + \theta_a} + 1 \right)}$$

Fórmula de Onderdonk:

onde:

I <sub>def</sub>	= corrente de defeito, em Ampère, através do condutor
S <sub>cobre</sub>	= seção do condutor de cobre da malha de terra mm <sup>2</sup>
T <sub>def</sub>	= tempo de duração do defeito em segundos
T <sub>emp.solda</sub>	= temperatura da solda (pelo tipo de solda/conexão)
T <sub>emp. amb</sub>	= temperatura ambiente da instalação

Máxima temperatura suportada pelos vários tipos de conexão: T<sub>emp.solda</sub>

Tipo de conexão	Temp.max. suportável
Cavilhada (conexão por aperto de parafuso)	250 graus Celsius
Solda exotérmica	850 graus Celsius

Para o presente caso temos:

A premissa de cálculo será para a temperatura suportável das conexões cavilhadas/a parafuso, em face de ser este o ponto mais fraco na cadeia do sistema de aterramento, e por ser um tipo de conexão que estará presente nos principais pontos de ligação dos equipamentos ao sistema de aterramento.

Considerando as observações acima, teremos:

I <sub>defeito</sub> no ponto considerado:	I <sub>defeito</sub> =	1.000 A
I <sub>defeito</sub> no cabo de ligação dos equipamentos/malha:	I <sub>def</sub> =	1.000 A
Percentual da corrente de defeito na malha:		60 %
I <sub>defeito</sub> nos cabos da malha:	I <sub>def. Malha</sub> =	600 A
Tempo de duração do defeito (seg)	t <sub>duração</sub> =	0,5
Temp. ambiente (graus Celsius)	θ <sub>a</sub> =	35
Temp. solda (graus Celsius) conexão cavilhada	θ <sub>m</sub> =	250
cálculo da seção do condutor de cobre (cabo ligação):		4,07 mm <sup>2</sup>
cálculo da seção do condutor de cobre (cabo da malha):		2,44 mm <sup>2</sup>

Donde se conclui que o condutor a ser usado para a malha de terra e descida dos equipamentos, quanto ao dimensionamento térmico poderá ser o de seção igual ou maior que  $9\text{mm}^2$ . Entretanto por razões de ordem de resistência mecânica aos esforços sobre a malha, será inicialmente calculada a malha para o condutor de seção conforme a seguir

Consideraremos inicialmente condutor de cobre nú:  $50\text{ mm}^2$   
 Diâmetro do condutor acima considerado (em mm):  $7,98\text{ mm}$   
 Diâmetro do condutor acima considerado (em m):  $0,0080\text{ m}$

### CÁLCULO DA MALHA - CONDIÇÕES INICIAIS DO PROJETO

Foram considerados os seguintes determinantes para cálculo da malha e das tensões de passo e de toque

Resistividade aparente do solo em ohms.metro  $160\text{ ohms.metro}$   
 Espaçamento da malha:  $2,40\text{ m}$   
 Comprimento das hastes:  $2,40\text{ m}$   
 Corrente de defeito:  $1.000\text{ A}$   
 Geometria da malha:  $\text{retangular}$   
 Dimensão lado a (metros) (dimensão inicial)  $12,00\text{ m}$   
 Dimensão lado b (metros) (dimensão inicial)  $9,60\text{ m}$   
 Comprimento da Haste de aterramento de (metros):  $2,40\text{ m}$   
 Diâmetro da Haste de aterramento de (polegadas):  $0,75\text{ pol.}$   
 Profundidade da malha:  $0,60\text{ m}$   
 Camada superficial de brita:  $0,10\text{ m}$   
 Resistividade da brita:  $3.000\text{ }\Omega.\text{m}$

Dimensões iniciais da malha	Valores
Espaçamento cond. lado a (metros)	2,40
Espaçamento cond. lado b (metros)	2,40
Número de condutores no lado Na	6,00
Número de condutores no lado Nb	5,00
Número de condutores no lado Na	6,00
Número de condutores no lado Nb	5,00
Número total de "nós" da malha: $n_a \times n_b =$	30,00
Número de "nós" da periferia da malha: $2n_a + 2(n_b - 2) =$	18,00
Comprimento total dos cabos da malha $L_{\text{cabo}}$ (m)	117,60
Comprimento da haste de aterramento (m)	2,40
Quantidade de hastes a ser usada (unid)	18,00
Comprimento equivalentes das hastes "Lhastes" (m)	43,20
Comprimento total para malha com hastes (m)	179,70
Comprimento equivalente total "L total" (m)	179,70

### CÁLCULO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO DA MALHA

Resistividade aparente do solo (ohms.metro)  $160,00\text{ ohms.metro}$   
 Área da malha ( $\text{m}^2$ )  $115,20\text{ m}^2$   
 Profundidade da malha (metros)  $0,60\text{ m}$

R (equiv). Sist. de Aterramento **6,89 ohms**

<b>Resistência final da malha atende às Normas</b>	<b>ATENDE ÀS NORMAS</b>
--	-------------------------



**Potenciais máximos, permissíveis, da malha durante a ocorrência do defeito:  $V_{\text{toque max.}}$  e  $V_{\text{passo max.}}$**

### Subestações COM superfície de brita

#### Cálculo do potencial de toque máximo PERMISSÍVEL

$$V_{\text{toque max.}} = [1000 + 1,5C_s(h_s, K) \times \rho_s] \times (0,116/\text{raiz}(t))$$

$$V_{\text{passo max.}} = [1000 + 6C_s(h_s, K)] \times (0,116/\text{raiz}(t))$$

$$t = 0,5$$

$$C_s(h_s, K) = 1/0,96 \times \{1 + 2[\sum (n=1; \infty) K^n / (\text{raiz}(1 + (2nh_s/0,08)^2))]\}$$

$$K = (\rho_a - \rho_s) / (\rho_a + \rho_s)$$

$$\rho_a = 160$$

$$\rho_s = \rho_{\text{brita}} = 3000$$

$$h_s = 0,1$$

$$C_s(h_s, K) = 1/0,96 \times \{1 + 2[\sum (n=1; \infty) K^n / (\text{raiz}(1 + (2nh_s/0,08)^2))]\}$$

$$C_s(h_s, K) = 0,6117$$

#### Cálculo do potencial de TOQUE máximo PERMISSÍVEL (malha COM brita)

$$V_{\text{toque máximo permissível}} = [1000 + 1,5C_s(h_s, K) \times \rho_s] \times (0,116/\text{raiz}(t))$$

$$V_{\text{toque máximo permissível}} = 615,60 \text{ volts}$$

#### Cálculo do potencial de PASSO máximo PERMISSÍVEL (malha COM brita)

$$V_{\text{passo máximo permissível}} = [1000 + 6C_s(h_s, K)] \times (0,116/\text{raiz}(t))$$

$$V_{\text{passo máximo permissível}} = 1.970,24 \text{ volts}$$

### POTENCIAIS MÁXIMOS DA MALHA DURANTE A OCORRÊNCIA DE DEFEITO: $V_{\text{toque}}$ ; $V_{\text{passo}}$

#### CÁLCULO DO POTENCIAL DE TOQUE DA MALHA DURANTE O DEFEITO

$$V_{\text{toque máximo da malha durante o defeito}} = (\rho_a \times K_m \times K_i \times I_{\text{malha}}) / L_{\text{total}}$$

$$K_m = (1/2\pi) \times \{\ln [e^2/16hd + (e+2h)^2/8ed - h/4d] + K_{ii}/K_h \times \ln [8/\pi(2N-1)]\}$$

$$V_{\text{toque máximo da malha}} = (\rho_a \times K_m \times K_i \times I_{\text{malha}}) / L_{\text{total}}$$

$$\text{Valor calculado TOQUE MAX. malha durante defeito} = 525,97 \text{ volts}$$

Condição de:  $V_{\text{toq. malha}} < V_{\text{toque máximo permissível}}$ : **CONDIÇÃO ATENDIDA - MALHA SEGURA**

#### CÁLCULO DO POTENCIAL DE PASSO NA PERIFERIA DA NOVA MALHA DURANTE O DEFEITO

$$V_{\text{passo da malha durante o defeito}} = (\rho_a \times K_p \times K_i \times I_{\text{malha}}) / L_{\text{total}}$$

$$K_p = (1/\pi) [1/2h + 1/(e+h) + (1/e) \times (1-0,5^{(N-2)})]$$

$$K_i = 0,656 + 0,172N \quad (\text{sendo } N \text{ o máximo entre } N_a \text{ e } N_b)$$

$$2,3760$$

Logo, o  $V_{\text{passo}}$  da malha durante o defeito= **158,16 volts**

Condição:  $V_{\text{passo da Malha}} \leq V_{\text{passo max. adm.}}$ : **CONDIÇÃO ATENDIDA - MALHA SEGURA**

**CASO DE SUBESTAÇÃO CONTORNADA POR CERCA METÁLICA**
**CÁLCULO DO POTENCIAL DE TOQUE NA CERCA METÁLICA DURANTE O DEFEITO**

$$V_{\text{cerca}} \text{ da subestação durante o defeito} = \frac{(\rho_a \times K_c \times K_i \times I_{\text{malha}}) / L_{\text{total}}}{K_c = (1/2\pi) \times \{ \ln \{ (h^2 + x^2) \times [h^2 + (e+x)^2] / (h \times d \times (h^2 + e^2)) \} + 2 \ln \{ [(2e+x)/2e \times (3e+x)/3e \dots \dots \dots [(N-1)e+x](N-1)e] \} \}}$$

sendo x igual à distancia da cerca à periferia da malha,

cerca **recuada** um metro **sobre** a malha:  $x = -1$

no presente caso vamos considerar que a cerca será construída **AFASTADA** da periferia da malha numa distância de:

$$x = -1,0000$$

$$\text{valor calculado para } K_c = 0,5878$$

$$K_i = 0,656 + 0,172N \quad (\text{sendo } N \text{ o máximo entre } N_a \text{ e } N_b) \quad 2,3760$$

$$V_{\text{cerca}} \text{ da subestação durante o defeito} = 184,72 \text{ volts}$$

**Condição:  $V_{\text{cerca da malha}} \leq V_{\text{toque max. adm.}}$**

**CONDIÇÃO ATENDIDA - MALHA SEGURA**

**RESUMO DA MALHA - ALTERNATIVA FINAL**

Subestação COM camada de brita de:	0,10 metros
Tempo de eliminação do defeito	0,50 segundos
Cabo de cobre nú seção em mm <sup>2</sup>	50,00 mm <sup>2</sup>
Comprimento do Lado A da malha	12,00 metros
Comprimento do Lado B da malha	9,60 metros
Geometria da malha: retângulo de:	12,00x9,60 metros
Comprimento total de cabo (em metros)	117,60 metros
Quantidade de hastes de 3/4" x 3,00m	18,00 unidades
Espaçamento entre as hastes (em metros)	2,40 metros
Profundidade da malha em metros (exceto periferia)	0,60 metros
Profundidade da malha na periferia (em metros)	1 metro
Fazer os cantos arredondados na periferia	
Usar hastes na periferia e na DESCIDA de todos os equipamentos principais, tipo PARA-RÁIOS, LÂMINA DE TERRA, DISJUNTOR, TRANSFORMADOR.	
A cerca metálica da subestação deverá ficar a:	1,00m afastada da malha

#### 4.1.5 - Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas da EB-6/1

##### A - DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

Dados do projeto:

##### EDIFICAÇÃO

Altura da Edificação em relação ao solo	4,50 m
Comprimento da Edificação	12,00 m
Largura da Edificação	12,00 m

Embora não tenhamos dados quali-quantitativos mais precisos quanto ao índice cerâmico da região onde será implantada a Estação Elevatória de Água Tratada - EB 6/1, (na localidade de Monte das Gameleiras/Monsenhor Expedito, no Estado do Rio Grande do Norte), trabalharemos com os dados disponíveis para a região Nordeste do Brasil que situa a referida região dentro das curvas isocerâmicas de 50-60 dias/trovoada/ano, o que a qualifica como região no início da faixa dos níveis cerâmicos altos. Para efeito desta análise, consideraremos o nível cerâmico com valor médio de 55.

Para determinação da densidade de queda de raios na região sob estudo, adotaremos as orientações das normas internacionais (IEC principalmente) as quais recomendam para países que não disponham de registro confiável da densidade de queda de raios, que se adote a equação:  $N_g = 0,04 \times I^{1,25}$  como determinante da densidade procurada. No presente caso, teremos:

$$I = 55 \quad N_g = 5,9912 \quad \text{ou} \quad N_g = 6 \text{ raios/km}^2/\text{ano}$$

O conjunto das instalações da Estação Elevatória é constituído de uma área para a edificação principal (casa de bombas) e Poço de Sucção com dimensões conforme mostrado em planta.

Os equipamentos ali instalados e que necessitam de proteção, são equipamentos hidráulicos formados por bombas e motores elétricos e seus respectivos dispositivos de acionamento e controle, onde encontram-se a presença de componentes de eletrônica de estado sólido baseado em sistemas micro-processados, portanto, susceptíveis à influência dos campos eletromagnéticos resultantes das descargas atmosféricas.

Para efeito de cálculo da probabilidade de queda de raios nessas estruturas, tomamos como padrão de edificações a serem protegidas, o conjunto de maior altura (reservatório), bem como, a área de ocupação das demais instalações no plano horizontal.

A edificação objeto deste estudo, tem as seguintes características:

forma geométrica:	retangular
Altura da Edificação em relação ao solo	4,50 m
Comprimento da Edificação	12,00 m
Largura da Edificação	12,00 m

A área de captação desse conjunto será:

$$A_a = ab + 2(a+b)h + \pi h^2$$

$$a.b = 144,00 \text{ m}^2$$

$$2(a+b)h = 48,00 \text{ m}$$

$$\pi h^2 = 63,62$$

$$A_a = 255,62 \text{ m}^2$$

A probabilidade de queda de raios nessa área será determinada por:

$$P = A_a \cdot N_g \cdot 10^{-6} \text{ raios/ano}$$

Para o caso em questão teremos:

$$P = 1.534 \times 10^{-6} \text{ raios/ano}$$

A NBR-5419 considera esse método como válido para o cálculo da probabilidade de queda de raios sobre determinada estrutura, e estabelece um número ( $P_0$ ) a partir do qual a proteção torna-se obrigatória, sendo:

$$P_0 = P.A.B.C.D.E$$

$P_0 < 10^{-5}$	proteção desnecessária
$P_0 > 10^{-3}$	proteção obrigatória

Onde teremos para os fatores de ponderação:

FATOR	QUALIFICAÇÃO		VALOR
A	Ocupação	Instalação Industrial	1
B	Material de Construção	Alvenaria	1
C	Conteúdo	Instalações Elétricas	1
D	Localização	Semi-isolada	1
E	Topografia	Planície	1

Calculando:  $P_o = P \times A \times B \times C \times D \times E$  ou

$$P_o = 1.533,70 \times 10^{-6}$$

$$P_o = 1,53 \times 10^{-3}$$

### CONCLUSÃO: PROTEÇÃO OBRIGATÓRIA

Resultado que torna obrigatória a proteção contra descargas atmosféricas.

Com base no exposto acima, será aplicada a proteção, e o método a ser adotado neste estudo será o do modelo eletrogeométrico

A NBR-5419 classifica as instalações acima dentro de nível de proteção "**tipo III**" e define como raio padrão para a esfera fictícia o valor de 45m, com isso, o volume de proteção para a estrutura considerada acha-se conforme desenvolvimento gráfico.

O alcance da proteção de um captor de altura útil de 10,0m (em relação ao solo) e instalado no topo de um poste implantado lateralmente à Edificação e a uma distância equidistante no sentido longitudinal da mesma, (quadrado de 12mx12m) será:

$$\text{Alcance da proteção} = R \cdot \cos[\arcsin(R-h)/R]$$

$$\text{sendo: } R = 45$$

$$h = 10$$

$$\text{Alcance da proteção} = 32,06 \text{ m}$$

Conforme mostrado na parte gráfica, serão empregados dois captosres (dois postes DT-10/150), posicionados lateralmente à edificação que abrigará a sala de bombas e a casa de comando, escritório, etc.. A necessidade de dois captosres deve-se ao alcance da proteção na área de cobertura da referida edificação conforme está demonstrado no desenho correspondente à área estabelecida pela interceptação do plano de cobertura da edificação com a área definida pelo cone esférico correspondente ao método eletro-geométrico.

O sistema será complementado pela execução de um anel de escoamento, formado por cabo de cobre nú de 50mm<sup>2</sup> enterrado a 1,00m abaixo da superfície do solo e conectado a quatro hastes de terra de 3,00mx3/4". A esse anel deverão ser conectadas as descidas (duas por captor) dos captosres instalados no topo dos postes.

Os elementos constituintes do sistema de proteção serão: os captosres, o sistema de descida e o sistema de aterramento propriamente dito.

Como captosres utilizaremos hastes de terra de comprimento de 3,0m com diâmetro de 3/4".

Considerando que as edificações são em alvenaria, não teremos componentes naturais para serem empregados como integrantes do sistema de descida, neste caso utilizaremos a descida por meio de cabos de cobre nu fixados diretamente na face lateral do poste que suporta o captor.

Serão empregados no SPDA: Dois postes de concreto DT-150/10 para instalação do captor (constituído por uma haste de terra de 3/4" x 3,00m); cabos de cobre nu de têmpera mole de seção 50mm<sup>2</sup> como cabos de descida e para o cabo de formação do anel de escoamento na base da Edificação) e como eletrodos de escoamento serão usadas quatro hastes de terra de 3/4" x 3,00m.

O desenvolvimento gráfico mostra o volume de proteção da Edificação a ser protegida.

O método oferece portanto o grau de proteção desejado.

## 4.2 - Estação de Bombeamento EB-6/2

### 4.2.1 - Potência da Subestação e Dimensionamento dos Condutores e Equipamentos Principais

#### DADOS DE ENTRADA DA INSTALAÇÃO

Sistema trifásico a cinco condutores	TN-S
Tensão de alimentação das cargas:	380 V
Fator de potência final da instalação	0,92 pu
Motores de potência (cv) menor ou igual a:	5 acionamento com partida direta
Motores de potência (cv) igual ou maior a:	15 a instalação requer subestação primária
Demanda total (kVA), igual ou maior a:	15 a instalação requer subestação primária

#### CARACTERÍSTICAS DOS MOTORES - DADOS DE ENTRADA

NOTA:	potência: cv	Número de polos	$\rho = 100\%$ carga	$\cos\phi = 100\%$ carga	$\cos\phi =$ na partida	$I_p/I_r =$	Tensão (V) alimentação
EB-06/2	100	2	0,931	0,910	0,35	9,3	380
EB-06/2	1	4	0,780	0,820	0,35	6,2	380

#### QUADRO DE CARGAS

Carga a ser instalada	Quantid. instalada	Quantid. reserva	Potência em cv	Potência em kW	Demanda em kW
motor da bomba da EB	2	1	100	86,87	86,87
motor da bomba drenagem	1	0	1	1,15	1,15
iluminação interna	1			0,50	0,50
iluminação externa	1			2,00	2,00
tomada mono p/serv. de manut.	1			2,19	2,19
tomada trif. p/serv. de manutenção	1			10,53	10,53
				Total	103,25

Instalação com motores de Potência em cv $\geq$ :	SIM - REQUER SUBESTAÇÃO
Instalação com demanda ( $D \geq 15$ kVA):	SIM - REQUER SUBESTAÇÃO
Potência da instalação em kVA:	112,23 kVA
Potência do Transformador em kVA:	112,5 kVA
Tensão primária de alimentação da SE:	13.800 Volt
Tensão secundária de alimentação das cargas:	380 Volt
Corrente máxima de projeto (no secundário):	

NOTA: A demanda requerida enquadra o atendimento da instalação em Alta Tensão conforme preconizam as normas da SERHID. Portanto o atendimento desta instalação será diretamente do sistema de distribuição primária da COSERN na tensão de 13.800Volts.

#### POTÊNCIA INSTALADA EM TRANSFORMADORES NA SUBESTAÇÃO DA EB-06/2

Transformador	trifásico em banho de óleo
Potência	112,5 kVA
Tensão no primário	13,8 kV
Tensão no secundário	380 V
Impedância	4,5 %
Perdas no cobre	1650 Watts
Corrente nominal primário	4,71 A
Corrente nom. secundário	170,93 A
Quantidade de trafos	1 ud

**CÁLCULO DA DEMANDA DO SISTEMA**

Motores em operação:	1
Potência nominal do motor:	86,87 kW
Pot. requerida motores:	86,87 kW
Potência auxiliares:	15,22 kW
Potência da instalação:	102,10 kW

$$D = (a+b+c+d+e) / fp$$

$$\begin{aligned} a &= 15,22 \\ b=c=d &= 0 \\ e &= 88,02 \\ fp &= 0,95 \end{aligned}$$

$$D = 112,23 \text{ kVA}$$

**CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA - DADOS DE ENTRADA**

Corrente de Curto-Circuito no PDE-13,8kV	2 kA	(conforme COSERN)
Potência de Curto-Circuito no PDE	47,80 MVA	
Resistência reduzida do sistema: $R_{\text{sistema}} =$	0,0000 $\Omega$ / 380 V	
Reatância reduzida do sistema: $X_{\text{sistema}} =$	0,0000 $\Omega$ / 380 V	
Impedância reduzida do sistema: $Z_{\text{sistema}} =$	0,1097 $\Omega$ / 380 V	
Cabo de alimentação primária do transformador da EB		
Seção dos cabos do ramal de ligação do transformador	1/0 AWG	
Parâmetros do cabo ramal de entrada: $R_{\text{ramal lig.}} =$	0,3655 pu/kM	
Parâmetros do cabo ramal de entrada: $X_{\text{ramal lig.}} =$	0,2724 pu/kM	
Parâmetros do cabo ramal de entrada: $R_{\text{ramal lig.}} =$	0,0005 $\Omega$ /km (380V)	
Parâmetros do cabo ramal de entrada: $X_{\text{ramal lig.}} =$	0,0004 $\Omega$ /km (380V)	
Comprimento do ramal de alimentação do transformador	40 m	
Número de cabos por fase do ramal de alimentação:	1	
Maneira de instalar dos cabos	aérea	

**VALORES LIMITES PARA QUEDA DE TENSÃO**

As condições operacionais do Projeto recomendam os seguintes limites:

Queda de tensão (%), em relação ao PDE, para a condição de <b>PARTIDA</b> do motor:	10 %
Queda de tensão (%), em relação ao PDE, para a condição de <b>REGIME</b> do motor:	7 %

#### 4.2.1.1 - Dimensionamento de Condutores e Equipamentos

### A - Cálculo do Condutor do Alimentador Geral de Baixa Tensão

#### CARACTERÍSTICAS DO CIRCUITO DO ALIMENTADOR GERAL

Valores das correntes do circuito do alimentador geral:

$$I_{\text{alimentador}} = 170,93 \text{ A}$$

Comprimento do alimentador (metros):	30	Fatores de correção:	
Tipo de condutor:	cobre	K1 (temperatura do solo 35°):	0,89
Resistividade do material:	0,0179	k2 (agrup. de cabos):	1,00
Nível de isolamento:	0,6/1kV	k3 (agrup. de circuitos):	1,00
Temp. máxima permitida (condutor):	90°C	k4 (agrup. de eletrodutos):	1,00
Temperatura do ambiente:	40°C	fs (fator de serviço)	1,00
Maneira de instalar:	eletrodo enterrado		
Tipo de instalação:	D		
Queda de tensão admitida no ramal (%):	2		

#### Cálculo da seção do condutor função da CAPACIDADE DE CONDUÇÃO para o tipo de instalação:

tipo do isolamento	corrente de projeto (A)	fator de correção	cap.cond neces. (A)	cap.cond por cabo (A)	seção em (mm <sup>2</sup> )	resist. Ω/km	reatância Ω/km
PVC	170,93	0,89	192,05	211	95	0,2300	0,1100

A seção do condutor será em função da capacidade de condução do condutor:

seção escolhida:	95 mm <sup>2</sup>
condutor por fase:	1

#### Cálculo da seção do condutor em função da queda de tensão ADMITIDA para o circuito:

$$S_{\text{condutor}} = 20,87 \text{ mm}^2$$

#### Cálculo da seção do condutor em função da CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO:

I <sub>cc</sub> =	1,10 kA
T <sub>elim. defeito</sub> =	0,5 seg
condutor:	PVC
T <sub>final</sub> =	250 °C
T <sub>inicial</sub> =	90 °C

temp em °C	Isolamento do condutor	
	PVC	XLPE
T <sub>final</sub>	160	250
T <sub>inicial</sub>	70	90

$$S_{\text{condutor}} = 5,50 \text{ mm}^2$$

Pelo cálculo acima, essa deveria ser a seção mínima, em função da máxima temperatura a que deve suportar com base no valor considerado para a corrente de curto circuito (simétrica), nos terminais secundários do transformador.

Resumo, a seção do condutor a ser adotada será, em função da que conduzir à maior seção dentre as três condições acima:

tipo do isolamento	corrente de projeto (A)	fator de correção	cap.cond neces. (A)	cap.cond cabo (A)	seção em (mm <sup>2</sup> )	resist. Ω/km	reatância Ω/km
PVC	170,93	0,89	192,05	211	95	0,2300	0,1000

#### Dimensionamento do condutor NEUTRO

Seção calculada	mm <sup>2</sup> :	48	(NBR 5410/97)
Seção escolhida	mm <sup>2</sup> :	50	
Quantidade por fase	ud:	1	

**Dimensionamento do condutor de PROTEÇÃO**

condutor: cobre nú

Seção escolhida	mm <sup>2</sup> :	25
Quantidade por fase	ud:	1

**RESUMO DOS CONDUTORES ESCOLHIDOS**

A seção escolhida do condutor será em função da capacidade de condução:

	FASE	NEUTRO	PE
Seção escolhida	mm <sup>2</sup> : 95	50	25
Diâmetro externo	mm: 17,00	13,98	5,64
Quantidade por fase	ud: 1	1	1

**Dimensionamento do Eletroduto entre o TRAFO e o CCM**

$S_{\text{total condutor}} =$	859,26 mm <sup>2</sup>
$S_{\text{eletroduto}} \Rightarrow$	2.603,82 mm <sup>2</sup>
$\Phi_{\text{eletroduto}} \Rightarrow$	57,58 mm
$\Phi_{\text{eletroduto}} \Rightarrow$	2,27 "

Empregaremos, portanto, eletroduto flexível, de:

tamanho nominal= 75	PVC ou
tamanho nominal= 80	AÇO GALV.

**B - Dimensionamento dos Equipamentos de Proteção****DIMENSIONAMENTO PROTEÇÃO PRIMÁRIA**

Tipo de proteção contra curto circuito com abertura sob carga	chave fusível AT
Classe de tensão de isolamento da chave fusível:	15 kV
Corrente nominal, mínima, da chave fusível:	100 A
Corrente nominal do elo fusível:	6,00 K
Capacidade de rutura da chave fusível: >=	10 kA

**DIMENSIONAMENTO DO DISJUNTOR GERAL DE BAIXA TENSÃO - PROTEÇÃO SECUNDÁRIA**

Tipo do disjuntor	Caixa moldada tipo L
Aplicação do disjuntor:	Proteção circuito: Transformador
Fator de multiplicação de corrente:	K= 1,15
Corrente do circuito (corrente de projeto):	$I_{\text{projeto}} =$ 170,93 A
Capacidade de condução condutores ramal:	$I_{\text{condução}} =$ 211,00 A
Corrente de curto circuito nos bornes do disjuntor:	$I_{\text{curto circuito}} =$ 1.105 A
Corrente nominal escolhida para o disjuntor:	$I_{\text{nominal disjuntor}} =$ 250 A
Corrente ajustável de sobre carga para o disjuntor:	160-200
Corrente nominal de operação para o disjuntor:	$I_{\text{nominal disjuntor}} =$ 188 A
Corrente ajustável de curto circuito para o disjuntor:	fixo
Capacidade de interrupção mínima necessária:	$I_{\text{interrupção}} \geq$ 30 kA
Tempo de atuação/operação do disjuntor:	$T_{\text{operação disjuntor}} =$ 0,50 s

Verificação das condições:

$I_{\text{nominal do disjuntor}} \geq I_{\text{projeto}}$	CONDIÇÃO ATENDIDA
$I_{\text{nominal disjuntor}} \leq I_{\text{condutor}}$	CONDIÇÃO ATENDIDA
$K \times I_{\text{nominal disjuntor}} \leq 1,45 \times I_{\text{condutor}}$	CONDIÇÃO ATENDIDA
$I_{\text{interrupção disjuntor}} \geq I_{\text{cc máximo}}$	CONDIÇÃO ATENDIDA

Disjuntor indicado	caixa moldada
Corrente nominal $I_{\text{nominal}} =$	250 A
Faixa de ajuste para sobrecarga	160-200
Faixa de ajuste para curto-circuito	fixo
Capacidade de interrupção em 380V CA >=	30 kA



## 4.2.1.2 - Características do Motor da Bomba da EB-6/2

NOTA:	potência: cv	Número de polos	$\rho = 100\%$ carga	$\cos\phi = 100\%$ carga	$\cos\phi =$ na partida	$I_p/I_r =$	Tensão (V) alimentação
EB-06/2	100	2	0,931	0,910	0,35	9,3	380

**CARACTERÍSTICAS DO MOTOR DA BOMBA DA EB-06/2****Tipo de partida:** Partida com Chave Estática

Corrente de partida: 9,3 x Inominal

número de polos 2 polos

rotação nominal - rpm 3560 rpm

Tempo de aceleração - seg

Classe de isolamento

Sensor de temperatura - enrolamentos

Sensor de temperatura - mancais

Valores das correntes do circuito do ramal do motor:

 $I_{\text{nominal motor}} = 131,99 \text{ A}$   $I_{\text{partida motor}} = 1.227,51 \text{ A}$ **CARACTERÍSTICAS CIRCUITO DO RAMAL MOTOR DA BOMBA DA EB-06/2**

Comprimento do ramal motor (metros):	30	Fatores de correção:	0,85
Comprimento do alimentador (metros):	30	k1 (temperatura do solo):	1
Tipo de condutor:	cobre	k2 (agrup. de cabos):	1
Resistividade do material:	0,0179	k3 (agrup. de circuitos):	1
Nível de isolamento:	0,6/1kV	k4 (agrup. de eletrodutos):	1
Temp. máxima permitida no condutor:	90°C	fs (fator de serviço)	
Temperatura do ambiente:	40°C		
Maneira de instalar:	eletroduto flexível enterrado		
Tipo de instalação:	D		
Queda de tensão admitida no ramal (%):	4		

Cálculo da seção do condutor em função da capacidade de condução para o tipo de instalação:

tipo do isolamento	$I_{\text{projeto}} \text{ (A)}$	fator de correção	cap. cond neces. (A)	cap. condução	seção em (mm <sup>2</sup> )	resist. $\Omega/\text{km}$	reatância $\Omega/\text{km}$
0,6/1kV	131,99	0,85	155,28	178	70	0,3200	0,1000

Seção calculada: 70 mm<sup>2</sup> cond. por fase: 1

Cálculo da seção do condutor em função da queda de tensão ADMITIDA para o circuito

Seção calculada: 16,11 mm<sup>2</sup>

Cálculo da seção do condutor em função da CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO:

 $I_{\text{cc max}} = 0,99 \text{ kA}$  $T_{\text{elim. defeito}} = 0,5 \text{ seg}$ 

condutor: PVC

 $T_{\text{final}} = 250 \text{ °C}$  $T_{\text{inicial}} = 90 \text{ °C}$ 

temp em °C	Isolamento do condutor	
	PVC	XLPE
$T_{\text{final}}$	160	250
$T_{\text{inicial}}$	70	90

 $\text{raiz}\{\log[(234+T_f) / (234+T_i)]\} = 0,42$ Seção calculada: 4,94 mm<sup>2</sup>

A seção do condutor será em função do que conduzir à maior seção calculada

Seção escolhida: 70 mm<sup>2</sup>  
 Diâmetro externo condutor: 15,44 mm  
 Quantidade por fase: 1

#### DIMENSIONAMENTO DO ELETRODUTO

$S_{\text{total condutor}} = 561,75 \text{ mm}^2$   
 $S_{\text{eletroduto}} \Rightarrow 1.702,28 \text{ mm}^2$   
 $\Phi_{\text{eletroduto}} \Rightarrow 46,56 \text{ mm}$

Empregaremos, portanto, eletroduto de:

tamanho nominal= 50

PVC ou

tamanho nominal= 50

AÇO GALV.

#### 4.2.1.3 - Condições dos Circuitos Ramais de Motor

MOTOR: EB-06/2

Seção dos cabos do ramal do motor da bomba 70 mm<sup>2</sup>

Parâmetros do cabo ramal motor-1  $R_{\text{ramal-1}} = 0,3200 \text{ } \Omega/\text{km}$

Parâmetros do cabo ramal motor-1  $X_{\text{ramal-1}} = 0,1000 \text{ } \Omega/\text{km}$

Comprimento do ramal do motor-1 30 m

Número de cabos por fase do motor-1 1

Maneira de instalar do motor-1 D

Eletroduto para os cabos do motor-1 PVC

#### 4.2.1.4 - Cálculo da Queda de Tensão na Partida dos Motores

Impedância do sistema de alimentação  $Z_{\text{red. sist}} = R_{\text{sist}} + j X_{\text{sist}}$

Resistência do sistema (vista secundário)  $R_{\text{sist}} = 0,0000 \text{ } \Omega/380\text{V}$

Reatância sistema (vista do secundário)  $X_{\text{sist}} = 0,0030 \text{ } \Omega/380\text{V}$

Impedância sistema (vista do secundário)  $Z_{\text{sist}} = 0,0030 \text{ } \Omega/380\text{V}$

Impedância do circuito: PDE-trafo  $R_{\text{cabo prim}} = 0,00002 \text{ } \Omega/380\text{kV}$

$X_{\text{cabo prim}} = 0,00002 \text{ } \Omega/380\text{V}$

$Z_{\text{cabo prim}} = 0,00003 \text{ } \Omega/380\text{V}$

Impedância TRAFO (vista do secundário)  $Z_{\text{pt}} = R_{\text{st}} + j X_{\text{st}}$

$R_{\text{pt}} = 1,0000 \text{ } \Omega/380\text{V}$

$X_{\text{pt}} = 0,0546 \text{ } \Omega/380\text{V}$

$Z_{\text{pt}} = 0,0578 \text{ } \Omega/380\text{V}$

Impedância do circuito: PDE-QGDFC  $R_{\text{cabo sec}} = 0,0069 \text{ } \Omega/380\text{V}$

$X_{\text{cabo sec}} = 0,0030 \text{ } \Omega/380\text{V}$

$Z_{\text{cabo sec}} = 0,0075 \text{ } \Omega/380\text{V}$

Impedância TOTAL do sistema até QGDFC  $Z_{\text{total-1}} = R_{\text{total}} + j X_{\text{total}}$

$Z_{\text{total-1}} = Z_{\text{alim. trafa}} + Z_{\text{trafo}} + Z_{\text{secud.}}$

$R_{\text{total-1}} = 0,0257 \text{ } \Omega/380\text{V}$

$X_{\text{total-1}} = 0,0606 \text{ } \Omega/380\text{V}$

$Z_{\text{total-1}} = 0,0659 \text{ } \Omega/380\text{V}$

## Cálculo da Queda de Tensão na Partida do Motor 1 da EB-6/2

Impedância circuito motor	$R_{ramal-1} = 0,0096 \, \Omega / 380V$
	$X_{ramal-1} = 0,0030 \, \Omega / 380V$
	$Z_{ramal-1} = 0,0101 \, \Omega / 380V$
Impedância do motor-1 na partida	$P_{motor-1} = 86,87 \, kVA$
	$R_{motor-1} = 0,00$
	$X_{motor-1} = 1000 \times V_{nm}^2 / K \times P_{motor}$
	$X_{motor-1} = 0,17873 \, (\Omega)$
	$Z_{motor-1} = 0,1787 \, (\Omega)$
Impedância do motor-1 em regime	$R_{motor-1 \, reg} = 0,00$
	$X_{motor-1 \, reg} = 1,6622 \, (\Omega)$
	$Z_{motor-1 \, reg} = 1,6622 \, (\Omega)$
Corrente de partida do motor-1	$I_{partida} = (1000 \times V_{nm}) / [raiz(3) \times (Z_{total} + Z_{motor})]$
CORRENTE NA PARTIDA DIRETA:	$I_{partida} = 896,90 \, A$
PARTIDA C/REDUÇÃO DE CORRENTE:	Ajuste= 3,5 xIn
	$I_{part. reduzida} = 461,97 \, A$
	Chave Estática c/Chave Estática

### VALORES DA QUEDA DE TENSÃO NA PARTIDA DO PRIMEIRO MOTOR:

<b>PARTIDA DIRETA</b>	$\Delta V = Z_{total} \times I_{partida}$
<b>Partida do motor-1</b>	$\Delta V = 68,11 \, V$
	$\Delta V = 17,92 \, \%$

### CONDIÇÕES EM RELAÇÃO NBR-5410/90

**NÃO DEVE PARTIR - REDIMENSIONAR**

Queda de tensão na partida	$\Delta V = Z_{total-1} \times I_{partida}$
<b>c/ CHAVE ESTÁTICA</b>	$\Delta V = 35,08 \, V$
3,5 xIn	$\Delta V = 9,23 \, \%$

### CONDIÇÕES EM RELAÇÃO NBR-5410/90

**POSSÍVEL A PARTIDA**

### VALORES DA QUEDA DE TENSÃO EM REGIME:

Queda de tensão em regime	$\Delta V = Z_{total-1} \times I_{regime}$
	$\Delta V = 10,02 \, V$
	$\Delta V = 2,64 \, \%$

### CONDIÇÕES EM RELAÇÃO NBR-5410/90

**POSSÍVEL A OPERAÇÃO**

### CAPACITOR CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA MOTOR DA BOMBA - EB-06/2

motor da bomba principal EEAT	100 cv
fator de potência do motor a 100% da carga:	0,91 pu
fator de potência desejado para o motor:	0,92 pu
potência ativa requerida pelo motor (100% da carga):	87 kW
coeficiente para correção para 0,92:	0,097
potência reativa requerida pelo motor (100% carga):	8,43 kVAr
Capacitores necessários para correção do fator de potência:	10 kVAr trifásico
Tensão de alimentação da célula/banco	380 Volt

### DISPOSITIVOS ACIONAMENTO/PROTEÇÃO CAPACITORES ESTÁTICOS: FUSÍVEL

Fusível retardado proteção dos capacitores:	10 kVAr	Fusível=	25 A
Contactador de acionamento dos capacitores:		Ith=	19 A

NOTA: Caso seja adotada a correção isolada, os capacitores deverão ser energizados APÓS a entrada em operação da Chave Estática

**DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO, ACIONAMENTO E CONTROLE DO MOTOR DA BOMBA - EB-06/12**
**MEDIÇÃO DO RAMAL DO MOTOR- AMPERÍMETRO DIGITAL**

corrente nominal do circuito do motor	131,99 A
escala de leitura do amperímetro	197,99 A
amperímetro digital, dimensões de 96x96mm:	
classe de exatidão:	1,5 %
escala medição:	0-200 A
quantidade: Amperímetros	1 ud

**DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO C.C. DO RAMAL DO MOTOR: DISJUNTOR-MOTOR**

Disjuntor indicado	
Potência do motor:	P= 100 cv
Corrente nominal do motor	In= 131,99 A
Corrente nominal do disjuntor-motor In=	In= 160 A
Faixa de ajuste para curto-circuito	fixo
Faixa de ajuste para sobrecarga	ajustável
Capac. de interrupção em 380V CA>=	1 kA

**DISPOSITIVO DE ACIONAMENTO DO MOTOR BOMBA: CHAVE ESTÁTICA**

Capacidade de acionamento do motor de:	100 cv
Corrente nominal do motor:	131,99 A
Corrente de partida:	4 x In
Corrente passante na Chave de Partida (em regime):	131,99 A
Corrente nominal da Chave Estática:	135 A
Faixa de ajuste do relé de sobrecarga:	120-150 A
Fusíveis de proteção (ultra-rápidos)	315 A

#### 4.2.1.5 - Dimensionamento de Condutores de Aterramento dos Equipamentos

O dimensionamento dos cabos da malha de terra principal (à qual deverão ser conectados os cabos de descida dos pára-raios, neutro e tanque do transformador (quando existentes) e demais partes metálicas da instalação), obedecerá ao procedimento do cálculo dos condutores da malha de terra, em função do tipo de instalação, conforme a seguir, com base no valor da corrente de curto-circuito informada pela Concessionária para o PDE/Ponto de Ligação:

Fórmula de Onderdonk:  $I_{def} = 226,53 \times S_{cobre} \{ \text{raiz}[1/t_{def} \times \ln[(T_{emp. solda} - T_{emp. amb}) / (234 + T_{emp. amb}) + 1]] \}$

$I_{defeito}$  = corrente de defeito, em Ampère, através do condutor

$S_{cobre}$  = seção do condutor de cobre da malha de terra mm<sup>2</sup>

$T_{defeito}$  = tempo de duração do defeito em segundos

$T_{emp. solda}$  = temperatura da solda (pelo tipo de solda/conexão)

$T_{emp. ambiente}$  = temperatura ambiente da instalação

Máxima temperatura suportada pelos vários tipos de conexão:  $T_{emp. solda}$

Tipo de conexão	Temp.max. suportável
Cavilhada (conexão por aperto de parafuso)	250 graus Celsius
Solda exotérmica	850 graus Celsius

A premissa de cálculo será para a temperatura suportável das conexões **cavilhadas/a parafuso**, em face de ser este o ponto mais fraco na cadeia do sistema de aterramento, e por ser um tipo de conexão que estará presente nos principais pontos de ligação dos equipamentos ao sistema de aterramento.

## A - Cabos de Descida dos Pára-raios de 13,8kV-10kA

$I_{\text{defeito}}$ no ponto considerado:	$I_{\text{defeito}} =$	10.000 A
Tempo de duração do defeito (seg)	$t_{\text{duração}} =$	0,50 s
Temp. ambiente (graus Celsius)	$\theta_a =$	35 °C
Temp. solda (graus Celsius) conexão cavilhada	$\theta_m =$	250 °C
cálculo da seção mínima do condutor de cobre (cabo ligação):		40,73 mm <sup>2</sup>
<b>Seção do condutor de descida dos Pára-Raios:</b>	<b><math>S_{\text{cond.PR}} =</math></b>	<b>50 mm<sup>2</sup></b>

## B - Cabos da Malha de Terra Principal

$I_{\text{defeito}}$ no ponto considerado:	$I_{\text{defeito}} =$	4.911 A
$I_{\text{defeito}}$ no cabo de ligação dos equipamentos/malha:	$I_{\text{def.}} =$	4.911 A
Percentual da corrente de defeito na malha:		60 %
$I_{\text{defeito}}$ nos cabos da malha:	$I_{\text{def. Malha}} =$	2.947 A
Tempo de duração do defeito (seg)	$t_{\text{duração}} =$	0,50 s
Temp. ambiente (graus Celsius)	$\theta_a =$	35 graus
Temp. solda (graus Celsius) conexão cavilhada	$\theta_m =$	250 graus
cálculo da seção mínima do condutor de cobre (cabo ligação):		20,00 mm <sup>2</sup>

Entretanto, face às recomendações das Normas da Concessionária, será empregado condutor de seção maior

**Portanto, o condutor da malha deverá ter seção de:**  $S_{\text{cond.malha}} =$  **50 mm<sup>2</sup>**

## C - Cabos de Aterramento dos Equipamentos de Baixa Tensão

O condutor de ligação para aterramento dos equipamentos de baixa tensão (lado de 380V) poderá ter seção de:	$S_{\text{condutor}} =$	20,00 mm <sup>2</sup>
<b>Portanto, o condutor de aterramento dos equipamentos:</b>	<b><math>S_{\text{cond.}} =</math></b>	<b>25 mm<sup>2</sup></b>

Estas deverão ser, portanto, as seções dos condutores para aterramento de TODOS os equipamentos de baixa tensão da instalação.

### 4.2.1.6 - Parâmetros dos Equipamentos/Materiais

#### A - Transformador de Entrada

POTÊNCIA NOMINAL	112,5 kVA	QUANT.
TENSÃO PRIMÁRIA	13,8 kV	1
TENSÃO PRIMÁRIA	380 V	

#### B - Pára-raios

TIPO	Óxido de Zinco	QUANT.
TENSÃO PRIMÁRIA	12 kV	3
CORRENTE ESCOAMENTO	10 kA	

**C - Corta Circuito Fusível**

TIPO	MONOPLAR	QUANT.
TENSÃO PRIMÁRIA	15 kV	3
CORRENTE NOMINAL	100 A	
CAP. INTERRUPTÃO	10 kA	

**D - Condutores**

CIRCUITOS		Iprojeto (A)	Seção adotada mm <sup>2</sup>	Condutores por fase	Parâmetros Ω /km	
					Rca	XL
Alimentador Geral - Fase		170,93	95	1	0,23	0,10
Alimentador Geral - Neutro			25	1		
Ramal do Motor da Elevatória (cv)	100	131,99	70	1	0,32	0,10
Capacitor Correção Indiv. p/Motor (kVAr)	10	15,19	2,5	1	8,87	0,15
Circuitos Auxiliares		5,79	6	1	3,69	0,13
Circuitos Iluminação Interna			2,5	1	8,87	0,15
Circuitos Iluminação Externa			4	1	5,62	0,14
Cabo do Aterramento Descida P.Raios		10.000	50	cobre nu	têmpera mole	
Cabo do Aterramento da Malha		2.947	50	cobre nu	têmpera mole	
Aterramento Demais Equipamentos		4.911	25	cobre nu	têmpera mole	

**E - Fusíveis (Tipos: Ultra Rápido e Retardado)**

CIRCUITOS	MOTOR (cv)	I <sub>nominal</sub> (A)	Cap. Interrup. kA	Tensão nominal
CHAVE ESTATICA	100	315	>= 5	500V
CAPACITOR kVAr	10	25	>= 5	500V
COMANDO (RETARDADO)		6	>= 5	500V

**F - Disjuntores**

CIRCUITOS	I <sub>nominal</sub> (A)	Cap. Interrup. kA	Tensão nominal	Disparador S/C	Disparador C/C
ALIMENTADOR GERAL	250	>= 5	500V	fixo	fixo
RAMAL DO MOTOR DA EB-06/2	160	>= 5	500V	fixo	fixo

**G - Acionadores**

CIRCUITOS	DISPOSITIVO	I <sub>nominal</sub> (A)	Tensão nominal
MOTOR 100 cv	CHAVE ESTATICA	135	500V
CAPACITOR 10 kVAr trifásico	CONTACTOR	19	500V
SERVIÇOS AUXILIARES - QDL	SECCIONADOR FUSÍVEL	50	500V

**H - Instrumentos de Medição**

Motor (cv)	CIRCUITOS	Escala (A)	Tensão nominal
100	AMPERÍMETRO DIGITAL	0-200	500V
	LIGAÇÃO DIRETA	200/5	500V
VOLTÍMETRO DIGITAL		500V	500V

## 4.2.2 - Iluminação Externa das Edificações da EB-6/2

### 4.2.2.1 - Dados da Entrada da Instalação

A Iluminação Externa destina-se a dotar a área da Estação Elevatória de Água Tratada - EB-6/2, de condições de visibilidade e deslocamento de pessoas para uma eventual vistoria/observação noturna. Diante da natureza do trabalho a ser, eventualmente, desenvolvido na referida instalação, o nível de iluminamento adotado equipara-se àquele destinado para vias públicas de pequeno tráfego noturno. Segundo o que estabelecem as Normas Brasileiras, o iluminamento para essa situação está entre 8 e 10lux.

A Estação EB-6/2 será localizada em área de terreno de 30x30m. Para a referida área, a necessidade de iluminação externa será para possibilitar boa visualização de manobras de veículos e orientação de pessoas quando em trabalhos externos nos equipamentos hidráulicos integrantes da Estação.

A natureza do processo dispensa a necessidade de iluminação distribuída uniformemente cobrindo toda a área geométrica formada pelo polígono acima, portanto, diante da geometria da área, optamos por iluminação, de forma linear, e seguindo as margens do quadrilátero constituinte da área da EB. O desenvolvimento do cálculo, será, assim, em função do iluminamento das bordas da área acima, o que possibilitará, também, uma visualização da área inscrita no mesmo.

Será calculado o nível de iluminamento (recomendado) para um ponto intermediário entre dois postes de iluminação e em uma linha imaginária distante de 2H (sendo H a altura de montagem da luminária) em relação à linha de eixo entre os postes. O nível de iluminamento abaixo do poste e em pontos na direção do ponto intermediário, sofrerá uma diminuição em consequência do afastamento. No ponto intermediário, o nível de iluminamento será o dobro daquele promovido por um dos postes uma vez que, nesse ponto, haverá a contribuição do outro ponto de luz equidistante.

A natureza do trabalho a ser desenvolvido na área da EB-6/2 não exige um alto grau de reprodução de cores. Considerando o aspecto de ordem econômica para o projeto, empregaremos lâmpadas de Multi Vapor Metálico, em face do alto rendimento luminoso e maior rendimento energético que oferecem.

As luminárias serão instaladas em postes de concreto DT 100/8. A distribuição dos circuitos será aérea, mediante o emprego de condutores isolados, com cobertura de PVC.

Os circuitos elétricos de alimentação das luminárias serão monofásicos, em 220V, derivados de sistema trifásico em 380V. Será adotado o sistema TN-S, a três condutores (F-N-PE). Cada circuito monofásico deverá ser alimentado por uma das três fases, e deverá ser provida a alternância entre elas com o intuito de aumentar a confiabilidade da área a ser iluminada, no caso de contingência de perda de uma das fases.

As luminárias serão do tipo para Iluminação Pública, fechadas, em corpo refletor em alumínio, refletor prismático em vidro boro-silicato (para uso de lâmpadas de Vapor Metálico) e com alojamento para reator. Cada luminária terá seu comando individual por relé foto-célula.

Todas as ferragens de suporte das luminárias, armações para os condutores, pinos, porcas, parafusos, etc., serão galvanizadas atendendo às prescrições das normas da ABNT.

**PREMISSAS DO PROJETO DE ILUMINAÇÃO**

tipo de luminária:	para Iluminação Pública, fechada, uso externo	
comando de operação liga/desliga:	individual por relé foto-célula	
tipo de circuito:	circuito monofásico, a três condutores, subterrâneo	
estrutura das luminárias:	poste de concreto DT 100/8	
tensão de alimentação da lâmpada:	220 Volts	
nível de iluminamento desejado:	10 lux	(ponto médio entre duas luminárias)
afastamento entre postes:	20 m	
altura de montagem da luminária:	7 m	
Número de luminárias por poste:	1	
Número de lampadas/luminária	1	

**TIPO DE LÂMPADA A SER USADA**

Multi Vapor Metálico	70 Watts
Fluxo luminoso da lampada	10.000 lumens
Consumo do reator:	20 Watts

**LUMINÁRIA A SER ADOTADA**

Fechada, para Iluminação Pública  
Corpo refletor estampado em chapa de alumínio  
Refrator prismático, em vidro boro-silicato

**CÁLCULO DO ILUMINAMENTO NO PONTO DESEJADO**

Iluminamento MÉDIO desejado a 2H do poste (na lateral):	10 lux
Altura de montagem da luminária:	7 m
Coef. de rendimento da luminária:	k= 0,85
Iluminamento máximo da luminária:	$E = (E_{\text{lx}} \times \Phi) / h^2$ lux
Fluxo/lumin necessário para a distância 2h do poste:	10 lux
Valor percentual do ponto P=2h em relação ao $E_{\text{max}}$ :	5 %
O iluminamento máximo num ponto abaixo da luminária é:	173 lux
Iluminamento a uma distância de 2h para uma luminária é:	8,67 lux
A contribuição da luminária adjacente é:	8,67 lux
O total do iluminamento no ponto considerado será:	<b>17,35 lux</b>

Condições do projeto: **o iluminamento calculado ATENDE AO PROJETO**

Deverá ser considerado, portanto, como ponto de iluminação padrão:

Tipo de poste:	100/8 DT - concreto
Tipo de luminária:	fechada
Altura de montagem:	7 m
Quantidade de luminária por poste:	1 ud
Afastamento entre os postes:	2 m
Tipo de lâmpada:	Vapor Metálico
Potência da lâmpada:	70 Watts
Iluminamento a 2H do poste:	17,35 lux

A iluminação da EB - 6/2 será obtida mediante a distribuição de postes, no padrão acima, dispostos a 20 metros entre si, instalados nas laterais das instalações.



#### 4.2.2.2 - Resumo do Projeto de Iluminação Externa da EB-6/2

##### DISTRIBUIÇÃO DOS POSTES

FASES	A	B	C	FINALID.
CIRC.	PONTOS			
C5	P1 a P3			ILUM.
C6		P6 a P9		ILU/TOM.

QUADRO DE CARGAS								
CIRCUITO	LÂMPADA Watts	REATOR Watts	TOMADAS Watts		TOTAL RAMAL	DISJ. Inom.	SEÇÃO CONDUT.	FINALIDADE DO CIRCUITO
N#	70	20	1Φ-10A	3Φ-15A	Watts	Amp.	mm <sup>2</sup>	
C5	420	120			540	10	4	Ilum. Externa
C6	280	80	2200	9872,4	12.432	25-3Φ	4	Tom. Manuten.

TOTAL CARGA	12.972 Watts
-------------	--------------

Demanda máxima de iluminação 900 Watts 0,98 kVA  
 Demanda máxima de tomada 12.072,40 Watts 13,12 kVA

Considerando que a probabilidade de demanda máxima coincidente (100% de iluminação e 50% de tomadas) é baixíssima, tomaremos para demanda do sistema, a maior delas, no caso a da utilização das tomadas para um eventual serviço de manutenção, o qual muito provavelmente ocorrerá durante o dia, e portanto sem a necessidade de iluminação, assim, teremos:

Demanda máxima do sistema 7,54 kVA

Materiais e quantitativos	CIRCUITOS				TOTAL
	C5	C6			
Condutor de 4mm <sup>2</sup> - 0,6/1kV - metros	160	160			320 m
Condutor de 2,5mm <sup>2</sup> - 0,6/1kV - metros	100	80			180 m
Luminária IP fechada	6	4			10 ud
Braço de 2m p/luminária	6	4			10 ud
Lâmpada Vapor Metálico 70W	6	4			10 ud
Reator p/lamp. MVM-70W	6	4			10 ud
Relé foto-célula 10A-220V	6	4			10 ud
Poste de concreto DT-100/8	5	4			9 ud
Caixa de sobrepor, c/2tomadas		1			1 ud
Eletroduto de PVC 32mm	80	60			140 m
Curva de PVC 32mm	6	4			10 ud

### 4.2.3 - Iluminação Interna das Edificações da EB-6/2

#### 4.2.3.1 - Dados da Entrada da Instalação

A Iluminação Interna destina-se a dotar a área da Estação Elevatória de Água Tratada - EB - 6/2, de condições de visibilidade e deslocamento de pessoas para execução da operação/observação noturna da Estação de Bombeamento. Diante da natureza do trabalho a ser, eventualmente, desenvolvido na referida instalação, o nível de iluminamento adotado equipara-se àquele destinado para ambientes industriais de operação/observação de máquinas/instrumentos. Segundo o que estabelecem as Normas Brasileiras, o iluminamento para essa situação está entre 150 e 250lux (considerados ao final do período de manutenção do conjunto luminária/lâmpada).

A área da EB - 6/2 é formada por quatro módulos destinados a: Sala das Bombas; Sala de Comando; Escritório; Depósito e WC.

Será calculado o nível de iluminamento (recomendado) para cada um dos módulos em função das dimensões de cada um, considerando o respectivo nível de iluminamento.

A natureza do trabalho a ser desenvolvido na área da EB - 6/2 não exige um alto grau de reprodução de cores. Considerando o aspecto de ordem econômica para o projeto, portanto, poderemos adotar o emprego de lâmpadas de descarga, de baixo consumo, na busca de maior rendimento energético para o Projeto.

As luminárias serão instaladas diretamente nas paredes laterais e/ou no teto sob a laje. A distribuição dos circuitos será obtida mediante o emprego de condutores isolados, instalados em eletrodutos rígidos de PVC.

Os circuitos elétricos de alimentação das luminárias serão monofásicos, em 220V, derivados de sistema trifásico em 380V. Será adotado o sistema TN-S, a cinco (ou três) condutores (F-N-PE). Cada circuito monofásico deverá ser alimentado por uma das três fases, e deverá ser provida a alternância entre elas com o intuito de aumentar a confiabilidade da área a ser iluminada, no caso de contingência de perda de uma das fases.

#### 4.2.3.2 - Área 1 - Sala de Bombas

##### TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA

tipo de luminária:	projektor circular aberto
comando de operação liga/desliga:	em grupo, por interruptor
tipo de circuito:	circuito monofásico, a três condutores.
montagem da luminária:	fixada por tirante sob o fundo da viga.
tensão de alimentação da lâmpada:	220 Volts
nível de iluminamento desejado:	250 lux
altura de montagem da luminária:	4,90 m
número de luminárias por ponto:	1 ud
número de lâmpadas/luminária	1 ud

##### TIPO DE LÂMPADA A SER USADA

Vapor Metálico	70 Watts
Fluxo luminoso da lâmpada	4.900 lumens
Consumo do reator:	13 Watts

**DIMENSÕES DO AMBIENTE**

Largura da edificação - m	4,50
Comprimento da edificação - m	7,00
Pé direito - m	4,90
Altura do plano de trabalho - m	0,00
Altura de suspensão da luminária - m	0,35
Altura de montagem - m	4,55

**PREMISSAS DO PROJETO**

Iluminamento para o local- lux	Em= 250
Área do local -m²	A= 31,50
Área EFETIVA a ser ilumin. -m²	A= 31,50
Número de lampadas/luminária	n= 1
Fluxo lum. da lampada - lumens	Φ= 4900
Potência da lâmpada - Watt:	Pot.= 70
Consumo do acessório - Watt:	Acess.= 13

CÁLCULOS (método dos lumens)

$$A \text{ quantidade de luminárias é dada por: } N = \frac{E_m \times A}{n \times \Phi \times M_f \times U_f}$$

As condições do ambiente são:

Teto	claro	refletância	70%
Parede	clara	refletância	50%
Piso	escuro	refletância	10%

Índice do Local K  
Ambiente NORMAL  
Período de manutenção de 3000h

Índice do Local 0,60  
Fator de Utilização 0,55  
Fator de Depreciação 0,70

O cálculo do número de luminárias será:

$$N = 4,17 \text{ ou em inteiros}$$

$$N = 4$$

NOTA: FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS:

4 luminárias

Com a quantidade de luminárias acima, a Iluminância média será:

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times M_f \times U_f \times 1,1}{A}$$

Iluminancia média calculada:  $E_{\text{médio}} = 264 \text{ lux}$ **4.2.3.3 - Área 2 - Sala de Comando****TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA**

tipo de luminária:	calha aberta para fluorescente
comando de operação liga/desliga:	em grupo, por interruptor
tipo de circuito:	circuito monofásico, a três condutores.
montagem da luminária:	fixada no teto.
tensão de alimentação da lâmpada:	220 Volts
nível de iluminação desejado:	250 lux
altura de montagem da luminária:	2,60 m
número de luminárias por ponto:	1 ud
número de lampadas/luminária	2 ud

**TIPO DE LÂMPADA A SER USADA**

Fluorescente convencional	32 Watts
Fluxo luminoso da lampada	2.350 lumens
Consumo do reator:	15 Watts

**DIMENSÕES DO AMBIENTE**

Largura da edificação - m	2,80
Comprimento da edificação - m	5,40
Pé direito - m	2,60
Altura do plano de trabalho - m	0,00
Altura de suspensão da luminária - m	0,10
Altura de montagem - m	2,50

**PREMISSAS DO PROJETO**

Iluminamento para o local- lux	Em= 250
Área do local -m²	A= 15,12
Área EFETIVA a ser ilumin. -m²	A= 15,12
Número de lampadas/luminária	n= 2
Fluxo lum. da lampada - lumens	Φ= 2350
Potência da lâmpada - Watt:	Pot.= 32
Consumo do acessório - Watt:	Acess.= 15

CÁLCULOS (método dos lumens)

$$\text{A quantidade de luminárias é dada por: } N = \frac{E_m \times A}{n \times \Phi \times M_f \times U_f}$$

As condições do ambiente são:

Teto	claro	refletância	70%
Parede	clara	refletância	50%
Piso	escuro	refletância	10%

Índice do Local K

Ambiente NORMAL

Período de manutenção de 3000h

Índice do Local

Fator de Utilização

Fator de Depreciação

0,74

0,25

0,80

O cálculo do número de luminárias será:

N= 4,02 ou em inteiros

**N= 4**

NOTA: FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS:

**4 luminárias**

Com a quantidade de luminárias acima, a Iluminância média será:

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times M_f \times U_f \times 1,1}{A}$$

Iluminancia média calculada: **E<sub>médio</sub> = 274 lux****4.2.3.4 - Área 3 - Escritório****TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA**

tipo de luminária:

comando de operação liga/desliga:

tipo de circuito:

montagem da luminária:

tensão de alimentação da lâmpada:

nível de iluminamento desejado:

altura de montagem da luminária:

número de luminárias por ponto:

número de lampadas/luminária

calha aberta para fluorescente

em grupo, por interruptor

circuito monofásico, a três condutores.

fixada no teto.

220 Volts

250 lux

2,60 m

1 ud

2 ud

**TIPO DE LÂMPADA A SER USADA**

Fluorescente convencional

32 Watts

Fluxo luminoso da lampada

2.350 lumens

Consumo do reator:

15 Watts

**DIMENSÕES DO AMBIENTE**

Largura da edificação - m	2,25
Comprimento da edificação - m	2,30
Pé direito - m	2,60
Altura do plano de trabalho - m	0,00
Altura de suspensão da luminária - m	0,10
Altura de montagem - m	2,50

**PREMISSAS DO PROJETO**

Iluminamento para o local- lux	Em= 250
Área do local -m²	A= 5,18
Área EFETIVA a ser ilumin. -m²	A= 5,18
Número de lampadas/luminária	n= 2
Fluxo lum. da lampada - lumens	Φ= 2350
Potência da lâmpada - Watt:	Pot.= 32
Consumo do acessório - Watt:	Acess.= 15

CÁLCULOS (método dos lumens)

$$\text{A quantidade de luminárias é dada por: } N = \frac{E_m \times A}{n \times \Phi \times M_f \times U_f}$$

As condições do ambiente são:

Teto	claro	refletância	70%
Parede	clara	refletância	50%
Piso	escuro	refletância	10%

Índice do Local K  
Ambiente NORMAL  
Período de manutenção de 3000h

Índice do Local	0,45
Fator de Utilização	0,18
Fator de Depreciação	0,80

O cálculo do número de luminárias será:

N= 1,91 ou em inteiros

**N= 2**

NOTA: FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS:

**2 luminárias**

Com a quantidade de luminárias acima, a Iluminância média será:

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times M_f \times U_f \times 1,1}{A}$$

Iluminancia média calculada: **E<sub>médio</sub> = 288 lux****4.2.3.5 - Área 4 - WC****TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA**

tipo de luminária:	fechada, tipo plafonier
comando de operação liga/desliga:	em grupo por interruptor
tipo de circuito:	circuito monofásico, a três condutores.
montagem das luminárias:	fixadas no teto
tensão de alimentação da lâmpada:	220 Volts
nível de iluminação desejado:	150 lux
altura de montagem da luminária:	2,60 m
Número de luminárias por ponto:	1 ud
Número de lampadas/luminária	1 ud

**TIPO DE LÂMPADA A SER USADA**

Fluorescente convencional	32 Watts
Fluxo luminoso da lampada	2.400 lumens
Consumo do reator:	Watts

**DIMENSÕES DO AMBIENTE**

Largura da edificação - m	2,30
Comprimento da edificação - m	1,30
Pé direito - m	2,60
Altura do plano de trabalho - m	0,00
Altura de suspensão da luminária - m	0,10
Altura de montagem - m	2,40

**PREMISSAS DO PROJETO**

Iluminamento para o local- lux	Em= 150
Área do local -m²	A= 2,99
Área EFETIVA a ser ilumin. -m²	A= 2,99
Número de lampadas/luminária	n= 1
Fluxo lum. da lampada - lumens	Φ= 2400
Potência da lâmpada - Watt:	Pot.= 32
Consumo do acessório - Watt:	Acess.=

CÁLCULOS (método dos lumens)

$$\text{A quantidade de luminárias é dada por: } N = \frac{E_m \times A}{n \times \Phi \times M_f \times U_f}$$

As condições do ambiente são:

Teto	claro	refletância	70%
Parede	clara	refletância	50%
Piso	escuro	refletância	10%

Índice do Local K

Ambiente NORMAL

Período de manutenção de 3000h

Índice do Local 0,30

Fator de Utilização 0,24

Fator de Depreciação 0,80

O cálculo do número de luminárias será:

N= 0,98 ou em inteiros

**N= 1**

NOTA: FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS:

**1** luminária

Com a quantidade de luminárias acima, a Iluminância média será:

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times M_f \times U_f \times 1,1}{A}$$

Iluminancia média calculada: **E<sub>médio</sub> = 167,62 lux****4.2.3.6 - Área 5 - Depósito****TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA**

tipo de luminária:	fechada, tipo plafonier
comando de operação liga/desliga:	em grupo por interruptor
tipo de circuito:	circuito monofásico, a três condutores.
montagem das luminárias:	fixadas no teto
tensão de alimentação da lâmpada:	220 Volts
nível de iluminação desejado:	150 lux
altura de montagem da luminária:	2,60 m
Número de luminárias por ponto:	1 ud
Número de lampadas/luminária	1 ud

**TIPO DE LÂMPADA A SER USADA**

Fluorescente convencional	32 Watts
Fluxo luminoso da lampada	2.400 lumens
Consumo do reator:	Watts

**DIMENSÕES DO AMBIENTE**

Largura da edificação - m	2,30
Comprimento da edificação - m	1,30
Pé direito - m	2,60
Altura do plano de trabalho - m	0,00
Altura de suspensão da luminária - m	0,10
Altura de montagem - m	2,40

**PREMISSAS DO PROJETO**

Iluminamento para o local- lux	Em= 200
Área do local -m²	A= 2,99
Área EFETIVA a ser ilumin. -m²	A= 2,99
Número de lâmpadas/luminária	n= 1
Fluxo lum. da lâmpada - lumens	Φ= 2400
Potência da lâmpada - Watt:	Pot.= 32
Consumo do acessório - Watt:	Acess.= 0

CÁLCULOS (método dos lumens)

$$A \text{ quantidade de luminárias é dada por: } N = \frac{E_m \times A}{n \times \Phi \times M_f \times U_f}$$

As condições do ambiente são:

Teto	claro	refletância	70%
Parede	clara	refletância	50%
Piso	escuro	refletância	10%

Índice do Local K  
Ambiente NORMAL  
Período de manutenção de 3000h

Índice do Local	0,35
Fator de Utilização	0,24
Fator de Depreciação	0,80

O cálculo do número de luminárias será:

$$N = 1,31 \text{ ou em inteiros}$$

$$N = 2$$

NOTA: FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS:

2 luminárias

Com a quantidade de luminárias acima, a Iluminância média será:

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times M_f \times U_f \times 1,1}{A}$$

Iluminancia média calculada:  $E_{\text{médio}} = 335,24 \text{ lux}$ **4.2.3.7 - Resumo Quali-quantitativo do Projeto de Iluminação Interna da EB-6/2**

ÁREA	LUMINÁRIA TIPO	LÂMPADA	QUANT.	POT. (W)	CONSUMO TOTAL
ÁREA 1:	projektor circular aberto	Vapor Metálico	4	70	280 Watts
ÁREA 2:	calha aberta para fluorescente	Fluorescente convencional	4	32	128 Watts
ÁREA 3:	calha aberta para fluorescente	Fluorescente convencional	2	32	64 Watts
ÁREA 4:	fechada, tipo plafonier	Fluorescente compacta, eletrônica	1	32	32 Watts
ÁREA 5:	fechada, tipo plafonier	Fluorescente compacta, eletrônica	2	32	64 Watts

ÁREA	TOMADA TIPO		CONSUMO TOTAL
	1Φ-10A	3Φ-16A	
ÁREA 1:	1	1	12.731 Watts
ÁREA 2:	1	1	12.731 Watts
ÁREA 3:	2	0	4.400 Watts
ÁREA 4:	1	0	2.200 Watts
ÁREA 5:	1	0	2.200 Watts

fator de demanda lâmpadas: 1  
fator de demanda tomadas: 0,3

Demanda TOTAL a ser considerada: 10.846 Watts  
Corrente máxima no alimentador: 16,48 A  
Seção condutor do alimentador tronco: 4 mm<sup>2</sup>  
Seção do condutor do ramal lâmpada: 2,5 mm<sup>2</sup>  
Seção do condutor do ramal tomada: 4 mm<sup>2</sup>  
Disjuntor Geral iluminação, trifásico: 30 A  
Disjuntor tomadas, trifásico: 20 A  
Disjuntor ramais monofásico: 10 A

#### 4.2.3.8 - Resumo do Projeto de Iluminação Interna da EB-6/2

Materiais e quantitativos	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	TOTAL
Condutor de 4mm <sup>2</sup> - 0,6/1kV - metros	80		15	40		135 m
Condutor de 2,5mm <sup>2</sup> - 0,6/1kV - metros	60	30	20	20		130 m
Cabo de cobre nú, 10mm <sup>2</sup>	30	10	10	10		60 m
Eletroduto rígido de PVC-32mm - metros	42	6	6	10		64 m
Projeto circular p/lâmp. MVM- 70W	4					4 ud
Calha aberta p/ lâmp. Fluorescente 2x32W		4	2			6 ud
Luminária, tipo plafonier p/lâmp. comp.				1	2	3 ud
Lâmpada Vapor Metálico de 70W	4					4 ud
Lâmpada fluorescente de 32W		8	4			12 ud
Lâmpada compacta, eletrônica, 32W				1	2	3 ud
Interruptor uma seção 10A-220V	1	1	1			3 ud
Interruptor uma seção c/tomada 10A-220V	1			1	1	3 ud
Tomada monofásica, dupla 10A-220V		1	2			3 ud
Tomada monofásica, 2P+T 10A-220V	2	1				3 ud
Tomada trifásica, 3P+T 16A-380V	2	1				3 ud
Disjuntor tripolar 40A - 380V -6kA						1 ud
Disjuntor tripolar 25A - 380V -6kA						2 ud
Disjuntor monopolar 15A - 220V - 6kA	1					5 ud
CP-1 passagem, sobrepor 20x20x12	1	2	2	3		8 ud
CP-2 passagem, sobrepor c/interruptor	1	1	1			3 ud
CP-3 passagem, sobrepor, c/2tomadas	1		1	1		3 ud
Quadro de Distribuição de Luz-trifásico						1 ud



#### 4.2.4 - Malha de Terra da EB-6/2

<b>SUBESTAÇÃO PRINCIPAL 13.800-380Volts - 112,5kVA</b>
--

<b>OBS: Valores de: seção x diâmetro dos condutores:</b>	<b>seção (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>diâm. (mm)</b>
	<b>50</b>	<b>7,98</b>

#### PARÂMETROS INICIAIS RELATIVOS AO SISTEMA EM ESTUDO

Corrente de defeito, I <sub>cc</sub> (fase-terra), considerada:	I <sub>def</sub> =	<b>1200 A</b>
Tempo para eliminação do defeito (em segundos)	t <sub>def</sub> =	<b>0,5 segundos</b>
Para o tipo de solo, a resistividade varia de:		<b>100-150 Ω.m</b>
Consideraremos para o cálculo a resistividade aparente de:		<b>150 Ω.m</b>

#### DIMENSIONAMENTO TÉRMICO DO CONDUTOR DA MALHA E CABOS DE LIGAÇÃO

Método de Onderdonk (válido somente para o dimensionamento térmico para cabo de cobre)

$$I_{\text{defeito}} = 226,53 \times S_{\text{cobre}} \times \sqrt{\frac{1}{t_{\text{defeito}}} \ln \left( \frac{\theta_m - \theta_a}{234 + \theta_a} + 1 \right)}$$

Fórmula de Onderdonk:

onde:

I <sub>def.</sub>	= corrente de defeito, em Ampère, através do condutor
S <sub>cobre</sub>	= seção do condutor de cobre da malha de terra mm <sup>2</sup>
T <sub>def.</sub>	= tempo de duração do defeito em segundos
T <sub>emp.sold.</sub>	= temperatura da solda (pelo tipo de solda/conexão)
T <sub>emp. amb</sub>	= temperatura ambiente da instalação

Máxima temperatura suportada pelos vários tipos de conexão: T<sub>emp.solda</sub>

<b>Tipo de conexão</b>	<b>Temp.max. suportável</b>
<b>Cavilhada (conexão por aperto de parafuso)</b>	<b>250 graus Celsius</b>
<b>Solda exotérmica</b>	<b>850 graus Celsius</b>

Para o presente caso temos:

A premissa de cálculo será para a temperatura suportável das conexões cavilhadas/a parafuso, em face de ser este o ponto mais fraco na cadeia do sistema de aterramento, e por ser um tipo de conexão que estará presente nos principais pontos de ligação dos equipamentos ao sistema de aterramento.

Considerando as observações acima, teremos:

I <sub>defeito</sub> no ponto considerado:	I <sub>defeito</sub> =	<b>1.200 A</b>
I <sub>defeito</sub> no cabo de ligação dos equipamentos/malha:	I <sub>def.</sub> =	<b>1.200 A</b>
Percentual da corrente de defeito na malha:		<b>60 %</b>
I <sub>defeito</sub> nos cabos da malha:	I <sub>def. Malha</sub> =	<b>720 A</b>
Tempo de duração do defeito (seg)	t <sub>duração</sub> =	<b>0,5</b>
Temp. ambiente (graus Celsius)	θ <sub>a</sub> =	<b>35</b>
Temp. solda (graus Celsius) conexão cavilhada	θ <sub>m</sub> =	<b>250</b>
cálculo da seção do condutor de cobre (cabo ligação):		<b>4,89 mm<sup>2</sup></b>
cálculo da seção do condutor de cobre (cabo da malha):		<b>2,93 mm<sup>2</sup></b>

Donde se conclui que o condutor a ser usado para a malha de terra e descida dos equipamentos, quanto ao dimensionamento térmico poderá ser o de seção igual ou maior que  $9\text{mm}^2$ . Entretanto por razões de ordem de resistência mecânica aos esforços sobre a malha, será inicialmente calculada a malha para o condutor de seção conforme a seguir

Consideraremos inicialmente condutor de cobre nú:  $50\text{ mm}^2$   
 Diâmetro do condutor acima considerado (em mm):  $7,98\text{ mm}$   
 Diâmetro do condutor acima considerado (em m):  $0,0080\text{ m}$

### CÁLCULO DA MALHA - CONDIÇÕES INICIAIS DO PROJETO

Foram considerados os seguintes determinantes para cálculo da malha e das tensões de passo e de toque

Resistividade aparente do solo em ohms.metro  $150\text{ ohms.metro}$   
 Espaçamento da malha:  $2,40\text{ m}$   
 Comprimento das hastes:  $2,40\text{ m}$   
 Corrente de defeito:  $1.200\text{ A}$   
 Geometria da malha: retangular  
 Dimensão lado a (metros) (dimensão inicial)  $12,00\text{ m}$   
 Dimensão lado b (metros) (dimensão inicial)  $9,60\text{ m}$   
 Comprimento da Haste de aterramento de (metros):  $2,40\text{ m}$   
 Diâmetro da Haste de aterramento de (polegadas):  $0,75\text{ pol.}$   
 Profundidade da malha:  $0,60\text{ m}$   
 Camada superficial de brita:  $0,10\text{ m}$   
 Resistividade da brita:  $3.000\text{ }\Omega.\text{m}$

Dimensões iniciais da malha	Valores
Espaçamento cond. lado a (metros)	2,40
Espaçamento cond. lado b (metros)	2,40
Número de condutores no lado Na	6,00
Número de condutores no lado Nb	5,00
Número de condutores no lado Na	6,00
Número de condutores no lado Nb	5,00
Número total de "nós" da malha: $n_a \times n_b =$	30,00
Número de "nós" da periferia da malha: $2n_a + 2(n_b - 2) =$	18,00
Comprimento total dos cabos da malha $L_{\text{cabo}}$ (m)	117,60
Comprimento da haste de aterramento (m)	2,40
Quantidade de hastes a ser usada (unid)	18,00
Comprimento equivalentes das hastes "Lhastes" (m)	43,20
Comprimento total para malha com hastes (m)	179,70
Comprimento equivalente total "L total" (m)	179,70

### CÁLCULO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO DA MALHA

Resistividade aparente do solo (ohms.metro)  $150,00\text{ ohms.metro}$   
 Área da malha ( $\text{m}^2$ )  $115,20\text{ m}^2$   
 Profundidade da malha (metros)  $0,60\text{ m}$

R (equiv). Sist. de Aterramento **6,46 ohms**

<b>Resistência final da malha atende às Normas</b>	<b>ATENDE ÀS NORMAS</b>
--	-------------------------

**Potenciais máximos, permissíveis, da malha durante a ocorrência do defeito:  $V_{\text{toque max.}}$  e  $V_{\text{passo max.}}$**

### Subestações COM superfície de brita

#### Cálculo do potencial de toque máximo PERMISSÍVEL

$$V_{\text{toque max.}} = [1000 + 1,5C_s(h_s, K) \times \rho_s] \times (0,116/\text{raiz}(t))$$

$$V_{\text{passo max.}} = [1000 + 6C_s(h_s, K)] \times (0,116/\text{raiz}(t))$$

$$t = 0,5$$

$$C_s(h_s, K) = 1/0,96 \times \{1 + 2[\sum (n=1; \infty) K^n / (\text{raiz}(1 + (2nh_s/0,08)^2))]\}$$

$$K = (\rho_a - \rho_s) / (\rho_a + \rho_s)$$

$$\rho_a = 150$$

$$\rho_s = \rho_{\text{brita}} = 3000$$

$$h_s = 0,1$$

$$C_s(h_s, K) = 1/0,96 \times \{1 + 2[\sum (n=1; \infty) K^n / (\text{raiz}(1 + (2nh_s/0,08)^2))]\}$$

$$C_s(h_s, K) = 0,6111$$

#### Cálculo do potencial de TOQUE máximo PERMISSÍVEL (malha COM brita)

$$V_{\text{toque máximo permissível}} = [1000 + 1,5C_s(h_s, K) \times \rho_s] \times (0,116/\text{raiz}(t))$$

$$V_{\text{toque máximo permissível}} = 615,15 \text{ volts}$$

#### Cálculo do potencial de PASSO máximo PERMISSÍVEL (malha COM brita)

$$V_{\text{passo máximo permissível}} = [1000 + 6C_s(h_s, K)] \times (0,116/\text{raiz}(t))$$

$$V_{\text{passo máximo permissível}} = 1.968,45 \text{ volts}$$

### POTENCIAIS MÁXIMOS DA MALHA DURANTE A OCORRÊNCIA DE DEFEITO: $V_{\text{toque}}$ ; $V_{\text{passo}}$ CÁLCULO DO POTENCIAL DE TOQUE DA MALHA DURANTE O DEFEITO

$$V_{\text{toque máximo da malha durante o defeito}} = (\rho_a \times K_m \times K_i \times I_{\text{malha}}) / L_{\text{total}}$$

$$K_m = (1/2\pi) \times \{\ln [e^2/16hd + (e+2h)^2/8ed - h/4d] + K_{ii}/K_h \times \ln [8/\pi(2N-1)]\}$$

$$V_{\text{toque máximo da malha}} = (\rho_a \times K_m \times K_i \times I_{\text{malha}}) / L_{\text{total}}$$

$$\text{Valor calculado TOQUE MAX. malha durante defeito} = 591,72 \text{ volts}$$

Condição de:  $V_{\text{toq. malha}} < V_{\text{toque máximo permissível}}$ : **CONDIÇÃO ATENDIDA - MALHA SEGURA**

### CÁLCULO DO POTENCIAL DE PASSO NA PERIFERIA DA NOVA MALHA DURANTE O DEFEITO

$$V_{\text{passo da malha durante o defeito}} = (\rho_a \times K_p \times K_i \times I_{\text{malha}}) / L_{\text{total}}$$

$$K_p = (1/\pi) [1/2h + 1/(e+h) + (1/e) \times (1-0,5^{(N-2)})]$$

$$K_i = 0,656 + 0,172N \quad (\text{sendo } N \text{ o máximo entre } N_a \text{ e } N_b)$$

$$2,3760$$

Logo, o  $V_{\text{passo}}$  da malha durante o defeito= **177,94 volts**

Condição:  $V_{\text{passo da Malha}} \leq V_{\text{passo max. adm.}}$ : **CONDIÇÃO ATENDIDA - MALHA SEGURA**

**CASO DE SUBESTAÇÃO CONTORNADA POR CERCA METÁLICA**
**CÁLCULO DO POTENCIAL DE TOQUE NA CERCA METÁLICA DURANTE O DEFEITO**

$$V_{\text{cerca}} \text{ da subestação durante o defeito} = \left( \rho_a \times K_c \times K_i \times I_{\text{malha}} \right) / L_{\text{total}}$$

$$K_c = (1/2\pi) \times \left\{ \ln \left\{ \frac{(h^2 + x^2) \times [h^2 + (e+x)^2]}{(h \times d \times (h^2 + e^2))} \right\} + 2 \ln \left\{ \frac{(2e+x)/2e \times (3e+x)/3e \dots \dots \dots ((N-1)e+x)/(N-1)e}{1} \right\} \right\}$$

sendo x igual à distancia da cerca à periferia da malha,

cerca **recuada** um metro **sobre** a malha:  $x = -1$

no presente caso vamos considerar que a cerca será construída **AFASTADA** da periferia da malha numa distância de:

$$\begin{aligned} x &= -1,0000 \\ \text{valor calculado para } K_c &= 0,5878 \end{aligned}$$

$$K_i = 0,656 + 0,172N \quad (\text{sendo } N \text{ o máximo entre } N_a \text{ e } N_b) \quad 2,3760$$

$$V_{\text{cerca}} \text{ da subestação durante o defeito} = \mathbf{207,81 \text{ volts}}$$

**Condição:  $V_{\text{cerca da malha}} \leq V_{\text{toque max. adm.}}$**

**CONDIÇÃO ATENDIDA - MALHA SEGURA**

**RESUMO DA MALHA - ALTERNATIVA FINAL**

Subestação COM camada de brita de:	0,10 metros
Tempo de eliminação do defeito	0,50 segundos
Cabo de cobre nú seção em mm <sup>2</sup>	50,00 mm <sup>2</sup>
Comprimento do Lado A da malha	12,00 metros
Comprimento do Lado B da malha	9,60 metros
Geometria da malha: retângulo de:	9,60x7,20 metros
Comprimento total de cabo (em metros)	117,60 metros
Quantidade de hastes de 3/4" x 3,00m	18,00 unidades
Espaçamento entre as hastes (em metros)	2,40 metros
Profundidade da malha em metros (exceto periferia)	0,60 metros
Profundidade da malha na periferia (em metros)	1 metro
Fazer os cantos arredondados na periferia	
Usar hastes na periferia e na DESCIDA de todos os equipamentos principais, tipo PARA-RÁIOS, LÂMINA DE TERRA, DISJUNTOR, TRANSFORMADOR.	
A cerca metálica da subestação deverá ficar a:	1,00m afastada da malha

## 4.2.5 - Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas da EB-6/2

### A - DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

Dados do projeto:

#### EDIFICAÇÃO

Altura da Edificação em relação ao solo	4,50 m
Comprimento da Edificação	12,00 m
Largura da Edificação	12,00 m

Embora não tenhamos dados quali-quantitativos mais precisos quanto ao índice cerâmico da região onde será implantada a Estação Elevatória de Água Tratada - EB 6/2, (na localidade de Monte das Gameleiras/Monsenhor Expedito, no Estado do Rio Grande do Norte), trabalharemos com os dados disponíveis para a região Nordeste do Brasil que situa a referida região dentro das curvas isocerâmicas de 50-60 dias/trovoada/ano, o que a qualifica como região no início da faixa dos níveis cerâmicos altos. Para efeito desta análise, consideraremos o nível cerâmico com valor médio de 55.

Para determinação da densidade de queda de raios na região sob estudo, adotaremos as orientações das normas internacionais (IEC principalmente) as quais recomendam para países que não disponham de registro confiável da densidade de queda de raios, que se adote a equação:  $N_g = 0,04 \times I^{1,25}$  como determinante da densidade procurada. No presente caso, teremos:

$$I = 55 \quad N_g = 5,9912 \quad \text{ou} \quad N_g = 6 \text{ raios/km}^2/\text{ano}$$

O conjunto das instalações da Estação Elevatória é constituído de uma área para a edificação principal (casa de bombas) e Poço de Sucção com dimensões conforme mostrado em planta.

Os equipamentos ali instalados e que necessitam de proteção, são equipamentos hidráulicos formados por bombas e motores elétricos e seus respectivos dispositivos de acionamento e controle, onde encontram-se a presença de componentes de eletrônica de estado sólido baseado em sistemas micro-processados, portanto, susceptíveis à influência dos campos eletromagnéticos resultantes das descargas atmosféricas.

Para efeito de cálculo da probabilidade de queda de raios nessas estruturas, tomamos como padrão de edificações a serem protegidas, o conjunto de maior altura (reservatório), bem como, a área de ocupação das demais instalações no plano horizontal.

A edificação objeto deste estudo, tem as seguintes características:

forma geométrica:	retangular
Altura da Edificação em relação ao solo	4,50 m
Comprimento da Edificação	12,00 m
Largura da Edificação	12,00 m

A área de captação desse conjunto será:

$$A_a = ab + 2(a+b)h + \pi h^2$$

$$a.b = 144,00 \text{ m}^2$$

$$2(a+b)h = 48,00 \text{ m}$$

$$\pi h^2 = 63,62$$

$$A_a = 255,62 \text{ m}^2$$

A probabilidade de queda de raios nessa área será determinada por:

$$P = A_a \cdot N_g \cdot 10^{-6} \text{ raios/ano}$$

Para o caso em questão teremos:

$$P = 1.534 \times 10^{-6} \text{ raios/ano}$$

A NBR-5419 considera esse método como válido para o cálculo da probabilidade de queda de raios sobre determinada estrutura, e estabelece um número ( $P_0$ ) a partir do qual a proteção torna-se obrigatória, sendo:

$$P_0 = P.A.B.C.D.E$$

$P_0 < 10^{-5}$	proteção desnecessária
$P_0 > 10^{-3}$	proteção obrigatória

Onde teremos para os fatores de ponderação:

FATOR	QUALIFICAÇÃO		VALOR
A	Ocupação	Instalação Industrial	1
B	Material de Construção	Alvenaria	1
C	Conteúdo	Instalações Elétricas	1
D	Localização	Semi-isolada	1
E	Topografia	Planície	1

Calculando:  $P_o = P \times A \times B \times C \times D \times E$  ou

$$P_o = 1.533,70 \times 10^{-6}$$

$$P_o = 1,53 \times 10^{-3}$$

### CONCLUSÃO: PROTEÇÃO OBRIGATÓRIA

Resultado que torna obrigatória a proteção contra descargas atmosféricas.

Com base no exposto acima, será aplicada a proteção, e o método a ser adotado neste estudo será o do modelo eletrogeométrico

A NBR-5419 classifica as instalações acima dentro de nível de proteção "**tipo III**" e define como raio padrão para a esfera fictícia o valor de 45m, com isso, o volume de proteção para a estrutura considerada acha-se conforme desenvolvimento gráfico.

O alcance da proteção de um captor de altura útil de 10,0m (em relação ao solo) e instalado no topo de um poste implantado lateralmente à Edificação e a uma distância equidistante no sentido longitudinal da mesma, (quadrado de 12mx12m) será:

$$\text{Alcance da proteção} = R \cdot \cos[\arcsin(R-h)/R]$$

$$\text{sendo: } R = 45$$

$$h = 10$$

$$\text{Alcance da proteção} = 32,06 \text{ m}$$

Conforme mostrado na parte gráfica, serão empregados dois captosres (dois postes DT-10/150), posicionados lateralmente à edificação que abrigará a sala de bombas e a casa de comando, escritório, etc.. A necessidade de dois captosres deve-se ao alcance da proteção na área de cobertura da referida edificação conforme está demonstrado no desenho correspondente à área estabelecida pela interceptação do plano de cobertura da edificação com a área definida pelo cone esférico correspondente ao método eletro-geométrico.

O sistema será complementado pela execução de um anel de escoamento, formado por cabo de cobre nú de 50mm<sup>2</sup> enterrado a 1,00m abaixo da superfície do solo e conectado a quatro hastes de terra de 3,00mx3/4". A esse anel deverão ser conectadas as descidas (duas por captor) dos captosres instalados no topo dos postes.

Os elementos constituintes do sistema de proteção serão: os captosres, o sistema de descida e o sistema de aterramento propriamente dito.

Como captosres utilizaremos hastes de terra de comprimento de 3,0m com diâmetro de 3/4".

Considerando que as edificações são em alvenaria, não teremos componentes naturais para serem empregados como integrantes do sistema de descida, neste caso utilizaremos a descida por meio de cabos de cobre nu fixados diretamente na face lateral do poste que suporta o captor.

Serão empregados no SPDA: Dois postes de concreto DT-150/10 para instalação do captor (constituído por uma haste de terra de 3/4" x 3,00m); cabos de cobre nu de têmpera mole de seção 50mm<sup>2</sup> como cabos de descida e para o cabo de formação do anel de escoamento na base da Edificação) e como eletrodos de escoamento serão usadas quatro hastes de terra de 3/4" x 3,00m.

O desenvolvimento gráfico mostra o volume de proteção da Edificação a ser protegida.

O método oferece portanto o grau de proteção desejado.

### 4.3 - Estação de Bombeamento EB-6/3

#### 4.3.1 - Potência da Subestação e Dimensionamento dos Condutores e Equipamentos Principais

##### DADOS DE ENTRADA DA INSTALAÇÃO

Sistema trifásico a cinco condutores	TN-S
Tensão de alimentação das cargas:	380 V
Fator de potência final da instalação	0,92 pu
Motores de potência (cv) menor ou igual a:	5 acionamento com partida direta
Motores de potência (cv) igual ou maior a:	15 a instalação requer subestação primária
Demanda total (kVA), igual ou maior a:	15 a instalação requer subestação primária

##### CARACTERÍSTICAS DOS MOTORES - DADOS DE ENTRADA

NOTA:	potência: cv	Número de polos	$\rho = 100\%$ carga	$\cos\phi = 100\%$ carga	$\cos\phi =$ na partida	Ip/Ir =	Tensão (V) alimentação
EB-06/3.1	10	2	0,870	0,880	0,35	7	380
EB-06/3.2	50	2	0,922	0,870	0,35	7,6	380
DRENAGEM	1	4	0,780	0,820	0,35	6,2	380

##### QUADRO DE CARGAS

Carga a ser instalada	Quantid. instalada	Quantid. reserva	Potência em cv	Potência em kW	Demanda em kW
motor da bomba da EB-06/3.1	2	1	10	9,61	9,61
motor da bomba da EB-06/3.2	2	1	50	45,88	45,88
motor da bomba drenagem	1	0	1	1,15	1,15
iluminação interna	1			0,50	0,50
iluminação externa	1			2,00	2,00
tomada mono p/serv. de manut.	1			2,19	2,19
tomada trif. p/serv. de manutenção	1			10,53	10,53
				Total	71,87

Instalação com motores de Potência em cv $\geq$ :	NÃO
Instalação com demanda ( $D \geq 15$ kVA):	SIM - REQUER SUBESTAÇÃO
Potência da instalação em kVA:	78,12 kVA
Potência do Transformador em kVA:	112,5 kVA
Tensão primária de alimentação da SE:	13.800 Volt
Tensão secundária de alimentação das cargas:	380 Volt
Corrente máxima de projeto (no secundário):	

NOTA: A demanda requerida enquadra o atendimento da instalação em Alta Tensão conforme preconizam as normas da SERHID. Portanto o atendimento desta instalação será diretamente do sistema de distribuição primária da COSERN na tensão de 13.800Volts.

##### POTÊNCIA INSTALADA EM TRANSFORMADORES NA SUBESTAÇÃO DA EB-06/3

Transformador	trifásico em banho de óleo
Potência	112,5 kVA
Tensão no primário	13,8 kV
Tensão no secundário	380 V
Impedância	3,5 %
Perdas no cobre	1650 Watts
Corrente nominal primário	4,71 A
Corrente nom. secundário	170,93 A
Quantidade de trafos	1 ud

**CÁLCULO DA DEMANDA DO SISTEMA**

Motores em operação:	3
Potência nominal do motor:	56,64 kW
Pot. requerida motores:	56,64 kW
Potência auxiliares:	15,22 kW
Potência da instalação:	71,87 kW

$$D = (a+b+c+d+e) / fp$$

$$\begin{aligned} a &= 15,22 \\ b=c=d &= 0 \\ e &= 56,64 \\ fp &= 0,92 \end{aligned}$$

$$D = 78,12 \text{ kVA}$$

**CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA - DADOS DE ENTRADA**

Corrente de Curto-Circuito no PDE-13,8kV	2 kA	(conforme COSERN)
Potência de Curto-Circuito no PDE	47,80 MVA	
Resistência reduzida do sistema:	$R_{\text{sistema}} = 0,0000 \, \Omega / 380 \text{ V}$	
Reatância reduzida do sistema:	$X_{\text{sistema}} = 0,0000 \, \Omega / 380 \text{ V}$	
Impedância reduzida do sistema:	$Z_{\text{sistema}} = 0,1097 \, \Omega / 380 \text{ V}$	
Cabo de alimentação primária do transformador da EB		
Seção dos cabos do ramal de ligação do transformador	1/0 AWG	
Parâmetros do cabo ramal de entrada:	$R_{\text{ramal lig.}} = 0,3655 \text{ pu/kM}$	
Parâmetros do cabo ramal de entrada:	$X_{\text{ramal lig.}} = 0,2724 \text{ pu/kM}$	
Parâmetros do cabo ramal de entrada:	$R_{\text{ramal lig.}} = 0,0005 \, \Omega/\text{km} (380\text{V})$	
Parâmetros do cabo ramal de entrada:	$X_{\text{ramal lig.}} = 0,0004 \, \Omega/\text{km} (380\text{V})$	
Comprimento do ramal de alimentação do transformador	40 m	
Número de cabos por fase do ramal de alimentação:	1	
Maneira de instalar dos cabos	aérea	
IMPEDÂNCIA do circuito: PDE-trafo	pu	
	$R_{\text{ramal lig.}} = 0,00002 \, \Omega / 380 \text{ V}$	
	$X_{\text{ramal lig.}} = 0,00002 \, \Omega / 380 \text{ V}$	
	$Z_{\text{ramal lig.}} = 0,00003 \, \Omega / 380 \text{ V}$	

**VALORES LIMITES PARA QUEDA DE TENSÃO**

As condições operacionais do Projeto recomendam os seguintes limites:

Queda de tensão (%), em relação ao PDE, para a condição de <b>PARTIDA</b> do motor:	10 %
Queda de tensão (%), em relação ao PDE, para a condição de <b>REGIME</b> do motor:	7 %



#### 4.3.1.1 - Dimensionamento de Condutores e Equipamentos

### A - Cálculo do Condutor do Alimentador Geral de Baixa Tensão

#### CARACTERÍSTICAS DO CIRCUITO DO ALIMENTADOR GERAL

Valores das correntes do circuito do alimentador geral:

$$I_{\text{alimentador}} = 170,93 \text{ A}$$

Comprimento do alimentador (metros):	30	Fatores de correção:	
Tipo de condutor:	cobre	K1 (temperatura do solo 35°):	0,89
Resistividade do material:	0,0179	k2 (agrup. de cabos):	1,00
Nível de isolamento:	0,6/1kV	k3 (agrup. de circuitos):	1,00
Temp. máxima permitida (condutor):	90°C	k4 (agrup. de eletrodutos):	1,00
Temperatura do ambiente:	40°C	fs (fator de serviço)	1,00
Maneira de instalar:	eletrodo enterrado		
Tipo de instalação:	D		
Queda de tensão admitida no ramal (%):	2		

#### Cálculo da seção do condutor função da CAPACIDADE DE CONDUÇÃO para o tipo de instalação:

tipo do isolamento	corrente de projeto (A)	fator de correção	cap.cond neces. (A)	cap.cond por cabo (A)	seção em (mm <sup>2</sup> )	resist. Ω/km	reatância Ω/km
PVC	170,93	0,89	192,05	211	95	0,2300	0,1000

A seção do condutor será em função da capacidade de condução do condutor:

seção escolhida:	95 mm <sup>2</sup>
condutor por fase:	1

#### Cálculo da seção do condutor em função da queda de tensão ADMITIDA para o circuito:

$$S_{\text{condutor}} = 20,87 \text{ mm}^2$$

#### Cálculo da seção do condutor em função da CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO:

I <sub>cc</sub> =	1,18 kA
T <sub>elim. defeito</sub> =	0,5 seg
condutor:	PVC
T <sub>final</sub> =	250 °C
T <sub>inicial</sub> =	90 °C

temp em °C	Isolamento do condutor	
	PVC	XLPE
T <sub>final</sub>	160	250
T <sub>inicial</sub>	70	90

$$S_{\text{condutor}} = 5,88 \text{ mm}^2$$

Pelo cálculo acima, essa deveria ser a seção mínima, em função da máxima temperatura a que deve suportar com base no valor considerado para a corrente de curto circuito (simétrica), nos terminais secundários do transformador.

Resumo, a seção do condutor a ser adotada será, em função da que conduzir à maior seção dentre as três condições acima:

tipo do isolamento	corrente de projeto (A)	fator de correção	cap.cond neces. (A)	cap.cond cabo (A)	seção em (mm <sup>2</sup> )	resist. Ω/km	reatância Ω/km
PVC	170,93	0,89	192,05	211	95	0,2300	0,1000

#### Dimensionamento do condutor NEUTRO

Seção calculada	mm <sup>2</sup> :	48	(NBR 5410/97)
Seção escolhida	mm <sup>2</sup> :	50	
Quantidade por fase	ud:	1	

**Dimensionamento do condutor de PROTEÇÃO**

condutor: cobre nú

Seção escolhida	mm <sup>2</sup> :	50
Quantidade por fase	ud:	1

**RESUMO DOS CONDUTORES ESCOLHIDOS**

A seção escolhida do condutor será em função da capacidade de condução:

	FASE	NEUTRO	PE
Seção escolhida	mm <sup>2</sup> : 95	50	50
Diâmetro externo	mm: 1,00	13,98	7,98
Quantidade por fase	ud: 1	1	1

**Dimensionamento do Eletroduto entre o TRAFO e o CCM**

$S_{\text{total condutor}} =$	884,26 mm <sup>2</sup>
$S_{\text{eletroduto}} \Rightarrow$	2.679,57 mm <sup>2</sup>
$\Phi_{\text{eletroduto}} \Rightarrow$	58,41 mm
$\Phi_{\text{eletroduto}} \Rightarrow$	2,30 "

Empregaremos, portanto, eletroduto flexível, de:

tamanho nominal= 75  
tamanho nominal= 65PVC ou  
AÇO GALV.**B - Dimensionamento dos Equipamentos de Proteção****DIMENSIONAMENTO PROTEÇÃO PRIMÁRIA**

Tipo de proteção contra curto circuito com abertura sob carga	chave fusível AT
Classe de tensão de isolamento da chave fusível:	15 kV
Corrente nominal, mínima, da chave fusível:	100 A
Corrente nominal do elo fusível:	6,00 K
Capacidade de rutura da chave fusível: >=	10 kA

**DIMENSIONAMENTO DO DISJUNTOR GERAL DE BAIXA TENSÃO - PROTEÇÃO SECUNDÁRIA**

Tipo do disjuntor	Caixa moldada tipo L
Aplicação do disjuntor:	Proteção circuito: Transformador
Fator de multiplicação de corrente:	K= 1,15
Corrente do circuito (corrente de projeto):	$I_{\text{projeto}} =$ 170,93 A
Capacidade de condução condutores ramal:	$I_{\text{condução}} =$ 211,00 A
Corrente de curto circuito nos bornes do disjuntor:	$I_{\text{curto circuito}} =$ 1.181 A
Corrente nominal escolhida para o disjuntor:	$I_{\text{nominal disjuntor}} =$ 250 A
Corrente ajustável de sobre carga para o disjuntor:	160-200
Corrente nominal de operação para o disjuntor:	$I_{\text{nominal disjuntor}} =$ 188 A
Corrente ajustável de curto circuito para o disjuntor:	fixo
Capacidade de interrupção mínima necessária:	$I_{\text{interrupção}} \geq$ 30 kA
Tempo de atuação/operação do disjuntor:	$T_{\text{operação disjuntor}} =$ 0,50 s

Verificação das condições:

$I_{\text{nominal do disjuntor}} \geq I_{\text{projeto}}$	CONDIÇÃO ATENDIDA
$I_{\text{nominal disjuntor}} \leq I_{\text{condutor}}$	CONDIÇÃO ATENDIDA
$K \times I_{\text{nominal disjuntor}} \leq 1,45 \times I_{\text{condutor}}$	CONDIÇÃO ATENDIDA
$I_{\text{interrupção disjuntor}} \geq I_{\text{cc máximo}}$	CONDIÇÃO ATENDIDA

Disjuntor indicado	caixa moldada
Corrente nominal $I_{\text{nominal}} =$	250 A
Faixa de ajuste para sobrecarga	160-200 A
Faixa de ajuste para curto-circuito	fixo
Capacidade de interrupção em 380V CA >=	30 kA

## 4.3.1.2 - Características do Motor da Bomba da EB-04

**A - Características dos Motores do Ramal do Motor - EB-6/3.1**

NOTA:	potência: cv	Número de polos	$\rho = 100\%$ carga	$\cos\phi = 100\%$ carga	$\cos\phi =$ na partida	$I_p/I_r =$	Tensão (V) alimentação
EB-06/3.1	10	2	0,870	0,880	0,35	7	380

**CARACTERÍSTICAS DO MOTOR DA BOMBA DA EB-06/3.1****Tipo de partida:** Partida com Chave Estática

Corrente de partida: 7 x Inominal

número de polos 2 polos

rotação nominal - rpm 3560 rpm

Tempo de aceleração - seg

Classe de isolamento

Sensor de temperatura - enrolamentos

Sensor de temperatura - mancais

Valores das correntes do circuito do ramal do motor:

 $I_{\text{nominal motor}} = 14,61 \text{ A}$   $I_{\text{partida motor}} = 102,24 \text{ A}$ **CARACTERÍSTICAS CIRCUITO DO RAMAL MOTOR DA BOMBA DA EB-06/3.1**

Comprimento do ramal motor (metros): 30 Fatores de correção: 0,85

Comprimento do alimentador (metros): 30 k1 (temperatura do solo): 1

Tipo de condutor: cobre k2 (agrup. de cabos): 1

Resistividade do material: 0,0179 k3 (agrup. de circuitos): 1

Nível de isolamento: 0,6/1kV k4 (agrup. de eletrodutos): 1

Temp. máxima permitida no condutor: 90°C fs (fator de serviço)

Temperatura do ambiente: 40°C

Maneira de instalar: eletroduto flexível enterrado

Tipo de instalação: D

Queda de tensão admitida no ramal (%): 4

Cálculo da seção do condutor em função da capacidade de condução para o tipo de instalação:

tipo do isolamento	$I_{\text{projeto}} \text{ (A)}$	fator de correção	cap.cond neces. (A)	cap. condução	seção em (mm <sup>2</sup> )	resist. $\Omega/\text{km}$	reatância $\Omega/\text{km}$
0,6/1kV	14,61	0,85	17,18	29	2,5	8,8700	0,1500

Seção calculada: 2,5 mm<sup>2</sup> cond. por fase: 1

Cálculo da seção do condutor em função da queda de tensão ADMITIDA para o circuito

Seção calculada: 1,78 mm<sup>2</sup>

Cálculo da seção do condutor em função da CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO:

 $I_{\text{cc max}} = 1,18 \text{ kA}$  $T_{\text{elim. defeito}} = 0,5 \text{ seg}$ 

condutor: PVC

 $T_{\text{final}} = 250 \text{ °C}$  $T_{\text{inicial}} = 90 \text{ °C}$ 

temp em °C	Isolamento do condutor	
	PVC	XLPE
$T_{\text{final}}$	160	250
$T_{\text{inicial}}$	70	90

 $\text{raiz}\{\log[(234+T_f) / (234+T_i)]\} = 0,42$ Seção calculada: 5,88 mm<sup>2</sup>

A seção do condutor será em função do que conduzir à maior seção calculada

Seção escolhida: 6 mm<sup>2</sup>  
 Diâmetro externo condutor: 8,76 mm  
 Quantidade por fase: 1

#### DIMENSIONAMENTO DO ELETRODUTO

$S_{\text{total condutor}} = 180,97 \text{ mm}^2$   
 $S_{\text{eletroduto}} \Rightarrow 548,40 \text{ mm}^2$   
 $\Phi_{\text{eletroduto}} \Rightarrow 26,42 \text{ mm}$

Empregaremos, portanto, eletroduto de:

tamanho nominal= 32 PVC ou  
 tamanho nominal= 25 AÇO GALV.

MOTOR: EB-06/3.1

Seção dos cabos do ramal do motor da bomba 6 mm<sup>2</sup>  
 Parâmetros do cabo ramal motor-1  $R_{\text{ramal-1}} = 3,6900 \Omega/\text{km}$   
 Parâmetros do cabo ramal motor-1  $X_{\text{ramal-1}} = 0,1300 \Omega/\text{km}$   
 Comprimento do ramal do motor-1 30 m  
 Número de cabos por fase do motor-1 1  
 Maneira de instalar do motor-1 D  
 Eletroduto para os cabos do motor-1 PVC

#### B - Características dos Motores do Ramal do Motor - EB-6/3.2

NOTA:	potência: cv	Número de polos	$\rho = 100\% \text{ carga}$	$\cos\phi = 100\% \text{ carga}$	$\cos\phi = \text{na partida}$	$I_p/I_r =$	Tensão (V) alimentação
EB-06/3.2	50	2	0,922	0,870	0,35	7,6	380

#### CARACTERÍSTICAS DO MOTOR DA BOMBA DA EB-06/3.2

**Tipo de partida:** Partida com Chave Estática

Corrente de partida: 7,6 x Inominal  
 número de polos 2 polos  
 rotação nominal - rpm 3560 rpm  
 Tempo de aceleração - seg  
 Classe de isolamento  
 Sensor de temperatura - enrolamentos  
 Sensor de temperatura - mancais

Valores das correntes do circuito do ramal do motor:

$I_{\text{nominal motor}} = 69,70 \text{ A}$   $I_{\text{partida motor}} = 529,75 \text{ A}$

#### CARACTERÍSTICAS CIRCUITO DO RAMAL MOTOR DA BOMBA DA EB-06/3.2

Comprimento do ramal motor (metros):	30	Fatores de correção:	0,85
Comprimento do alimentador (metros):	30	k1 (temperatura do solo):	1
Tipo de condutor:	cobre	k2 (agrup. de cabos):	1
Resistividade do material:	0,0179	k3 (agrup. de circuitos):	1
Nível de isolamento:	0,6/1kV	k4 (agrup. de eletrodutos):	1
Temp. máxima permitida no condutor:	90°C	fs (fator de serviço)	
Temperatura do ambiente:	40°C		
Maneira de instalar:	eletroduto flexível enterrado		
Tipo de instalação:	D		
Queda de tensão admitida no ramal (%):	4		

Cálculo da seção do condutor em função da capacidade de condução para o tipo de instalação:

tipo do isolamento	I <sub>projeto</sub> (A)	fator de correção	cap.cond neces. (A)	cap. condução	seção em (mm <sup>2</sup> )	resist. Ω/km	reatância Ω/km
0,6/1kV	69,70	0,85	82,00	101	25	0,8700	0,1200

Seção calculada: 25 mm<sup>2</sup> cond. por fase: 1

Cálculo da seção do condutor em função da queda de tensão ADMITIDA para o circuito

Seção calculada: 8,51 mm<sup>2</sup>

Cálculo da seção do condutor em função da CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO:

I<sub>cc max</sub> = 1,18 kA  
 T<sub>elim. defeito</sub> = 0,5 seg  
 condutor: PVC  
 T<sub>final</sub> = 250 °C  
 T<sub>inicial</sub> = 90 °C

temp em °C	Isolamento do condutor	
	PVC	XLPE
T <sub>final</sub>	160	250
T <sub>inicial</sub>	70	90

$$\text{raiz}\{\log[(234+T_f) / (234+T_i)]\} = 0,42$$

Seção calculada: 5,88 mm<sup>2</sup>

A seção do condutor será em função do que conduzir à maior seção calculada

Seção escolhida: 25 mm<sup>2</sup>  
 Diâmetro externo condutor: 11,64 mm  
 Quantidade por fase: 1

#### DIMENSIONAMENTO DO ELETRODUTO

S<sub>total condutor</sub> = 319,34 mm<sup>2</sup>  
 S<sub>eletroduto</sub> => 967,71 mm<sup>2</sup>  
 Φ<sub>eletroduto</sub> => 35,10 mm

Empregaremos, portanto, eletroduto de:

tamanho nominal= 50  
 tamanho nominal= 40

PVC ou  
 AÇO GALV.

MOTOR: EB-06/3.2

Seção dos cabos do ramal do motor da bomba 25 mm<sup>2</sup>

Parâmetros do cabo ramal motor-1 R<sub>ramal-1</sub> = 0,8700 Ω/km

Parâmetros do cabo ramal motor-1 X<sub>ramal-1</sub> = 0,1200 Ω/km

Comprimento do ramal do motor-1 30 m

Número de cabos por fase do motor-1 1

Maneira de instalar do motor-1 D

Eletroduto para os cabos do motor-1 PVC

#### 4.3.1.3 - Cálculo da Queda de Tensão na Partida dos Motores

Impedância do sistema de alimentação Z<sub>red. sist</sub> = R<sub>sist</sub> + j X<sub>sist</sub>

Resistência do sistema (vista secundário) R<sub>sist</sub> = 0,0000 Ω/ 380V

Reatância sistema (vista do secundário) X<sub>sist</sub> = 0,0030 Ω/ 380V

Impedância sistema (vista do secundário) Z<sub>sist</sub> = 0,0030 Ω/ 380V

Impedância do circuito: PDE-trafo	$R_{\text{cabo prim}} = 0,00002 \, \Omega / 380\text{kV}$
	$X_{\text{cabo prim}} = 0,00002 \, \Omega / 380\text{V}$
	$Z_{\text{cabo prim}} = 0,00003 \, \Omega / 380\text{V}$
Impedância TRAFO (vista do secundário)	$Z_{\text{pt}} = R_{\text{st}} + j X_{\text{st}}$
	$R_{\text{pt}} = 0,0188 \, \Omega / 380\text{V}$
	$X_{\text{pt}} = 0,0408 \, \Omega / 380\text{V}$
	$Z_{\text{pt}} = 0,0449 \, \Omega / 380\text{V}$
Impedância do circuito: TRAFO-QGDFC	$R_{\text{cabo sec}} = 0,0060 \, \Omega / 380\text{V}$
	$X_{\text{cabo sec}} = 0,0030 \, \Omega / 380\text{V}$
	$Z_{\text{cabo sec}} = 0,0075 \, \Omega / 380\text{V}$
Impedância TOTAL do sistema até QGDFC	$Z_{\text{total-1}} = R_{\text{total}} + j X_{\text{total}}$
	$Z_{\text{total-1}} = Z_{\text{alim. trafa}} + Z_{\text{trafo}} + Z_{\text{secud.}}$
	$R_{\text{total-1}} = 0,0257 \, \Omega / 380\text{V}$
	$X_{\text{total-1}} = 0,0468 \, \Omega / 380\text{V}$
	$Z_{\text{total-1}} = 0,0534 \, \Omega / 380\text{V}$

### A - Cálculo da Queda de Tensão na Partida do Motor 1 da EB-6/3.1

Impedância circuito motor	$R_{\text{ramal-1}} = 0,1107 \, \Omega / 380\text{V}$
	$X_{\text{ramal-1}} = 0,0039 \, \Omega / 380\text{V}$
	$Z_{\text{ramal-1}} = 0,1108 \, \Omega / 380\text{V}$
Impedância do motor-1 na partida	$P_{\text{motor-1}} = 9,61 \, \text{kVA}$
	$R_{\text{motor-1}} = 0,00$
	$X_{\text{motor-1}} = 1000 \times V_{\text{nm}}^2 / K \times P_{\text{motor}}$
	$X_{\text{motor-1}} = 2,14582 \, (\Omega)$
	$Z_{\text{motor-1}} = 2,1458 \, (\Omega)$
Impedância do motor-1 em regime	$R_{\text{motor-1 reg}} = 0,00$
	$X_{\text{motor-1 reg}} = 15,0207 \, (\Omega)$
	$Z_{\text{motor-1 reg}} = 15,0207 \, (\Omega)$
Corrente de partida do motor-1	$I_{\text{partida}} = (1000 \times V_{\text{nm}}) / [\text{raiz}(3) \times (Z_{\text{total}} + Z_{\text{motor}})]$
CORRENTE NA PARTIDA DIRETA:	$I_{\text{partida}} = 99,76 \, \text{A}$
PARTIDA C/REDUÇÃO DE CORRENTE:	Ajuste = 4 xln Chave Estática
	$I_{\text{part. reduzida}} = 58,42 \, \text{A}$ c/Chave Estática

#### VALORES DA QUEDA DE TENSÃO NA PARTIDA DO PRIMEIRO MOTOR:

<b>PARTIDA DIRETA</b>	$\Delta V = Z_{\text{total}} \times I_{\text{partida}}$
<b>Partida do motor-1</b>	$\Delta V = 16,38 \, \text{V}$
	$\Delta V = 4,31 \, \%$

#### CONDIÇÕES EM RELAÇÃO NBR-5410/90

#### POSSÍVEL A PARTIDA

Queda de tensão na partida	$\Delta V = Z_{\text{total-1}} \times I_{\text{partida}}$
<b>c/ CHAVE ESTÁTICA</b>	$\Delta V = 9,59 \, \text{V}$
4 xln	$\Delta V = 2,52 \, \%$

#### CONDIÇÕES EM RELAÇÃO NBR-5410/90

#### POSSÍVEL A PARTIDA

#### VALORES DA QUEDA DE TENSÃO EM REGIME:

Queda de tensão em regime	$\Delta V = Z_{\text{total-1}} \times I_{\text{regime}}$
	$\Delta V = 2,40 \, \text{V}$
	$\Delta V = 0,63 \, \%$

#### CONDIÇÕES EM RELAÇÃO NBR-5410/90

#### POSSÍVEL A OPERAÇÃO

**CAPACITOR CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA MOTOR DA BOMBA - EB-06/3.1**

motor da bomba principal EEAT	10 cv
fator de potência do motor a 100% da carga:	0,88 pu
fator de potência desejado para o motor:	0,92 pu
potência ativa requerida pelo motor (100% da carga):	10 kW
coeficiente para correção para 0,92:	0,114
potência reativa requerida pelo motor (100% carga):	1,10 kVAr
Capacitores necessários para correção do fator de potência:	1 kVAr trifásico
Tensão de alimentação da célula/banco	380 Volt

**DISPOSITIVOS ACIONAMENTO/PROTEÇÃO CAPACITORES ESTÁTICOS: FUSÍVEL**

Fusível retardado proteção dos capacitores:	1 kVAr	Fusível=	6 A
Contactador de acionamento dos capacitores:		lth=	19 A

NOTA: Caso seja adotada a correção isolada, os capacitores deverão ser energizados APÓS a entrada em operação da Chave Estática

**DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO, ACIONAMENTO E CONTROLE DO MOTOR DA BOMBA - EB-06/3.1****MEDIÇÃO DO RAMAL DO MOTOR- AMPERÍMETRO DIGITAL**

corrente nominal do circuito do motor	14,61 A
escala de leitura do amperímetro	21,91 A
amperímetro digital, dimensões de 96x96mm:	
classe de exatidão:	1,5 %
escala medição:	0-20 A
quantidade: Amperímetros	3 ud

**DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO C.C. DO RAMAL DO MOTOR: DISJUNTOR-MOTOR**

Disjuntor indicado	
Potência do motor:	P= 10 cv
Corrente nominal do motor	In= 14,61 A
Corrente nominal do disjuntor-motor In=	In= 25 A
Faixa de ajuste para curto-circuito	12 xIn
Faixa de ajuste para sobrecarga	14-20 A
Capac. de interrupção em 380V CA>=	30 kA

**DISPOSITIVO DE ACIONAMENTO DO MOTOR BOMBA: CHAVE ESTÁTICA**

Capacidade de acionamento do motor de:	10 cv
Corrente nominal do motor:	14,61 A
Corrente de partida:	4 xIn
Corrente passante na Chave de Partida (em regime):	14,61 A
Corrente nominal da Chave Estática:	22 A
Faixa de ajuste do relé de sobrecarga:	11-16 A
Fusíveis de proteção (ultra-rápidos)	80 A

**B - Cálculo da Queda de Tensão na Partida do Motor 1 da EB-6/3.2**

Impedância circuito motor	$R_{ramal-1} = 0,0261 \Omega / 380V$
	$X_{ramal-1} = 0,0036 \Omega / 380V$
	$Z_{ramal-1} = 0,0263 \Omega / 380V$
Impedância do motor-1 na partida	$P_{motor-1} = 45,88 \text{ kVA}$
	$R_{motor-1} = 0,00$
	$X_{motor-1} = 1000 \times V_{nm}^2 / K \times P_{motor}$
	$X_{motor-1} = 0,41415 (\Omega)$
	$Z_{motor-1} = 0,4141 (\Omega)$

Impedância do motor-1 em regime

$$R_{\text{motor-1 reg}} = 0,00$$

$$X_{\text{motor-1 reg}} = 3,1475 (\Omega)$$

$$Z_{\text{motor-1 reg}} = 3,1475 (\Omega)$$

Corrente de partida do motor-1

$$I_{\text{partida}} = (1000 \times V_{\text{nm}}) / [\text{raiz}(3) \times (Z_{\text{total}} + Z_{\text{motor}})]$$

CORRENTE NA PARTIDA DIRETA:

$$I_{\text{partida}} = 469,20 \text{ A}$$

PARTIDA C/REDUÇÃO DE CORRENTE:

$$\text{Ajuste} = 4 \times \ln \quad \text{Chave Estática}$$

$$I_{\text{part. reduzida}} = 278,81 \text{ A} \quad \text{c/Chave Estática}$$

**VALORES DA QUEDA DE TENSÃO NA PARTIDA DO PRIMEIRO MOTOR:****PARTIDA DIRETA**

$$\Delta V = Z_{\text{total}} \times I_{\text{partida}}$$

**Partida do motor-1**

$$\Delta V = 37,44 \text{ V}$$

$$\Delta V = 9,85 \%$$

**CONDIÇÕES EM RELAÇÃO NBR-5410/90****POSSÍVEL A PARTIDA**

Queda de tensão na partida

$$\Delta V = Z_{\text{total-1}} \times I_{\text{partida}}$$

**c/ CHAVE ESTÁTICA**

$$\Delta V = 22,25 \text{ V}$$

4 xln

$$\Delta V = 5,85 \%$$

**CONDIÇÕES EM RELAÇÃO NBR-5410/90****POSSÍVEL A PARTIDA****VALORES DA QUEDA DE TENSÃO EM REGIME:**

Queda de tensão em regime

$$\Delta V = Z_{\text{total-1}} \times I_{\text{regime}}$$

$$\Delta V = 5,56 \text{ V}$$

$$\Delta V = 1,46 \%$$

**CONDIÇÕES EM RELAÇÃO NBR-5410/90****POSSÍVEL A OPERAÇÃO****CAPACITOR CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA MOTOR DA BOMBA - EB-06/3.2**

motor da bomba principal EEAT	50 cv
fator de potência do motor a 100% da carga:	0,87 pu
fator de potência desejado para o motor:	0,92 pu
potência ativa requerida pelo motor (100% da carga):	46 kW
coeficiente para correção para 0,92:	0,141
potência reativa requerida pelo motor (100% carga):	6,47 kVAr
Capacitores necessários para correção do fator de potência:	7,5 kVAr trifásico
Tensão de alimentação da célula/banco	380 Volt

**DISPOSITIVOS ACIONAMENTO/PROTEÇÃO CAPACITORES ESTÁTICOS: FUSÍVEL**

Fusível retardado proteção dos capacitores:	7,5 kVAr	Fusível=	20 A
Contactador de acionamento dos capacitores:		lth=	19 A

NOTA: Caso seja adotada a correção isolada, os capacitores deverão ser energizados APÓS a entrada em operação da Chave Estática

**DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO, ACIONAMENTO E CONTROLE DO MOTOR DA BOMBA - EB-06/3.2****MEDIÇÃO DO RAMAL DO MOTOR- AMPERÍMETRO DIGITAL**

corrente nominal do circuito do motor	7,00 A
escala de leitura do amperímetro	104,55 A
amperímetro digital, dimensões de 96x96mm:	
classe de exatidão:	1,5 %
escala medição:	0-100 A
quantidade: Amperímetros	3 ud



**DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO C.C. DO RAMAL DO MOTOR: DISJUNTOR-MOTOR**

Disjuntor indicado

Potência do motor:	P=	5 cv
Corrente nominal do motor	In=	69,70 A
Corrente nominal do disjuntor-motor In=	In=	100 A
Faixa de ajuste para curto-circuito		12 xIn
Faixa de ajuste para sobrecarga		57-75 A
Capac. de interrupção em 380V CA>=		30 kA

**DISPOSITIVO DE ACIONAMENTO DO MOTOR BOMBA: CHAVE ESTÁTICA**

Capacidade de acionamento do motor de:		50 cv
Corrente nominal do motor:		69,70 A
Corrente de partida:		4 xIn
Corrente passante na Chave de Partida (em regime):		69,70 A
Corrente nominal da Chave Estática:		70 A
Faixa de ajuste do relé de sobrecarga:		63-80 A
Fusíveis de proteção (ultra-rápidos)		160 A

**4.3.1.4 - Dimensionamento de Condutores de Aterramento dos Equipamentos**

O dimensionamento dos cabos da malha de terra principal (à qual deverão ser conectados os cabos de descida dos pára-raios, neutro e tanque do transformador (quando existentes) e demais partes metálicas da instalação), obedecerá ao procedimento do cálculo dos condutores da malha de terra, em função do tipo de instalação, conforme a seguir, com base no valor da corrente de curto-circuito informada pela Concessionária para o PDE/Ponto de Ligação:

Fórmula de Onderdonk:  $I_{def} = 226,53 \times S_{cobre} \{ \text{raiz}[1/t_{def} \times \ln[(T_{emp. solda} - T_{emp. amb}) / (234 + T_{emp. amb}) + 1]] \}$

$I_{defeito}$  = corrente de defeito, em Ampère, através do condutor

$S_{cobre}$  = seção do condutor de cobre da malha de terra mm<sup>2</sup>

$T_{defeito}$  = tempo de duração do defeito em segundos

$T_{emp. solda}$  = temperatura da solda (pelo tipo de solda/conexão)

$T_{emp. ambiente}$  = temperatura ambiente da instalação

Máxima temperatura suportada pelos vários tipos de conexão:  $T_{emp. solda}$

Tipo de conexão	Temp.max. suportável
Cavilhada (conexão por aperto de parafuso)	250 graus Celsius
Solda exotérmica	850 graus Celsius

A premissa de cálculo será para a temperatura suportável das conexões **cavilhadas/a parafuso**, em face de ser este o ponto mais fraco na cadeia do sistema de aterramento, e por ser um tipo de conexão que estará presente nos principais pontos de ligação dos equipamentos ao sistema de aterramento.

**A - Cabos de Descida dos Pára-raios de 13,8kV-10kA**

$I_{defeito}$ no ponto considerado:	$I_{defeito} =$	10.000 A
Tempo de duração do defeito (seg)	$t_{duração} =$	0,50 s
Temp. ambiente (graus Celsius)	$\theta_a =$	35 °C
Temp. solda (graus Celsius) conexão cavilhada	$\theta_m =$	250 °C

cálculo da seção mínima do condutor de cobre (cabo ligação): 40,73 mm<sup>2</sup>

**Seção do condutor de descida dos Pára-Raios:**  $S_{cond.PR} =$  50 mm<sup>2</sup>

## B - Cabos da Malha de Terra Principal

$I_{\text{defeito}}$ no ponto considerado:	$I_{\text{defeito}} =$	4.911 A
$I_{\text{defeito}}$ no cabo de ligação dos equipamentos/malha:	$I_{\text{def.}} =$	4.911 A
Percentual da corrente de defeito na malha:		60 %
$I_{\text{defeito}}$ nos cabos da malha:	$I_{\text{def. Malha}} =$	2.947 A
Tempo de duração do defeito (seg)	$t_{\text{duração}} =$	0,50 s
Temp. ambiente (graus Celsius)	$\theta_a =$	35 graus
Temp. solda (graus Celsius) conexão cavilhada	$\theta_m =$	250 graus
cálculo da seção mínima do condutor de cobre (cabo ligação):		20,00 mm <sup>2</sup>

Entretanto, face às recomendações das Normas da Concessionária, será empregado condutor de seção maior  
**Portanto, o condutor da malha deverá ter seção de:**  $S_{\text{cond.malha}} =$  **50 mm<sup>2</sup>**

## C - Cabos de Aterramento dos Equipamentos de Baixa Tensão

O condutor de ligação para aterramento dos equipamentos de baixa tensão (lado de 380V) poderá ter seção de:	$S_{\text{condutor}} =$	20,00 mm <sup>2</sup>
<b>Portanto, o condutor de aterramento dos equipamentos:</b>	$S_{\text{cond.}} =$	25 mm <sup>2</sup>

Estas deverão ser, portanto, as seções dos condutores para aterramento de TODOS os equipamentos de baixa tensão da instalação.

### 4.3.1.5 - Parâmetros dos Equipamentos/Materiais

#### A - Transformador de Entrada

POTÊNCIA NOMINAL	112,5 kVA	QUANT.
TENSÃO PRIMÁRIA	13,8 kV	1
TENSÃO PRIMÁRIA	380 V	

#### B - Pára-raios

TIPO	Óxido de Zinco	QUANT.
TENSÃO PRIMÁRIA	12 kV	3
CORRENTE ESCOAMENTO	10 kA	

#### C - Corta Circuito Fusível

TIPO	MONOPLAR	QUANT.
TENSÃO PRIMÁRIA	12 kV	3
CORRENTE NOMINAL	100 A	
WLO FUSÍVEL	6 K	
CAP. INTERRUPÇÃO	10 kA	

## D - Condutores

CIRCUITOS		Iprojeto (A)	Seção adotada mm <sup>2</sup>	Condutores por fase	Parâmetros Ω /km	
					Rca	XL
Alimentador Geral - Fase		170,93	95	1	0,23	0,10
Alimentador Geral - Neutro			50	1		
Ramal do Motor da Elevatória (cv)	10	14,61	6	1	3,69	0,13
Capacitor Correção Indiv. p/Motor (kVAr)	1	1,52	2,5	1	8,87	0,15
Ramal do Motor da Elevatória (cv)	50	69,70	25	1	0,87	0,12
Capacitor Correção Indiv. p/Motor (kVAr)	7,5	11,40	2,5	1	8,87	0,15
Circuitos Auxiliares		5,79	6	1	3,69	0,13
Circuitos Iluminação Interna			2,5	1	8,87	0,15
Circuitos Iluminação Externa			4	1	5,62	0,14
Cabo do Aterramento Descida P.Raios		10.000	50	cobre nu	têmpera mole	
Cabo do Aterramento da Malha		2.947	50	cobre nu	têmpera mole	
Aterramento Demais Equipamentos		4.911	25	cobre nu	têmpera mole	

## E - Fusíveis (Tipos: Ultra Rápido e Retardado)

CIRCUITOS	MOTOR (cv)	I <sub>nominal</sub> (A)	Cap. Interrup. kA	Tensão nominal
CHAVE ESTÁTICA	10	80	>= 10	500V
CHAVE ESTÁTICA	5	160	>= 10	500V
CAPACITOR kVAr	1	6	>= 10	500V
CAPACITOR kVAr	7,5	20	>= 10	500V
COMANDO (RETARDADO)		6	>= 10	500V

## F - Disjuntores

CIRCUITOS	I <sub>nominal</sub> (A)	Cap. Interrup. kA	Tensão nominal	Disparador S/C	Disparador C/C
ALIMENTADOR GERAL	250	>= 10	500V	160-200	fixo
RAMAL DO MOTOR DA EB-06/3.1	25	>= 10	500V	14-20	12xln
RAMAL DO MOTOR DA EB-06/3.2	100	>= 10	500V	57-75	12xln

## G - Acionadores

CIRCUITOS	DISPOSITIVO	I <sub>nominal</sub> (A)	Tensão nominal
MOTOR 10 cv	CHAVE ESTÁTICA	22	500V
MOTOR 50 cv	CHAVE ESTÁTICA	70	500V
CAPACITOR 1 kVAr trifásico	CONTACTOR	19	500V
CAPACITOR 7,5 kVAr trifásico	CONTACTOR	19	500V

## H - Instrumentos de Medição

Motor (cv)	CIRCUITOS	Escala (A)	Tensão nominal
10	AMPERÍMETRO DIGITAL	0-20	500V
	LIGAÇÃO DIRETA		
50	AMPERÍMETRO DIGITAL	0-100	500V
	LIGAÇÃO DIRETA	100/5	500V
VOLTÍMETRO DIGITAL		500V	500V

## **4.3.2 - Iluminação Externa das Edificações da EB-6/3**

### **4.3.2.1 - Dados da Entrada da Instalação**

A Iluminação Externa destina-se a dotar a área da Estação Elevatória de Água Tratada - EB-6/3, de condições de visibilidade e deslocamento de pessoas para uma eventual vistoria/observação noturna. Diante da natureza do trabalho a ser, eventualmente, desenvolvido na referida instalação, o nível de iluminamento adotado equipara-se àquele destinado para vias públicas de pequeno tráfego noturno. Segundo o que estabelecem as Normas Brasileiras, o iluminamento para essa situação está entre 150 e 250lux (considerados ao final do período de manutenção do conjunto luminária/lâmpada).

A Estação EB-6/3 será localizada em área de terreno de 32x30m. Para a referida área, a necessidade de iluminação externa será para possibilitar boa visualização de manobras de veículos e orientação de pessoas quando em trabalhos externos nos equipamentos hidráulicos integrantes da Estação.

A natureza do processo dispensa a necessidade de iluminação distribuída uniformemente cobrindo toda a área geométrica formada pelo polígono acima, portanto, diante da geometria da área, optamos por iluminação, de forma linear, e seguindo as margens do quadrilátero constituinte da área da EB. O desenvolvimento do cálculo, será, assim, em função do iluminamento das bordas da área acima, o que possibilitará, também, uma visualização da área inscrita no mesmo.

Será calculado o nível de iluminamento (recomendado) para um ponto intermediário entre dois postes de iluminação e em uma linha imaginária distante de  $2H$  (sendo  $H$  a altura de montagem da luminária) em relação à linha de eixo entre os postes. O nível de iluminamento abaixo do poste e em pontos na direção do ponto intermediário, sofrerá uma diminuição em consequência do afastamento. No ponto intermediário, o nível de iluminamento será o dobro daquele promovido por um dos postes uma vez que, nesse ponto, haverá a contribuição do outro ponto de luz equidistante.

A natureza do trabalho a ser desenvolvido na área da EB-6/3 não exige um alto grau de reprodução de cores. Considerando o aspecto de ordem econômica para o projeto, empregaremos lâmpadas de Multi Vapor Metálico, em face do alto rendimento luminoso e maior rendimento energético que oferecem.

As luminárias serão instaladas em postes de concreto DT 100/8. A distribuição dos circuitos será aérea, mediante o emprego de condutores isolados, com cobertura de PVC.

Os circuitos elétricos de alimentação das luminárias serão monofásicos, em 220V, derivados de sistema trifásico em 380V. Será adotado o sistema TN-S, a três condutores (F-N-PE). Cada circuito monofásico deverá ser alimentado por uma das três fases, e deverá ser provida a alternância entre elas com o intuito de aumentar a confiabilidade da área a ser iluminada, no caso de contingência de perda de uma das fases.

As luminárias serão do tipo para Iluminação Pública, fechadas, em corpo refletor em alumínio, refletor prismático em vidro boro-silicato (para uso de lâmpadas de Vapor Metálico) e com alojamento para reator. Cada luminária terá seu comando individual por relé foto-célula.

Todas as ferragens de suporte das luminárias, armações para os condutores, pinos, porcas, parafusos, etc., serão galvanizadas atendendo às prescrições das normas da ABNT.

**PREMISSAS DO PROJETO DE ILUMINAÇÃO**

tipo de luminária:	para Iluminação Pública, fechada, uso externo	
comando de operação liga/desliga:	individual por relé foto-célula	
tipo de circuito:	circuito monofásico, a três condutores, subterrâneo	
estrutura das luminárias:	poste de concreto DT 100/8	
tensão de alimentação da lâmpada:	220 Volts	
nível de iluminamento desejado:	10 lux	(ponto médio entre duas luminárias)
afastamento entre postes:	20 m	
altura de montagem da luminária:	7 m	
Número de luminárias por poste:	1	
Número de lampadas/luminária	1	

**TIPO DE LÂMPADA A SER USADA**

Multi Vapor Metálico	70 Watts
Fluxo luminoso da lampada	10.000 lumens
Consumo do reator:	20 Watts

**LUMINÁRIA A SER ADOTADA**

Fechada, para Iluminação Pública  
Corpo refletor estampado em chapa de alumínio  
Refrator prismático, em vidro boro-silicato

**CÁLCULO DO ILUMINAMENTO NO PONTO DESEJADO**

Iluminamento MÉDIO desejado a 2H do poste (na lateral):	10 lux
Altura de montagem da luminária:	7 m
Coef. de rendimento da luminária:	k= 0,85
Iluminamento máximo da luminária:	$E = (E_{\text{lx}} \times \Phi) / h^2$ lux
Fluxo/lumin necessário para a distância 2h do poste:	10 lux
Valor percentual do ponto P=2h em relação ao $E_{\text{max}}$ :	5 %
O iluminamento máximo num ponto abaixo da luminária é:	173 lux
Iluminamento a uma distância de 2h para uma luminária é:	8,67 lux
A contribuição da luminária adjacente é:	8,67 lux
O total do iluminamento no ponto considerado será:	<b>17,35 lux</b>

Condições do projeto: **o iluminamento calculado ATENDE AO PROJETO**

Deverá ser considerado, portanto, como ponto de iluminação padrão:

Tipo de poste:	100/8 DT - concreto
Tipo de luminária:	fechada
Altura de montagem:	7 m
Quantidade de luminária por poste:	1 ud
Afastamento entre os postes:	2 m
Tipo de lâmpada:	Vapor Metálico
Potência da lâmpada:	70 Watts
Iluminamento a 2H do poste:	17,35 lux

A iluminação da EB - 6/3 será obtida mediante a distribuição de postes, no padrão acima, dispostos a 20 metros entre si, instalados nas laterais das instalações.

#### 4.3.2.2 - Resumo do Projeto de Iluminação Externa da EB-6/3

##### DISTRIBUIÇÃO DOS POSTES

FASES	A	B	C	FINALID.
CIRC.	PONTOS			
C5	P1 a P3			ILUM.
C6		P6 a P9		ILU/TOM.

QUADRO DE CARGAS								
CIRCUITO	LÂMPADA Watts	REATOR Watts	TOMADAS Watts		TOTAL RAMAL	DISJ. Inom.	SEÇÃO CONDUT.	FINALIDADE DO CIRCUITO
N#	70	20	1Φ-10A	3Φ-15A	Watts	Amp.	mm <sup>2</sup>	
C5	420	120			540	10	4	Ilum. Externa
C6	280	80	2200	9872,4	12.432	25-3Φ	4	Tom. Manuten.

<b>TOTAL CARGA</b>	<b>12.972 Watts</b>
--------------------	---------------------

Demanda máxima de iluminação 900 Watts 0,98 kVA  
 Demanda máxima de tomada 12.072,40 Watts 13,12 kVA

Considerando que a probabilidade de demanda máxima coincidente (100% de iluminação e 50% de tomadas) é baixíssima, tomaremos para demanda do sistema, a maior delas, no caso a da utilização das tomadas para um eventual serviço de manutenção, o qual muito provavelmente ocorrerá durante o dia, e portanto sem a necessidade de iluminação, assim, teremos:

Demanda máxima do sistema 7,54 kVA

Materiais e quantitativos	CIRCUITOS				TOTAL
	C5	C6			
Condutor de 4mm <sup>2</sup> - 0,6/1kV - metros	160	160			320 m
Condutor de 2,5mm <sup>2</sup> - 0,6/1kV - metros	100	80			180 m
Luminária IP fechada	6	4			10 ud
Braço de 2m p/luminária	6	4			10 ud
Lâmpada Vapor Metálico 70W	6	4			10 ud
Reator p/lamp. MVM-70W	6	4			10 ud
Relé foto-célula 10A-220V	5	4			9 ud
Poste de concreto DT-100/8	5	4			9 ud
Caixa de sobrepor, c/2tomadas		1			1 ud
Eletroduto de PVC 32mm	80	60			140 m
Curva de PVC 32mm	6	4			10 ud

### 4.3.3 - Iluminação Interna das Edificações da EB-6/3

#### 4.3.3.1 - Dados da Entrada da Instalação

A Iluminação Interna destina-se a dotar a área da Estação Elevatória de Água Tratada - EB - 6/3, de condições de visibilidade e deslocamento de pessoas para execução da operação/observação noturna da Estação de Bombeamento. Diante da natureza do trabalho a ser, eventualmente, desenvolvido na referida instalação, o nível de iluminamento adotado equipara-se àquele destinado para ambientes industriais de operação/observação de máquinas/instrumentos. Segundo o que estabelecem as Normas Brasileiras, o iluminamento para essa situação está entre 150 e 250lux (considerados ao final do período de manutenção do conjunto luminária/lâmpada).

A área da EB - 6/3 é formada por cinco módulos destinados a: Sala das Bombas; Sala de Comando; Escritório; Depósito e WC.

Será calculado o nível de iluminamento (recomendado) para cada um dos módulos em função das dimensões de cada um, considerando o respectivo nível de iluminamento.

A natureza do trabalho a ser desenvolvido na área da EB - 6/3 não exige um alto grau de reprodução de cores. Considerando o aspecto de ordem econômica para o projeto, portanto, poderemos adotar o emprego de lâmpadas de descarga, de baixo consumo, na busca de maior rendimento energético para o Projeto de Iluminação.

As luminárias serão instaladas diretamente nas paredes laterais e/ou no teto sob a laje ou sob as vigas estruturais. A distribuição dos circuitos será obtida mediante o emprego de condutores isolados, instalados em eletrodutos rígidos.

Os circuitos elétricos de alimentação das luminárias serão monofásicos, em 220V, derivados de sistema trifásico em 380V. Será adotado o sistema TN-S, a cinco (ou três) condutores (F-N-PE). Cada circuito monofásico deverá ser alimentado por uma das três fases, e deverá ser provida a alternância entre elas com o intuito de aumentar a confiabilidade da área a ser iluminada, no caso de contingência de perda de uma das fases do circuito alimentador.

#### 4.3.3.2 - Área 1 - Sala de Bombas

##### TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA

tipo de luminária:	projeto circular aberto
comando de operação liga/desliga:	em grupo, por interruptor
tipo de circuito:	circuito monofásico, a três condutores.
montagem da luminária:	fixada por tirante sob o fundo da viga.
tensão de alimentação da lâmpada:	220 Volts
nível de iluminamento desejado:	250 lux
altura de montagem da luminária:	4,45 m
número de luminárias por ponto:	1 ud
número de lâmpadas/luminária	1 ud

##### TIPO DE LÂMPADA A SER USADA

Vapor Metálico	70 Watts
Fluxo luminoso da lâmpada	4.900 lumens
Consumo do reator:	13 Watts



**DIMENSÕES DO AMBIENTE**

Largura da edificação - m	4,20
Comprimento da edificação - m	9,30
Pé direito - m	4,80
Altura do plano de trabalho - m	0,00
Altura de suspensão da luminária - m	0,35
Altura de montagem - m	4,45

**PREMISSAS DO PROJETO**

Iluminamento para o local- lux	Em= 250
Área do local -m²	A= 39,06
Área EFETIVA a ser ilumin. -m²	A= 39,06
Número de lampadas/luminária	n= 1
Fluxo lum. da lampada - lumens	Φ= 4900
Potência da lâmpada - Watt:	Pot.= 70
Consumo do acessório - Watt:	Acess.= 13

CÁLCULOS (método dos lumens)

$$A \text{ quantidade de luminárias é dada por: } N = \frac{Em \times A}{n \times \Phi \times Mf \times Uf}$$

As condições do ambiente são:

Teto	claro	refletância	70%
Parede	clara	refletância	50%
Piso	escuro	refletância	10%

Índice do Local K  
Ambiente NORMAL  
Período de manutenção de 3000h

Índice do Local 0,65  
Fator de Utilização 0,55  
Fator de Depreciação 0,70

O cálculo do número de luminárias será:

N= 5,18 ou em inteiros

<b>N= 6</b>
-------------

NOTA: FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS:

**6 luminárias**

Com a quantidade de luminárias acima, a Iluminância média será:

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times Mf \times Uf \times 1,1}{A}$$

Iluminancia média calculada: **E<sub>médio</sub> = 319 lux****4.3.3.3 - Área 2 - Sala de Comando****TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA**

tipo de luminária:	calha aberta para fluorescente
comando de operação liga/desliga:	em grupo, por interruptor
tipo de circuito:	circuito monofásico, a três condutores.
montagem da luminária:	fixada no teto.
tensão de alimentação da lâmpada:	220 Volts
nível de iluminação desejado:	250 lux
altura de montagem da luminária:	2,60 m
número de luminárias por ponto:	1 ud
número de lampadas/luminária	2 ud

**TIPO DE LÂMPADA A SER USADA**

Fluorescente convencional	32 Watts
Fluxo luminoso da lampada	2.350 lumens
Consumo do reator:	15 Watts



**DIMENSÕES DO AMBIENTE**

Largura da edificação - m	3,80
Comprimento da edificação - m	5,00
Pé direito - m	2,60
Altura do plano de trabalho - m	0,00
Altura de suspensão da luminária - m	0,10
Altura de montagem - m	2,50

**PREMISSAS DO PROJETO**

Iluminamento para o local- lux	Em= 250
Área do local -m²	A= 19,00
Área EFETIVA a ser ilumin. -m²	A= 19,00
Número de lampadas/luminária	n= 2
Fluxo lum. da lampada - lumens	Φ= 2350
Potência da lâmpada - Watt:	Pot.= 32
Consumo do acessório - Watt:	Acess.= 15

CÁLCULOS (método dos lumens)

$$\text{A quantidade de luminárias é dada por: } N = \frac{E_m \times A}{n \times \Phi \times M_f \times U_f}$$

As condições do ambiente são:

Teto	claro	refletância	70%
Parede	clara	refletância	50%
Piso	escuro	refletância	10%

Índice do Local K

Ambiente NORMAL

Período de manutenção de 3000h

Índice do Local

Fator de Utilização

Fator de Depreciação

0,86

0,25

0,80

O cálculo do número de luminárias será:

N= 5,05 ou em inteiros

**N= 5**

NOTA: FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS:

**5 luminárias**

Com a quantidade de luminárias acima, a Iluminância média será:

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times M_f \times U_f \times 1,1}{A}$$

Iluminancia média calculada: **E<sub>médio</sub> = 272 lux****4.3.3.4 - Área 3 - Escritório****TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA**

tipo de luminária:

comando de operação liga/desliga:

tipo de circuito:

montagem da luminária:

tensão de alimentação da lâmpada:

nível de iluminamento desejado:

altura de montagem da luminária:

número de luminárias por ponto:

número de lampadas/luminária

calha aberta para fluorescente

em grupo, por interruptor

circuito monofásico, a três condutores.

fixada no teto.

220 Volts

250 lux

2,60 m

1 ud

2 ud

**TIPO DE LÂMPADA A SER USADA**

Fluorescente convencional

Fluxo luminoso da lampada

Consumo do reator:

32 Watts

2.350 lumens

15 Watts

**DIMENSÕES DO AMBIENTE**

Largura da edificação - m	2,25
Comprimento da edificação - m	2,30
Pé direito - m	2,60
Altura do plano de trabalho - m	0,00
Altura de suspensão da luminária - m	0,10
Altura de montagem - m	2,50

**PREMISSAS DO PROJETO**

Iluminamento para o local- lux	Em= 250
Área do local -m²	A= 5,18
Área EFETIVA a ser ilumin. -m²	A= 5,18
Número de lampadas/luminária	n= 2
Fluxo lum. da lampada - lumens	Φ= 2350
Potência da lâmpada - Watt:	Pot.= 32
Consumo do acessório - Watt:	Acess.= 15

CÁLCULOS (método dos lumens)

$$\text{A quantidade de luminárias é dada por: } N = \frac{E_m \times A}{n \times \Phi \times M_f \times U_f}$$

As condições do ambiente são:

Teto	claro	refletância	70%
Parede	clara	refletância	50%
Piso	escuro	refletância	10%

Índice do Local K

Ambiente NORMAL

Período de manutenção de 3000h

Índice do Local

Fator de Utilização

Fator de Depreciação

0,45

0,18

0,80

O cálculo do número de luminárias será:

N= 1,91 ou em inteiros

**N= 2**

NOTA: FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS:

**2 luminárias**

Com a quantidade de luminárias acima, a Iluminância média será:

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times M_f \times U_f \times 1,1}{A}$$

Iluminancia média calculada: **E<sub>médio</sub> = 288 lux****4.3.3.5 - Área 4 - WC****TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA**

tipo de luminária:	fechada, tipo plafonier
comando de operação liga/desliga:	em grupo por interruptor
tipo de circuito:	circuito monofásico, a três condutores.
montagem das luminárias:	fixadas no teto
tensão de alimentação da lâmpada:	220 Volts
nível de iluminação desejado:	150 lux
altura de montagem da luminária:	2,60 m
Número de luminárias por ponto:	1 ud
Número de lampadas/luminária	1 ud

**TIPO DE LÂMPADA A SER USADA**

Fluorescente convencional	32 Watts
Fluxo luminoso da lampada	2.400 lumens
Consumo do reator:	Watts

**DIMENSÕES DO AMBIENTE**

Largura da edificação - m	2,30
Comprimento da edificação - m	1,30
Pé direito - m	2,60
Altura do plano de trabalho - m	0,00
Altura de suspensão da luminária - m	0,10
Altura de montagem - m	2,40

**PREMISSAS DO PROJETO**

Iluminamento para o local- lux	Em= 150
Área do local -m²	A= 2,99
Área EFETIVA a ser ilumin. -m²	A= 2,99
Número de lampadas/luminária	n= 1
Fluxo lum. da lampada - lumens	Φ= 2400
Potência da lâmpada - Watt:	Pot.= 32
Consumo do acessório - Watt:	Acess.=

CÁLCULOS (método dos lumens)

$$\text{A quantidade de luminárias é dada por: } N = \frac{E_m \times A}{n \times \Phi \times M_f \times U_f}$$

As condições do ambiente são:

Teto	claro	refletância	70%
Parede	clara	refletância	50%
Piso	escuro	refletância	10%

Índice do Local K

Ambiente NORMAL

Período de manutenção de 3000h

Índice do Local 0,30

Fator de Utilização 0,24

Fator de Depreciação 0,80

O cálculo do número de luminárias será:

N= 0,98 ou em inteiros

**N= 1**

NOTA: FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS:

**1 luminária**

Com a quantidade de luminárias acima, a Iluminância média será:

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times M_f \times U_f \times 1,1}{A}$$

Iluminancia média calculada: **E<sub>médio</sub> = 167,62 lux****4.3.3.6 - Área 5 - Depósito****TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA**

tipo de luminária:	fechada, tipo plafonier
comando de operação liga/desliga:	em grupo por interruptor
tipo de circuito:	circuito monofásico, a três condutores.
montagem das luminárias:	fixadas no teto
tensão de alimentação da lâmpada:	220 Volts
nível de iluminação desejado:	150 lux
altura de montagem da luminária:	2,60 m
Número de luminárias por ponto:	1 ud
Número de lampadas/luminária	1 ud

**TIPO DE LÂMPADA A SER USADA**

Fluorescente convencional	32 Watts
Fluxo luminoso da lampada	2.400 lumens
Consumo do reator:	Watts

**DIMENSÕES DO AMBIENTE**

Largura da edificação - m	2,30
Comprimento da edificação - m	1,30
Pé direito - m	2,60
Altura do plano de trabalho - m	0,00
Altura de suspensão da luminária - m	0,10
Altura de montagem - m	2,40

**PREMISSAS DO PROJETO**

Iluminamento para o local- lux	Em= 200
Área do local -m²	A= 2,99
Área EFETIVA a ser ilumin. -m²	A= 2,99
Número de lâmpadas/luminária	n= 1
Fluxo lum. da lâmpada - lumens	Φ= 2400
Potência da lâmpada - Watt:	Pot.= 32
Consumo do acessório - Watt:	Acess.= 0

CÁLCULOS (método dos lumens)

$$A \text{ quantidade de luminárias é dada por: } N = \frac{E_m \times A}{n \times \Phi \times M_f \times U_f}$$

As condições do ambiente são:

Teto	claro	refletância	70%
Parede	clara	refletância	50%
Piso	escuro	refletância	10%

Índice do Local K  
Ambiente NORMAL  
Período de manutenção de 3000h

Índice do Local	0,35
Fator de Utilização	0,24
Fator de Depreciação	0,80

O cálculo do número de luminárias será:

$$N = 1,31 \text{ ou em inteiros}$$

$$N = 2$$

NOTA: FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS:

2 luminárias

Com a quantidade de luminárias acima, a Iluminância média será:

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times M_f \times U_f \times 1,1}{A}$$

Iluminancia média calculada:  $E_{\text{médio}} = 335,24 \text{ lux}$ **4.3.3.7 - Resumo Quali-quantitativo do Projeto de Iluminação Interna da EB-6/3**

ÁREA	LUMINÁRIA TIPO	LÂMPADA	QUANT.	POT. (W)	CONSUMO TOTAL
ÁREA 1:	projektor circular aberto	Vapor Metálico	6	70	420 Watts
ÁREA 2:	calha aberta para fluorescente	Fluorescente convencional	5	32	160 Watts
ÁREA 3:	calha aberta para fluorescente	Fluorescente convencional	2	32	64 Watts
ÁREA 4:	fechada, tipo plafonier	Fluorescente compacta, eletrônica	1	32	32 Watts
ÁREA 5:	fechada, tipo plafonier	Fluorescente compacta, eletrônica	2	32	64 Watts

ÁREA	TOMADA TIPO		CONSUMO TOTAL
	1Φ-10A	3Φ-16A	
ÁREA 1:	1	1	12.731 Watts
ÁREA 2:	1	1	12.731 Watts
ÁREA 3:	2	0	4.400 Watts
ÁREA 4:	1	0	2.200 Watts
ÁREA 5:	1	0	2.200 Watts

fator de demanda lâmpadas: 1  
fator de demanda tomadas: 0,3

Demanda TOTAL a ser considerada: 11.018 Watts  
Corrente máxima no alimentador: 16,74 A  
Seção condutor do alimentador tronco: 4 mm<sup>2</sup>  
Seção do condutor do ramal lâmpada: 2,5 mm<sup>2</sup>  
Seção do condutor do ramal tomada: 4 mm<sup>2</sup>  
Disjuntor Geral iluminação, trifásico: 30 A  
Disjuntor tomadas, trifásico: 20 A  
Disjuntor ramais monofásico: 10 A

#### 4.3.3.8 - Resumo do Projeto de Iluminação Interna da EB-6/3

Materiais e quantitativos	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	TOTAL
Condutor de 4mm <sup>2</sup> - 0,6/1kV - metros	100		15	40		155 m
Condutor de 2,5mm <sup>2</sup> - 0,6/1kV - metros	100	40	20	20		180 m
Cabo de cobre nú, 10mm <sup>2</sup>	30	10	10	10		60 m
Eletroduto rígido de PVC-32mm - metros	60	10	6	10		86 m
Projeto circular p/lâmp. V.S.- 70W	6					6 ud
Calha aberta p/ lâmp. Fluorescente 2x32W		5	2			7 ud
Luminária, tipo plafonier p/lâmp. comp.				1	2	3 ud
Lâmpada Vapor Metálico de 70W	6					6 ud
Lâmpada fluorescente de 32W		10	4			14 ud
Lâmpada compacta, eletrônica, 32W				1	2	3 ud
Interruptor uma seção 10A-220V	1	1	1			3 ud
Interruptor uma seção c/tomada 10A-220V	1			1	1	3 ud
Tomada monofásica, dupla 10A-220V		1	2			3 ud
Tomada monofásica, 2P+T 10A-220V	2	1				3 ud
Tomada trifásica, 3P+T 16A-380V	2	1				3 ud
Disjuntor monopolar 10A - 220V -6kA	1	1				2 ud
Disjuntor tripolar 30A - 380V - 6kA	1	1				2 ud
CP-1 passagem, sobrepor 20x20x12	1	2	2	3		8 ud
CP-2 passagem, sobrepor p/interruptor	1	1	1		1	4 ud
CP-3 passagem, sobrepor, c/2tomadas		1	2			3 ud
CP-3 passagem, sobrepor, p/inter e tom.	1			1	1	3 ud
Quadro de Distribuição de Luz-trifásico		1				1 ud

#### 4.3.4 - Malha de Terra da EB-6/3

##### SUBESTAÇÃO PRINCIPAL 13.800-380Volts - 112,5kVA

OBS: Valores de: seção x diâmetro dos condutores:	seção (mm <sup>2</sup> )	diâm. (mm)
	50	7,98

#### PARÂMETROS INICIAIS RELATIVOS AO SISTEMA EM ESTUDO

Corrente de defeito, I <sub>cc</sub> (fase-terra), considerada:	I <sub>def</sub> =	1200 A
Tempo para eliminação do defeito (em segundos)	t <sub>def</sub> =	0,5 segundos
Para o tipo de solo, a resistividade varia de:		100-150 Ω.m
Consideraremos para o cálculo a resistividade aparente de:		150 Ω.m

#### DIMENSIONAMENTO TÉRMICO DO CONDUTOR DA MALHA E CABOS DE LIGAÇÃO

Método de Onderdonk (válido somente para o dimensionamento térmico para cabo de cobre)

$$I_{\text{defeito}} = 226,53 \times S_{\text{cobre}} \times \sqrt{\frac{1}{t_{\text{defeito}}} \ln \left( \frac{\theta_m - \theta_a}{234 + \theta_a} + 1 \right)}$$

Fórmula de Onderdonk:

onde:

I <sub>def.</sub>	= corrente de defeito, em Ampère, através do condutor
S <sub>cobre</sub>	= seção do condutor de cobre da malha de terra mm <sup>2</sup>
T <sub>def.</sub>	= tempo de duração do defeito em segundos
T <sub>emp.sold.</sub>	= temperatura da solda (pelo tipo de solda/conexão)
T <sub>emp. amb</sub>	= temperatura ambiente da instalação

Máxima temperatura suportada pelos vários tipos de conexão: T<sub>emp.solda</sub>

Tipo de conexão	Temp.max. suportável
Cavilhada (conexão por aperto de parafuso)	250 graus Celsius
Solda exotérmica	850 graus Celsius

Para o presente caso temos:

A premissa de cálculo será para a temperatura suportável das conexões cavilhadas/a parafuso, em face de ser este o ponto mais fraco na cadeia do sistema de aterramento, e por ser um tipo de conexão que estará presente nos principais pontos de ligação dos equipamentos ao sistema de aterramento.

Considerando as observações acima, teremos:

Idefeito no ponto considerado:	I <sub>defeito</sub> =	1.200 A
Idefeito no cabo de ligação dos equipamentos/malha:	I <sub>def.</sub> =	1.200 A
Percentual da corrente de defeito na malha:		60 %
Idefeito nos cabos da malha:	I <sub>def. Malha</sub> =	720 A
Tempo de duração do defeito (seg)	t <sub>duração</sub> =	0,5
Temp. ambiente (graus Celsius)	θ <sub>a</sub> =	35
Temp. solda (graus Celsius) conexão cavilhada	θ <sub>m</sub> =	250
cálculo da seção do condutor de cobre (cabo ligação):		4,89 mm <sup>2</sup>
cálculo da seção do condutor de cobre (cabo da malha):		2,93 mm <sup>2</sup>

Donde se conclui que o condutor a ser usado para a malha de terra e descida dos equipamentos, quanto ao dimensionamento térmico poderá ser o de seção igual ou maior que  $9\text{mm}^2$ . Entretanto por razões de ordem de resistência mecânica aos esforços sobre a malha, será inicialmente calculada a malha para o condutor de seção conforme a seguir

Consideraremos inicialmente condutor de cobre nú:  $50\text{ mm}^2$   
 Diâmetro do condutor acima considerado (em mm):  $7,98\text{ mm}$   
 Diâmetro do condutor acima considerado (em m):  $0,0080\text{ m}$

### CÁLCULO DA MALHA - CONDIÇÕES INICIAIS DO PROJETO

Foram considerados os seguintes determinantes para cálculo da malha e das tensões de passo e de toque

Resistividade aparente do solo em ohms.metro  $150\text{ ohms.metro}$   
 Espaçamento da malha:  $2,40\text{ m}$   
 Comprimento das hastes:  $2,40\text{ m}$   
 Corrente de defeito:  $1.200\text{ A}$   
 Geometria da malha:  $\text{retangular}$   
 Dimensão lado a (metros) (dimensão inicial)  $12,00\text{ m}$   
 Dimensão lado b (metros) (dimensão inicial)  $9,60\text{ m}$   
 Comprimento da Haste de aterramento de (metros):  $2,40\text{ m}$   
 Diâmetro da Haste de aterramento de (polegadas):  $0,75\text{ pol.}$   
 Profundidade da malha:  $0,60\text{ m}$   
 Camada superficial de brita:  $0,10\text{ m}$   
 Resistividade da brita:  $3.000\text{ }\Omega.\text{m}$

Dimensões iniciais da malha	Valores
Espaçamento cond. lado a (metros)	2,40
Espaçamento cond. lado b (metros)	2,40
Número de condutores no lado Na	6,00
Número de condutores no lado Nb	5,00
Número de condutores no lado Na	6,00
Número de condutores no lado Nb	5,00
Número total de "nós" da malha: $n_a \times n_b =$	30,00
Número de "nós" da periferia da malha: $2n_a + 2(n_b - 2) =$	18,00
Comprimento total dos cabos da malha $L_{\text{cabo}}$ (m)	117,60
Comprimento da haste de aterramento (m)	2,40
Quantidade de hastes a ser usada (unid)	18,00
Comprimento equivalentes das hastes "Lhastes" (m)	43,20
Comprimento total para malha com hastes (m)	179,70
Comprimento equivalente total "L total" (m)	179,70

### CÁLCULO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO DA MALHA

Resistividade aparente do solo (ohms.metro)  $150,00\text{ ohms.metro}$   
 Área da malha ( $\text{m}^2$ )  $115,20\text{ m}^2$   
 Profundidade da malha (metros)  $0,60\text{ m}$

R (equiv). Sist. de Aterramento  $6,46\text{ ohms}$

<b>Resistência final da malha atende às Normas</b>	<b>ATENDE ÀS NORMAS</b>
--	-------------------------

**Potenciais máximos, permissíveis, da malha durante a ocorrência do defeito:  $V_{\text{toque max.}}$  e  $V_{\text{passo max.}}$**

### Subestações COM superfície de brita

#### Cálculo do potencial de toque máximo PERMISSÍVEL

$$V_{\text{toque max.}} = [1000 + 1,5C_s(h_s, K) \times \rho_s] \times (0,116/\text{raiz}(t))$$

$$V_{\text{passo max.}} = [1000 + 6C_s(h_s, K)] \times (0,116/\text{raiz}(t))$$

$$t = 0,5$$

$$C_s(h_s, K) = 1/0,96 \times \{1 + 2[\sum (n=1; \infty) K^n / (\text{raiz}(1 + (2nh_s/0,08)^2))]\}$$

$$K = (\rho_a - \rho_s) / (\rho_a + \rho_s)$$

$$\rho_a = 150$$

$$\rho_s = \rho_{\text{brita}} = 3000$$

$$h_s = 0,1$$

$$C_s(h_s, K) = 1/0,96 \times \{1 + 2[\sum (n=1; \infty) K^n / (\text{raiz}(1 + (2nh_s/0,08)^2))]\}$$

$$C_s(h_s, K) = 0,6111$$

#### Cálculo do potencial de TOQUE máximo PERMISSÍVEL (malha COM brita)

$$V_{\text{toque máximo permissível}} = [1000 + 1,5C_s(h_s, K) \times \rho_s] \times (0,116/\text{raiz}(t))$$

$$V_{\text{toque máximo permissível}} = 615,15 \text{ volts}$$

#### Cálculo do potencial de PASSO máximo PERMISSÍVEL (malha COM brita)

$$V_{\text{passo máximo permissível}} = [1000 + 6C_s(h_s, K)] \times (0,116/\text{raiz}(t))$$

$$V_{\text{passo máximo permissível}} = 1.968,45 \text{ volts}$$

### POTENCIAIS MÁXIMOS DA MALHA DURANTE A OCORRÊNCIA DE DEFEITO: $V_{\text{toque}}$ ; $V_{\text{passo}}$ CÁLCULO DO POTENCIAL DE TOQUE DA MALHA DURANTE O DEFEITO

$$V_{\text{toque máximo da malha durante o defeito}} = (\rho_a \times K_m \times K_i \times I_{\text{malha}}) / L_{\text{total}}$$

$$K_m = (1/2\pi) \times \{\ln [e^2/16hd + (e+2h)^2/8ed - h/4d] + K_{ii}/K_h \times \ln [8/\pi(2N-1)]\}$$

$$V_{\text{toque máximo da malha}} = (\rho_a \times K_m \times K_i \times I_{\text{malha}}) / L_{\text{total}}$$

$$\text{Valor calculado TOQUE MAX. malha durante defeito} = 591,72 \text{ volts}$$

Condição de:  $V_{\text{toq. malha}} < V_{\text{toque máximo permissível}}$ : **CONDIÇÃO ATENDIDA - MALHA SEGURA**

### CÁLCULO DO POTENCIAL DE PASSO NA PERIFERIA DA NOVA MALHA DURANTE O DEFEITO

$$V_{\text{passo da malha durante o defeito}} = (\rho_a \times K_p \times K_i \times I_{\text{malha}}) / L_{\text{total}}$$

$$K_p = (1/\pi) [1/2h + 1/(e+h) + (1/e) \times (1-0,5^{(N-2)})]$$

$$K_i = 0,656 + 0,172N \quad (\text{sendo } N \text{ o máximo entre } N_a \text{ e } N_b)$$

$$2,3760$$

Logo, o  $V_{\text{passo}}$  da malha durante o defeito= **177,94 volts**

Condição:  $V_{\text{passo da Malha}} \leq V_{\text{passo max. adm.}}$ : **CONDIÇÃO ATENDIDA - MALHA SEGURA**



**CASO DE SUBESTAÇÃO CONTORNADA POR CERCA METÁLICA**
**CÁLCULO DO POTENCIAL DE TOQUE NA CERCA METÁLICA DURANTE O DEFEITO**

$$V_{\text{cerca}} \text{ da subestação durante o defeito} = \left( \rho_a \times K_c \times K_i \times I_{\text{malha}} \right) / L_{\text{total}}$$

$$K_c = (1/2\pi) \times \left\{ \ln \left\{ \frac{(h^2 + x^2) \times [h^2 + (e+x)^2]}{(h \times d \times (h^2 + e^2))} \right\} + 2 \ln \left[ \frac{(2e+x)/2e \times (3e+x)/3e \dots \dots \dots ((N-1)e+x)/(N-1)e)}{1} \right] \right\}$$

sendo x igual à distancia da cerca à periferia da malha,

cerca **recuada** um metro **sobre** a malha:  $x = -1$

no presente caso vamos considerar que a cerca será construída **AFASTADA** da periferia da malha numa distância de:

$$\begin{aligned} x &= -1,0000 \\ \text{valor calculado para } K_c &= 0,5878 \end{aligned}$$

$$K_i = 0,656 + 0,172N \quad (\text{sendo } N \text{ o máximo entre } N_a \text{ e } N_b) \quad 2,3760$$

$$V_{\text{cerca}} \text{ da subestação durante o defeito} = \mathbf{207,81 \text{ volts}}$$

**Condição:  $V_{\text{cerca da malha}} \leq V_{\text{toque max. adm.}}$**

**CONDIÇÃO ATENDIDA - MALHA SEGURA**

**RESUMO DA MALHA - ALTERNATIVA FINAL**

Subestação COM camada de brita de:	0,10 metros
Tempo de eliminação do defeito	0,50 segundos
Cabo de cobre nú seção em mm <sup>2</sup>	50,00 mm <sup>2</sup>
Comprimento do Lado A da malha	12,00 metros
Comprimento do Lado B da malha	9,60 metros
Geometria da malha: retângulo de:	9,60x7,20 metros
Comprimento total de cabo (em metros)	117,60 metros
Quantidade de hastes de 3/4" x 3,00m	18,00 unidades
Espaçamento entre as hastes (em metros)	2,40 metros
Profundidade da malha em metros (exceto periferia)	0,60 metros
Profundidade da malha na periferia (em metros)	1 metro
Fazer os cantos arredondados na periferia	
Usar hastes na periferia e na DESCIDA de todos os equipamentos principais, tipo PARA-RÁIOS, LÂMINA DE TERRA, DISJUNTOR, TRANSFORMADOR.	
A cerca metálica da subestação deverá ficar a:	1,00m afastada da malha

### 4.3.5 - Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas da EB-6/3

#### A - DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

Dados do projeto:

##### EDIFICAÇÃO

Altura da Edificação em relação ao solo	4,50 m
Comprimento da Edificação	12,00 m
Largura da Edificação	12,00 m

Embora não tenhamos dados quali-quantitativos mais precisos quanto ao índice cerâmico da região onde será implantada a Estação Elevatória de Água Tratada - EB 6/3, (na localidade de Monte das Gameleiras/Monsenhor Expedito, no Estado do Rio Grande do Norte), trabalharemos com os dados disponíveis para a região Nordeste do Brasil que situa a referida região dentro das curvas isocerâmicas de 50-60 dias/trovoada/ano, o que a qualifica como região no início da faixa dos níveis cerâmicos altos. Para efeito desta análise, consideraremos o nível cerâmico com valor médio de 55.

Para determinação da densidade de queda de raios na região sob estudo, adotaremos as orientações das normas internacionais (IEC principalmente) as quais recomendam para países que não disponham de registro confiável da densidade de queda de raios, que se adote a equação:  $N_g = 0,04 \times I^{1,25}$  como determinante da densidade procurada. No presente caso, teremos:

$$I = 55 \quad N_g = 5,9912 \quad \text{ou} \quad N_g = 6 \text{ raios/km}^2/\text{ano}$$

O conjunto das instalações da Estação Elevatória é constituído de uma área para a edificação principal (casa de bombas) e Poço de Sucção com dimensões conforme mostrado em planta.

Os equipamentos ali instalados e que necessitam de proteção, são equipamentos hidráulicos formados por bombas e motores elétricos e seus respectivos dispositivos de acionamento e controle, onde encontram-se a presença de componentes de eletrônica de estado sólido baseado em sistemas micro-processados, portanto, susceptíveis à influência dos campos eletromagnéticos resultantes das descargas atmosféricas.

Para efeito de cálculo da probabilidade de queda de raios nessas estruturas, tomamos como padrão de edificações a serem protegidas, o conjunto de maior altura (reservatório), bem como, a área de ocupação das demais instalações no plano horizontal.

A edificação objeto deste estudo, tem as seguintes características:

forma geométrica:	retangular
Altura da Edificação em relação ao solo	4,50 m
Comprimento da Edificação	12,00 m
Largura da Edificação	12,00 m

A área de captação desse conjunto será:

$$A_a = ab + 2(a+b)h + \pi h^2$$

$$a.b = 144,00 \text{ m}^2$$

$$2(a+b)h = 48,00 \text{ m}$$

$$\pi h^2 = 63,62$$

$$A_a = 255,62 \text{ m}^2$$

A probabilidade de queda de raios nessa área será determinada por:

$$P = A_a \cdot N_g \cdot 10^{-6} \text{ raios/ano}$$

Para o caso em questão teremos:

$$P = 1.534 \times 10^{-6} \text{ raios/ano}$$

A NBR-5419 considera esse método como válido para o cálculo da probabilidade de queda de raios sobre determinada estrutura, e estabelece um número ( $P_0$ ) a partir do qual a proteção torna-se obrigatória, sendo:

$$P_0 = P.A.B.C.D.E$$

$P_0 < 10^{-5}$	proteção desnecessária
$P_0 > 10^{-3}$	proteção obrigatória

Onde teremos para os fatores de ponderação:

FATOR	QUALIFICAÇÃO		VALOR
A	Ocupação	Instalação Industrial	1
B	Material de Construção	Alvenaria	1
C	Conteúdo	Instalações Elétricas	1
D	Localização	Semi-isolada	1
E	Topografia	Planície	1

Calculando:  $P_o = P \times A \times B \times C \times D \times E$  ou

$$P_o = 1.533,70 \times 10^{-6}$$

$$P_o = 1,53 \times 10^{-3}$$

### CONCLUSÃO: PROTEÇÃO OBRIGATÓRIA

Resultado que torna obrigatória a proteção contra descargas atmosféricas.

Com base no exposto acima, será aplicada a proteção, e o método a ser adotado neste estudo será o do modelo eletrogeométrico

A NBR-5419 classifica as instalações acima dentro de nível de proteção "**tipo III**" e define como raio padrão para a esfera fictícia o valor de 45m, com isso, o volume de proteção para a estrutura considerada acha-se conforme desenvolvimento gráfico.

O alcance da proteção de um captor de altura útil de 10,0m (em relação ao solo) e instalado no topo de um poste implantado lateralmente à Edificação e a uma distância equidistante no sentido longitudinal da mesma, (quadrado de 12mx12m) será:

$$\text{Alcance da proteção} = R \cdot \cos[\arcsin(R-h)/R]$$

$$\text{sendo: } R = 45$$

$$h = 10$$

$$\text{Alcance da proteção} = 32,06 \text{ m}$$

Conforme mostrado na parte gráfica, serão empregados dois captores (dois postes DT-10/150), posicionados lateralmente à edificação que abrigará a sala de bombas e a casa de comando, escritório, etc.. A necessidade de dois captores deve-se ao alcance da proteção na área de cobertura da referida edificação conforme está demonstrado no desenho correspondente à área estabelecida pela interceptação do plano de cobertura da edificação com a área definida pelo cone esférico correspondente ao método eletro-geométrico.

O sistema será complementado pela execução de um anel de escoamento, formado por cabo de cobre nú de 50mm<sup>2</sup> enterrado a 1,00m abaixo da superfície do solo e conectado a quatro hastes de terra de 3,00mx3/4". A esse anel deverão ser conectadas as descidas (duas por captor) dos captores instalados no topo dos postes.

Os elementos constituintes do sistema de proteção serão: os captores, o sistema de descida e o sistema de aterramento propriamente dito.

Como captores utilizaremos hastes de terra de comprimento de 3,0m com diâmetro de 3/4".

Considerando que as edificações são em alvenaria, não teremos componentes naturais para serem empregados como integrantes do sistema de descida, neste caso utilizaremos a descida por meio de cabos de cobre nu fixados diretamente na face lateral do poste que suporta o captor.

Serão empregados no SPDA: Dois postes de concreto DT-150/10 para instalação do captor (constituído por uma haste de terra de 3/4" x 3,00m); cabos de cobre nu de têmpera mole de seção 50mm<sup>2</sup> como cabos de descida e para o cabo de formação do anel de escoamento na base da Edificação) e como eletrodos de escoamento serão usadas quatro hastes de terra de 3/4" x 3,00m.

O desenvolvimento gráfico mostra o volume de proteção da Edificação a ser protegida.

O método oferece portanto o grau de proteção desejado.

---

## **Anexo 2 - Detalhamento dos Nós**

---

## **Anexo 3 - Proposição para Modernização do Sistema de Automação da Adutora Monsenhor Expedito**

## **PROPOSIÇÃO PARA MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DA ADUTORA MONSENHOR EXPEDITO**

A proposição de modernização será feita para a Adutora Monsenhor Expedito, podendo ser aplicada, sem alterações de custos unitários relativos às Estações de Bombeamento e Central de Supervisão e Controle, em quaisquer Adutoras do Rio Grande do Norte, tais como a do Cabugi, de Mossoró, Médio Oeste, e etc.

A Adutora Monsenhor Expedito é uma Adutora de grande extensão (cerca de 316 km). O custo inicial para sua modernização será muito alto. Sugere-se que esta operação seja implantada por etapas.

Sugere-se que a Central de Supervisão e Controle, da Adutora Monsenhor Expedito, seja instalada no escritório da GGA em Natal.

A Central será preparada para controlar todas as Estações de Bombeamento e as Cidades existentes no Sistema Adutor.

Também a princípio sugere-se que se faça a modernização de um número mínimo das Estações de Bombeamentos (3 a 4 Estações), que podem ser escolhidas de acordo com os interesses e necessidades da CAERN.

Após a implantação da Central e das primeiras Estações, poderá ser programada a modernização das demais Estações paulatinamente, também de acordo com os interesses e necessidades da CAERN.

O Sistema proposto será similar ao que foi implantado na Adutora Coremas – Sabugi, na Paraíba, e que está funcionando perfeitamente bem, há quase 02 (dois) anos.

Para implantação deste Sistema, serão utilizados vários Equipamentos/Materiais hoje existentes nas Estações de Bombeamento.

Para uma cobertura total da Adutora, será utilizado o Sistema de Rádio atual para Comunicação de Dados, com a instalação de uma Estação Repetidora na EB10.

Também serão utilizados os atuais PLCs, reprogramando-os com um novo Software, para adequá-los a nova função.

O Painel Microprocessador atual será substituído por um Painel moderno mais eficiente, com capacidade para operar com 16 Entradas Digitais, 16 Saídas Digitais, 08 Entradas Analógicas e 04 Saídas Analógicas.

Através das Entradas (Digitais e Analógicas) serão enviadas todas as informações necessárias para a Central, e através das Saídas, a Central remeterá as informações para as respectivas Estações de Bombeamento.

Através das Entradas Analógicas, serão enviadas para a Central os parâmetros relativos ao Nível do Reservatório, Medição da Pressão, da Vazão, da Tensão (uma fase) e da Corrente (uma fase) de cada Bomba.

Através das Entradas Digitais serão informados os status das Bombas, Ligadas ou Não, se a Estação esta operando no Modo Manual/Automático, monitoração da presença das 03 fases RST, da Tensão de 12 VDC, e de um Alarme para o Operador Local chamar a Central.

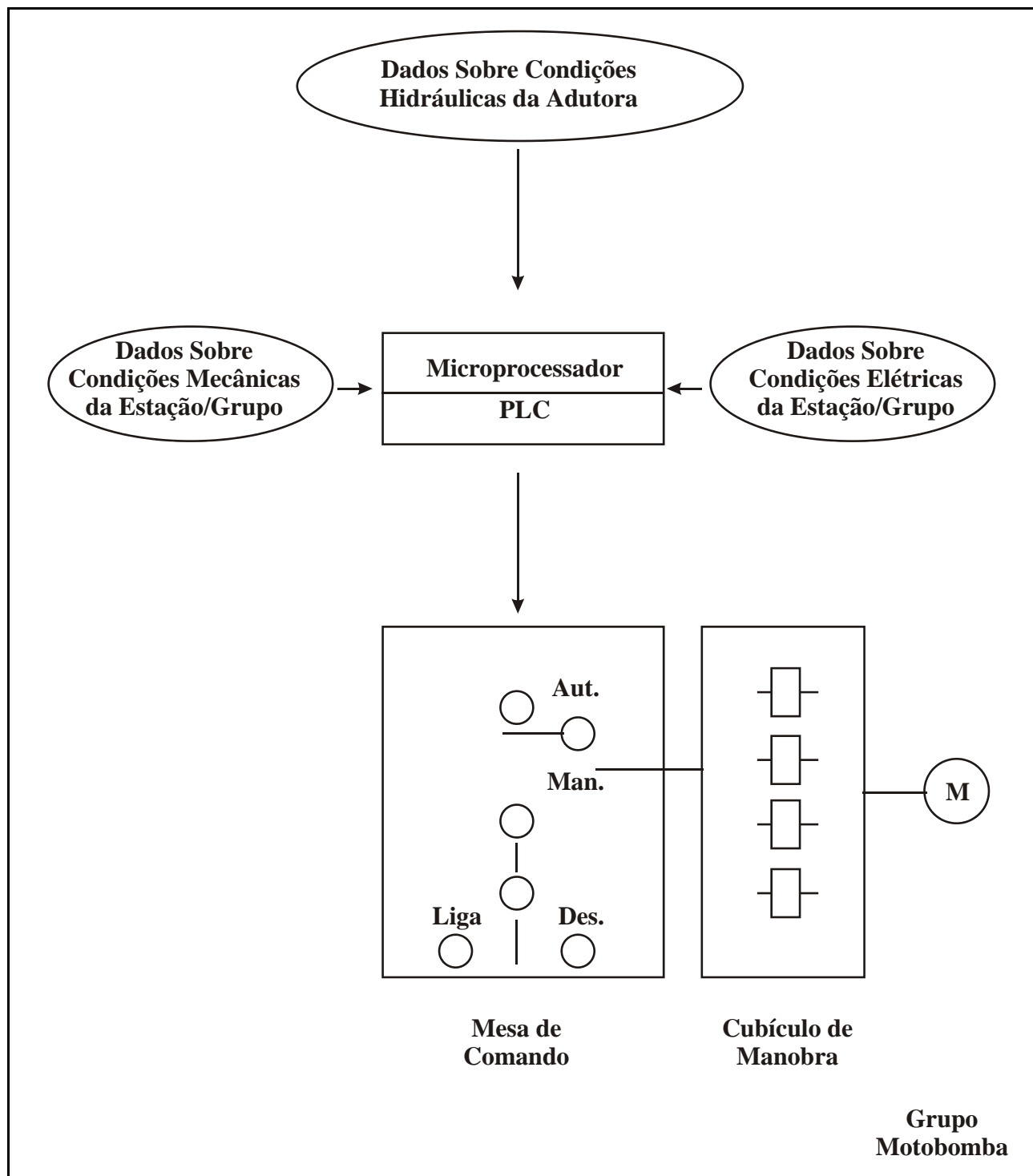
Através das Saídas serão controlados o acionamento Automático das Bombas, o Acionamento Manual (remoto) das Bombas, e de chamada de Alarme para o Operador.

A operação da Central de Supervisão e Controle é muito simples, não necessitando do Operador com conhecimentos de informática. A maioria dos comandos/consultas se faz através de ícones e janelas.

Para uma melhor ilustração, anexamos os desenhos relacionados abaixo, bem como as telas que foram criadas para a Central de Supervisão e Controle da Adutora Coremas / Sabugi - PB:

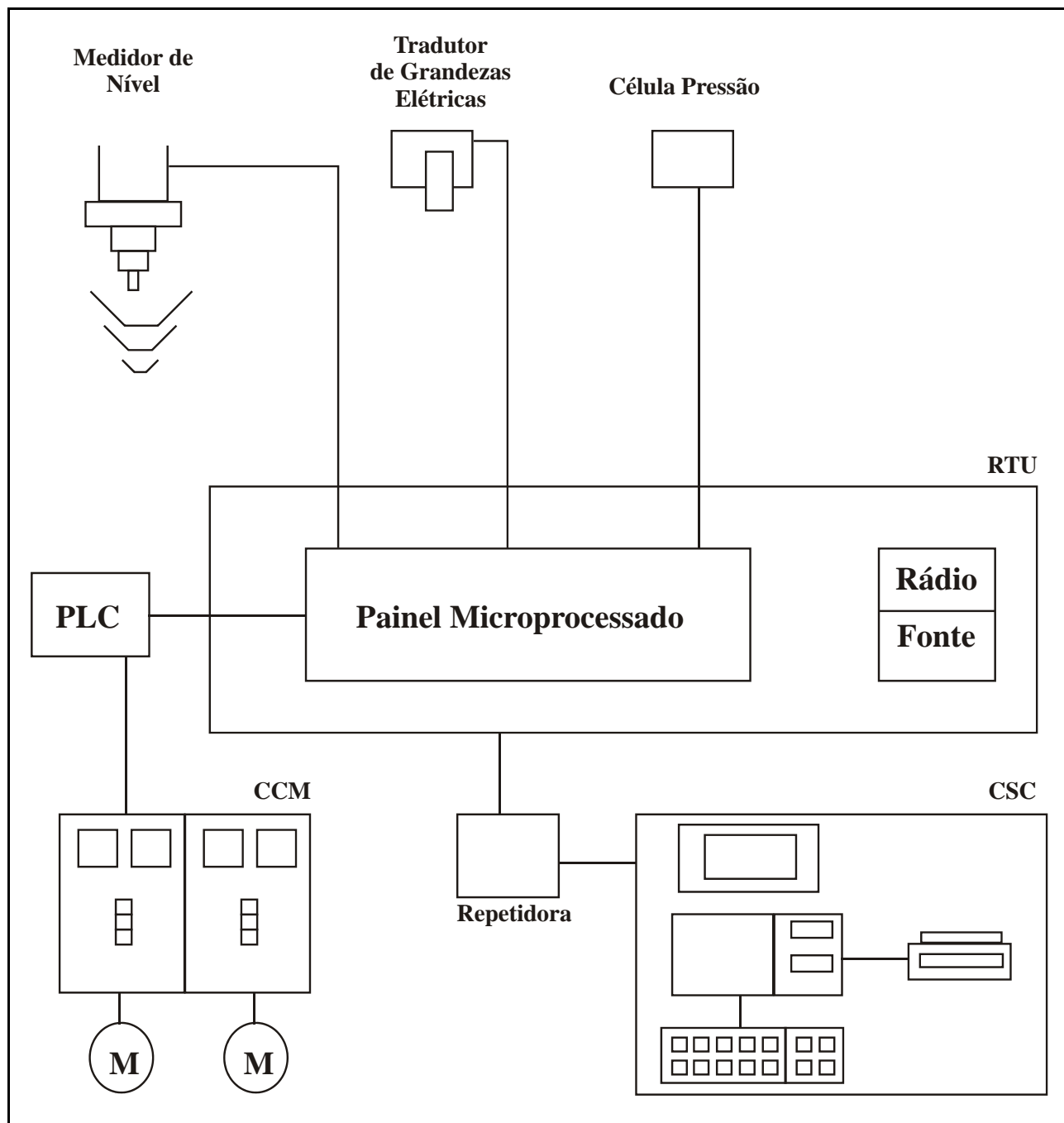
- 1) Diagrama de Blocos;
- 2) Desenho Esquemático do Painel Microprocessador de cada Estação de Bombeamento;
- 3) Desenho Esquemático da Transferencia de Dados entre as Estações de Bombeamento e a Central de Supervisão e Controle;
- 4) Tela de Subsistemas;
- 5) Tela do Esquema Sinótico;
- 6) Tela de uma Estação de Bombeamento;
- 7) Tela dos Históricos;
- 8) Tela de Alarmes e Eventos.

## 1) Diagrama de Blocos

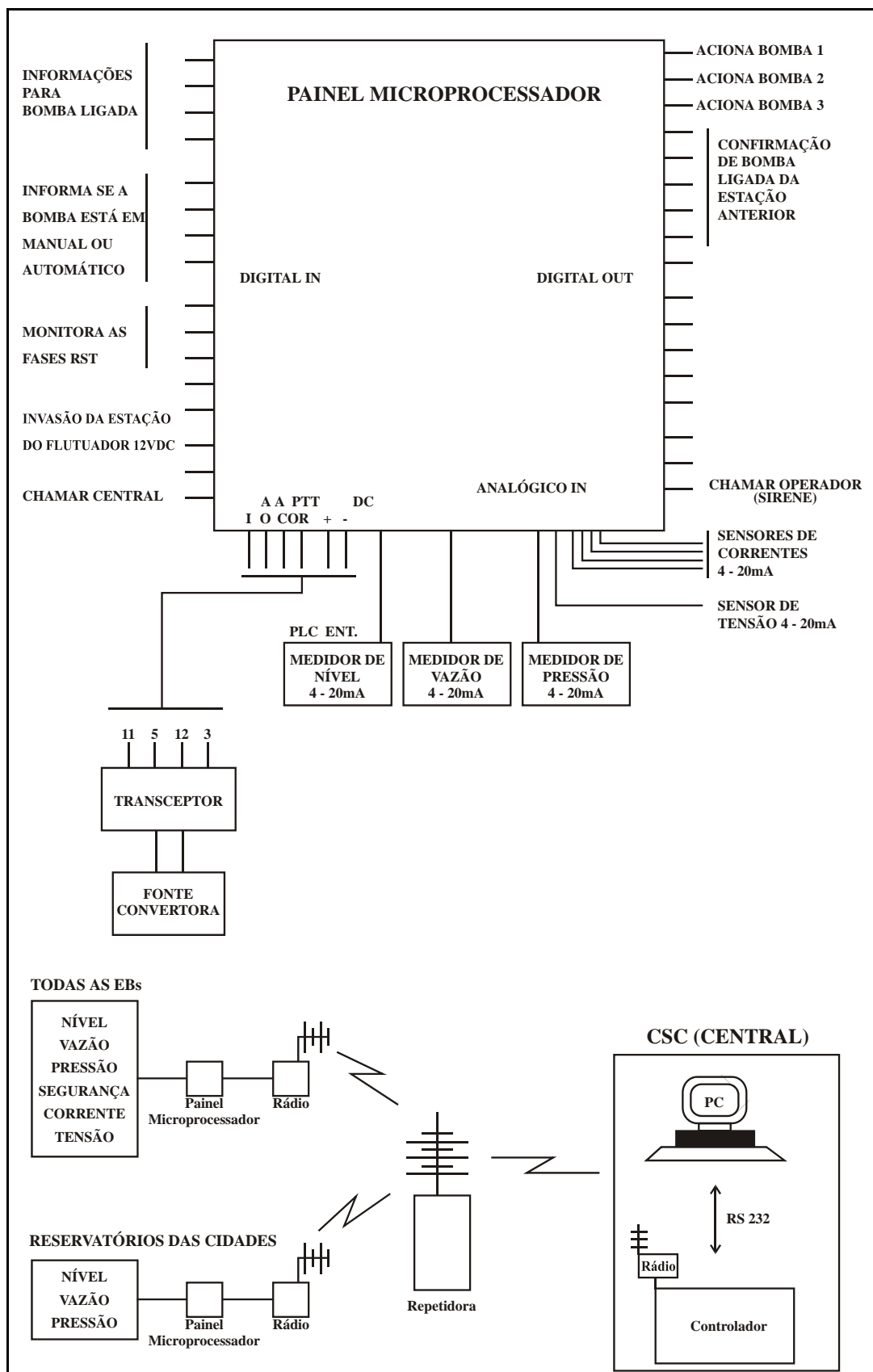




## 2) Desenho Esquemático do Painel Microprocessador de cada Estação de Bombeamento



### 3) Desenho Esquemático da Transferencia de Dados entre as Estações de Bombeamento e a Central de Supervisão e Controle

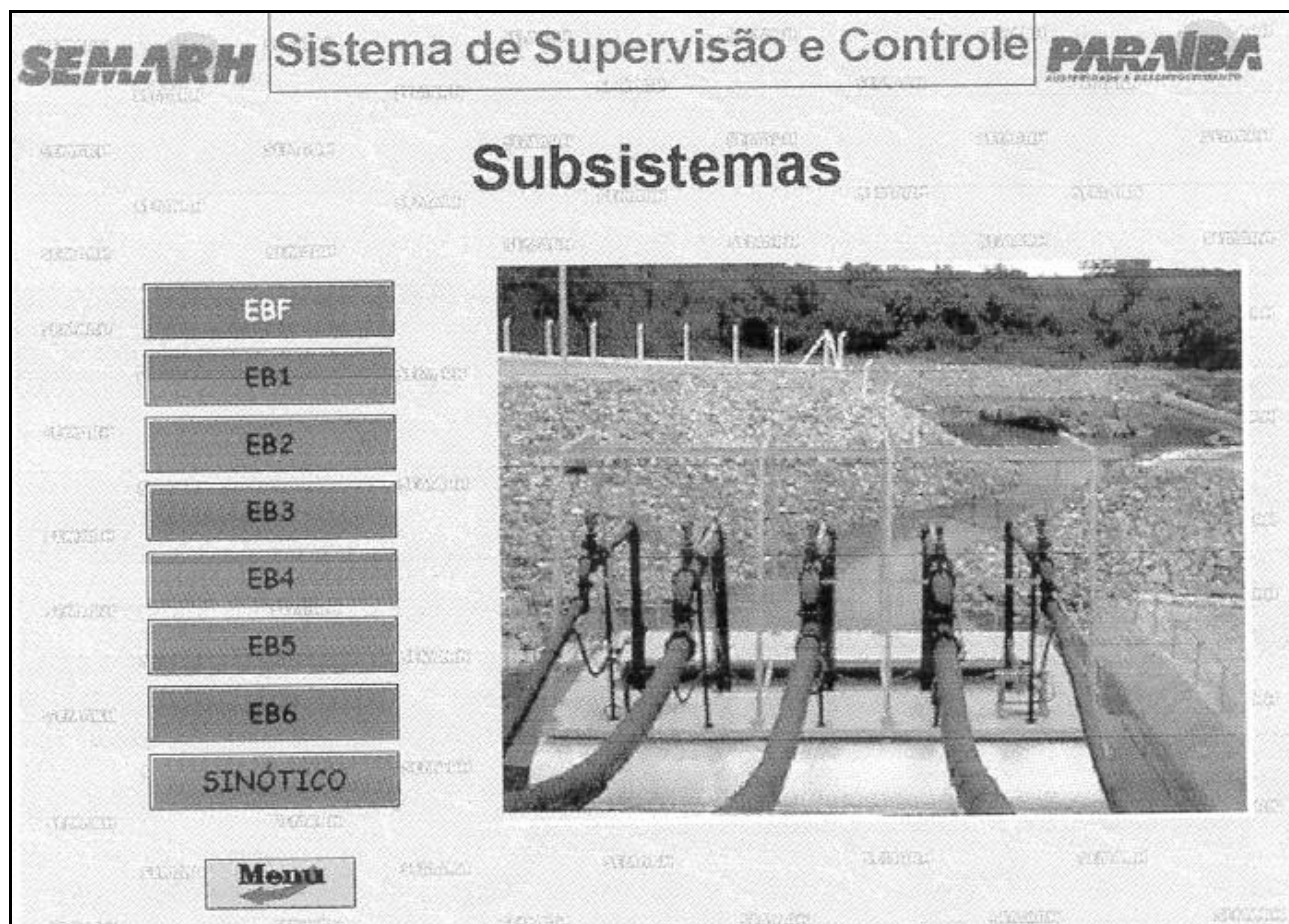


Todos os Dados, Nível, Vazão, Pressão, etc., são enviados diretamente para a Central de Supervisão e Controle, a qual através de um Software comandará e supervisionará automaticamente todas as Estações de Bombeamento e Reservatórios da Adutora. Nas Estações de bombeamento também existirá a possibilidade, através de chave seletora, de ser acionada manualmente as suas bombas.

Na Central de Supervisão e Controle, também será possível operar remotamente as bombas, das Estações de Bombeamento, no modo manual.

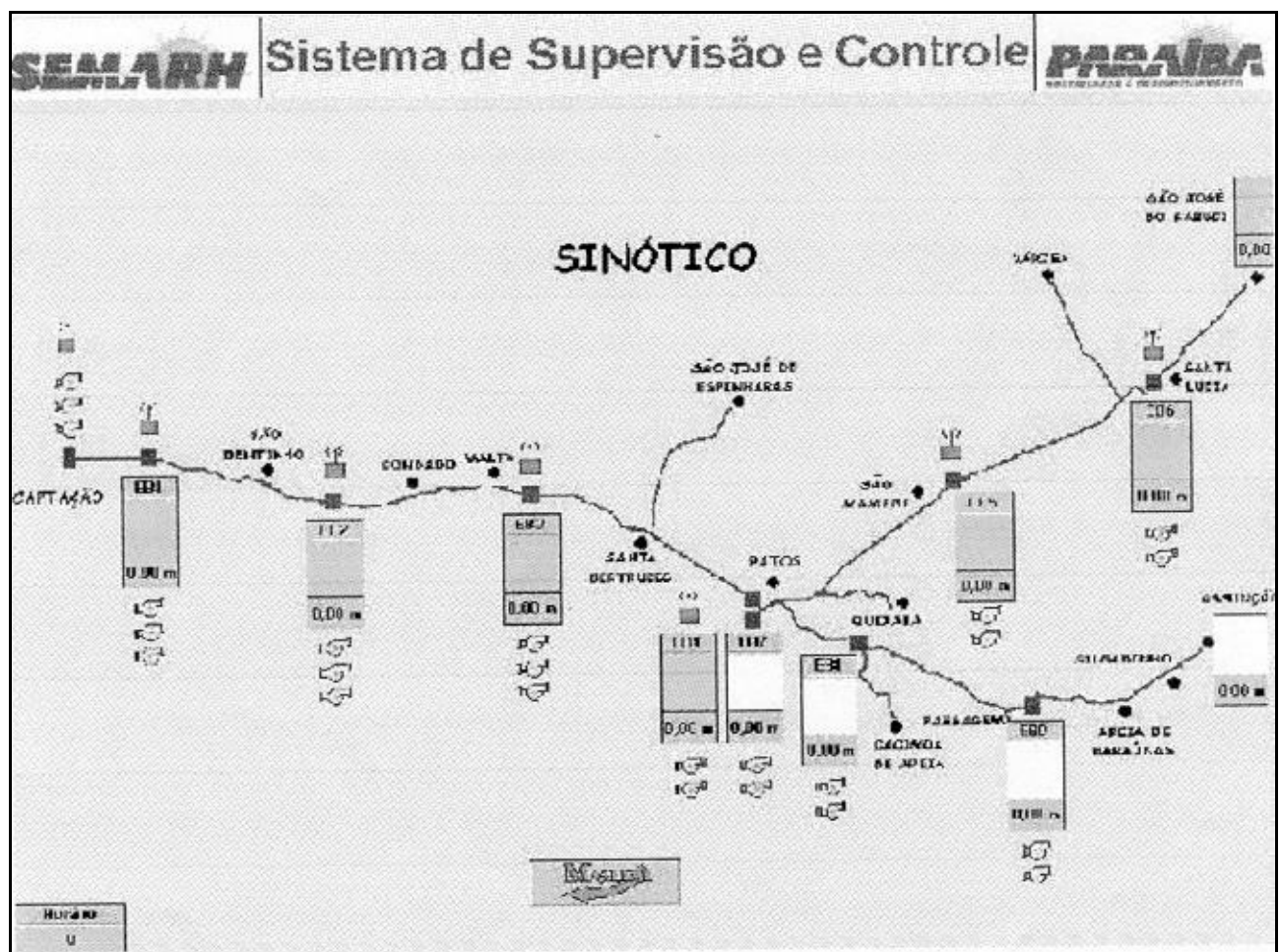
#### 4) Tela de Subsistemas

Através dessa tela seleciona-se a Tela (Sinótico ou Estação de Bombeamento), que se quer ver no vídeo do computador.



Nessa Tela tem-se:

- Visualização Geral de toda Adutora, **em tempo real**;
- Visualização do Nível de Cada Reservatório;
- Visualização das Bombas que estão ligadas em cada Estação de Bombeamento;
- Visualização e operacionalidade do Sistema de Radiocomunicação, Checagem da Transferência de dados, entre todas as Estações e a Central.

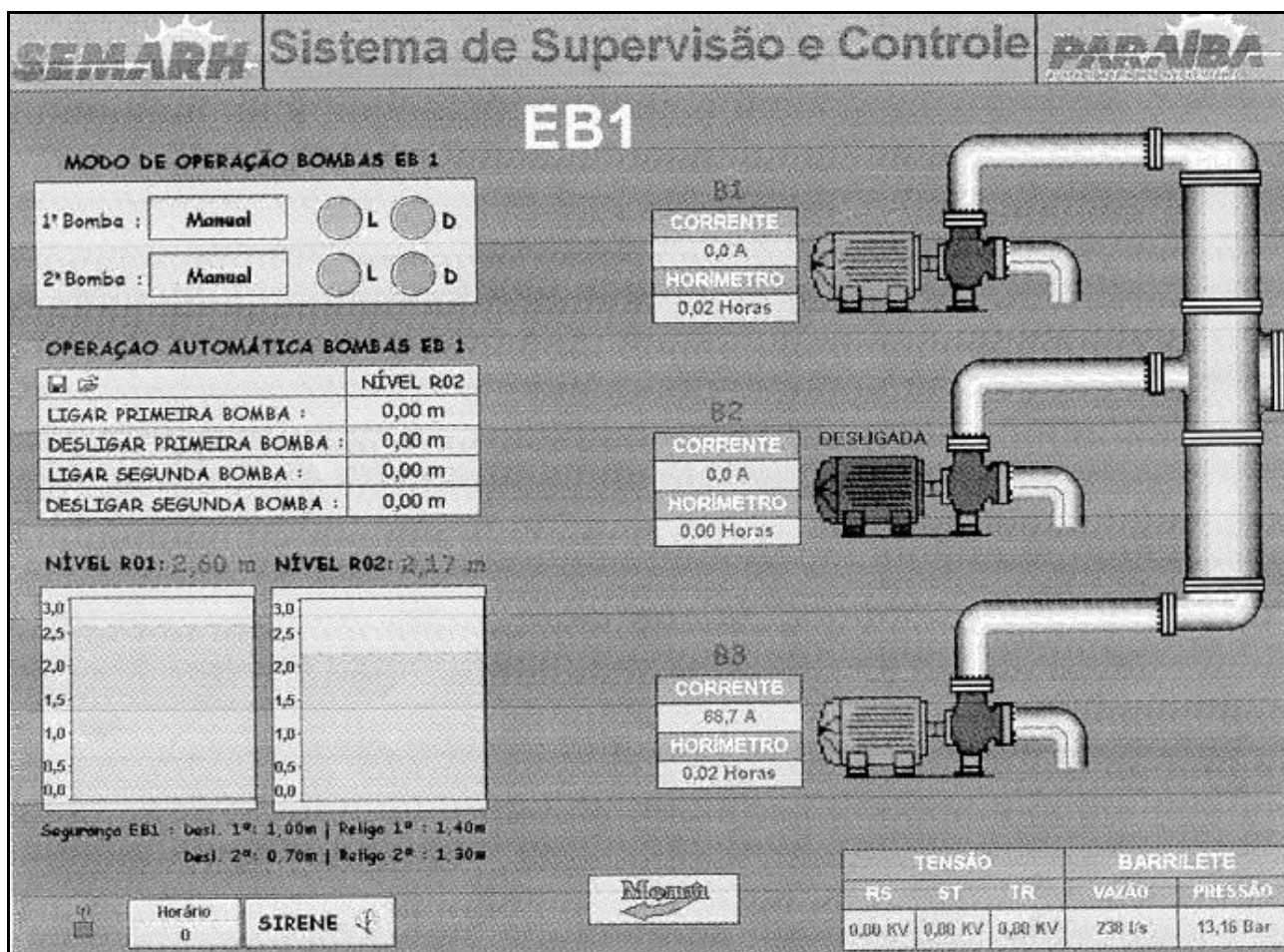




## 6) Tela de uma Estação de Bombeamento

Nessa Tela tem-se:

- Visualização de todos os parâmetros/medições da Estação (Corrente, Tensão, Pressão, Vazão e Nível do Reservatório), **em tempo real**;
- Visualização das Bombas efetivamente ligadas e respectivos Horímetros;
- Seleção do Modo de Operação (Automático ou Manual Remoto);
- A Sirene para chamar o Operador da Estação de Bombeamento;
- A Programação dos Níveis, para Operação Automática das Bombas.



## 7) Tela dos Históricos

Nessa Tela tem-se:

- Banco de Dados de todos os parâmetros e medições de toda Adutora;
- Possibilidade de impressão de todos os dados (parâmetros/medições) pelo período que desejarmos (minuto, horas, dias e meses);
- Possibilidade de gravação de todos os dados em disquete;
- Possibilidade da impressão de todos os dados através de representação gráfica;
- Totalização diária da vazão armazenada (Volume Bombeado);
- Totalização mensal das horas trabalhadas de cada bomba.

SEMARH				HISTÓRICOS								PARAIBA			
EBF				EB1				EB2				EB3			



## 8) Tela de Alarmes e Eventos

Nessa Tela tem-se:

- Registro do dia e hora de todas as partidas/paradas de todas as Bombas das Estações de Bombeamento;
- Registro dos eventos ocorridos quando das partidas e paradas das Bombas (falhas de comunicação, nível de segurança);
- Registro dos nomes dos usuários, habilitados através de senha, com dia e hora de entrada e saída.

SEMARH		ALARMES / EVENTOS		PARAIBA	
02/12/02 18:42:15		Partidas Bombas		Usuários	
dt-hr:yy	dt-hr:yy	dt-hr:yy	dt-hr:yy	dt-hr:yy	dt-hr:yy
dt-hr:yy	dt-hr:yy	dt-hr:yy	dt-hr:yy	dt-hr:yy	dt-hr:yy
02/12/02 18:42:15	Comunicação EBF OK	NErrorsRead	0,00	02/12 19:07:38	Partida Bomba 1 EBF
02/12/02 18:40:54	Comunicação EBF Abortada	NErrorsRead	4,00	02/12 19:07:34	Partida Bomba 2 EBF
02/12/02 18:34:44	Falha Comunicação EBF	NErrorsRead	1,00	02/12 19:07:34	Partida Bomba 3 EBF
02/12/02 18:07:51	Comunicação KB1 OK	NErrorsRead	0,00	02/12 19:07:38	Partida Bomba 1 KB1
02/12/02 18:07:21	Falha Comunicação KB1	NErrorsRead	1,00	02/12 19:07:38	Partida Bomba 2 KB1
02/12/02 17:35:15	Comunicação KB1 OK	NErrorsRead	0,00	02/12 19:07:40	Partida Bomba 3 KB1
02/12/02 17:34:21	Falha Comunicação KB1	NErrorsRead	1,00	02/12 19:07:40	Partida Bomba 1 EBF
02/12/02 17:22:54	Comunicação KB3 OK	NErrorsRead	0,00	02/12 19:07:40	Partida Bomba 2 EBF
02/12/02 17:22:12	Falha Comunicação KB3	NErrorsRead	1,00	02/12 19:07:40	Partida Bomba 3 EBF
02/12/02 17:04:46	Comunicação KB1 OK	NErrorsRead	0,00	02/12 19:07:40	Partida Bomba 1 EBF
02/12/02 17:04:26	Falha Comunicação KB1	NErrorsRead	1,00	02/12 19:07:40	Partida Bomba 2 EBF
02/12/02 16:12:59	Comunicação KB1 OK	NErrorsRead	0,00	02/12 19:07:40	Partida Bomba 3 EBF
02/12/02 16:12:36	Comunicação KB3 OK	NErrorsRead	0,00	02/12 19:07:40	Partida Bomba 1 EBF
02/12/02 16:11:24	Falha Comunicação KB3	NErrorsRead	1,00	02/12 19:07:40	Partida Bomba 2 EBF
02/12/02 16:09:56	Falha Comunicação KB1	NErrorsRead	1,00	02/12 19:07:40	Partida Bomba 3 EBF
02/12/02 17:41:54	Nível de segurança EBF	LT_EBF	-0,75	02/12 19:07:40	Partida Bomba 1 EBF
02/12/02 03:44:29	Comunicação KB2 OK	NErrorsRead	0,00	02/12 19:07:40	Partida Bomba 2 EBF
02/12/02 03:44:14	Falha Comunicação KB2	NErrorsRead	1,00	02/12 19:07:40	Partida Bomba 3 EBF
02/12/02 01:33:50	Comunicação KB3 OK	NErrorsRead	0,00	02/12 19:07:40	Partida Bomba 1 EBF
02/12/02 01:32:17	Falha Comunicação KB3	NErrorsRead	1,00	02/12 19:07:40	Partida Bomba 2 EBF



## SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DE SUPERVISÃO E CONTROLE

Serão instalados dispositivos de Controle que fornecerão as seguintes informações para Central.

### 1) Estações de Bombeamento:

#### a) Elétricos:

- Medição da Tensão no Barramento (1 Fase);
- Medição da amperagem de cada Bomba (1 Fase);
- Estado on/off das Bombas;
- Sinalização de falta de Fase (RST).

#### b) Hidráulicos:

- Pressão na saída do barrilete;
- Vazão na saída do barrilete (A critério de V.Sas.);
- Nível do Reservatório.

#### c) Equipamentos Previstos:

- Quadro Elétrico com PLC;
- Estação de Rádio Completa;
- Painel Microprocessador;
- Medidor de Nível;
- Transdutor de Pressão;
- 03 (três) Transdutores de Corrente;
- Transdutores de Tensão.

### 2) Central de Supervisão e Controle:

- a) Visualização na tela do computador, **em tempo real**, de um Esquema Sinótico Geral de toda a Adutora, sinalizando as Bombas Ligadas, e o Nível do Reservatório de cada Estação de Bombeamento e das Cidades.
- b) Visualização na tela do computador, **em tempo real**, de todas as medidas efetuadas na Central de Bombeamento, sendo uma tela para cada Estação que mostra também as Bombas ligadas e o horímetro de cada uma.
- c) Visualização na tela do computador, **em tempo real**, de um banco de dados de todas as medidas efetuadas, que ficam armazenadas, para fim de relatórios, estudos, estatísticas, detenção de alarmes, eventos (hora que foi ligada, hora que foi desligada) e etc.
- d) Visualização na tela do computador da Pressão, Nível do Reservatório, Vazão (instantânea e armazenada), Corrente de cada Bomba e Tensão do Barramento.

## DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS/CUSTOS

Como já foi abordado, a CAERN poderá fazer a automação das Estações de Bombeamento paulatinamente. A sugestão é de se fazer de 3 a 4 Estações de Bombeamentos na 1ª Etapa.

Praticamente os procedimentos/equipamentos das Estações de Bombeamento serão idênticos e com os mesmos custos.

A Central de Supervisão e Controle proposta ficará praticamente concluída após a implantação da 1ª Etapa, e só seria necessário se fazer um upgrade para inclusão posterior de novas Estações de Bombeamento.

### 1) Estação de Bombeamento:

Para cada Estação de Bombeamento será necessário adquirir os seguintes equipamentos:

- 01 (um) Painel Microprocessador com 16 entradas e 16 saídas digitais e 08 entradas analógicas;
- 03 (três) Transdutores de Corrente;
- 01 (um) Transdutor de Tensão;
- 01 (um) Medidor de Nível através de Pressão Hidrostática sem Display;
- 01 (um) Transdutor de Pressão sem Display;
- 01 (um) Software;
- Acessórios;
- Montagem.

**OBS. 1:** Não esta sendo cotado o Medidor de Vazão, prevendo-se a opção da sua compra e da sua instalação mecânica. Se o mesmo for instalado pela CAERN tiver saída de 4 a 20 mA, será feito sem problemas, a sua adequação no Sistema de Automação.

**OBS. 2:** A proposição inclui a oferta do Medidor de Nível, por Pressão Hidrostática por ser muito menos oneroso do que o Medidor de Nível Ultrasônico e também por se considerar que o seu funcionamento será melhor em Adutoras que utilizam em seus Reservatórios alta concentração de Cloro.

A sua Instalação será efetuada na tubulação de descarga, antes da válvula, de cada Reservatório.

Caso a CAERN tenha interesse que todos os parâmetros/medições sejam visualizados na própria Estação de Bombeamento, sugere-se a instalação de um Painel IHM (Interface Homem x Máquina), que possibilitara inclusive a programação da hora sazonal.

- 01 (um) Painel IHM (Interface Homem x Máquina) 2 x 20;
- 01 (um) Módulo MODBUS;
- 01 (um) Software.

Custo de cada Estação de Bombeamento:

- Sem Visualização Local:  
**R\$ 21.620,00 (vinte e um mil e seiscentos e vinte reais)**
- Com Visualização Local (IHM):  
**R\$ 27.860,00 (vinte e sete mil oitocentos e sessenta reais)**

## **2) Central de Supervisão e Controle:**

Para criação da Central de Supervisão e Controle será necessário a aquisição dos seguintes equipamentos/serviços:

- 01 (um) Painel Controlador com capacidade para gerenciar até 50 (cinquenta) Estações;
- 01 (um) Sistema Aplicativo;
- 01 (uma) Licença de Software;
- Quadro com acessórios;
- Serviços de Montagem;

Custo:

**R\$ 32.204,00 (trinta e dois mil e duzentos e quatro reais)**

**OBS. 1:** Para reduzir os custos da Central, tem-se a opção do fornecimento do Microcomputador, Pentium IV ou superior, monitor de 17", Placa de Vídeo, Teclado e Impressora, com Sistema Operacional Windows, e "No Break".

**OBS. 2:** Quanto a Estação de Rádio Completa (Radio + Antena + Fonte c/ Flutuantes) não será necessária a sua aquisição, porque será montada 01 (uma) Estação Completa com os equipamentos que ficarão disponíveis nas Estações de Bombeamentos que forem modernizadas.