

Sistema Adutor CAPIVARA

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA
Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia
e do Meio Ambiente - SECTMA

**ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS TÉCNICOS
PRELIMINARES DE VIABILIDADE E DO
PROJETO BÁSICO DO SISTEMA ADUTOR
CAPIVARA.**

RELATÓRIO FINAL DO PROJETO BÁSICO

**Volume 1 - Tomo II
Memória de Cálculo**



Maia Melo Engenharia Ltda.

Dezembro / 2006

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA

**Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente
SECTMA/PB**

ESTUDOS TÉCNICOS PRELIMINARES, DE VIABILIDADE E DO PROJETO BÁSICO DO SISTEMA ADUTOR CAPIVARA

RELATÓRIO FINAL DO PROJETO BÁSICO

**Volume 1 – Tomo II
Memória de Cálculo**



MAIA MELO ENGENHARIA LTDA.

**JOÃO PESSOA/PB
DEZEMBRO/2006**

APRESENTAÇÃO

O presente relatório tem a finalidade de apresentar à Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente SECTMA/PB, o **Relatório Final do Projeto Básico**, parte integrante dos Estudos Técnicos Preliminares, de Viabilidade e do Projeto Básico do Sistema Adutor Capivara, objeto do contrato celebrado entre a SECTMA/PB e a Maia Melo Engenharia Ltda., no âmbito do Programa PROÁGUA.

Os serviços de consultoria objeto do referido contrato serão consubstanciados, para o Projeto Básico, nos seguintes relatórios:

- Primeiro Relatório de Andamento do Projeto Básico;
- Segundo Relatório de Andamento do Projeto Básico;
- Relatório Final do Projeto Básico.

O presente Relatório Final do Projeto Básico está dividido em 5 (cinco) volumes:

- **Volume 1** – Tomo I – Memorial Descritivo da Obra e Estimativa de Custos;
Tomo II – Memória de Cálculo;
- **Volume 2** – Tomo I ao Tomo VII – Desenhos de Projeto;
- **Volume 3** – Detalhamento dos Nós (Ponto a Ponto);
- **Volume 4** – Especificações Técnicas das Obras Civas, Fornecimento e Montagem de Materiais e Equipamentos Hidroeletromecânicos, Normas de Medição e Pagamento, Folhas de Dados e Planilhas de Quantidades de Materiais, Equipamentos e Serviços;
- **Volume 5** – Relatório Síntese.

O **Volume 1 – Tomo II** além desta apresentação, é composto por 11 (onze) Capítulos denominados:

- 1. Dimensionamento do Sistema Adutor;
- 2. Estações de Bombeamento;
- 3. Estação de Tratamento de Água (ETA);
- 4. Dissipador de Energia dos Efluentes das Lagoas de Lodo;
- 5. Dimensionamento da Calha Parshall;
- 6. Estudo de Transientes Hidráulicos;
- 7. Cálculo das Perdas de Carga;
- 8. Dimensionamento das Válvulas Auto-Operadas;
- 9. Reservatórios de Distribuição;
- 10. Dimensionamento de Chafariz (Com Características Hipotéticas);
- 11. Suprimento Elétrico.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	I
RELAÇÃO DE QUADROS	IV
RELAÇÃO DE FIGURAS	V
1. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA ADUTOR	2
1.1 TRECHO EB DE CAPTAÇÃO A ETA	2
1.2 TRECHO EB-1/1 A POÇO DE JOSÉ DE MOURA.....	5
1.3 TRECHO EB-1/2 A UIRAÚNA	10
1.4 TRECHO EB-2 A SANTA CRUZ	15
1.5 SOBREPRESSÃO DOS TRECHOS.....	24
2. ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO	31
2.1 TRECHO EB DE CAPTAÇÃO A ETA	31
2.2 TRECHO EB-1/1 A POÇO DE JOSÉ DE MOURA.....	36
2.3 TRECHO EB-1/2 A UIRAÚNA	41
2.4 TRECHO EB-2 A SANTA CRUZ	46
2.5 ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO DE RECIRCULAÇÃO	51
3. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA).....	57
3.1 DADOS DA UNIDADE PADRÃO – ETA PADRÃO C-56	57
3.2 DADOS DO SISTEMA CAPIVARA	57
3.3 MISTURA RÁPIDA	57
3.4 FLOCULADOR HIDRÁULICO DE FLUXO VERTICAL	60
3.5 DECANTADOR DE ALTA TAXA	62
3.6 FILTROS RÁPIDOS DE GRAVIDADE	66
3.7 PRODUTOS QUÍMICOS	78
3.8 ACUMULAÇÃO DE LODO DO DECANTADOR	81
4. DISSIPADOR DE ENERGIA DOS EFLUENTES DAS LAGOAS DE LODO	83
4.1 PERFIL DO TERRENO NA REGIÃO DO EMISSÁRIO DAS LAGOAS	83
4.2 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DO EMISSÁRIO	85
4.3 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO DO DISSIPADOR TIPO “PETERKA”	85
5. DIMENSIONAMENTO DA CALHA PARSHALL	87
6. ESTUDO DE TRANSIENTES HIDRÁULICOS	89
6.1 CÁLCULO DAS PRESSÕES DE COLAPSO.....	114
6.2 DIMENSIONAMENTO DAS VÁLVULAS DE ALÍVIO.....	114
6.3 DIMENSIONAMENTO DOS TAUS	114

7.	CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA	116
7.1	TRECHO: BARRAGEM ATÉ TÊ DE BIFURCAÇÃO	116
7.2	PERDA POR ATRITO NO TRECHO DA BARRAGEM CAPIVARA ATÉ EB CAPTAÇÃO	116
7.3	PERDA POR ATRITO NO TRECHO EB CAPTAÇÃO ATÉ ENTRADA NO PARSHALL.....	116
8.	DIMENSIONAMENTO DAS VÁLVULAS AUTO-OPERADAS	119
9.	RESERVATÓRIOS DE DISTRIBUIÇÃO.....	121
10.	DIMENSIONAMENTO DE CHAFARIZ (COM CARACTERÍSTICAS HIPOTÉTICAS)	124
11.	SUPRIMENTO ELÉTRICO.....	126
11.1	ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO EB CAPTAÇÃO	126
11.1.1	Condições da Instalação Quanto às Influências Externas.....	126
11.1.2	Iluminação Interna da Edificação da Estação de Captação	132
11.1.3	Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA).....	138
11.1.4	Cálculo da Malha de Terra	141
11.2	ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO EB-1	144
11.2.1	Condições da Instalação Quanto às Influências Externas.....	144
11.2.2	Iluminação Interna da Edificação Principal da Estação EB-1	152
11.2.3	Iluminação Interna da Edificação Principal da Casa de Química	158
11.2.4	Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA).....	168
11.2.5	Cálculo da Malha de Terra	171
11.3	ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO EB-2	174
11.3.1	Condições da Instalação Quanto às Influências Externas.....	174
11.3.2	Iluminação Interna da Edificação da Estação EB-2	180
11.3.3	Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA).....	186
11.3.4	Cálculo da Malha de Terra	189

RELAÇÃO DE QUADROS

Quadro 1.1 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB de Captação a ETA (Hipótese 1 – Selecionada)	3
Quadro 1.2 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB de Captação a ETA (Hipótese 2)	3
Quadro 1.3 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB de Captação a ETA (Hipótese 3)	4
Quadro 1.4 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB de Captação a ETA (Hipótese 4)	4
Quadro 1.5 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-1/1 a Poço de José de Moura (Hipótese 1 – Selecionada)	6
Quadro 1.6 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-1/1 a Poço de José de Moura (Hipótese 2)	7
Quadro 1.7 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-1/1 a Poço de José de Moura (Hipótese 3)	8
Quadro 1.8 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-1/1 a Poço de José de Moura (Hipótese 4)	9
Quadro 1.9 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-1/2 a Uiraúna (Hipótese 1 – Selecionada)	11
Quadro 1.10 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-1/2 a Uiraúna (Hipótese 2)	12
Quadro 1.11 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-1/2 a Uiraúna (Hipótese 3)	13
Quadro 1.12 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-1/2 a Uiraúna (Hipótese 4)	14
Quadro 1.13 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-2 a Santa Cruz (Hipótese 1 – Selecionada)	16
Quadro 1.14 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-2 a Santa Cruz (Hipótese 2)	18
Quadro 1.15 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-2 a Santa Cruz (Hipótese 3)	20
Quadro 1.16 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-2 a Santa Cruz (Hipótese 4)	22
Quadro 1.17 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB de Captação a ETA (Hipótese 1 – Sobrepressão)	25
Quadro 1.18 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-1/1 a Poço de José de Moura (Hipótese 1 – Sobrepressão)	26
Quadro 1.19 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-1/2 a Uiraúna (Hipótese 1 – Sobrepressão)	27
Quadro 1.20 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-2 a Santa Cruz (Hipótese 1 – Sobrepressão)	28
Quadro 2.1 – Cálculo da Curva do Sistema da Estação de Bombeamento EB Captação	31
Quadro 2.2 – Cálculo da Curva do Sistema da Estação de Bombeamento EB-1/1	36
Quadro 2.3 – Cálculo da Curva do Sistema da Estação de Bombeamento EB-1/2	41
Quadro 2.4 – Cálculo da Curva do Sistema da Estação de Bombeamento EB-2	46
Quadro 4.1 – Perfil do Terreno na Região do Emissário das Lagoas	83
Quadro 6.1 – Estudo de Transientes – Trecho EB Captação a ETA (Dados Gerais)	89
Quadro 6.2 – Estudo de Transientes – Trecho EB Captação a ETA (Cálculo de Histórico de Subpressões)	90
Quadro 6.3 – Estudo de Transientes – Trecho EB Captação a ETA (Cálculo de Histórico de Sobrepressões)	90
Quadro 6.4 – Estudo de Transientes – Trecho EB Captação a ETA (Cálculo da Bomba)	91
Quadro 6.5 – Dimensionamento dos TAUs – Trecho EB-1/1 a Stand-Pipe	93
Quadro 6.6 – Estudo de Transientes – Trecho EB-1/1 a Stand-Pipe (Dados Gerais)	94
Quadro 6.7 – Estudo de Transientes – Trecho EB-1/1 a Stand-Pipe (Cálculo de Histórico de Subpressões)	95
Quadro 6.8 – Estudo de Transientes – Trecho EB-1/1 a Stand-Pipe (Cálculo de Histórico de Sobrepressões)	96
Quadro 6.9 – Estudo de Transientes – Trecho EB-1/1 a Stand-Pipe (Cálculo da Bomba)	97
Quadro 6.10 – Dimensionamento dos TAUs – Trecho EB-1/2 a Uiraúna	100
Quadro 6.11 – Estudo de Transientes – Trecho EB-1/2 a Uiraúna (Dados Gerais)	101
Quadro 6.12 – Estudo de Transientes – Trecho EB-1/2 a Uiraúna (Cálculo de Histórico de Subpressões)	102
Quadro 6.13 – Estudo de Transientes – Trecho EB-1/2 a Uiraúna (Cálculo de Histórico de Sobrepressões)	103
Quadro 6.14 – Estudo de Transientes – Trecho EB-1/2 a Uiraúna (Cálculo da Bomba)	104
Quadro 6.15 – Dimensionamento dos TAUs – Trecho EB-2 a Stand-Pipe	107
Quadro 6.16 – Estudo de Transientes – Trecho EB-2 a Stand-Pipe (Dados Gerais)	108
Quadro 6.17 – Estudo de Transientes – Trecho EB-2 a Stand-Pipe (Cálculo de Histórico de Subpressões)	109
Quadro 6.18 – Estudo de Transientes – Trecho EB-2 a Stand-Pipe (Cálculo de Histórico de Sobrepressões)	110
Quadro 6.19 – Estudo de Transientes – Trecho EB-2 a Stand-Pipe (Cálculo da Bomba)	111
Quadro 6.20 – Valores Negativos de Subpressão Após Análise dos Transientes Com Proteção	114

Quadro 6.21 – Dimensionamento das Válvulas de Alívio	114
Quadro 6.22 – Principais Características dos TAUs Previstos.....	114
Quadro 8.1 – Principais Características Funcionais das Válvulas de Controle Auto-Operadas.....	119
Quadro 9.1 – Características dos Reservatórios Existentes e Projetados	121
Quadro 9.2 – Características dos Reservatórios Projetados.....	122

RELAÇÃO DE FIGURAS

Figura 2.1 – Curva do Sistema da Estação de Bombeamento EB Captação.....	33
Figura 2.2 – Curvas das Bombas – EB Captação.....	34
Figura 2.3 – Dimensionais dos Motores – EB Captação.....	35
Figura 2.4 – Curva do Sistema da Estação de Bombeamento EB-1/1.....	38
Figura 2.5 – Curvas das Bombas – EB-1/1.....	39
Figura 2.6 – Dimensionais dos Motores – EB-1/1.....	40
Figura 2.7 – Curva do Sistema da Estação de Bombeamento EB-1/2.....	43
Figura 2.8 – Curvas das Bombas – EB-1/2.....	44
Figura 2.9 – Dimensionais dos Motores – EB-1/2.....	45
Figura 2.10 – Curva do Sistema da Estação de Bombeamento EB-2.....	48
Figura 2.11 – Curvas das Bombas – EB-2.....	49
Figura 2.12 – Dimensionais dos Motores – EB-2.....	50
Figura 3.1 – Hidráulica da Filtração – Com Tê de Controle	75
Figura 3.2 – Hidráulica da Filtração – Controle com Placa Perfurada.....	76
Figura 4.1 – Perfil do Emissário das Lagoas de Lodo.....	83
Figura 4.2 – Esquema do Dissipador	83
Figura 6.1 – EB Captação a ETA (Sobrepressões e Subpressões Sem Proteção)	92
Figura 6.2 – EB-1/1 a Stand-Pipe (Sobrepressões e Subpressões Sem Proteção).....	98
Figura 6.3 – EB-1/1 a Stand-Pipe (Sobrepressões e Subpressões Com Proteção)	99
Figura 6.4 – EB-1/2 a Uiraúna (Sobrepressões e Subpressões Sem Proteção).....	105
Figura 6.5 – EB-1/2 a Uiraúna (Sobrepressões e Subpressões Com Proteção).....	106
Figura 6.6 – EB-2 a Stand-Pipe (Sobrepressões e Subpressões Sem Proteção).....	112
Figura 6.7 – EB-2 a Stand-Pipe (Sobrepressões e Subpressões Com Proteção)	113
Figura 6.8 – Curvas de Seleção de Válvulas de Alívio (Vazão Nominal a 1 kg/cm ² Acima da Pressão Regulada)	114



1. Dimensionamento do Sistema Adutor

1. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA ADUTOR

1.1 TRECHO EB DE CAPTAÇÃO A ETA

Para esse trecho, foram elaboradas 4 (quatro) hipóteses, sendo selecionada a hipótese 1 como a de melhor diâmetro econômico da adutora. Os **Quadros 1.1 a 1.4** apresentam os cálculos demonstrativos da seleção dos diâmetros econômicos para esse trecho.

- **Hipótese 1 (Selecionada)**

– Altura Manométrica (m.c.a.):	21,83;
– Potência (kW):	27,31;
– Custo Atual de Energia (R\$):	42.808,02;
– Custo Total da Tubulação:	16.310,42;
– Custo da Estação Elevatória:	322.035,34;
– Custo do Sistema:	683.172,20.

- **Hipótese 2**

– Altura Manométrica (m.c.a.):	22,21;
– Potência (kW):	27,79;
– Custo Atual de Energia (R\$):	43.553,80;
– Custo Total da Tubulação:	11.363,61;
– Custo da Estação Elevatória:	323.167,13;
– Custo do Sistema:	685.364,61.

- **Hipótese 3**

– Altura Manométrica (m.c.a.):	23,55;
– Potência (kW):	29,47;
– Custo Atual de Energia (R\$):	46.185,28;
– Custo Total da Tubulação:	7.522,61;
– Custo da Estação Elevatória:	327.160,59;
– Custo do Sistema:	706.714,12.

- **Hipótese 4**

– Altura Manométrica (m.c.a.):	21,70;
– Potência (kW):	27,15;
– Custo Atual de Energia (R\$):	42.549,64;
– Custo Total da Tubulação:	27.761,47;
– Custo da Estação Elevatória:	321.643,23;
– Custo do Sistema:	692.149,85.

Quadro 1.1 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB de Captação a ETA (Hipótese 1 – Selecionada)

Hipótese: 1 (Selecionada)

Trecho:	EB de Captação a ETA	Altura Geométrica (m):	21,58	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	55,63	Altura Manométrica (m.c.a.):	21,83	Consumo Anual de Energia (kWh):	199.385,26
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	27,31	Custo Anual de Energia (R\$):	42.808,02
NA Mín Sucção (m):	330,22	Potência (kVA):	34,14	Custo Atual de Energia (R\$):	344.826,44
NA Máx Recalque (m):	351,80			Custo Total da Tubulação:	16.310,42
Taxa de Investimento (%):	12			Custo da Estação Elevatória:	322.035,34
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	683.172,20
Fator:	8,06				

EB de Captação a ETA

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
0	1	330,00	348,00	55,63	0,05563	300	133	0,79	PVC	0,00012	0,02	0,0019	0,25	352,05	351,80	21,83	3,80	21,80	3,80	10	122,79	0,00	0,00	16.310,42
Total							133						0,25											16.310,42

Quadro 1.2 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB de Captação a ETA (Hipótese 2)

Hipótese: 2

Trecho:	EB de Captação a ETA	Altura Geométrica (m):	21,58	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	55,63	Altura Manométrica (m.c.a.):	22,21	Consumo Anual de Energia (kWh):	202.858,88
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	27,79	Custo Anual de Energia (R\$):	43.553,80
NA Mín Sucção (m):	330,22	Potência (kVA):	34,74	Custo Atual de Energia (R\$):	350.833,88
NA Máx Recalque (m):	351,8			Custo Total da Tubulação:	11.363,61
Taxa de Investimento (%):	12			Custo da Estação Elevatória:	323.167,13
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	685.364,61
Fator:	8,06				

EB de Captação a ETA

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
0	1	330,00	348,00	55,63	0,05563	250	132,83	1,13	PVC	0,00012	0,02	0,0048	0,63	352,43	351,80	22,21	3,80	21,80	3,80	10	85,55	0,00	0,00	11.363,61
Total							133						0,63											11.363,61

**Quadro 1.3 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB de Captação a ETA (Hipótese 3)****Hipótese:****3**

Trecho: EB de Captação a ETA
 Vazão de Bombeamento (l/s): 55,63
 Horas de Bombeamento: 20
 NA Mín Sucção (m): 330,22
 NA Máx Recalque (m): 351,8
 Taxa de Investimento (%): 12
 Número de Anos: 30
 Fator: 8,06

Altura Geométrica (m): 21,58
 Altura Manométrica (m.c.a.): 23,55
 Potência (kW): 29,47
 Potência (kVA): 36,83

Consumo (R\$/kWh): 0,2147
 Consumo Anual de Energia (kWh): 215.115,42
 Custo Anual de Energia (R\$): 46.185,28
 Custo Atual de Energia (R\$): 372.030,93
 Custo Total da Tubulação: 7.522,61
 Custo da Estação Elevatória: 327.160,59
 Custo do Sistema: 706.714,12

EB de Captação a ETA

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
0	1	330,00	348,00	55,63	0,05563	200	132,83	1,77	PVC	0,00012	0,02	0,0149	1,97	353,77	351,80	23,55	3,80	21,80	3,80	10	56,63	0,00	0,00	7.522,61
Total							133						1,97											7.522,61

Quadro 1.4 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB de Captação a ETA (Hipótese 4)**Hipótese:****4**

Trecho: EB de Captação a ETA
 Vazão de Bombeamento (l/s): 55,63
 Horas de Bombeamento: 20
 NA Mín Sucção (m): 330,22
 NA Máx Recalque (m): 351,8
 Taxa de Investimento (%): 12
 Número de Anos: 30
 Fator: 8,06

Altura Geométrica (m): 21,58
 Altura Manométrica (m.c.a.): 21,70
 Potência (kW): 27,15
 Potência (kVA): 33,94

Consumo (R\$/kWh): 0,2147
 Consumo Anual de Energia (kWh): 198.181,82
 Custo Anual de Energia (R\$): 42.549,64
 Custo Atual de Energia (R\$): 342.745,15
 Custo Total da Tubulação: 27.761,47
 Custo da Estação Elevatória: 321.643,23
 Custo do Sistema: 692.149,85

EB de Captação a ETA

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
0	1	330,50	348,00	55,63	0,05563	350	132,83	0,58	RPVC	0,00016	0,02	0,0009	0,12	351,92	351,80	21,70	3,80	21,30	3,80	10	0,00	209,00	0,00	27.761,47
Total							133						0,12											27.761,47

1.2 TRECHO EB-1/1 A POÇO DE JOSÉ DE MOURA

Para esse trecho, foram elaboradas 4 (quatro) hipóteses, sendo selecionada a hipótese 1 como a de melhor diâmetro econômico da adutora. Os **Quadros 1.5 a 1.8** apresentam os cálculos demonstrativos da seleção dos diâmetros econômicos para esse trecho.

- **Hipótese 1 (Selecionada)**

– Altura Manométrica (m.c.a.):	43,71;
– Potência (kW):	3,46;
– Custo Atual de Energia (R\$):	5.423,63;
– Custo Total da Tubulação:	147.596,02;
– Custo da Estação Elevatória:	265.301,81;
– Custo do Sistema:.....	456.586,15.

- **Hipótese 2**

– Altura Manométrica (m.c.a.):	81,02;
– Potência (kW):	6,41;
– Custo Atual de Energia (R\$):	10.052,14;
– Custo Total da Tubulação:	78.989,39;
– Custo da Estação Elevatória:	272.325,92;
– Custo do Sistema:.....	432.287,18.

- **Hipótese 3**

– Altura Manométrica (m.c.a.):	33,77;
– Potência (kW):	2,67;
– Custo Atual de Energia (R\$):	4.190,00;
– Custo Total da Tubulação:	296.677,65;
– Custo da Estação Elevatória:	263.429,68;
– Custo do Sistema:.....	593.858,52.

- **Hipótese 4**

– Altura Manométrica (m.c.a.):	41,30;
– Potência (kW):	3,27;
– Custo Atual de Energia (R\$):	5.124,56;
– Custo Total da Tubulação:	165.868,75;
– Custo da Estação Elevatória:	264.847,95;
– Custo do Sistema:.....	471.995,97.

Quadro 1.5 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-1/1 a Poço de José de Moura (Hipótese 1 – Selecionada)

Hipótese: 1 (Selecionada)

Trecho:	EB1/1 a Poço de José de Moura	Altura Geométrica (m):	32,22	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	3,52	Altura Manométrica (m.c.a.):	43,71	Consumo Anual de Energia (kWh):	25.261,43
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	3,46	Custo Anual de Energia (R\$):	5.423,63
NA Mín Sucção (m):	347,50	Potência (kVA):	4,33	Custo Atual de Energia (R\$):	43.688,33
NA Máx Recalque (m):	379,72			Custo Total da Tubulação:	147.596,02
Taxa de Investimento (%):	12			Custo da Estação Elevatória:	265.301,81
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	456.586,15
Fator:	8,06				

EB1/1 a Stand-Pipe 1

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
0	1	348,00	370,44	3,52	0,00352	100	345	0,45	PVC	0,00012	0,02	0,0026	0,88	391,21	390,34	43,71	19,89	31,72	9,28	10	16,56	0,00	0,00	5.705,01
1	2	370,44	325,18	3,52	0,00352	100	748	0,45	PVC	0,00012	0,02	0,0026	1,91	390,34	388,43	19,89	63,25	9,28	54,55	10	16,56	0,00	0,00	12.385,63
2	3	325,18	354,71	3,52	0,00352	100	3.032	0,45	PVC	0,00012	0,02	0,0026	7,74	388,43	380,69	63,25	25,98	54,55	25,01	10	16,56	0,00	0,00	50.204,87
3	4	354,71	369,72	3,52	0,00352	100	380	0,45	PVC	0,00012	0,02	0,0026	0,97	380,69	379,72	25,98	10,00	25,01	10,00	10	16,56	0,00	0,00	6.292,17
Total							4.505						11,49											74.587,67

Stand-Pipe a Reservatório de Poço de José de Moura

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
4	5	369,72	348,02	3,52	0,00352	100	4.409	0,45	PVC	0,00012	0,02	0,0026	11,26	379,72	368,46	10,00	20,44	10,00	31,70	10	16,56	0,00	0,00	73.008,34
Total							4.409						11,26											73.008,34

**Quadro 1.6 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-1/1 a Poço de José de Moura (Hipótese 2)****Hipótese:****2**

Trecho:	EB1/1 a Poço de José de Moura	Altura Geométrica (m):	32,22	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	3,52	Altura Manométrica (m.c.a.):	81,02	Consumo Anual de Energia (kWh):	46.819,49
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	6,41	Custo Anual de Energia (R\$):	10.052,14
NA Mín Sucção (m):	347,5	Potência (kVA):	8,02	Custo Atual de Energia (R\$):	80.971,87
NA Máx Recalque (m):	379,72			Custo Total da Tubulação:	78.989,39
Taxa de Investimento (%):	12			Custo da Estação Elevatória:	272.325,92
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	432.287,18
Fator:	8,06				

EB1/1 a Stand-Pipe 1

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)	
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°		
0	1	348,00	370,44	3,52	0,00352	75	344,54	0,80	PBA	0,00012	0,03	0,0108	3,73	428,52	424,79	81,02	54,34	31,72	9,28	20	10,70	0,00	0,00	3.688,11	
1	2	370,44	325,18	3,52	0,00352	75	748	0,80	PBA	0,00012	0,03	0,0108	8,10	424,79	416,68	54,34	91,51	9,28	54,55	20	10,70	0,00	0,00	8.006,92	
2	3	325,18	354,71	3,52	0,00352	75	3032	0,80	PBA	0,00012	0,03	0,0108	32,85	416,68	383,84	91,51	29,13	54,55	25,01	20	10,70	0,00	0,00	32.455,88	
3	4	354,71	369,72	3,52	0,00352	75	380	0,80	PBA	0,00012	0,03	0,0108	4,12	383,84	379,72	29,13	10,00	25,01	10,00	12	7,27	0,00	0,00	2.764,29	
Total							4.505						48,80												46.915,20

Stand-Pipe a Reservatório de Poço de José de Moura

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
4	5	369,72	348,02	3,52	0,00352	75	4409,2	0,80	PBA	0,00012	0,03	0,0108	47,73	379,72	331,99	10,00	-16,03	10,00	31,70	12	7,27	0,00	0,00	32.074,19
Total							4.409						47,73											32.074,19

**Quadro 1.7 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-1/1 a Poço de José de Moura (Hipótese 3)****Hipótese:****3**

Trecho:	EB1/1 a Poço de José de Moura	Altura Geométrica (m):	32,22	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	3,52	Altura Manométrica (m.c.a.):	33,77	Consumo Anual de Energia (kWh):	19.515,59
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	2,67	Custo Anual de Energia (R\$):	4.190,00
NA Mín Sucção (m):	347,5	Potência (kVA):	3,34	Custo Atual de Energia (R\$):	33.751,19
NA Máx Recalque (m):	379,72			Custo Total da Tubulação:	296.677,65
Taxa de Investimento (%):	12			Custo da Estação Elevatória:	263.429,68
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	593.858,52
Fator:	8,06				

EB1/1 a Stand-Pipe 1

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)	
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°		
0	1	348,00	370,44	3,52	0,00352	150	344,54	0,20	PVC	0,00012	0,03	0,0003	0,12	381,27	381,15	33,77	10,71	31,72	9,28	10	33,28	0,00	0,00	11.467,44	
1	2	370,44	325,18	3,52	0,00352	150	748	0,20	PVC	0,00012	0,03	0,0003	0,26	381,15	380,90	10,71	55,72	9,28	54,55	10	33,28	0,00	0,00	24.895,93	
2	3	325,18	354,71	3,52	0,00352	150	3032	0,20	PVC	0,00012	0,03	0,0003	1,04	380,90	379,85	55,72	25,14	54,55	25,01	10	33,28	0,00	0,00	100.915,07	
3	4	354,71	369,72	3,52	0,00352	150	380	0,20	PVC	0,00012	0,03	0,0003	0,13	379,85	379,72	25,14	10,00	25,01	10,00	10	33,28	0,00	0,00	12.647,67	
Total							4.505						1,55												149.926,11

Stand-Pipe a Reservatório de Poço de José de Moura

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
4	5	369,72	348,02	3,52	0,00352	150	4409,2	0,20	PVC	0,00012	0,03	0,0003	1,52	379,72	378,20	10,00	30,18	10,00	31,70	10	33,28	0,00	0,00	146.751,54
Total							4.409						1,52											146.751,54

**Quadro 1.8 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-1/1 a Poço de José de Moura (Hipótese 4)****Hipótese:****4**

Trecho:	EB1/1 a Poço de José de Moura	Altura Geométrica (m):	32,22	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	3,52	Altura Manométrica (m.c.a.):	41,30	Consumo Anual de Energia (kWh):	23.868,47
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	3,27	Custo Anual de Energia (R\$):	5.124,56
NA Mín Sucção (m):	347,5	Potência (kVA):	4,09	Custo Atual de Energia (R\$):	41.279,27
NA Máx Recalque (m):	379,72			Custo Total da Tubulação:	165.868,75
Taxa de Investimento (%):	12			Custo da Estação Elevatória:	264.847,95
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	471.995,97
Fator:	8,06				

EB1/1 a Stand-Pipe 1

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
0	1	348,00	370,44	3,52	0,00352	150	344,54	0,20	PVC	0,00012	0,03	0,0003	0,12	388,80	388,69	41,30	18,24	31,72	9,28	10	33,28	0,00	0,00	11.467,44
1	2	370,44	325,18	3,52	0,00352	150	748	0,20	PVC	0,00012	0,03	0,0003	0,26	388,69	388,43	18,24	63,25	9,28	54,55	10	33,28	0,00	0,00	24.895,93
2	3	325,18	354,71	3,52	0,00352	100	3032	0,45	PVC	0,00012	0,02	0,0026	7,74	388,43	380,69	63,25	25,98	54,55	25,01	10	16,56	0,00	0,00	50.204,87
3	4	354,71	369,72	3,52	0,00352	100	380	0,45	PVC	0,00012	0,02	0,0026	0,97	380,69	379,72	25,98	10,00	25,01	10,00	10	16,56	0,00	0,00	6.292,17
Total							4.505						9,08											92.860,41

Stand-Pipe a Reservatório de Poço de José de Moura

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
4	5	369,72	348,02	3,52	0,00352	100	4409,2	0,45	PVC	0,00012	0,02	0,0026	11,25	379,72	368,47	10,00	20,44	10,00	31,70	10	16,56	0,00	0,00	73.008,34
Total							4.409						11,25											73.008,34

1.3 TRECHO EB-1/2 A UIRAÚNA

Para esse trecho, foram elaboradas 4 (três) hipóteses sendo selecionada a hipótese 1 como a de melhor diâmetro econômico da adutora. Os **Quadros 1.9 a 1.12** apresentam os cálculos demonstrativos da seleção dos diâmetros econômicos para esse trecho.

- **Hipótese 1 (Selecionada)**

– Altura Manométrica (m.c.a.):	59,13;
– Potência (kW):	65,79;
– Custo Atual de Energia (R\$):	103.110,00;
– Custo Total da Tubulação:	1.582.320,25;
– Custo da Estação Elevatória:	413.548,01;
– Custo do Sistema:.....	2.826.438,30.

- **Hipótese 2**

– Altura Manométrica (m.c.a.):	72,41;
– Potência (kW):	80,56;
– Custo Atual de Energia (R\$):	126.267,58;
– Custo Total da Tubulação:	1.367.579,20;
– Custo da Estação Elevatória:	448.691,32;
– Custo do Sistema:.....	2.833.379,07.

- **Hipótese 3**

– Altura Manométrica (m.c.a.):	51,05;
– Potência (kW):	56,80;
– Custo Atual de Energia (R\$):	89.019,56;
– Custo Total da Tubulação:	2.046.903,69;
– Custo da Estação Elevatória:	392.164,74;
– Custo do Sistema:.....	3.156.137,39.

- **Hipótese 4**

– Altura Manométrica (m.c.a.):	47,55;
– Potência (kW):	52,90;
– Custo Atual de Energia (R\$):	82.913,08;
– Custo Total da Tubulação:	2.641.481,20;
– Custo da Estação Elevatória:	382.897,71;
– Custo do Sistema:.....	3.692.259,05.

Quadro 1.9 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-1/2 a Uiraúna (Hipótese 1 – Selecionada)

Hipótese: 1 (Selecionada)

Trecho:	EB1/2 a Uiraúna	Altura Geométrica (m):	44,49	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	49,47	Altura Manométrica (m.c.a.):	59,13	Consumo Anual de Energia (kWh):	480.251,52
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	65,79	Custo Anual de Energia (R\$):	103.110,00
NA Mín Sucção (m):	347,50	Potência (kVA):	82,23	Custo Atual de Energia (R\$):	830.570,04
NA Máx Recalque (m):	391,99			Custo Total da Tubulação:	1.582.320,25
Taxa de Investimento (%):	12			Custo da Estação Elevatória:	413.548,01
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	2.826.438,30
Fator:	8,06				

EB1/2 a Reservatório de Uiraúna

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
0	1	348,00	370,44	49,47	0,04947	300	345	0,70	PVC	0,00012	0,02	0,0015	0,52	406,63	406,11	59,13	35,67	43,99	21,55	10	122,79	0,00	0,00	42.306,64
1	2	370,44	325,18	49,47	0,04947	300	748	0,70	PVC	0,00012	0,02	0,0015	1,13	406,11	404,98	35,67	79,80	21,55	66,82	10	122,79	0,00	0,00	91.848,17
2	3	325,18	333,84	49,47	0,04947	300	2.480	0,70	PVC	0,00012	0,02	0,0015	3,76	404,98	401,22	79,80	67,38	66,82	58,15	10	122,79	0,00	0,00	304.523,33
3	4	333,84	336,39	49,47	0,04947	300	3.426	0,70	PVC	0,00012	0,02	0,0015	5,19	401,22	396,03	67,38	59,64	58,15	55,60	10	122,79	0,00	0,00	420.684,25
4	5	336,39	371,99	22,24	0,02224	200	1.587	0,71	PVC	0,00012	0,02	0,0025	4,04	396,03	391,99	59,64	20,00	55,60	20,00	10	56,63	0,00	0,00	89.887,86
Total							8.586						14,64											949.250,25

Derivação para Uiraúna a EB2

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
4	6	336,39	379,12	27,23	0,02723	250	7.400	0,56	PVC	0,00012	0,02	0,0012	9,03	396,03	386,99	59,64	7,88	55,60	12,87	10	85,55	0,00	0,00	633.070,00
Total							7.400						9,03											633.070,00

**Quadro 1.10 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-1/2 a Uiraúna (Hipótese 2)****Hipótese:****2**

Trecho:	EB1/2 a Uiraúna	Altura Geométrica (m):	44,49	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	49,47	Altura Manométrica (m.c.a.):	72,41	Consumo Anual de Energia (kWh):	588.111,67
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	80,56	Custo Anual de Energia (R\$):	126.267,58
NA Mín Sucção (m):	347,5	Potência (kVA):	100,70	Custo Atual de Energia (R\$):	1.017.108,55
NA Máx Recalque (m):	391,99			Custo Total da Tubulação:	1.367.579,20
Taxa de Investimento (%):	12			Custo da Estação Elevatória:	448.691,32
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	2.833.379,07
Fator:	8,06				

EB1/2 a Reservatório de Uiraúna

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
0	1	348,00	370,44	49,47	0,04947	250	344,54	1,01	PVC	0,00012	0,02	0,0038	1,31	419,91	418,61	72,41	48,16	43,99	21,55	10	85,55	0,00	0,00	29.475,40
1	2	370,44	325,18	49,47	0,04947	250	748	1,01	PVC	0,00012	0,02	0,0038	2,84	418,61	415,76	48,16	90,59	21,55	66,82	10	85,55	0,00	0,00	63.991,40
2	3	325,18	333,84	49,47	0,04947	250	2480	1,01	PVC	0,00012	0,02	0,0038	9,43	415,76	406,34	90,59	72,49	66,82	58,15	10	85,55	0,00	0,00	212.164,00
3	4	333,84	336,39	49,47	0,04947	250	3426	1,01	PVC	0,00012	0,02	0,0038	13,02	406,34	393,31	72,49	56,92	58,15	55,60	10	85,55	0,00	0,00	293.094,30
4	5	336,39	371,99	22,24	0,02224	250	1587,2	0,45	PVC	0,00012	0,02	0,0008	1,32	393,31	391,99	56,92	20,00	55,60	20,00	10	85,55	0,00	0,00	135.784,10
Total							8.586						27,92											734.509,20

Derivação para Uiraúna a EB2

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
4	6	336,39	379,12	27,23	0,02723	250	7400	0,56	PVC	0,00012	0,02	0,0012	9,04	393,31	384,28	56,92	5,16	55,60	12,87	10	85,55	0,00	0,00	633.070,00
Total							7.400						9,04											633.070,00

Quadro 1.11 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-1/2 a Uiraúna (Hipótese 3)

Hipótese:

3

Trecho:	EB1/2 a Uiraúna	Altura Geométrica (m):	44,49	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	49,47	Altura Manométrica (m.c.a.):	51,05	Consumo Anual de Energia (kWh):	414.623,02
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	56,80	Custo Anual de Energia (R\$):	89.019,56
NA Mín Sucção (m):	347,5	Potência (kVA):	71,00	Custo Atual de Energia (R\$):	717.068,96
NA Máx Recalque (m):	391,99			Custo Total da Tubulação:	2.046.903,69
Taxa de Investimento (%):	12			Custo da Estação Elevatória:	392.164,74
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	3.156.137,39
Fator:	8,06				

EB1/2 a Reservatório de Uiraúna

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
0	1	348,00	370,44	49,47	0,04947	400	344,54	0,39	PVC	0,00012	0,02	0,0004	0,12	398,55	398,43	51,05	27,99	43,99	21,55	10	219,75	0,00	0,00	75.712,67
1	2	370,44	325,18	49,47	0,04947	400	748	0,39	PVC	0,00012	0,02	0,0004	0,27	398,43	398,16	27,99	72,98	21,55	66,82	10	219,75	0,00	0,00	164.373,00
2	3	325,18	333,84	49,47	0,04947	400	2480	0,39	PVC	0,00012	0,02	0,0004	0,89	398,16	397,26	72,98	63,42	66,82	58,15	10	219,75	0,00	0,00	544.980,00
3	4	333,84	336,39	49,47	0,04947	400	3426	0,39	PVC	0,00012	0,02	0,0004	1,24	397,26	396,03	63,42	59,64	58,15	55,60	10	219,75	0,00	0,00	752.863,50
4	5	336,39	371,99	22,24	0,02224	200	1587,2	0,71	PVC	0,00012	0,02	0,0025	4,04	396,03	391,99	59,64	20,00	55,60	20,00	10	56,63	0,00	0,00	89.887,86
Total							8.586						6,56											1.627.817,03

Derivação para Uiraúna a EB2

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
4	6	336,39	379,12	27,23	0,02723	200	7400	0,87	PVC	0,00012	0,02	0,0037	27,74	396,03	368,29	59,64	-10,83	55,60	12,87	10	56,63	0,00	0,00	419.086,67
Total							7.400						27,74											419.086,67

**Quadro 1.12 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-1/2 a Uiraúna (Hipótese 4)****Hipótese:****4**

Trecho:	EB1/2 a Uiraúna	Altura Geométrica (m):	44,49	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	49,47	Altura Manométrica (m.c.a.):	47,55	Consumo Anual de Energia (kWh):	386.181,10
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	52,90	Custo Anual de Energia (R\$):	82.913,08
NA Mín Sucção (m):	347,5	Potência (kVA):	66,13	Custo Atual de Energia (R\$):	667.880,14
NA Máx Recalque (m):	391,99			Custo Total da Tubulação:	2.641.481,20
Taxa de Investimento (%):	12			Custo da Estação Elevatória:	382.897,71
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	3.692.259,05
Fator:	8,06				

EB1/2 a Reservatório de Uiraúna

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
0	1	348,00	370,44	49,47	0,04947	400	344,54	0,39	PVC	0,00012	0,02	0,0004	0,12	395,05	394,93	47,55	24,48	43,99	21,55	10	219,75	0,00	0,00	75.712,67
1	2	370,44	325,18	49,47	0,04947	400	748	0,39	PVC	0,00012	0,02	0,0004	0,27	394,93	394,66	24,48	69,48	21,55	66,82	10	219,75	0,00	0,00	164.373,00
2	3	325,18	333,84	49,47	0,04947	400	2480	0,39	PVC	0,00012	0,02	0,0004	0,89	394,66	393,76	69,48	59,92	66,82	58,15	10	219,75	0,00	0,00	544.980,00
3	4	333,84	336,39	49,47	0,04947	400	3426	0,39	PVC	0,00012	0,02	0,0004	1,24	393,76	392,53	59,92	56,13	58,15	55,60	10	219,75	0,00	0,00	752.863,50
4	5	336,39	371,99	22,24	0,02224	300	1587,2	0,31	PVC	0,00012	0,02	0,0003	0,54	392,53	391,99	56,13	20,00	55,60	20,00	10	122,79	0,00	0,00	194.893,71
Total							8.586						3,06											1.732.822,87

Derivação para Uiraúna a EB2

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
4	6	336,39	379,12	27,23	0,02723	300	7400	0,39	PVC	0,00012	0,02	0,0005	3,65	392,53	388,88	56,13	9,77	55,60	12,87	10	122,79	0,00	0,00	908.658,33
Total							7.400						3,65											908.658,33

1.4 TRECHO EB-2 A SANTA CRUZ

Para esse trecho, foram elaboradas 4 (três) hipóteses sendo selecionada a hipótese 1 como a de melhor diâmetro econômico da adutora. Os **Quadros 1.13 a 1.16** apresentam os cálculos demonstrativos da seleção dos diâmetros econômicos para esse trecho.

- **Hipótese 1 (Selecionada)**

- Altura Manométrica (m.c.a.): 105,57;
- Potência (kW): 64,65;
- Custo Atual de Energia (R\$): 101.324,49;
- Custo Total da Tubulação: 4.141.639,77;
- Custo da Estação Elevatória: 410.838,37;
- Custo do Sistema: 5.368.665,57.

- **Hipótese 2**

- Altura Manométrica (m.c.a.): 105,56;
- Potência (kW): 64,64;
- Custo Atual de Energia (R\$): 101.309,96;
- Custo Total da Tubulação: 3.966.291,08;
- Custo da Estação Elevatória: 410.816,32;
- Custo do Sistema: 5.193.177,81.

- **Hipótese 3**

- Altura Manométrica (m.c.a.): 105,57;
- Potência (kW): 64,65;
- Custo Atual de Energia (R\$): 101.324,44;
- Custo Total da Tubulação: 4.663.621,08;
- Custo da Estação Elevatória: 410.838,30;
- Custo do Sistema: 5.890.646,43.

- **Hipótese 4**

- Altura Manométrica (m.c.a.): 105,55;
- Potência (kW): 64,64;
- Custo Atual de Energia (R\$): 101.303,25;
- Custo Total da Tubulação: 5.330.345,09;
- Custo da Estação Elevatória: 410.806,14;
- Custo do Sistema: 6.557.167,56.

**Quadro 1.13 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-2 a Santa Cruz (Hipótese 1 – Seleccionada)****Hipótese: 1 (Seleccionada)**

Trecho:	EB2 a Santa Cruz	Altura Geométrica (m):	85,66	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	27,23	Altura Manométrica (m.c.a.):	105,57	Consumo Anual de Energia (kWh):	471.935,23
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	64,65	Custo Anual de Energia (R\$):	101.324,49
NA Mín Sucção (m):	378,72	Potência (kVA):	80,81	Custo Atual de Energia (R\$):	816.187,43
NA Máx Recalque (m):	464,38			Custo Total da Tubulação:	4.141.639,77
Taxa de Investimento (%):	12			Custo da Estação Elevatória:	410.838,37
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	5.368.665,57
Fator:	8,06				

EB2 a Stand-Pipe 2

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
0	1	379,12	396,51	27,23	0,02723	200	760	0,87	RPVC	0,00016	0,02	0,0039	2,97	484,29	481,32	105,57	84,81	85,26	67,87	12	0,00	91,00	0,00	69.160,00
1	2	396,51	454,38	27,23	0,02723	200	4.520	0,87	PVC	0,00012	0,02	0,0037	16,94	481,32	464,38	84,81	10,00	67,87	10,00	10	56,63	0,00	0,00	255.982,67
Total							5.280						19,91											325.142,67

Stand-Pipe a Reservatório de Santa Cruz

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
2	3	454,38	453,43	27,23	0,02723	250	820	0,56	PVC	0,00012	0,02	0,0012	1,00	464,38	463,38	10,00	9,95	10,00	10,95	10	85,55	0,00	0,00	70.151,00
3	4	453,43	375,66	27,23	0,02723	250	2.760	0,56	PVC	0,00012	0,02	0,0012	3,37	463,38	460,01	9,95	84,35	10,95	88,72	10	85,55	0,00	0,00	236.118,00
4	5	375,66	361,14	27,23	0,02723	200	2.300	0,87	RPVC	0,00016	0,02	0,0039	9,00	460,01	451,01	84,35	89,87	88,72	103,24	12	0,00	91,00	0,00	209.300,00
5	6	361,14	347,34	23,07	0,02307	200	5.100	0,73	RPVC	0,00016	0,02	0,0028	14,52	451,01	436,49	89,87	89,15	103,24	117,04	12	0,00	91,00	0,00	464.100,00
6	7	347,34	369,57	23,07	0,02307	200	3.100	0,73	RPVC	0,00016	0,02	0,0028	8,83	436,49	427,66	89,15	58,10	117,04	94,81	12	0,00	91,00	0,00	282.100,00
7	8	369,57	393,24	23,07	0,02307	200	920	0,73	PVC	0,00012	0,02	0,0027	2,51	427,66	425,15	58,10	31,91	94,81	71,15	10	56,63	0,00	0,00	52.102,67
8	9	393,24	370,94	23,07	0,02307	200	6.180	0,73	PVC	0,00012	0,02	0,0027	16,88	425,15	408,27	31,91	37,33	71,15	93,44	10	56,63	0,00	0,00	349.994,00
9	10	370,94	362,81	18,20	0,01820	200	4.740	0,58	RPVC	0,00016	0,02	0,0018	8,58	408,27	399,69	37,33	36,88	93,44	101,57	12	0,00	91,00	0,00	431.340,00
10	11	362,81	333,14	18,20	0,01820	200	5.476	0,58	RPVC	0,00016	0,02	0,0018	9,91	399,69	389,78	36,88	56,64	101,57	131,24	14	0,00	92,40	0,00	505.974,08
11	12	333,14	350,77	12,25	0,01225	200	1.384	0,39	RPVC	0,00016	0,02	0,0009	1,19	389,78	388,59	56,64	37,82	131,24	113,61	14	0,00	92,40	0,00	127.889,92
12	13	350,77	375,52	12,25	0,01225	200	4.700	0,39	RPVC	0,00016	0,02	0,0009	4,03	388,59	384,56	37,82	9,05	113,61	88,86	12	0,00	91,00	0,00	427.700,00
13	14	375,52	366,15	12,25	0,01225	200	1.109	0,39	PVC	0,00012	0,02	0,0008	0,92	384,56	383,64	9,05	17,50	88,86	98,23	10	56,63	0,00	0,00	62.805,23
Total							38.589						80,74											3.219.574,90

**Quadro 1.13 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-2 a Santa Cruz (Hipótese 1 – Selecionada) – Continuação****Hipótese: 1 (Selecionada)**

Trecho:	EB2 a Santa Cruz	Altura Geométrica (m):	85,66	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	27,23	Altura Manométrica (m.c.a.):	105,57	Consumo Anual de Energia (kWh):	471.935,23
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	64,65	Custo Anual de Energia (R\$):	101.324,49
NA Mín Sucção (m):	378,72	Potência (kVA):	80,81	Custo Atual de Energia (R\$):	816.187,43
NA Máx Recalque (m):	464,38			Custo Total da Tubulação:	4.141.639,77
Taxa de Investimento (%):	12			Custo da Estação Elevatória:	410.838,37
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	5.368.665,57
Fator:	8,06				

Derivação p/ Lastro

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
9	15	370,94	382,28	4,23	0,00423	150	4.295	0,24	PVC	0,00012	0,02	0,0005	2,07	408,27	406,20	37,33	23,92	93,44	82,10	10	33,28	0,00	0,00	142.938,27
Total							4.295						2,07											142.938,27

Derivação p/ São Francisco

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
11	16	333,14	326,35	5,95	0,00595	100	2.680	0,76	RPVC	0,00016	0,02	0,0072	19,26	389,78	370,52	56,64	44,16	131,24	138,03	14	0,00	52,00	0,00	139.360,00
16	17	326,35	320,74	3,63	0,00363	100	2.640	0,46	RPVC	0,00016	0,03	0,0028	7,42	370,52	363,10	44,16	42,36	138,03	143,64	16	0,00	55,00	0,00	145.200,00
17	18	320,74	321,39	3,63	0,00363	100	1.325	0,46	RPVC	0,00016	0,03	0,0028	3,72	363,10	359,37	42,36	37,99	143,64	143,00	16	0,00	55,00	0,00	72.884,35
Total							6.645						30,40											357.444,35

Derivação p/ São Pedro

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
16	19	326,35	330,32	2,32	0,00232	100	1.635	0,30	RPVC	0,00016	0,03	0,0012	1,99	370,52	368,53	44,16	38,21	138,03	134,06	14	0,00	52,00	0,00	85.009,08
Total							1.635						1,99											85.009,08

Derivação p/ Reservatório de Vieirópolis

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
5	20	361,14	370,84	3,17	0,00317	100	231	0,40	RPVC	0,00016	0,03	0,0022	0,50	451,01	450,50	89,87	79,66	103,24	93,54	12	0,00	50,00	0,00	11.530,50
Total							231						0,50											11.530,50

**Quadro 1.14 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-2 a Santa Cruz (Hipótese 2)****Hipótese:****2**

Trecho:	EB2 a Santa Cruz	Altura Geométrica (m):	85,66	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	27,23	Altura Manométrica (m.c.a.):	105,56	Consumo Anual de Energia (kWh):	471.867,56
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	64,64	Custo Anual de Energia (R\$):	101.309,96
NA Mín Sucção (m):	378,72	Potência (kVA):	80,80	Custo Atual de Energia (R\$):	816.070,40
NA Máx Recalque (m):	464,38			Custo Total da Tubulação:	3.966.291,08
Taxa de Investimento (%):	12			Custo da Estação Elevatória:	410.816,32
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	5.193.177,81
Fator:	8,06				

EB2 a Stand-Pipe 2

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
0	1	379,12	396,51	27,23	0,02723	200	760	0,87	RPVC	0,00016	0,02	0,0039	2,97	484,28	481,30	105,56	84,79	85,26	67,87	12	0,00	91,00	0,00	69.160,00
1	2	396,51	454,38	27,23	0,02723	200	4520	0,87	PVC	0,00012	0,02	0,0037	16,92	481,30	464,38	84,79	10,00	67,87	10,00	10	56,63	0,00	0,00	255.982,67
Total							5.280						19,90											325.142,67

Stand-Pipe a Reservatório de Santa Cruz

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
2	3	454,38	453,43	27,23	0,02723	200	820	0,87	PVC	0,00012	0,02	0,0037	3,07	464,38	461,31	10,00	7,87	10,00	10,95	10	56,63	0,00	0,00	46.439,33
3	4	453,43	375,66	27,23	0,02723	200	2760	0,87	PVC	0,00012	0,02	0,0037	10,34	461,31	450,97	7,87	75,31	10,95	88,72	10	56,63	0,00	0,00	156.308,00
4	5	375,66	361,14	27,23	0,02723	200	2300	0,87	RPVC	0,00016	0,02	0,0039	9,00	450,97	441,96	75,31	80,83	88,72	103,24	12	0,00	91,00	0,00	209.300,00
5	6	361,14	347,34	23,07	0,02307	200	5100	0,73	RPVC	0,00016	0,02	0,0028	14,52	441,96	427,45	80,83	80,11	103,24	117,04	12	0,00	91,00	0,00	464.100,00
6	7	347,34	369,57	23,07	0,02307	200	3100	0,73	RPVC	0,00016	0,02	0,0028	8,83	427,45	418,62	80,11	49,05	117,04	94,81	12	0,00	91,00	0,00	282.100,00
7	8	369,57	393,24	23,07	0,02307	200	920	0,73	PVC	0,00012	0,02	0,0027	2,51	418,62	416,11	49,05	22,87	94,81	71,15	10	56,63	0,00	0,00	52.102,67
8	9	393,24	370,94	23,07	0,02307	200	6180	0,73	PVC	0,00012	0,02	0,0027	16,89	416,11	399,22	22,87	28,28	71,15	93,44	10	56,63	0,00	0,00	349.994,00
9	10	370,94	362,81	18,20	0,01820	200	4740	0,58	RPVC	0,00016	0,02	0,0018	8,58	399,22	390,64	28,28	27,83	93,44	101,57	12	0,00	91,00	0,00	431.340,00
10	11	362,81	333,14	18,20	0,01820	200	5475,9	0,58	RPVC	0,00016	0,02	0,0018	9,93	390,64	380,71	27,83	47,57	101,57	131,24	14	0,00	92,40	0,00	505.974,08
11	12	333,14	350,77	12,25	0,01225	200	1384,1	0,39	RPVC	0,00016	0,02	0,0009	1,18	380,71	379,52	47,57	28,76	131,24	113,61	14	0,00	92,40	0,00	127.889,92
12	13	350,77	375,52	12,25	0,01225	200	4700	0,39	RPVC	0,00016	0,02	0,0009	4,02	379,52	375,50	28,76	-0,01	113,61	88,86	12	0,00	91,00	0,00	427.700,00
13	14	375,52	366,15	12,25	0,01225	200	1109	0,39	PVC	0,00012	0,02	0,0008	0,92	375,50	374,58	-0,01	8,44	88,86	98,23	10	56,63	0,00	0,00	62.805,23
Total							38.589						89,80											3.116.053,23

**Quadro 1.14 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-2 a Santa Cruz (Hipótese 2) – Continuação****Hipótese:****2**

Trecho:	EB2 a Santa Cruz	Altura Geométrica (m):	85,66	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	27,23	Altura Manométrica (m.c.a.):	105,56	Consumo Anual de Energia (kWh):	471.867,56
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	64,64	Custo Anual de Energia (R\$):	101.309,96
NA Mín Sucção (m):	378,72	Potência (kVA):	80,80	Custo Atual de Energia (R\$):	816.070,40
NA Máx Recalque (m):	464,38			Custo Total da Tubulação:	3.966.291,08
Taxa de Investimento (%):	12			Custo da Estação Elevatória:	410.816,32
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	5.193.177,81
Fator:	8,06				

Derivação p/ Lastro

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
9	15	370,94	382,28	4,23	0,00423	100	4294,6	0,54	PVC	0,00012	0,02	0,0036	15,46	399,22	383,76	28,28	1,48	93,44	82,10	10	16,56	0,00	0,00	71.111,25
Total							4.295						15,46											71.111,25

Derivação p/ São Francisco

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
11	16	333,14	326,35	5,95	0,00595	100	2680	0,76	RPVC	0,00016	0,02	0,0072	19,26	380,71	361,45	47,57	35,10	131,24	138,03	14	0,00	52,00	0,00	139.360,00
16	17	326,35	320,74	3,63	0,00363	100	2640	0,46	RPVC	0,00016	0,03	0,0028	7,42	361,45	354,03	35,10	33,29	138,03	143,64	16	0,00	55,00	0,00	145.200,00
17	18	320,74	321,39	3,63	0,00363	100	1325,2	0,46	RPVC	0,00016	0,03	0,0028	3,72	354,03	350,30	33,29	28,92	143,64	143,00	16	0,00	55,00	0,00	72.884,35
Total							6.645						30,40											357.444,35

Derivação p/ São Pedro

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
16	19	326,35	330,32	2,32	0,00232	100	1.635	0,30	RPVC	0,00016	0,03	0,0012	1,99	361,45	359,46	35,10	29,14	138,03	134,06	14	0,00	52,00	0,00	85.009,08
Total							1.635						1,99											85.009,08

Derivação p/ Reservatório de Vieirópolis

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
5	20	361,14	370,84	3,17	0,00317	100	231	0,40	RPVC	0,00016	0,03	0,0022	0,50	441,96	441,46	80,83	70,62	103,24	93,54	12	0,00	50,00	0,00	11.530,50
Total							231						0,50											11.530,50

**Quadro 1.15 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-2 a Santa Cruz (Hipótese 3)****Hipótese:****3**

Trecho:	EB2 a Santa Cruz	Altura Geométrica (m):	85,66	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	27,23	Altura Manométrica (m.c.a.):	105,57	Consumo Anual de Energia (kWh):	471.935,00
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	64,65	Custo Anual de Energia (R\$):	101.324,44
NA Mín Sucção (m):	378,72	Potência (kVA):	80,81	Custo Atual de Energia (R\$):	816.187,04
NA Máx Recalque (m):	464,38			Custo Total da Tubulação:	4.663.621,08
Taxa de Investimento (%):	12			Custo da Estação Elevatória:	410.838,30
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	5.890.646,43
Fator:	8,06				

EB2 a Stand-Pipe 2

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
0	1	379,12	396,51	27,23	0,02723	200	760	0,87	RPVC	0,00016	0,02	0,0039	2,97	484,29	481,32	105,57	84,81	85,26	67,87	12	0,00	91,00	0,00	69.160,00
1	2	396,51	454,38	27,23	0,02723	200	4520	0,87	PVC	0,00012	0,02	0,0037	16,94	481,32	464,38	84,81	10,00	67,87	10,00	10	56,63	0,00	0,00	255.982,67
Total							5.280						19,91											325.142,67

Stand-Pipe a Reservatório de Santa Cruz

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
2	3	454,38	453,43	27,23	0,02723	250	820	0,56	PVC	0,00012	0,02	0,0012	1,00	464,38	463,38	10,00	9,95	10,00	10,95	10	85,55	0,00	0,00	70.151,00
3	4	453,43	375,66	27,23	0,02723	250	2760	0,56	PVC	0,00012	0,02	0,0012	3,37	463,38	460,01	9,95	84,35	10,95	88,72	10	85,55	0,00	0,00	236.118,00
4	5	375,66	361,14	27,23	0,02723	250	2300	0,56	RPVC	0,00016	0,02	0,0013	2,91	460,01	457,10	84,35	95,96	88,72	103,24	12	0,00	128,00	0,00	294.400,00
5	6	361,14	347,34	23,07	0,02307	250	5100	0,47	RPVC	0,00016	0,02	0,0009	4,71	457,10	452,39	95,96	105,05	103,24	117,04	12	0,00	128,00	0,00	652.800,00
6	7	347,34	369,57	23,07	0,02307	250	3100	0,47	RPVC	0,00016	0,02	0,0009	2,86	452,39	449,53	105,05	79,96	117,04	94,81	12	0,00	128,00	0,00	396.800,00
7	8	369,57	393,24	23,07	0,02307	250	920	0,47	PVC	0,00012	0,02	0,0009	0,82	449,53	448,70	79,96	55,47	94,81	71,15	10	85,55	0,00	0,00	78.706,00
8	9	393,24	370,94	23,07	0,02307	250	6180	0,47	PVC	0,00012	0,02	0,0009	5,52	448,70	443,18	55,47	72,24	71,15	93,44	10	85,55	0,00	0,00	528.699,00
9	10	370,94	362,81	18,20	0,01820	200	4740	0,58	RPVC	0,00016	0,02	0,0018	8,58	443,18	434,60	72,24	71,79	93,44	101,57	12	0,00	91,00	0,00	431.340,00
10	11	362,81	333,14	18,20	0,01820	200	5475,9	0,58	RPVC	0,00016	0,02	0,0018	9,93	434,60	424,67	71,79	91,53	101,57	131,24	14	0,00	92,40	0,00	505.974,08
11	12	333,14	350,77	12,25	0,01225	200	1384,1	0,39	RPVC	0,00016	0,02	0,0009	1,18	424,67	423,48	91,53	72,72	131,24	113,61	14	0,00	92,40	0,00	127.889,92
12	13	350,77	375,52	12,25	0,01225	200	4700	0,39	RPVC	0,00016	0,02	0,0009	4,02	423,48	419,46	72,72	43,94	113,61	88,86	12	0,00	91,00	0,00	427.700,00
13	14	375,52	366,15	12,25	0,01225	200	1109	0,39	PVC	0,00012	0,02	0,0008	0,92	419,46	418,54	43,94	52,39	88,86	98,23	10	56,63	0,00	0,00	62.805,23
Total							38.589						45,84											3.813.383,23

**Quadro 1.15 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-2 a Santa Cruz (Hipótese 3) – Continuação****Hipótese:****3**

Trecho:	EB2 a Santa Cruz	Altura Geométrica (m):	85,66	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	27,23	Altura Manométrica (m.c.a.):	105,57	Consumo Anual de Energia (kWh):	471.935,00
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	64,65	Custo Anual de Energia (R\$):	101.324,44
NA Mín Sucção (m):	378,72	Potência (kVA):	80,81	Custo Atual de Energia (R\$):	816.187,04
NA Máx Recalque (m):	464,38			Custo Total da Tubulação:	4.663.621,08
Taxa de Investimento (%):	12			Custo da Estação Elevatória:	410.838,30
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	5.890.646,43
Fator:	8,06				

Derivação p/ Lastro

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
9	15	370,94	382,28	4,23	0,00423	100	4294,6	0,54	PVC	0,00012	0,02	0,0036	15,46	443,18	427,72	72,24	45,45	93,44	82,10	10	16,56	0,00	0,00	71.111,25
Total							4.295						15,46											71.111,25

Derivação p/ São Francisco

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
11	16	333,14	326,35	5,95	0,00595	100	2680	0,76	RPVC	0,00016	0,02	0,0072	19,26	424,67	405,41	91,53	79,05	131,24	138,03	14	0,00	52,00	0,00	139.360,00
16	17	326,35	320,74	3,63	0,00363	100	2640	0,46	RPVC	0,00016	0,03	0,0028	7,42	405,41	397,99	79,05	77,25	138,03	143,64	16	0,00	55,00	0,00	145.200,00
17	18	320,74	321,39	3,63	0,00363	100	1325,2	0,46	RPVC	0,00016	0,03	0,0028	3,72	397,99	394,26	77,25	72,88	143,64	143,00	16	0,00	55,00	0,00	72.884,35
Total							6.645						30,40											357.444,35

Derivação p/ São Pedro

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
16	19	326,35	330,32	2,32	0,00232	100	1.635	0,30	RPVC	0,00016	0,03	0,0012	1,99	405,41	403,42	79,05	73,10	138,03	134,06	14	0,00	52,00	0,00	85.009,08
Total							1.635						1,99											85.009,08

Derivação p/ Reservatório de Vieirópolis

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
5	20	361,14	370,84	3,17	0,00317	100	231	0,40	RPVC	0,00016	0,03	0,0022	0,50	457,10	456,60	95,96	85,76	103,24	93,54	12	0,00	50,00	0,00	11.530,50
Total							231						0,50											11.530,50

**Quadro 1.16 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-2 a Santa Cruz (Hipótese 4)****Hipótese:****4**

Trecho:	EB2 a Santa Cruz	Altura Geométrica (m):	85,66	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	27,23	Altura Manométrica (m.c.a.):	105,55	Consumo Anual de Energia (kWh):	471.836,29
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	64,64	Custo Anual de Energia (R\$):	101.303,25
NA Mín Sucção (m):	378,72	Potência (kVA):	80,79	Custo Atual de Energia (R\$):	816.016,33
NA Máx Recalque (m):	464,38			Custo Total da Tubulação:	5.330.345,09
Taxa de Investimento (%):	12			Custo da Estação Elevatória:	410.806,14
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	6.557.167,56
Fator:	8,06				

EB2 a Stand-Pipe 2

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
0	1	379,12	396,51	27,23	0,02723	200	760	0,87	RPVC	0,00016	0,02	0,0039	2,97	484,27	481,29	105,55	84,79	85,26	67,87	12	0,00	91,00	0,00	69.160,00
1	2	396,51	454,38	27,23	0,02723	200	4520	0,87	PVC	0,00012	0,02	0,0037	16,91	481,29	464,38	84,79	10,00	67,87	10,00	10	56,63	0,00	0,00	255.982,67
Total							5.280						19,89											325.142,67

Stand-Pipe a Reservatório de Santa Cruz

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
2	3	454,38	453,43	27,23	0,02723	250	820	0,56	PVC	0,00012	0,02	0,0012	1,00	464,38	463,38	10,00	9,95	10,00	10,95	10	85,55	0,00	0,00	70.151,00
3	4	453,43	375,66	27,23	0,02723	250	2760	0,56	PVC	0,00012	0,02	0,0012	3,37	463,38	460,01	9,95	84,35	10,95	88,72	10	85,55	0,00	0,00	236.118,00
4	5	375,66	361,14	27,23	0,02723	250	2300	0,56	RPVC	0,00016	0,02	0,0013	2,91	460,01	457,10	84,35	95,96	88,72	103,24	12	0,00	128,00	0,00	294.400,00
5	6	361,14	347,34	23,07	0,02307	250	5100	0,47	RPVC	0,00016	0,02	0,0009	4,71	457,10	452,39	95,96	105,05	103,24	117,04	12	0,00	128,00	0,00	652.800,00
6	7	347,34	369,57	23,07	0,02307	250	3100	0,47	RPVC	0,00016	0,02	0,0009	2,86	452,39	449,53	105,05	79,96	117,04	94,81	12	0,00	128,00	0,00	396.800,00
7	8	369,57	393,24	23,07	0,02307	250	920	0,47	PVC	0,00012	0,02	0,0009	0,82	449,53	448,70	79,96	55,47	94,81	71,15	10	85,55	0,00	0,00	78.706,00
8	9	393,24	370,94	23,07	0,02307	250	6180	0,47	PVC	0,00012	0,02	0,0009	5,52	448,70	443,18	55,47	72,24	71,15	93,44	10	85,55	0,00	0,00	528.699,00
9	10	370,94	362,81	18,20	0,01820	250	4740	0,37	RPVC	0,00016	0,02	0,0006	2,80	443,18	440,38	72,24	77,57	93,44	101,57	12	0,00	128,00	0,00	606.720,00
10	11	362,81	333,14	18,20	0,01820	250	5475,9	0,37	RPVC	0,00016	0,02	0,0006	3,24	440,38	437,14	77,57	104,00	101,57	131,24	14	0,00	134,00	0,00	733.771,94
11	12	333,14	350,77	12,25	0,01225	250	1384,1	0,25	RPVC	0,00016	0,02	0,0003	0,39	437,14	436,75	104,00	85,98	131,24	113,61	14	0,00	134,00	0,00	185.468,06
12	13	350,77	375,52	12,25	0,01225	250	4700	0,25	RPVC	0,00016	0,02	0,0003	1,33	436,75	435,42	85,98	59,91	113,61	88,86	12	0,00	128,00	0,00	601.600,00
13	14	375,52	366,15	12,25	0,01225	250	1109	0,25	PVC	0,00012	0,02	0,0003	0,31	435,42	435,12	59,91	68,97	88,86	98,23	10	85,55	0,00	0,00	94.873,24
Total							38.589						29,26											4.480.107,24

Quadro 1.16 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-2 a Santa Cruz (Hipótese 4) – Continuação

Hipótese:

4

Trecho:	EB2 a Santa Cruz	Altura Geométrica (m):	85,66	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	27,23	Altura Manométrica (m.c.a.):	105,55	Consumo Anual de Energia (kWh):	471.836,29
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	64,64	Custo Anual de Energia (R\$):	101.303,25
NA Mín Sucção (m):	378,72	Potência (kVA):	80,79	Custo Atual de Energia (R\$):	816.016,33
NA Máx Recalque (m):	464,38			Custo Total da Tubulação:	5.330.345,09
Taxa de Investimento (%):	12			Custo da Estação Elevatória:	410.806,14
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	6.557.167,56
Fator:	8,06				

Derivação p/ Lastro

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
9	15	370,94	382,28	4,23	0,00423	100	4294,6	0,54	PVC	0,00012	0,02	0,0036	15,46	443,18	427,72	72,24	45,44	93,44	82,10	10	16,56	0,00	0,00	71.111,25
Total							4.295						15,46											71.111,25

Derivação p/ São Francisco

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
11	16	333,14	326,35	5,95	0,00595	100	2680	0,76	RPVC	0,00016	0,02	0,0072	19,26	437,14	417,88	104,00	91,53	131,24	138,03	14	0,00	52,00	0,00	139.360,00
16	17	326,35	320,74	3,63	0,00363	100	2640	0,46	RPVC	0,00016	0,03	0,0028	7,42	417,88	410,46	91,53	89,73	138,03	143,64	16	0,00	55,00	0,00	145.200,00
17	18	320,74	321,39	3,63	0,00363	100	1325,2	0,46	RPVC	0,00016	0,03	0,0028	3,72	410,46	406,74	89,73	85,35	143,64	143,00	16	0,00	55,00	0,00	72.884,35
Total							6.645						30,40											357.444,35

Derivação p/ São Pedro

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
16	19	326,35	330,32	2,32	0,00232	100	1.635	0,30	RPVC	0,00016	0,03	0,0012	1,99	417,88	415,89	91,53	85,58	138,03	134,06	14	0,00	52,00	0,00	85.009,08
Total							1.635						1,99											85.009,08

Derivação p/ Reservatório de Vieirópolis

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
5	20	361,14	370,84	3,17	0,00317	100	231	0,40	RPVC	0,00016	0,03	0,0022	0,50	457,10	456,60	95,96	85,76	103,24	93,54	12	0,00	50,00	0,00	11.530,50
Total							231						0,50											11.530,50

1.5 SOBREPRESSÃO DOS TRECHOS

Os **Quadros 1.17 a 1.20** apresentam os cálculos demonstrativos das sobrepressões obtidas dos transientes hidráulicos aplicados aos diâmetros econômicos selecionados para os seguintes trechos:

- Trecho EB de Captação a ETA;
- Trecho EB-1/1 a Poço de José de Moura;
- Trecho EB-1/2 a Uiraúna;
- Trecho EB-2 a Santa Cruz.

**Quadro 1.17 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB de Captação a ETA (Hipótese 1 – Sobrepressão)****Hipótese: 1 (Selecionada)**

Trecho:	EB de Captação a ETA	Altura Geométrica (m):	21,58	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	55,63	Altura Manométrica (m.c.a.):	21,83	Consumo Anual de Energia (kWh):	199.384,20
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	27,31	Custo Anual de Energia (R\$):	42.807,79
NA Mín Sucção (m):	330,22	Potência (kVA):	34,14	Custo Atual de Energia (R\$):	344.824,61
NA Máx Recalque (m):	351,80	Sobrepressão (mca):	356,60	Custo Total da Tubulação:	16.310,42
Taxa de Investimento (%):	12	Sobrepressão com Válvula (mca):	356,60	Custo da Estação Elevatória:	322.035,00
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	683.170,02
Fator:	8,06				

EB de Captação a ETA

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Sobrepressão (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
0	1	330,00	348,00	55,63	0,05563	300	133	0,79	PVC	0,00012	0,02	0,0019	0,25	352,05	351,80	21,83	3,80	21,80	3,80	26,60	8,60	10	122,79	0,00	0,00	16.310,42
Total							133						0,25													16.310,42

**Quadro 1.18 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-1/1 a Poço de José de Moura (Hipótese 1 – Sobrepressão)****Hipótese: 1 (Selecionada)**

Trecho:	EB1/1 a Poço de José de Moura	Altura Geométrica (m):	32,22	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	3,52	Altura Manométrica (m.c.a.):	43,72	Consumo Anual de Energia (kWh):	25.262,45
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	3,46	Custo Anual de Energia (R\$):	5.423,85
NA Mín Sucção (m):	347,50	Potência (kVA):	4,33	Custo Atual de Energia (R\$):	43.690,09
NA Máx Recalque (m):	379,72	Sobrepressão (mca):	409,28	Custo Total da Tubulação:	147.596,02
Taxa de Investimento (%):	12	Sobrepressão com Válvula (mca):	409,28	Custo da Estação Elevatória:	265.302,14
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	456.588,24
Fator:	8,06				

EB1/1 a Stand-Pipe 1

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Sobrepressão (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
0	1	348,00	370,44	3,52	0,00352	100	345	0,45	PVC	0,00012	0,02	0,0026	0,88	391,22	390,34	43,72	19,89	31,72	9,28	61,28	38,84	10	16,56	0,00	0,00	5.705,01
1	2	370,44	325,18	3,52	0,00352	100	748	0,45	PVC	0,00012	0,02	0,0026	1,91	390,34	388,43	19,89	63,25	9,28	54,55	38,84	84,11	10	16,56	0,00	0,00	12.385,63
2	3	325,18	354,71	3,52	0,00352	100	3.032	0,45	PVC	0,00012	0,02	0,0026	7,74	388,43	380,69	63,25	25,98	54,55	25,01	84,11	54,57	10	16,56	0,00	0,00	50.204,87
3	4	354,71	369,72	3,52	0,00352	100	380	0,45	PVC	0,00012	0,02	0,0026	0,97	380,69	379,72	25,98	10,00	25,01	10,00	54,57	39,56	10	16,56	0,00	0,00	6.292,17
Total							4.505						11,50													74.587,67

Stand-Pipe a Reservatório de Poço de José de Moura

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Sobrepressão (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
4	5	369,72	348,02	3,52	0,00352	100	4.409	0,45	PVC	0,00012	0,02	0,0025	11,24	379,72	368,48	10,00	20,46	10,00	31,70	0,00	0,00	10	16,56	0,00	0,00	73.008,34
Total							4.409						11,24													73.008,34

**Quadro 1.19 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-1/2 a Uiraúna (Hipótese 1 – Sobrepressão)****Hipótese: 1 (Selecionada)**

Trecho:	EB1/2 a Uiraúna	Altura Geométrica (m):	44,49	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	49,47	Altura Manométrica (m.c.a.):	59,13	Consumo Anual de Energia (kWh):	480.202,88
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	65,78	Custo Anual de Energia (R\$):	103.099,56
NA Mín Sucção (m):	347,50	Potência (kVA):	82,23	Custo Atual de Energia (R\$):	830.485,90
NA Máx Recalque (m):	391,99	Sobrepressão (mca):	424,36	Custo Total da Tubulação:	1.582.320,25
Taxa de Investimento (%):	12	Sobrepressão com Válvula (mca):	424,36	Custo da Estação Elevatória:	413.532,16
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	2.826.338,31
Fator:	8,06				

EB1/2 a Reservatório de Uiraúna

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Sobrepressão (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
0	1	348,00	370,44	49,47	0,04947	300	345	0,70	PVC	0,00012	0,02	0,0015	0,52	406,63	406,11	59,13	35,66	43,99	21,55	76,36	53,92	10	122,79	0,00	0,00	42.306,64
1	2	370,44	325,18	49,47	0,04947	300	748	0,70	PVC	0,00012	0,02	0,0015	1,13	406,11	404,97	35,66	79,80	21,55	66,82	53,92	99,19	10	122,79	0,00	0,00	91.848,17
2	3	325,18	333,84	49,47	0,04947	300	2.480	0,70	PVC	0,00012	0,02	0,0015	3,76	404,97	401,22	79,80	67,37	66,82	58,15	99,19	90,52	10	122,79	0,00	0,00	304.523,33
3	4	333,84	336,39	49,47	0,04947	300	3.426	0,70	PVC	0,00012	0,02	0,0015	5,19	401,22	396,03	67,37	59,64	58,15	55,60	90,52	87,97	10	122,79	0,00	0,00	420.684,25
4	5	336,39	371,99	22,24	0,02224	200	1.587	0,71	PVC	0,00012	0,02	0,0025	4,04	396,03	391,99	59,64	20,00	55,60	20,00	87,97	52,37	10	56,63	0,00	0,00	89.887,86
Total							8.586						14,64													949.250,25

Derivação para Uiraúna a EB2

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Sobrepressão (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
4	6	336,39	379,12	27,23	0,02723	250	7.400	0,56	PVC	0,00012	0,02	0,0012	9,04	396,03	386,98	59,64	7,87	55,60	12,87	0,00	0,00	10	85,55	0,00	0,00	633.070,00
Total							7.400						9,04													633.070,00

**Quadro 1.20– Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-2 a Santa Cruz (Hipótese 1 – Sobrepressão)****Hipótese: 1 (Selecionada)**

Trecho:	EB2 a Santa Cruz	Altura Geométrica (m):	85,66	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	27,23	Altura Manométrica (m.c.a.):	105,55	Consumo Anual de Energia (kWh):	471.849,35
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	64,64	Custo Anual de Energia (R\$):	101.306,06
NA Mín Sucção (m):	378,72	Potência (kVA):	80,80	Custo Atual de Energia (R\$):	816.038,92
NA Máx Recalque (m):	464,38	Sobrepressão (mca):	514,55	Custo Total da Tubulação:	4.141.639,77
Taxa de Investimento (%):	12	Sobrepressão com Válvula (mca):	494,27	Custo da Estação Elevatória:	410.810,39
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	5.368.489,08
Fator:	8,06				

EB2 a Stand-Pipe 2

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Sobrepressão (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
0	1	379,12	396,51	27,23	0,02723	200	760	0,87	RPVC	0,00016	0,02	0,0039	2,97	484,27	481,30	105,55	84,79	85,26	67,87	115,16	97,76	12	0,00	91,00	0,00	69.160,00
1	2	396,51	454,38	27,23	0,02723	200	4.520	0,87	PVC	0,00012	0,02	0,0037	16,92	481,30	464,38	84,79	10,00	67,87	10,00	97,76	39,89	10	56,63	0,00	0,00	255.982,67
Total							5.280						19,89													325.142,67

Stand-Pipe a Reservatório de Santa Cruz

Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Sobrepressão (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
2	3	454,38	453,43	27,23	0,02723	250	820	0,56	PVC	0,00012	0,02	0,0012	1,00	464,38	463,38	10,00	9,94	10,00	10,95	0,00	0,00	10	85,55	0,00	0,00	70.151,00
3	4	453,43	375,66	27,23	0,02723	250	2.760	0,56	PVC	0,00012	0,02	0,0012	3,37	463,38	460,01	9,94	84,35	10,95	88,72	0,00	0,00	10	85,55	0,00	0,00	236.118,00
4	5	375,66	361,14	27,23	0,02723	200	2.300	0,87	RPVC	0,00016	0,02	0,0039	8,99	460,01	451,01	84,35	89,88	88,72	103,24	0,00	0,00	12	0,00	91,00	0,00	209.300,00
5	6	361,14	347,34	23,07	0,02307	200	5.100	0,73	RPVC	0,00016	0,02	0,0028	14,51	451,01	436,50	89,88	89,16	103,24	117,04	0,00	0,00	12	0,00	91,00	0,00	464.100,00
6	7	347,34	369,57	23,07	0,02307	200	3.100	0,73	RPVC	0,00016	0,02	0,0028	8,82	436,50	427,68	89,16	58,11	117,04	94,81	0,00	0,00	12	0,00	91,00	0,00	282.100,00
7	8	369,57	393,24	23,07	0,02307	200	920	0,73	PVC	0,00012	0,02	0,0027	2,51	427,68	425,17	58,11	31,93	94,81	71,15	0,00	0,00	10	56,63	0,00	0,00	52.102,67
8	9	393,24	370,94	23,07	0,02307	200	6.180	0,73	PVC	0,00012	0,02	0,0027	16,89	425,17	408,28	31,93	37,34	71,15	93,44	0,00	0,00	10	56,63	0,00	0,00	349.994,00
9	10	370,94	362,81	18,20	0,01820	200	4.740	0,58	RPVC	0,00016	0,02	0,0018	8,58	408,28	399,70	37,34	36,88	93,44	101,57	0,00	0,00	12	0,00	91,00	0,00	431.340,00
10	11	362,81	333,14	18,20	0,01820	200	5.476	0,58	RPVC	0,00016	0,02	0,0018	9,92	399,70	389,78	36,88	56,64	101,57	131,24	0,00	0,00	14	0,00	92,40	0,00	505.974,08
11	12	333,14	350,77	12,25	0,01225	200	1.384	0,39	RPVC	0,00016	0,02	0,0009	1,18	389,78	388,60	56,64	37,83	131,24	113,61	0,00	0,00	14	0,00	92,40	0,00	127.889,92
12	13	350,77	375,52	12,25	0,01225	200	4.700	0,39	RPVC	0,00016	0,02	0,0009	4,02	388,60	384,58	37,83	9,06	113,61	88,86	0,00	0,00	12	0,00	91,00	0,00	427.700,00
13	14	375,52	366,15	12,25	0,01225	200	1.109	0,39	PVC	0,00012	0,02	0,0008	0,92	384,58	383,66	9,06	17,51	88,86	98,23	0,00	0,00	10	56,63	0,00	0,00	62.805,23
Total							38.589						80,72													3.219.574,90

**Quadro 1.20 – Seleção do Diâmetro Econômico – Trecho EB-2 a Santa Cruz (Hipótese 1 – Sobrepressão) – Continuação****Hipótese: 1 (Selecionada)**

Trecho:	EB2 a Santa Cruz	Altura Geométrica (m):	85,66	Consumo (R\$/kWh):	0,2147
Vazão de Bombeamento (l/s):	27,23	Altura Manométrica (m.c.a.):	105,55	Consumo Anual de Energia (kWh):	471.849,35
Horas de Bombeamento:	20	Potência (kW):	64,64	Custo Anual de Energia (R\$):	101.306,06
NA Mín Sucção (m):	378,72	Potência (kVA):	80,80	Custo Atual de Energia (R\$):	816.038,92
NA Máx Recalque (m):	464,38	Sobrepressão (mca):	514,55	Custo Total da Tubulação:	4.141.639,77
Taxa de Investimento (%):	12	Sobrepressão com Válvula (mca):	494,27	Custo da Estação Elevatória:	410.810,39
Número de Anos:	30			Custo do Sistema:	5.368.489,08
Fator:	8,06				

Derivação p/ Lastro

Derivação p/ Castro																										
Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Sobrepressão (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
9	15	370,94	382,28	4,23	0,00423	150	4.295	0,24	PVC	0,00012	0,02	0,0005	2,07	408,28	406,21	37,34	23,93	93,44	82,10	0,00	0,00	10	33,28	0,00	0,00	142.938,27
Total							4.295						2,07													142.938,27

Derivação p/ São Francisco

Bombardeio - São Francisco																										
Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Sobrepressão (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°Fº	
11	16	333,14	326,35	5,95	0,00595	100	2.680	0,76	RPVC	0,00016	0,02	0,0072	19,26	389,78	370,52	56,64	44,17	131,24	138,03	0,00	0,00	14	0,00	52,00	0,00	139.360,00
16	17	326,35	320,74	3,63	0,00363	100	2.640	0,46	RPVC	0,00016	0,03	0,0028	7,42	370,52	363,10	44,17	42,36	138,03	143,64	0,00	0,00	16	0,00	55,00	0,00	145.200,00
17	18	320,74	321,39	3,63	0,00363	100	1.325	0,46	RPVC	0,00016	0,03	0,0028	3,72	363,10	359,38	42,36	37,99	143,64	143,00	0,00	0,00	16	0,00	55,00	0,00	72.884,35
Total							6.645						30,40													357.444,35

Derivação p/ São Pedro

Derivação p/ São Pedro																										
Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Sobrepressão (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
16	19	326,35	330,32	2,32	0,00232	100	1.635	0,30	RPVC	0,00016	0,03	0,0012	1,99	370,52	368,53	44,17	38,22	138,03	134,06	0,00	0,00	14	0,00	52,00	0,00	85.009,08
Total							1.635						1,99													85.009,08

Derivação p/ Vieirópolis

Cálculo de Cota para a Rede de Saneamento																										
Trecho		Cota do Terreno (m)		Q (l/s)	Q (m³/s)	DN	L (m)	V (m/s)	Mater.	K (m)	f	hf 1 (m/m)	hf 1 (m)	Cota Piezométrica (m)		Pressão Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Sobrepressão (mca)		Classe de Pressão	Custo da Tubulação (R\$/m)			Custo Total da Tubulação (R\$)
Mont.	Jus.	Mont.	Jus.											Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		PVC	RPVC	F°F°	
5	20	361,14	370,84	3,17	0,00317	100	231	0,40	RPVC	0,00016	0,03	0,0022	0,50	451,01	450,51	89,88	79,67	103,24	93,54	0,00	0,00	12	0,00	50,00	0,00	11.530,50
Total							231						0,50													11.530,50



2. Estações de Bombeamento

2. ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO

2.1 TRECHO EB DE CAPTAÇÃO A ETA

Quadro 2.1 – Cálculo da Curva do Sistema da Estação de Bombeamento EB Captação

Vazão do Sistema = 55,63 l/s
Número de Bombas = 4 Reserva = 1 Total de Bombas = 5
Vazão por Bomba = 13,91 l/s

Perdas de Carga Acidentais em Peças Especiais

Peça	Sucção DN = 200			Recalque DN = 100		
	K	Quant.	K total	K	Quant.	
Curva de raio longo	0,4	1	0,4	0,4		0
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	2	0,4	0,2	1	0,2
Válvula Controladora de Bomba	10		0	10	1	10
Registro de ângulo aberto	5		0	5		0
Junção de 45°	0,4	1	0,4	0,4		0
Tê, passagem estreita	0,6		0	0,6		0
Tê, saída lateral	1,3	1	1,3	1,3	1	1,3
Tê, saída bilateral	1,8		0	1,8		0
Válvula de retenção	2,5		0	2,5	1	2,5
Válvula borboleta	0,24		0	0,24		0
Total	2,65			14,3		
Perdas Localizadas (m)	0,026			2,285		
Perdas Localizadas Totais(m)				2,312		

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)	Perda Acum (m)	Cota Piezom (m)
55,63	132,83	300	0,79	0,12	0,001893	0,25	0,25	351,80

Cálculo da Altura Manométrica

Sucção		Recalque		Altura Geométrica		Perdas de	Alturas Manométricas	
NAmin (m)	Namáx (m)	NAmin (m)	Namáx (m)	Mín. (m)	Máx. (m)	Carga (m)	Máx. (m)	Mín. (m)
330,22	330,220	351,80	351,80	21,58	21,58	2,56	24,14	24,14

Bomba Escolhida

Marca: Dresser
Modelo: 2 DBE-51
Rotação: 3550 rpm

Quadro 2.1 – Cálculo da Curva do Sistema da Estação de Bombeamento EB Captação (Continuação)

Cálculo da Potência da Bomba

Q (l/s)	Alt. Manométrica (m)		Rendimento		Potência (HP)		
	Máx.	Mín	Bomba	Motor	Bomba	Moto-Bomba	Comercial
13,91	24,14	24,14	0,74	0,82	6,05	7,38	10,00

Cálculo do NPSH Disponível

Z (m)	Pa (kgf/cm ²)	Pv (20°C) (hgf/cm ²)	Perda Suc. (m)	NPSH disp (m)	NPSH req (m)	NPSH res (m)
0,4	0,95	0,024	0,026	9,63	2,40	7,23

Curva do Sistema

Tubulação de recalque

Q (l/s):	55,63	Perda = $K_1 Q^2$	
Perda (m):	0,25	$K_1 =$	81,264717

Alturas geométricas

Máxima:	21,58
Mínima:	21,58

Perdas Localizadas

Sucção:	0,026	Perda = $K_S Q^2$		Perda = $K_R Q^2$	
Recalque:	2,285	$K_S =$	136,85	$K_R =$	11815,65

Curva do Sistema

Q (l/s)	Q (m ³ /s)	Alt. Manométrica (m)	
		Máx.	Mín.
0	0	23,70	23,70
15	0,015	23,91	23,91
30	0,030	23,96	23,96
45	0,045	24,06	24,06
55,63	0,056	24,14	24,14
60	0,060	24,18	24,18
75	0,075	24,35	24,35

Curva da Bomba

Q (m ³ /h)	Q (m ³ /s)				Alt. Man. (m)
	1 Bomba	2 Bombas	3 Bombas	4 Bombas	
0	0,000	0,000	0,000	0,000	26,90
10	0,003	0,006	0,008	0,011	26,70
20	0,006	0,011	0,017	0,022	26,50
30	0,008	0,017	0,025	0,033	26,10
40	0,011	0,022	0,033	0,044	25,50
50,076	0,014	0,028	0,042	0,056	24,14
60	0,017	0,033	0,050	0,067	22,00
70	0,019	0,039	0,058	0,078	18,80
80	0,022	0,044	0,067	0,089	15,00

Figura 2.1 – Curva do Sistema da Estação de Bombeamento EB Captação

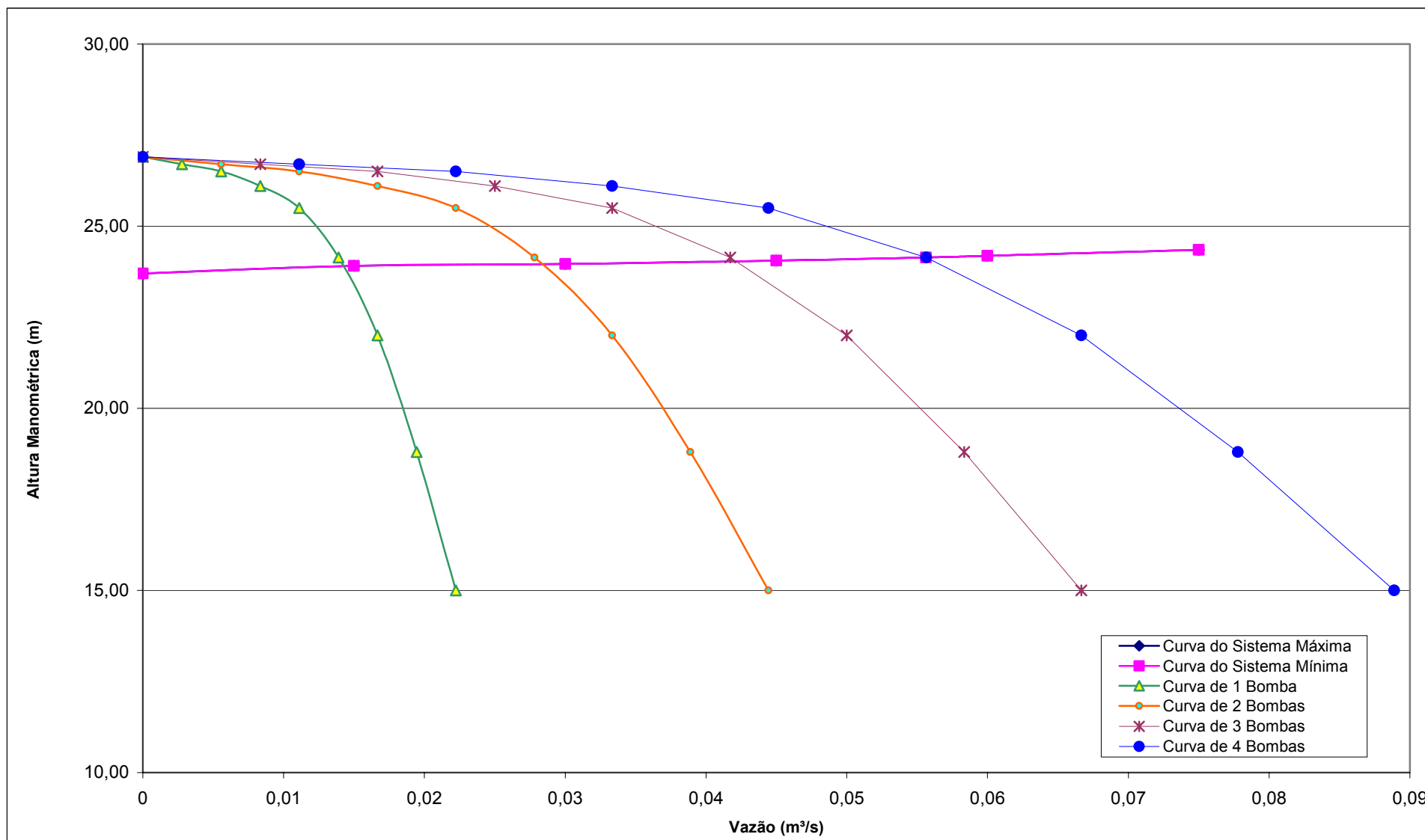


Figura 2.2 – Curvas das Bombas – EB Captação

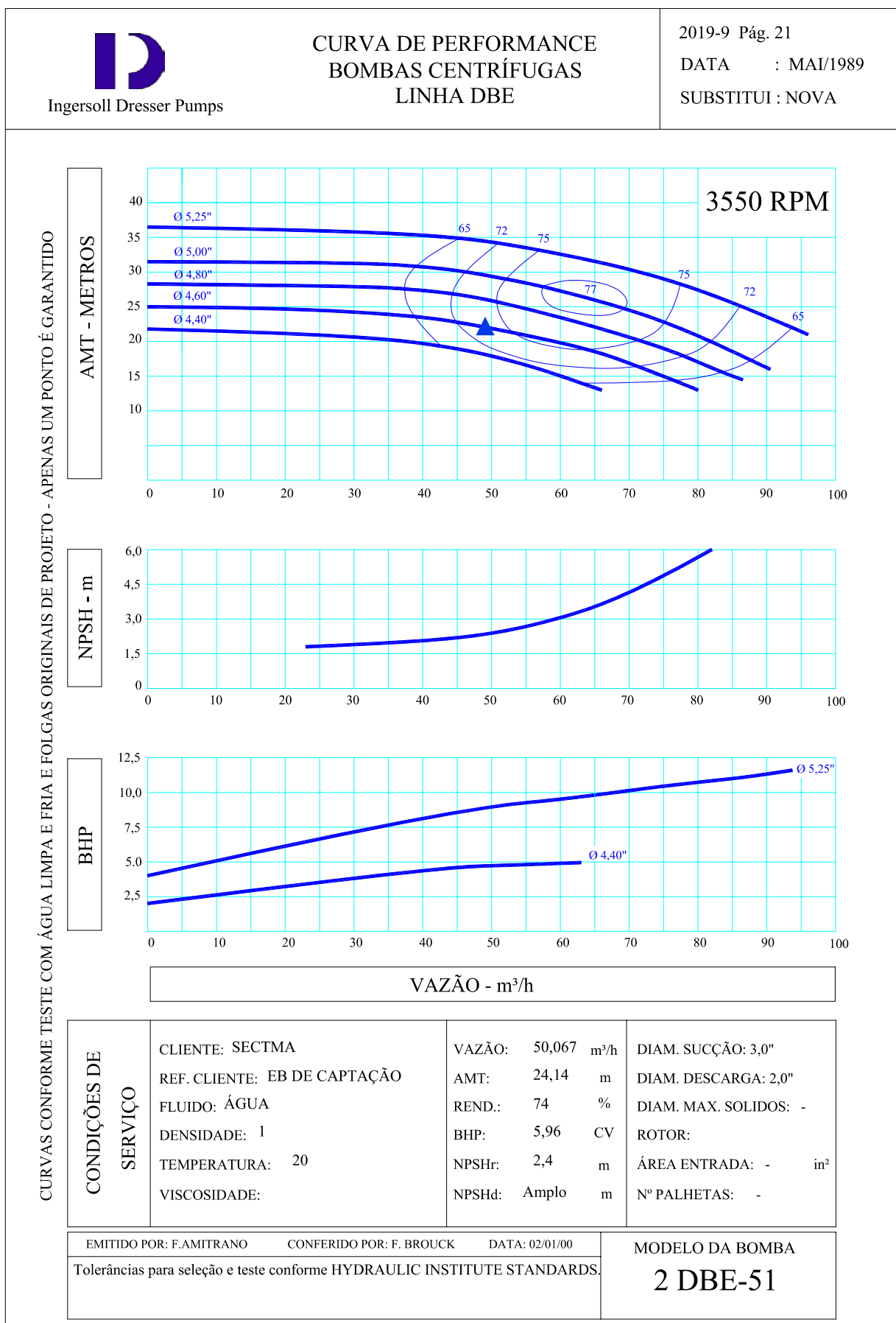
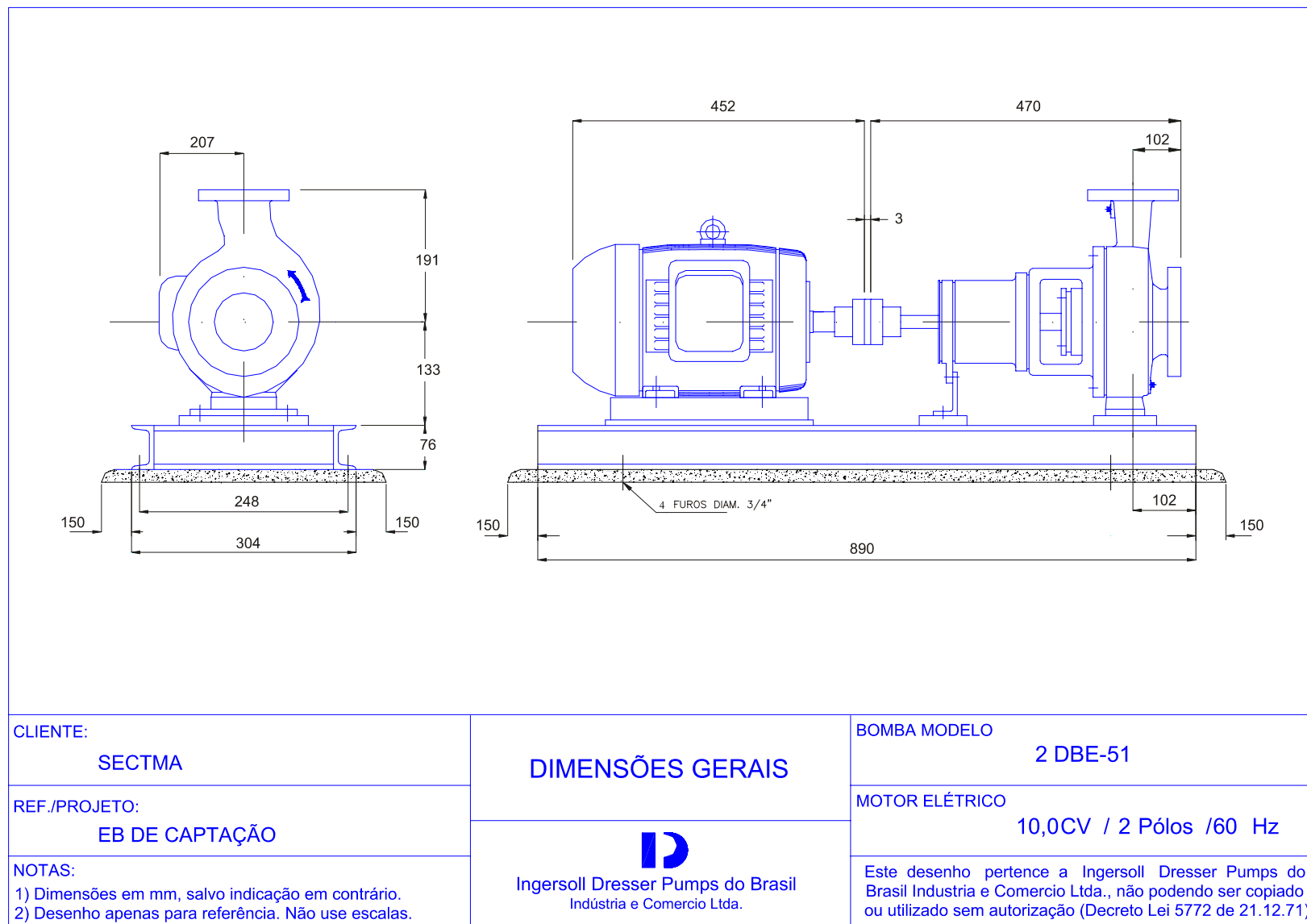


Figura 2.3 – Dimensionais dos Motores – EB Captação



2.2 TRECHO EB-1/1 A POÇO DE JOSÉ DE MOURA

Quadro 2.2 – Cálculo da Curva do Sistema da Estação de Bombeamento EB-1/1

Vazão do Sistema = 3,52 l/s
Número de Bombas = 1 Reserva = 1 Total de Bombas = 2
Vazão por Bomba = 3,52 l/s

Perdas de Carga Acidentais em Peças Especiais

Peça	Sucção DN = 150			Recalque DN = 80		
	K	Quant.	K total	K	Quant.	
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
Válvula Controladora de Bomba	10		0	10	1	10
Registro de ângulo aberto	5		0	5		0
Junção de 45°	0,4		0	0,4		0
Tê, passagem estreita	0,6		0	0,6		0
Tê, saída lateral	1,3		0	1,3	1	1,3
Tê, saída bilateral	1,8		0	1,8		0
Válvula de retenção	2,5		0	2,5	1	2,5
Válvula borboleta	0,24		0	0,24		0
Total			0,75			14,7
Perdas Localizadas (m)			0,002			0,367
Perdas Localizadas Totais(m)						0,369

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)	Perda Acum (m)	Cota Piezom (m)
3,52	4504,54	100	0,45	0,12	0,002550	11,49	11,49	379,72

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)
347,50	350,100	379,72	379,72	29,62	32,22	11,85	44,07	41,47

Bomba Escolhida

Marca: Dresser
Modelo: D-814 2x1x6
Rotação: 3530 rpm

Quadro 2.2 – Cálculo da Curva do Sistema da Estação de Bombeamento EB-1/1 (Continuação)

Cálculo da Potência da Bomba

Q (l/s)	Alt. Manométrica (m)		Rendimento		Potência (HP)		
	Máx.	Mín	Bomba	Motor	Bomba	Moto-Bomba	Comercial
3,52	44,07	41,47	0,50	0,80	4,14	5,17	7,50

Cálculo do NPSH Disponível

Z (m)	Pa (kgf/cm ²)	Pv (20°C) (hgf/cm ²)	Perda Suc. (m)	NPSH disp (m)	NPSH req (m)	NPSH res (m)
0,4	0,95	0,024	0,002	9,66	1,90	7,76

Curva do Sistema

Tubulação de recalque

Q (l/s):	3,52	Perda = $K_1 Q^2$	
Perda (m):	11,49	$K_1 =$	927008,3

Alturas geométricas

Máxima:	32,22
Mínima:	29,62

Perdas Localizadas

Sucção:	0,002	Perda = $K_S Q^2$		Perda = $K_R Q^2$	
Recalque:	0,367	$K_S =$	122,41	$K_R =$	29653,70

Curva do Sistema

Q (l/s)	Q (m ³ /s)	Alt. Manométrica (m)	
		Máx.	Mín.
0	0	32,22	29,62
1	0,001	33,18	30,58
2	0,002	36,05	33,45
3	0,003	40,83	38,23
3,52	0,004	44,07	41,47
4	0,004	47,53	44,93
5	0,005	56,14	53,54
6	0,006	66,66	64,06

Curva da Bomba

Q (m³/h)	Q (m³/s)	Alt. Man. (m)
	1 Bomba	
0	0,000	48,00
4	0,001	47,30
8	0,002	46,80
12	0,003	44,70
12,672	0,004	44,07
16	0,004	40,50
20	0,006	34,50

Figura 2.4 – Curva do Sistema da Estação de Bombeamento EB-1/1

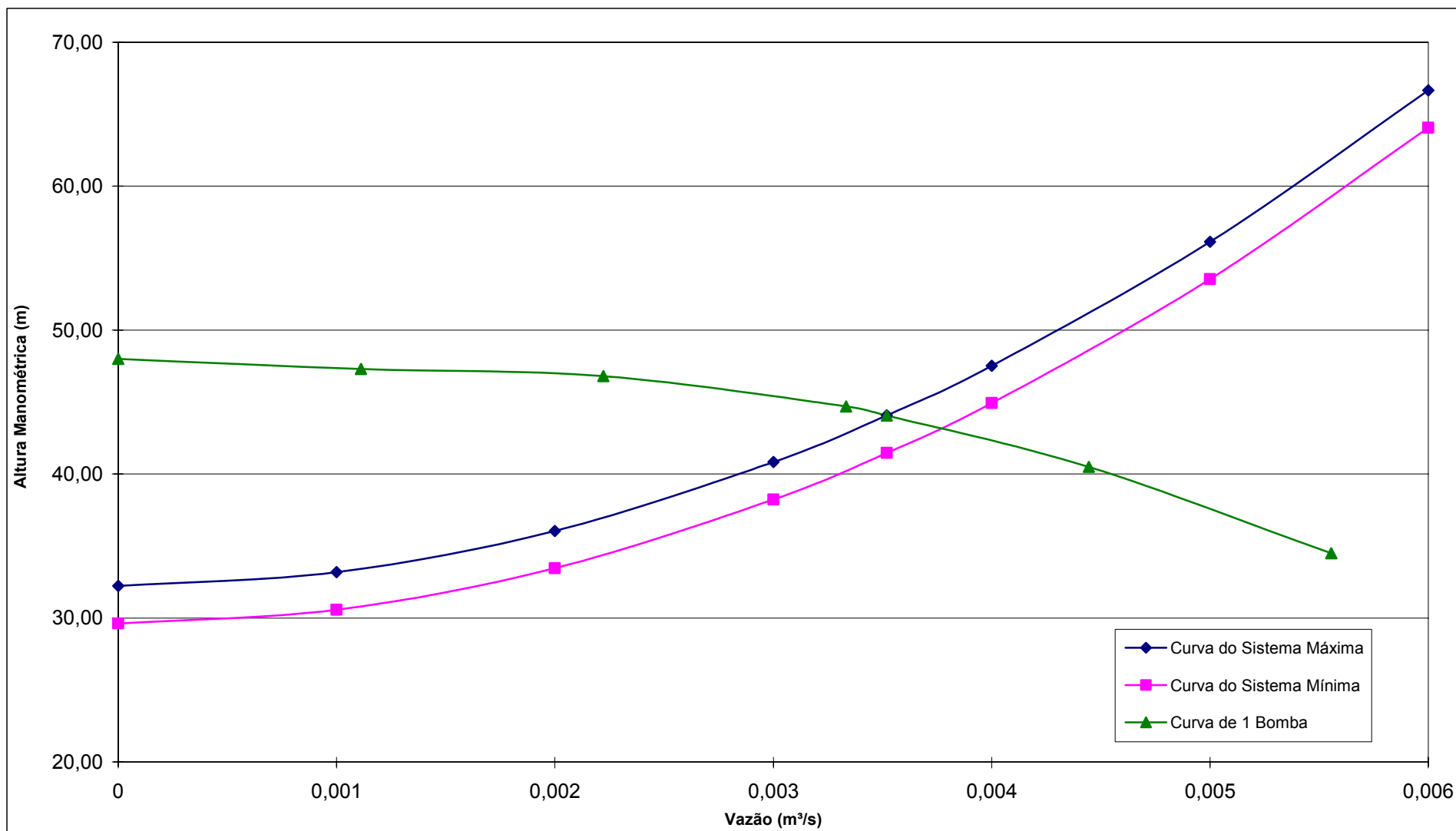


Figura 2.5 – Curvas das Bombas – EB-1/1

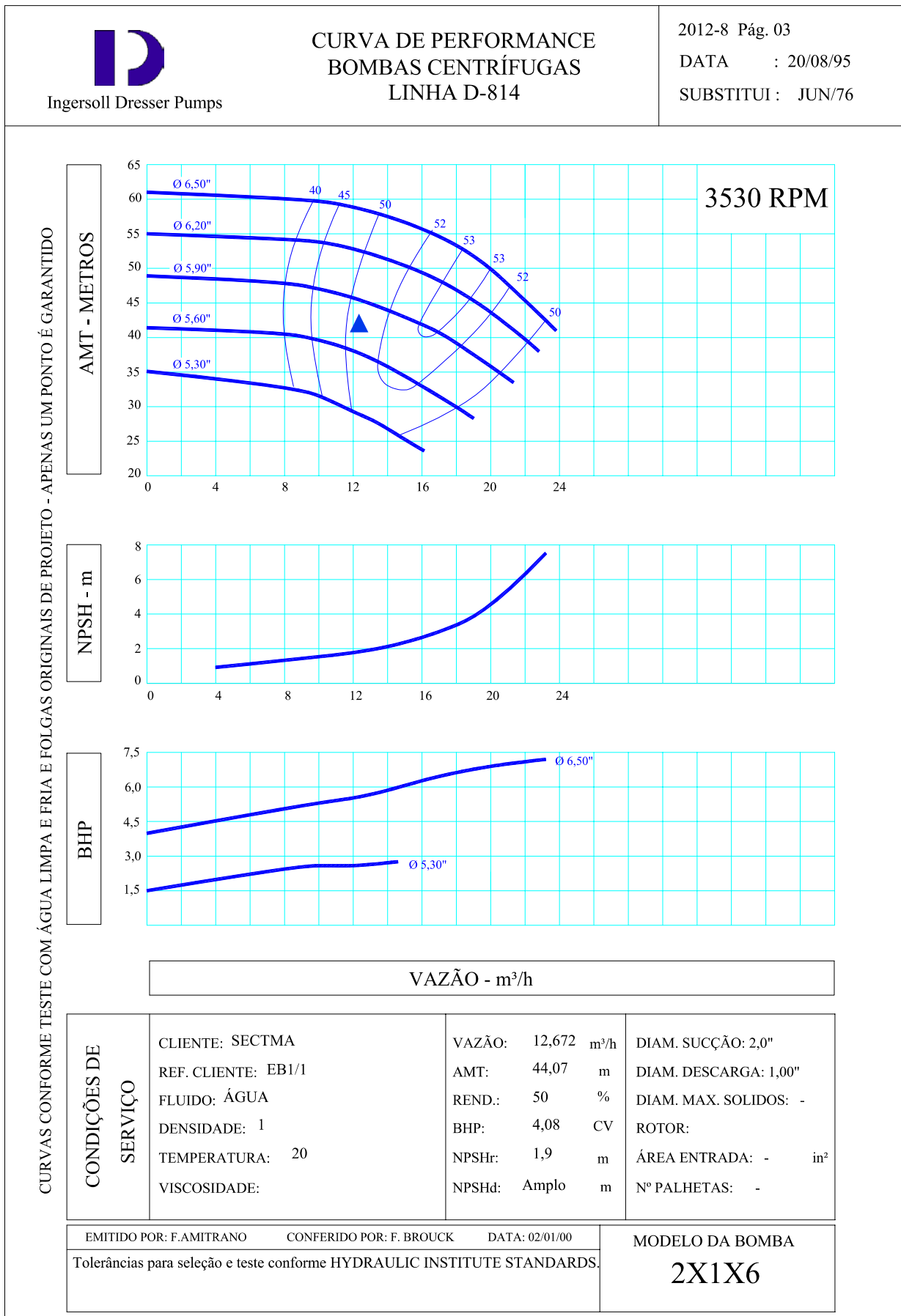
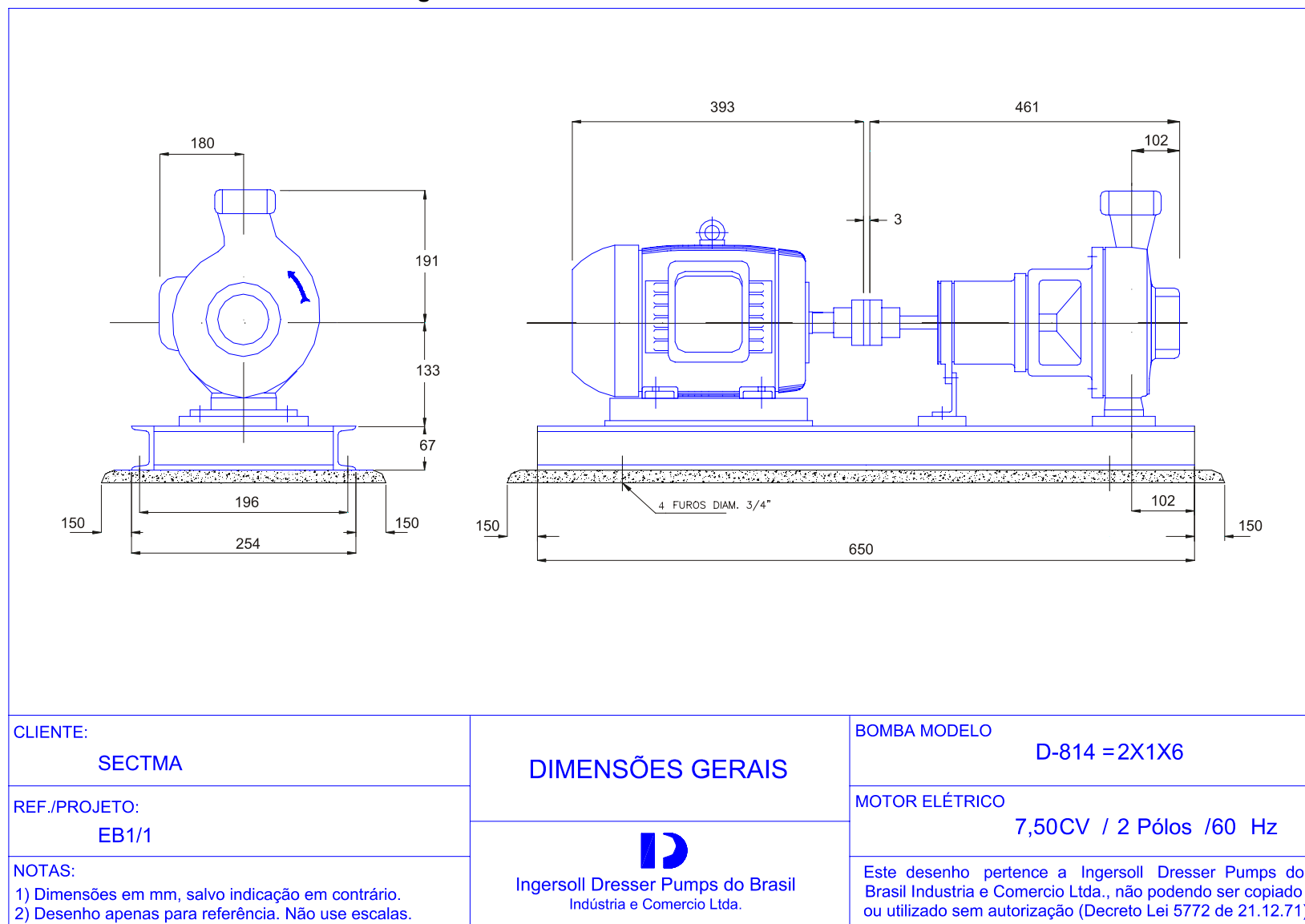


Figura 2.6 – Dimensionais dos Motores – EB-1/1


2.3 TRECHO EB-1/2 A UIRAÚNA

Quadro 2.3 – Cálculo da Curva do Sistema da Estação de Bombeamento EB-1/2

Vazão do Sistema = 49,47 l/s
Número de Bombas = 2 Reserva = 1 Total de Bombas = 3
Vazão por Bomba = 24,735 l/s

Perdas de Carga Acidentais em Peças Especiais

Peça	Sucção DN = 300			Recalque DN = 200		
	K	Quant.	K total	K	Quant.	
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
Válvula Controladora de Bomba	10		0	10	1	10
Registro de ângulo aberto	5		0	5		0
Junção de 45°	0,4		0	0,4		0
Tê, passagem estreita	0,6		0	0,6		0
Tê, saída lateral	1,3		0	1,3	1	1,3
Tê, saída bilateral	1,8		0	1,8		0
Válvula de retenção	2,5		0	2,5	1	2,5
Válvula borboleta	0,24		0	0,24		0
Total			0,75			14,7
Perdas Localizadas (m)			0,005			0,464
Perdas Localizadas Totais(m)						0,469

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)	Perda Acum (m)	Cota Piezom (m)
49,47	6998,54	300	0,70	0,12	0,001514	10,60	14,64	396,03
22,24	1587	200	0,71	0,12	0,002546	4,04	4,04	391,99

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)
347,50	350,100	386,69	391,99	36,59	44,49	15,11	59,60	51,70

Bomba Escolhida

Marca: Dresser
Modelo: D-814 4x3x8
Rotação: 3550 rpm

Quadro 2.3 – Cálculo da Curva do Sistema da Estação de Bombeamento EB-1/2 (Continuação)

Cálculo da Potência da Bomba

Q (l/s)	Alt. Manométrica (m)		Rendimento		Potência (HP)		
	Máx.	Mín	Bomba	Motor	Bomba	Moto-Bomba	Comercial
24,74	59,60	51,70	0,72	0,87	27,30	31,38	40,00

Cálculo do NPSH Disponível

Z (m)	Pa (kgf/cm ²)	Pv (20°C) (hgf/cm ²)	Perda Suc. (m)	NPSH disp (m)	NPSH req (m)	NPSH res (m)
0,25	0,95	0,024	0,005	9,51	3,30	6,21

Curva do Sistema

Tubulação de recalque

Q (l/s):	49,47	Perda = $K_1 Q^2$	
Perda (m):	14,64	$K_1 =$	5981,8

Alturas geométricas

Máxima:	44,49
Mínima:	36,59

Perdas Localizadas

Sucção:	0,005	Perda = $K_S Q^2$		Perda = $K_R Q^2$	
Recalque:	0,464	$K_S =$	7,65	$K_R =$	759,13

Curva do Sistema

Q (l/s)	Q (m ³ /s)	Alt. Manométrica (m)	
		Máx.	Mín.
0	0	44,49	36,59
15	0,015	46,01	38,11
30	0,030	50,56	42,66
45	0,045	58,16	50,26
49,47	0,049	61,01	53,11
60	0,060	68,78	60,88
75	0,075	82,45	74,55

Curva da Bomba

Q (m ³ /h)	Q (m ³ /s)		Alt. Man. (m)
	1 Bomba	2 Bombas	
0	0,000	0,000	63,00
20	0,006	0,011	62,50
40	0,011	0,022	62,00
60	0,017	0,033	61,50
80	0,022	0,044	60,20
89,046	0,025	0,049	59,60
100	0,028	0,056	58,00
120	0,033	0,067	54,20
140	0,039	0,078	50,20
160	0,044	0,089	45,00

Figura 2.7 – Curva do Sistema da Estação de Bombeamento EB-1/2

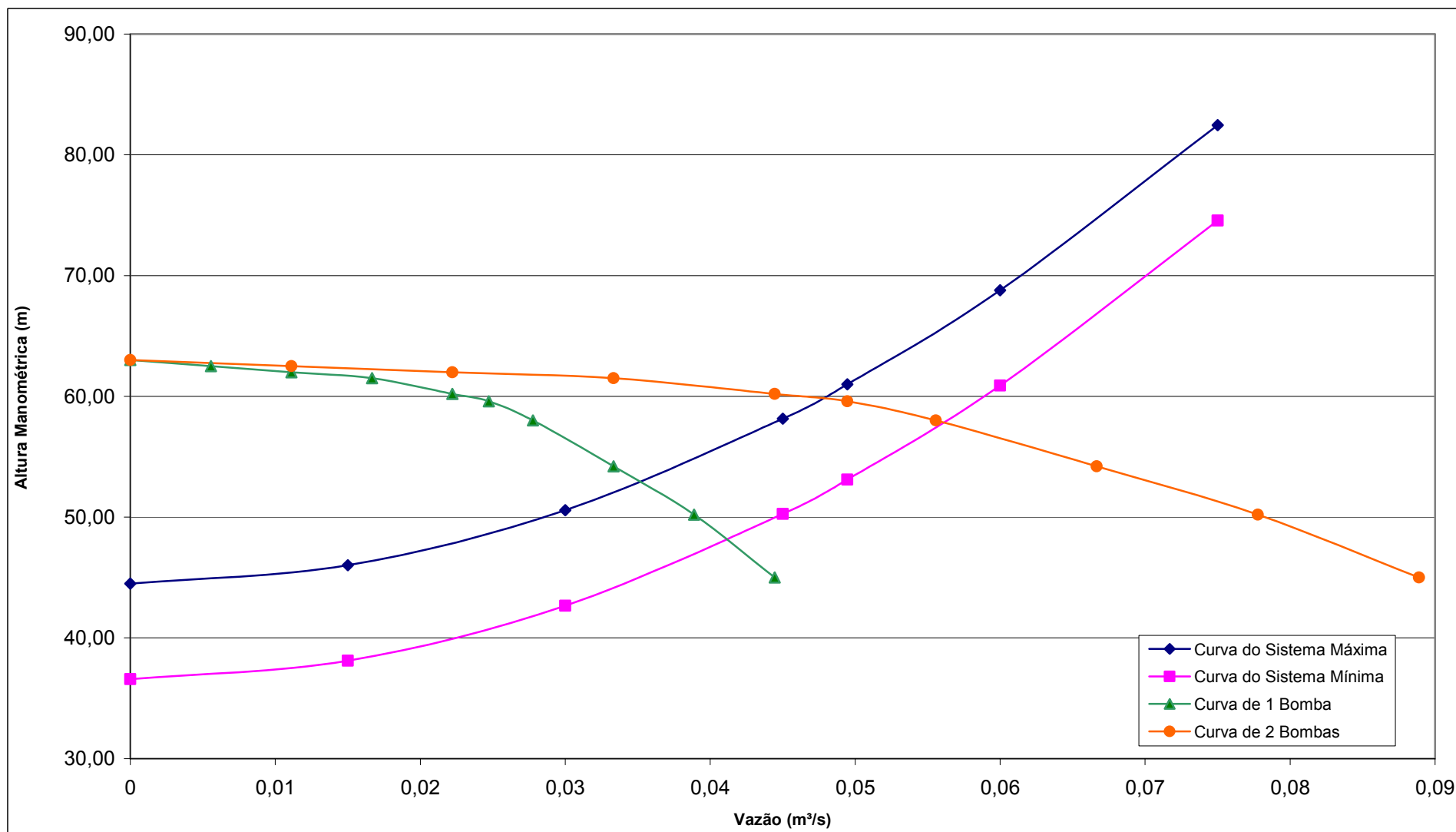


Figura 2.8 – Curvas das Bombas – EB-1/2

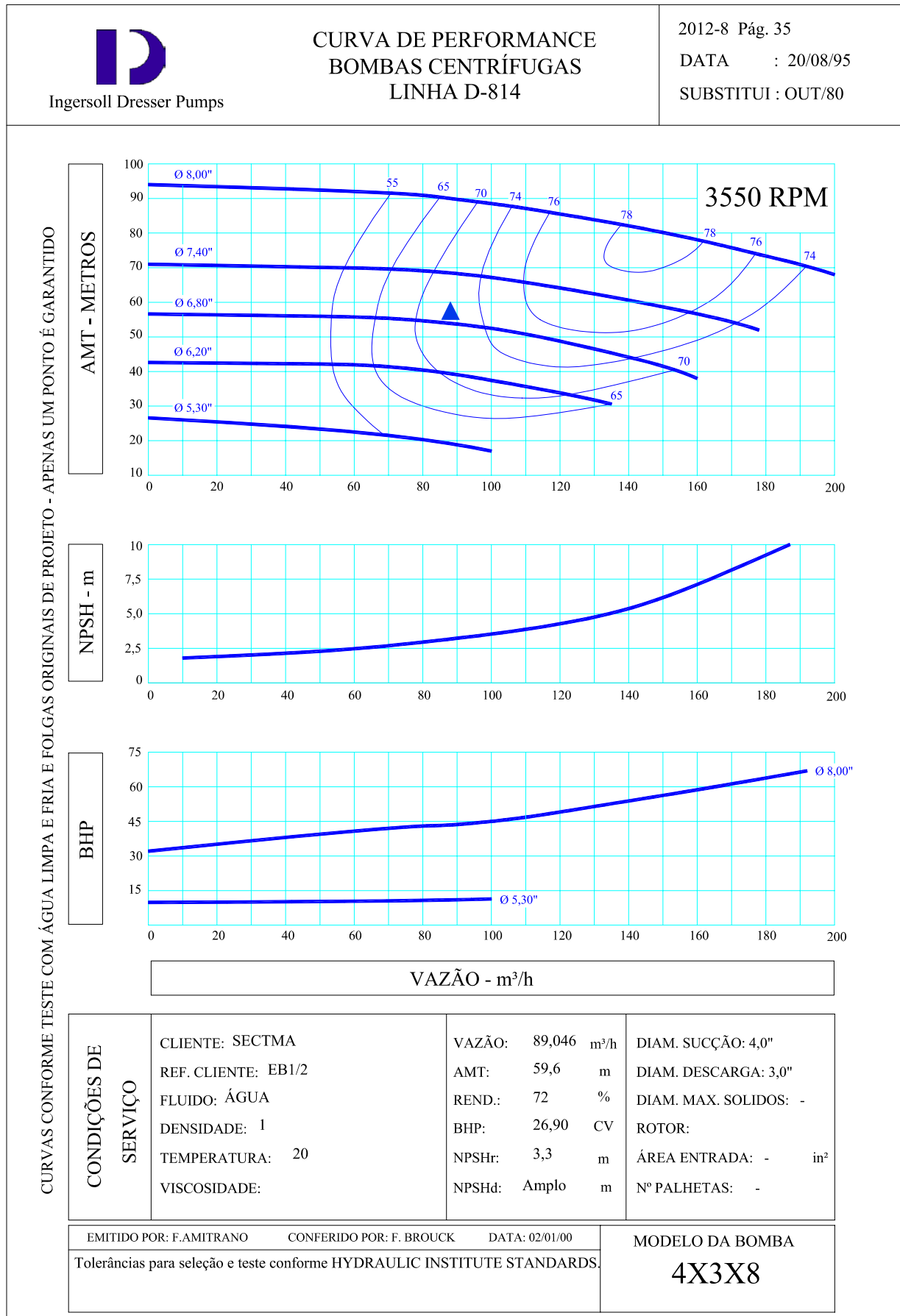
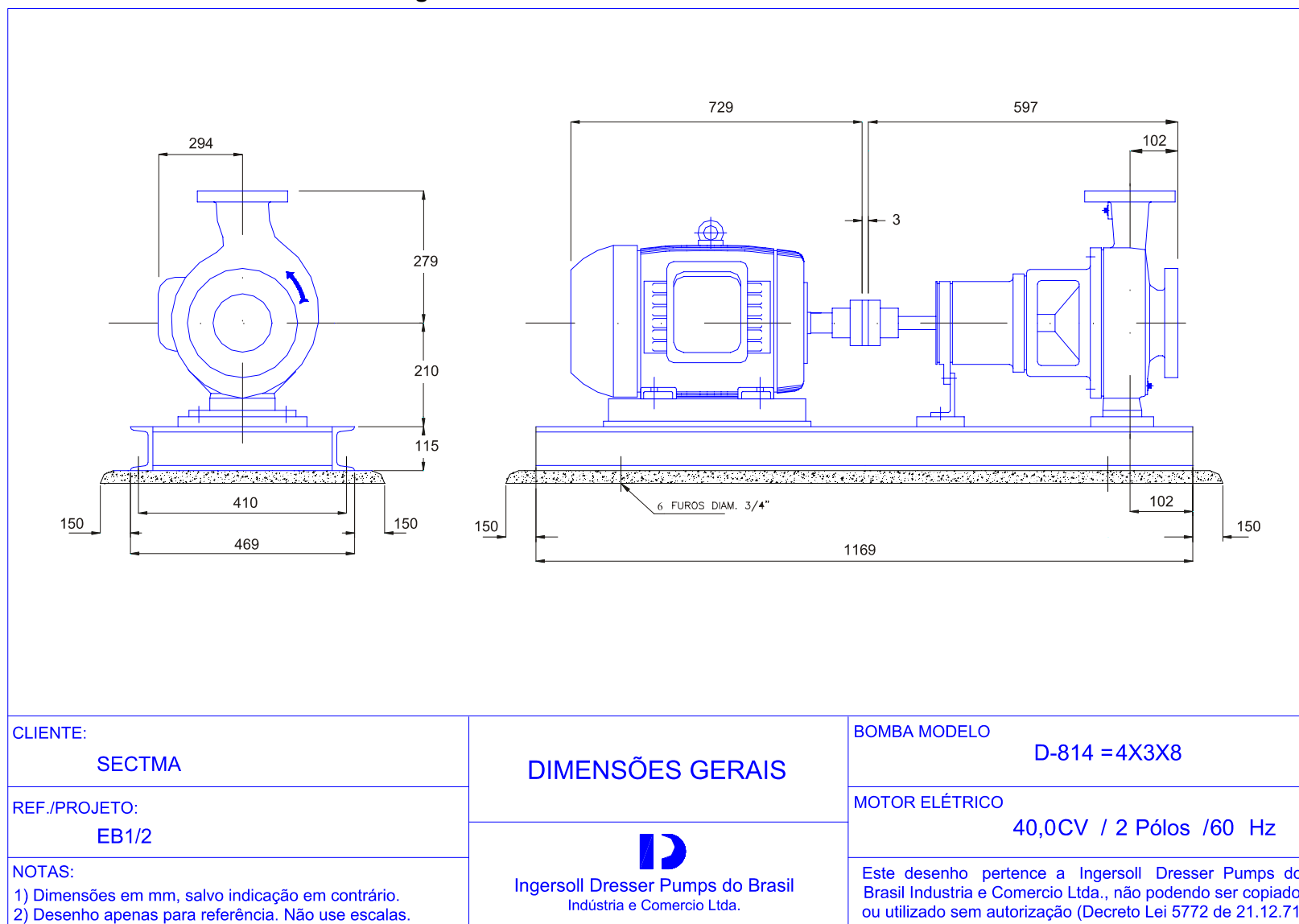


Figura 2.9 – Dimensionais dos Motores – EB-1/2



2.4 TRECHO EB-2 A SANTA CRUZ

Quadro 2.4 – Cálculo da Curva do Sistema da Estação de Bombeamento EB-2

Vazão do Sistema = 27,23 l/s
Número de Bombas = 2 Reserva = 1 Total de Bombas = 3
Vazão por Bomba = 13,615 l/s

Perdas de Carga Acidentais em Peças Especiais

Peça	Sucção DN = 250			Recalque DN = 150		
	K	Quant.	K total	K	Quant.	
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
Válvula Controladora de Bomba	10		0	10	1	10
Registro de ângulo aberto	5		0	5		0
Junção de 45°	0,4		0	0,4		0
Tê, passagem estreita	0,6		0	0,6		0
Tê, saída lateral	1,3		0	1,3	1	1,3
Tê, saída bilateral	1,8		0	1,8		0
Válvula de retenção	2,5		0	2,5	1	2,5
Válvula borboleta	0,24		0	0,24		0
Total			0,75			14,7
Perdas Localizadas (m)			0,003			0,445
Perdas Localizadas Totais(m)						0,448

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)	Perda Acum (m)	Cota Piezom (m)
27,23	760	200	0,87	0,16	0,003911	2,97	19,89	481,30
27,23	4520	200	0,87	0,12	0,003743	16,92	16,92	464,38

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)
378,72	381,320	464,38	464,38	83,06	85,66	20,34	106,00	103,40

Bomba Escolhida

Marca: Dresser
Modelo: D-814 3x2x10
Rotação: 3560 rpm

Quadro 2.4 – Cálculo da Curva do Sistema da Estação de Bombeamento EB-2 (Continuação)

Cálculo da Potência da Bomba

Q (l/s)	Alt. Manométrica (m)		Rendimento		Potência (HP)		
	Máx.	Mín	Bomba	Motor	Bomba	Moto-Bomba	Comercial
13,62	106,00	103,40	0,61	0,87	31,54	36,26	40,00

Cálculo do NPSH Disponível

Z (m)	Pa (kgf/cm ²)	Pv (20°C) (hgf/cm ²)	Perda Suc. (m)	NPSH disp (m)	NPSH req (m)	NPSH res (m)
0,2	0,95	0,024	0,003	9,46	2,50	6,96

Curva do Sistema

Tubulação de recalque

Q (l/s):	27,23	Perda = $K_1 Q^2$	
Perda (m):	19,89	$K_1 =$	26827,02

Alturas geométricas

Máxima:	85,66
Mínima:	83,06

Perdas Localizadas

Sucção:	0,003	Perda = $K_S Q^2$		Perda = $K_R Q^2$	
Recalque:	0,445	$K_S =$	15,86	$K_R =$	2399,24

Curva do Sistema

Q (l/s)	Q (m ³ /s)	Alt. Manométrica (m)	
		Máx.	Mín.
0	0	85,66	83,06
5	0,005	86,39	83,79
10	0,010	88,58	85,98
15	0,015	92,24	89,64
20	0,020	97,36	94,76
25	0,025	103,94	101,34
27,23	0,027	107,34	104,74
30	0,030	111,98	109,38

Curva da Bomba

Q (m ³ /h)	Q (m ³ /s)		Alt. Man. (m)
	1 Bomba	2 Bombas	
0	0,000	0,000	109,50
20	0,006	0,011	108,70
40	0,011	0,022	107,50
49,014	0,014	0,027	106,00
60	0,017	0,033	101,00
80	0,022	0,044	85,80

Figura 2.10 – Curva do Sistema da Estação de Bombeamento EB-2

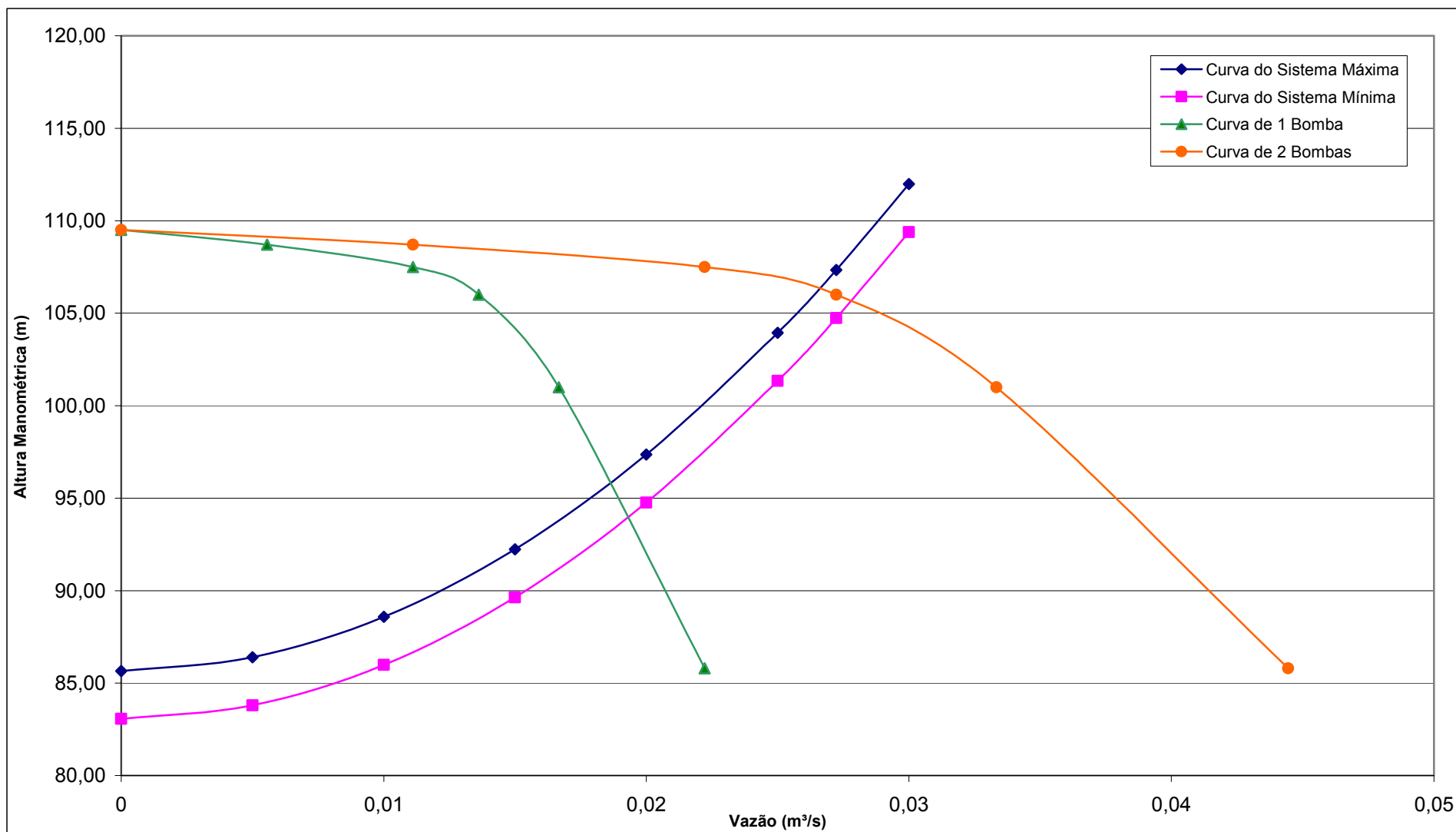


Figura 2.11 – Curvas das Bombas – EB-2



Ingersoll Dresser Pumps

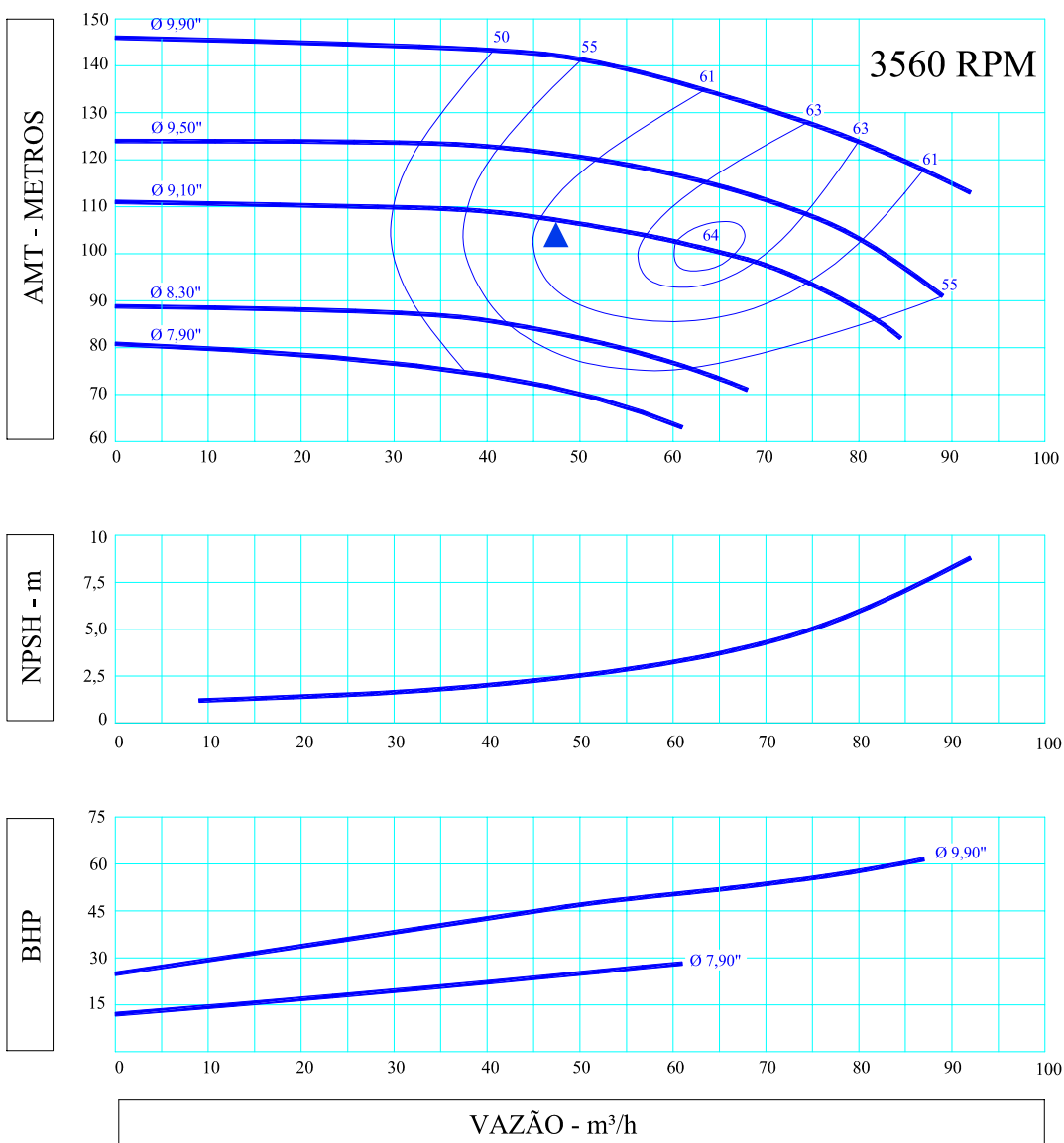
CURVA DE PERFORMANCE
BOMBAS CENTRÍFUGAS
LINHA D-814

2012-8 Pág. 28

DATA : 20/08/95

SUBSTITUI : SET/80

CURVAS CONFORME TESTE COM ÁGUA LIMPA E FRIA E FOLGAS ORIGINAIS DE PROJETO - APENAS UM PONTO É GARANTIDO

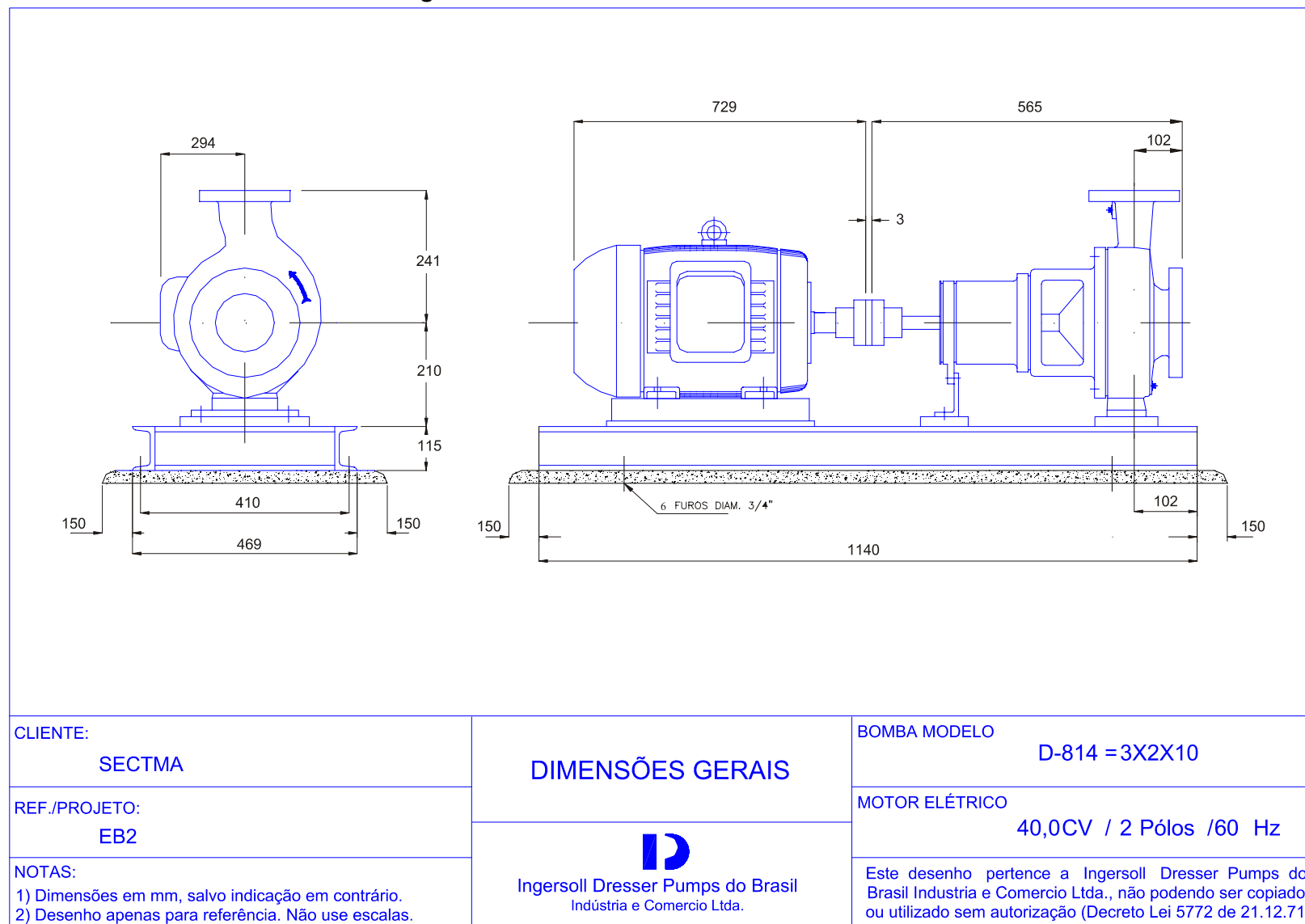


CONDIÇÕES DE SERVIÇO	CLIENTE: SECTMA	VAZÃO: 49,014 m³/h	DIAM. SUÇÇÃO: 3,0"
	REF. CLIENTE: EB2	AMT: 106 m	DIAM. DESCARGA: 2,0"
	FLUIDO: ÁGUA	REND.: 61 %	DIAM. MAX. SOLIDOS: -
	DENSIDADE: 1	BHP: 31,08 CV	ROTOR:
	TEMPERATURA: 20	NPSHr: 2,5 m	ÁREA ENTRADA: - in²
	VISCOSIDADE:	NPSHd: Amplo m	Nº PALHETAS: -

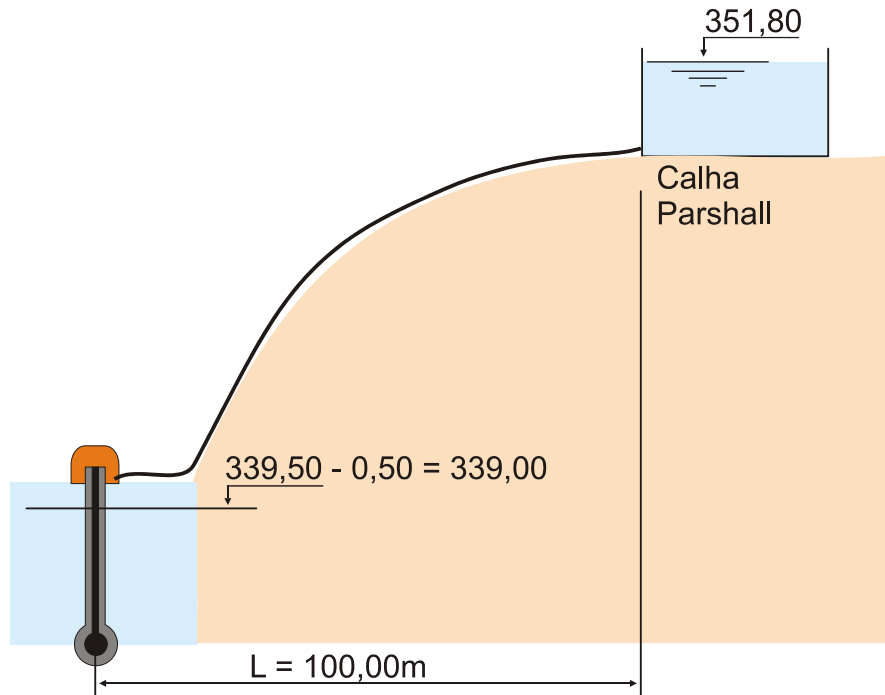
EMITIDO POR: F. AMITRANO CONFERIDO POR: F. BROUCK DATA: 02/01/00
Tolerâncias para seleção e teste conforme HYDRAULIC INSTITUTE STANDARDS.

MODELO DA BOMBA
3X2X10

Figura 2.12 – Dimensionais dos Motores – EB-2



2.5 ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO DE RECIRCULAÇÃO



$$H_g = 358,80 - 339,00 = 12,80 \text{ m}$$

$$Q_{\text{Recircul}} = (0,30 \times 35 \times 35) / 6 \text{ hs} = 61,25 \text{ m}^3/\text{h} \cong 17,0 \text{ l/s}$$

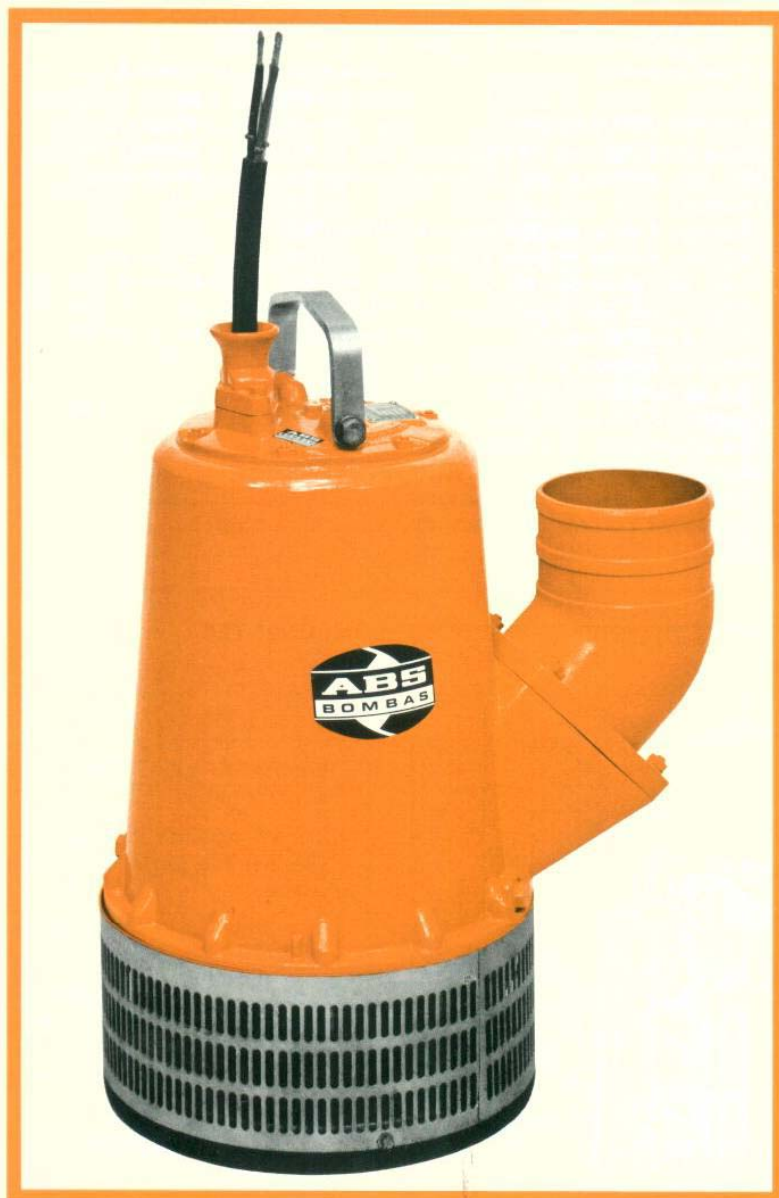
$$V = 1 \text{ m/s} \Rightarrow A = \frac{0,017}{1} = 0,017 \text{ m}^2 = \frac{\pi D_r^2}{4} \therefore D_r = 150 \text{ mm}$$

$$D = 150 \text{ mm} \Rightarrow A = 0,0177 \text{ m}^2 \Rightarrow \boxed{V = 0,96 \text{ m/s}}$$

$$\left. \begin{array}{l} Q = 17 \text{ l/s} \\ D = 150 \text{ mm} - V = 0,96 \text{ m/s} \\ L \cong 100 \text{ m} \\ K = 0,12 \text{ (PVC Vinilfer)} \end{array} \right\} \begin{array}{l} J = 0,0065 \text{ m/m} \\ h_f = 0,65 \text{ m} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} Q = 17 \text{ l/s} = 61,2 \text{ m}^3/\text{h} \\ \text{AMT} = 12,8 + 0,65 = 13,45 \text{ m} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Bomba Submersível} \\ \text{Jumbo/75 da ABS Bombas} \end{array}$$

$$\text{Pot} = \frac{17 \times 13,45}{75 \times 0,5 \times 0,8} \times 1,1 \cong 10 \text{ cv}$$



**BOMBAS SUBMERSÍVEIS
"JUMBO"
PARA DRENAGEM
DE ÁGUA SUJA
E LIMPA**

- TOTALMENTE SUBMERSÍVEIS
- FÁCIL INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO IMEDIATA
- SEGURAS E EFICIENTES
- ECONOMICAS E VERSÁTEIS
- VAZÃO MÁXIMA: 216 m³/h
- ALTURA MÁXIMA: 34 mCA

Para uma irrupção repentina de água no terreno da construção civil, durante escavações de valas ou sempre que for necessário recalcar águas pluviais e rebaixar lençóis freáticos, faz-se necessária a utilização de uma bomba submersível com grande vazão a alturas manométricas elevadas.

A drenagem rápida de grandes volumes de água suja, que possa conter lama, areia e partículas abrasivas, garante o trabalho contínuo e racional das máquinas e do pessoal da construtora, tornando a JUMBO imprescindível ao construtor que tem que cumprir o cronograma da obra.

Por seu peso relativamente leve, deslocam-se rapidamente aos locais onde sejam mais necessárias, podendo ser operadas imediatamente, sem qualquer trabalho de montagem especial.

Em instalações fixas podem ser comandadas automaticamente através de chaves bóias.

Apesar de sua área principal de aplicação ser na indústria da construção civil, encontram também aplicação eficiente na indústria em geral, construção naval, mineração, instalações portuárias, represas e hidrelétricas, túneis etc.

ÁREAS DE APLICAÇÃO

CONSTRUÇÃO

O motor e a bomba formam um conjunto completamente submersível hermeticamente vedado.

MATERIAIS UTILIZADOS

A camisa de refrigeração e a carcaça do motor são fundidas em alumínio, liga especial.

O propulsor é de aço-cromo temperado; difusor, anel de desgaste e tampa de selo, são revestidos de borracha sintética, todos de alta resistência contra os efeitos da abrasão.

As peças de desgaste são reguláveis e de fácil substituição. Ajustando periodicamente as peças de desgaste, a bomba conserva as características de recalque por longo tempo.

A bomba é protegida contra impactos de quedas por amortecedores de vibração.

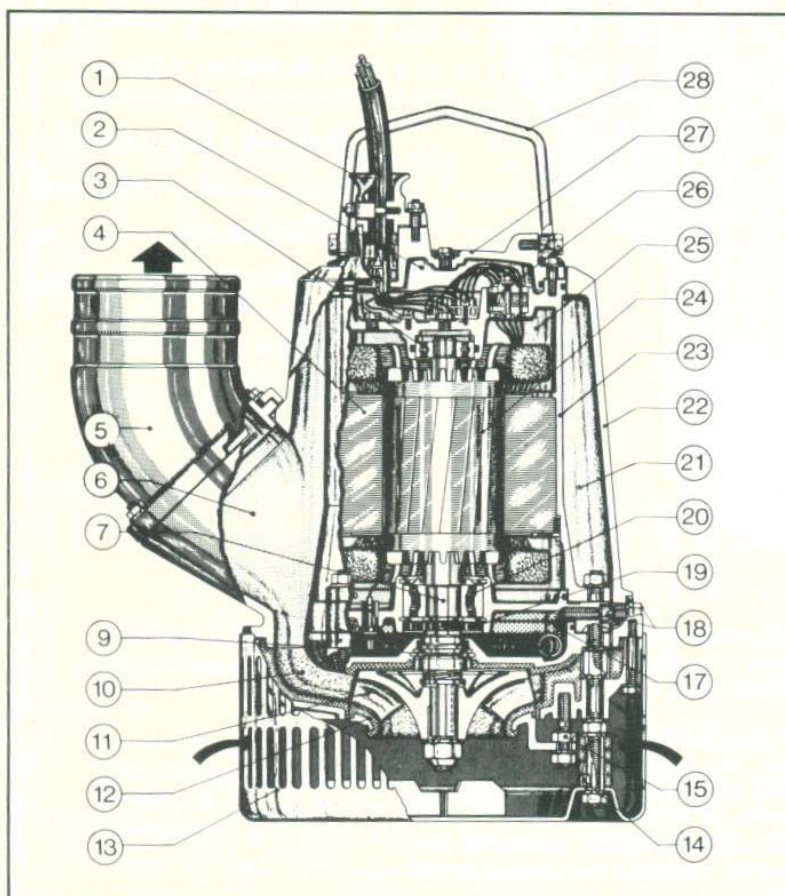
VEDAÇÃO DO EIXO

A vedação do eixo do motor é feita através de um selo mecânico de metal duro, resistente a partículas abrasivas. O óleo contido na câmara de óleo, entre o motor e a bomba, lubrifica e refrigera o selo continuamente.

ROLAMENTOS

O eixo do motor é apoiado em dois rolamentos dimensionados para funcionamento contínuo; o inferior de contato angular de 2 carreiras de esferas, o superior de 1 carreira de esferas.

A lubrificação dos rolamentos é permanente.



COMPONENTES

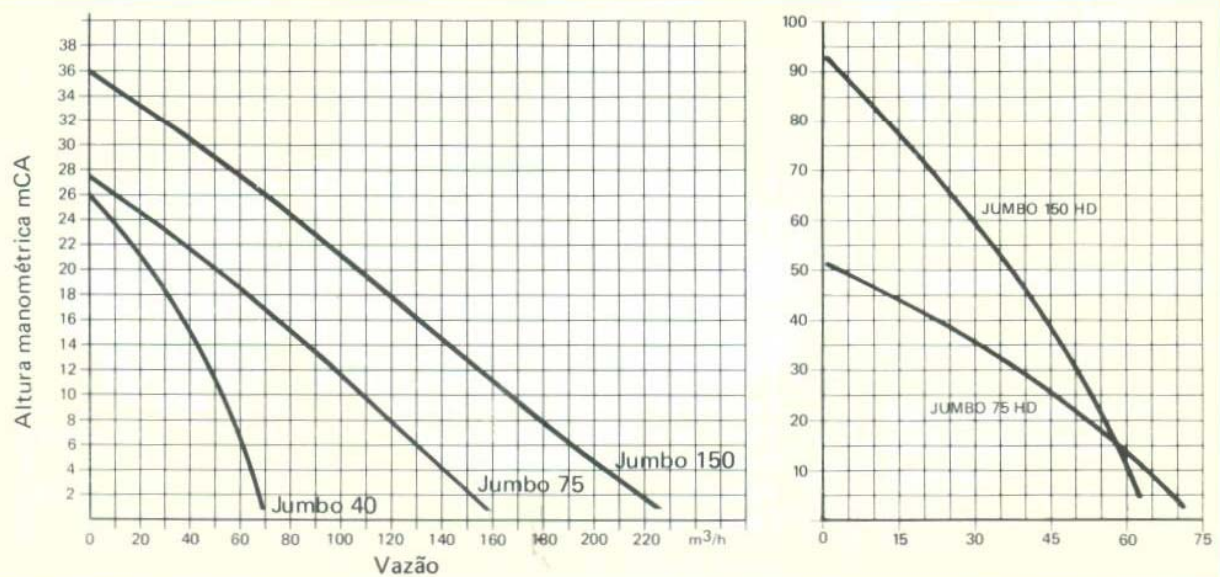
- | | | |
|--|--|---|
| 1 – Entrada do cabo vedada, com alívio de tensão. | 12 – Anel de desgaste ajustável, revestido de borracha. | 23 – Carcaça do motor. |
| 2 – Câmara separada para as conexões elétricas, formando unidade vedada. | 13 – Ralo de admissão em base estabilizante, amortecido por anéis de borracha. | 24 – Rotor com eixo do motor, dinamicamente balanceado. |
| 3 – Rolamento auto-lubrificante e livre de manutenção. | 14 – Amortecedor de impacto, para prevenir danos ao baixar a bomba forte demais. | 25 – Carcaça do motor hermeticamente vedada. |
| 4 – Estator isolado contra excesso de calor, protegido contra sobrecarga e curto-circuito com um disjuntor tripolar e relé térmico (a pedido). | 15 – Parafuso de fixação e ajuste do anel de desgaste. | 26 – Vedação da passagem do cabo. |
| 5 – A saída de descarga pode ser colocada em qualquer posição em 360°, com junta e segmento de fixação. | 17 – Câmara de óleo com óleo lubrificante do selo mecânico. | 27 – Tampa superior. |
| 6 – Ótima estabilidade dado por seu baixo bocal de saída. | 18 – Parafusos externos e internos do dreno de óleo. | 28 – Alça móvel. |
| 7 – Eixo do motor de aço inoxidável. | 19 – Retentor especial. | |
| 9 – Selo mecânico de carbeto de tungstênio. | 20 – Rolamento de duas carreiras. | |
| 10 – Difusor revestido de borracha. | 21 – Sistema de camisa de refrigeração | |
| 11 – Propulsor de aço cromo temperado dinamicamente balanceado. | 22 – Camisa externa. | |

	JUMBO 40		JUMBO 75		JUMBO 150	
	l/min	m ³ /h	l/min	m ³ /h	l/min	m ³ /h
mCA						
2	1100	66	2500	150	3600	216
4	1050	63	2333	140	3460	208
6	1000	60	2167	130	3260	196
8	950	57	2000	120	3070	185
10	865	52	1800	108	2860	172
12	780	47	1600	96	2650	160
14	700	42	1400	84	2460	148
16	600	36	1200	72	2200	132
18	500	30	1000	60	2000	120
20	365	22	767	46	1960	108
22	250	15	567	34	1550	93
24	150	9	367	22	1330	80
26	0	0	133	8	1120	68
28	—	—	0	0	930	56
30	—	—	—	—	700	42
32	—	—	—	—	500	30
34	—	—	—	—	250	15
36	—	—	—	—	0	0

TABELA DE RECALQUE

	JUMBO 75 HD	JUMBO 150 HD
mCA	m ³ /h	m ³ /h
5	68,0	63,0
10	64,0	61,0
15	59,0	58,0
20	53,0	56,0
25	47,0	52,5
30	40,0	50,0
35	33,0	47,5
40	25,0	44,0
45	15,0	42,0
50	3,0	38,0
55	—	35,0
60	—	31,5
65	—	27,5
70	—	24,0
75	—	19,0
80	—	15,0
85	—	9,5
90	—	3,5

CURVAS DE RECALQUE BOMBAS JUMBO 75 HD E 150 HD



		JUMBO 40			JUMBO 75/75 HD			JUMBO 150/150 HD		
Potência	HP	4,0			7,5			15,0		
Potência	kW	3,0			5,5			11,0		
rotações	rpm	3,450			3,450			3,450		
Tensão de operação	V	220	380	440	220	380	440	220	380	440
Amperagem nominal	A	12	7	6	22	12,7	11	41	24	20,5
Diâmetro de recalque	"	3"			4"			4" ou 6"		
Peso	kg	28,0			55,0/58,0			83,0/86,0		
Comprimento do cabo	m	20			20			20		

DADOS TÉCNICOS

DIMENSÕES

JUMBO 40

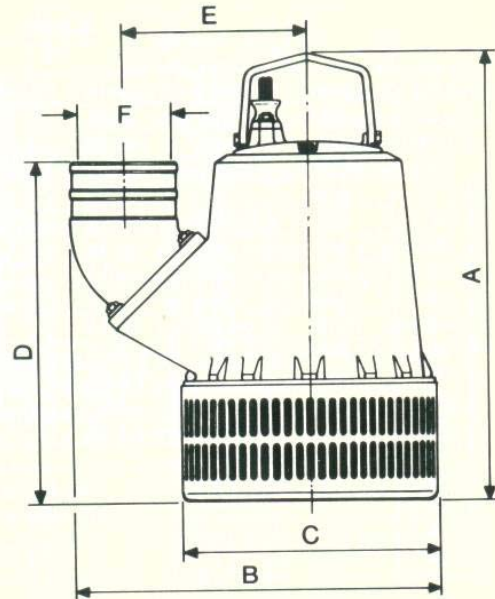
A — 510 mm
B — 340 mm
C — 250 mm
D — 275 mm
E — 190 mm
F — 3"

JUMBO 75

A — 650 mm
B — 480 mm
C — 330 mm
D — 385 mm
E — 220 mm
F — 4"

JUMBO 150

A — 690 mm
B — 530 mm
C — 360 mm
D — 490 mm
E — 270 mm
F — 4" ou 6"



Para consultas e/ou licitações solicitamos ater-se ao seguinte texto de especificação:

TEXTO DE ESPECIFICAÇÃO

BOMBA SUBMERSÍVEL "ABS", TIPO JUMBO

para recalque de

Consistindo de

— Motor completamente submersível

Potência do motor:	HP	kW
Tensão de operação:	V	Hz, trifásico
Amperagem nominal:		A
Rotações:		rpm
Comprimento do cabo:		m

— Bomba de propulsor aberto, flangeado diretamente.

Diâmetro de saída:	m
Altura manométrica:	mCA
Vazão:	m ³ /h

Todas as peças fundidas são de alumínio, liga especial. A vedação do eixo entre o depósito de óleo e o motor é feita por selo mecânico de metal duro. Propulsor em aço temperado, camisa de refrigeração do motor. Difusor, anel de desgaste e tampa de selo são revestidos de borracha sintética. As peças de desgaste são reguláveis e de fácil substituição.

Peso: kg.



ABS — Indústria de Bombas Centrífugas Ltda.

MATRIZ: Rua Francisco Perolin, 15 — PAROLIN - Cx. Postal 6022 — 80.000 CURITIBA — PR/BRASIL
FONE: (041) 223-5731 — TELEX: (041) 5574 ABSB BR

FILIAIS: SÃO PAULO: Rua Viradouro, 59 — ITAIM — Fone: (011) 64-9413 — TELEX: (011) 24643 ABSB BR
RIO DE JANEIRO: Rua Enes Filho, 576 — PENHA — Fone: (021) 280-4294 — TELEX (021) 31165 ABSB BR
BELO HORIZONTE: Rua Areados, 12 — Joia 7 — Fone: (031) 462-0176



3. Estação de Tratamento de Água (ETA)

3. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA)

3.1 DADOS DA UNIDADE PADRÃO – ETA PADRÃO C-56

O projeto padrão foi desenvolvido para atender comunidades com as seguintes características:

- Número de Habitantes 25.600 pessoas;
- Per capita 150 l/hab/dia;
- Vazão máxima diária 53,33 l/s;
- Consumo da ETA (5% da vazão máx. diária) 2,67 l/s;
- Vazão nominal da ETA padrão 56,0 l/s;
- Período de funcionamento 24 hs.

3.2 DADOS DO SISTEMA CAPIVARA

Vazão máxima diária requerida pelo sistema Capivara:

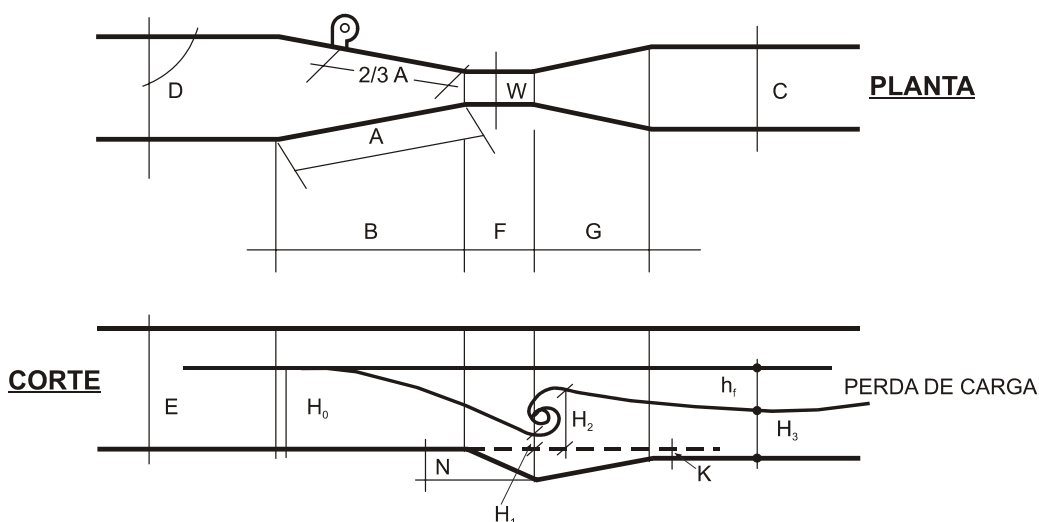
- Vazão máxima diária 53,33 l/s ou 4.608 m³/dia;
- Consumo da ETA (5% da vazão máxima diária) 2,67 l/s ou 230 m³/dia;
- Vazão nominal do Sistema de Capivara 56,00 l/s ou 4.838 m³/dia;
- Período de funcionamento 20 hs.

3.3 MISTURA RÁPIDA

Para esta unidade será utilizada uma Calha Parshall com largura de 15,2 cm, altura líquida antes do ressalto de 0,121 m e velocidade neste ponto de 3,02 m/s.

Com esta configuração garante-se uma velocidade. Antes do ressalto, superior a 2,00 m/s e um gradiente de velocidade de 1.026 s⁻¹.

Este dispositivo apresenta ampla facilidade de medir vazão afluyente e realizar a mistura rápida, trabalhando com descarga livre, passando a corrente líquida de uma condição supercrítica para subcrítica, causando o ressalto hidráulico.



O seu processo de cálculo é semelhante ao dos canais retangulares, com a introdução das alterações devidas às variações de seção.

As três seções consideradas são a seção de medição, antes do ressalto, a do ressalto e a seção de saída da Parshall.

Na seção de medição é calculada a energia hidráulica disponível, a altura da água e a velocidade de escoamento, através das seguintes expressões:

ALTURA DA ÁGUA

$$H_0 = kQ^n$$

$$Q = \text{Vazão}$$

$$k, n = \text{Parâmetros tabelados}$$

$$Q = 0,381 \times H_0^{1,58}$$

$$Q = 55,64 \text{ l/s} = 0,05564 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_0 = \left(\frac{0,05564}{0,381} \right)^{1/1,58} = 0,297 \text{ m}$$

VELOCIDADE DE ESCOAMENTO

$$v_0 = \frac{Q}{H_0 D^1} \quad D^1 = \frac{2}{3}(D - W) + W$$

D, N e W = Dimensões padronizadas da Calha Parshall

$$v_0 = \frac{0,0556}{0,297 \times D^1}$$

$$D^1 = \frac{2}{3}(0,393 - 0,152) + 0,152 = 0,313 \text{ m}$$

$$v_0 = \frac{0,0556}{0,297 \times 0,313} = 0,60 \text{ m/s}$$

CARGA HIDRÁULICA DISPONÍVEL

$$E_0 = \frac{v_0^2}{2g} + H_0 + N$$

N = Dimensão padronizada

Na seção antes do ressalto, tem-se:

Velocidade de Escoamento

$$v_1 = 2\sqrt{\frac{2gE_0}{3} \times \cos\frac{\theta}{3}}; \quad \cos\theta = -\frac{g \cdot q}{\left(\frac{2}{3} \cdot g \cdot E_0\right)^{1,5}}$$

$$E_0 = \frac{(0,60)^2}{2g} + 0,297 + 0,114 = 0,429 \text{ m}$$

$$g = \frac{0,05564}{0,393} = 0,146 \text{ m}^3/\text{s.m} \quad \therefore \quad \cos\theta = -\frac{9,81 \cdot 0,146}{\left(\frac{2}{3} \cdot 9,81 \cdot 0,429\right)^{1,5}} = -0,30$$

$$v_1 = 2\sqrt{\frac{2 \times 9,81 \times 0,429}{3}} \times \cos(35,82) = 3,02 \text{ m/s}$$

$$H_1 = \frac{0,05564}{3,02 \times 0,152} = 0,121 \text{ m}$$

$$H_2 = \frac{0,0184}{2} \sqrt{1 + 8Fr^2} - 1$$

$$Fr = \frac{3,02}{\sqrt{9,81 \times 0,121}} = 2,77$$

$$H_2 = \frac{0,121}{2} \sqrt{1 + 8(2,77)^2} - 1 = 0,417 \text{ m}$$

$$v_2 = \frac{Q}{Wh_2} = \frac{0,05564}{0,152 \times 0,417} = 0,88 \text{ m/s}$$

Na saída da calha

Altura na Seção

$$h_3 = h_2 - (N - K) = 0,417 - (0,114 - 0,076) = 0,227 \text{ m}$$

K = Dimensão padronizada

Velocidade

$$v = \frac{Q}{ch_3} = \frac{0,05564}{0,394 \times 0,224} = 0,63 \text{ m/s}$$

c = Dimensão padronizada

No cálculo da extensão do ressalto, pode-se considerar que toda energia dissipada se dá entre a saída da garganta (na seção de ressalto) e a seção de saída da calha, em que praticamente a mistura se completa.

Nas condições de escoamento de descarga livre, a perda de carga será:

$$hf = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 \times h_1 \times h_2} = \frac{(0,417 - 0,121)^3}{4 \times 0,121 \times 0,417} \cong 0,13 \text{ m}$$

Para um tempo de mistura:

$$T = \frac{2G'}{V_1 + V_2} = \frac{2 \times 0,915}{0,88 + 0,63} = 1,21 \text{ s} < 5 \text{ s} \quad \text{OK!}$$

G' = Dimensão padronizada e gradiente de velocidade = 0,915

$$G = \sqrt{\frac{V \cdot hf}{\mu \cdot T}} = \sqrt{\frac{9.800 \times 0,13}{0,001 \times 1,21}} = 1.026 \text{ s}^{-1}$$

V = Peso específico da água = 9,800 N/m²

μ = Coeficiente de viscosidade = 0,001 N.s/m²

Com a resolução das equações o gradiente obtido foi de 1.026 s⁻¹ e tempo de mistura igual a 1,21 s, resultados satisfatórios de acordo com os exigidos pela NB-5982/89.

3.4 FLOCULADOR HIDRÁULICO DE FLUXO VERTICAL

Dimensões do Tanque Padronizado:

- N° de Módulos.....04 unidades;
- Volume (V) 16,02 m³;
- Área (A)5,37 m²;
- Altura útil (H igual a dos decantadores).....2,98 m;
- Comprimento (L) 11,40 m;
- Largura (B).....0,60 m;
- Altura livre (h)0,19 m.

Verificação das Condições Hidráulicas do Floculador com a Vazão do Sistema Capivara:

- Vazão em cada módulo.....0,014 m³/s.

Tempo de Detenção Total:

- Tempo de detenção 19 min.

N° de Câmaras Padronizadas por Módulo:

- N° de câmaras3 unidades;
- Volume de uma câmara5,34 m³;
- Altura útil.....2,98 m;
- Comprimento útil da 1ª câmara3,60 m;
- Comprimento útil da 2ª câmara4,20 m;
- Comprimento útil da 3ª câmara3,60 m;
- Largura útil de todas as câmaras0,60 m.

Tempo de Detenção na Câmara:

- Tempo..... 6,36 min.

Nº Total de Células Padronizadas por Módulo:

- Nº de células38 unidades;
- Diâmetro interno de todas as células 0,60 m;
- Seção da célula (semicírculo)0,14 m².

Verificação da Velocidade de Escoamento:

- $V =$ 0,10 m/s.

Verificação do Gradiente de Velocidade para as Aberturas Padronizadas:

- **Dimensões das Aberturas no Módulo Padrão:**

- Na Primeira Câmara:

- Abertura superior: (6 unidades) 0,25 m x 0,24 m e $R_h = 0,061$ m;

- Abertura inferior: (6 unidades)..... 0,14 m x 0,60 m e $R_h = 0,055$ m.

- Na Segunda Câmara:

- Abertura superior: (7 unidades)..... 0,37 m x 0,24 m e $R_h = 0,072$ m;

- Abertura inferior: (7 unidades)..... 0,20 m x 0,60 m e $R_h = 0,074$ m.

- Na Terceira Câmara:

- Abertura superior: (6 unidades)..... 0,51 m x 0,24 m e $R_h = 0,080$ m;

- Abertura inferior: (6 unidades)..... 0,27 m x 0,60 m e $R_h = 0,094$ m.

- **Perda de Carga e Velocidade nas Aberturas (Afogadas):**

$$h_f = (Q/(C_d x A))^2 \times (1/2g)$$

$$C_d = 0,61$$

- Na Primeira Câmara (6 Aberturas Superiores e 6 Inferiores):

- Perda de carga na abertura superior (h_s): 0,008 m;

- Perda de carga na abertura inferior (h_i): 0,004 m;

- Perda total nas aberturas superiores e inferiores (h_f): 0,069 m;

- Velocidade nas aberturas superiores (v): 0,234 m/s;

- Velocidade nas aberturas inferiores (v): 0,172 m/s.

- Na Segunda Câmara (7 Aberturas Superiores e 7 Inferiores):

- Perda de carga na abertura superior (h_s): 0,004 m;

- Perda de carga na abertura inferior (h_i): 0,002 m;

Perda total nas aberturas superiores e inferiores (hf): 0,039 m;
Velocidade nas aberturas superiores (v): 0,163 m/s;
Velocidade nas aberturas inferiores (v): 0,119 m/s.

— Na Terceira Câmara (6 Aberturas Superiores e 6 Inferiores):

Perda de carga na abertura superior (hs): 0,002 m;
Perda de carga na abertura inferior (hi): 0,001 m;
Perda total nas aberturas superiores e inferiores (hf): 0,017 m;
Velocidade nas aberturas superiores (v): 0,117 m/s;
Velocidade nas aberturas inferiores (v): 0,086 m/s.

● **Verificação do Gradiente de Velocidade:**

$$G = (gh/vt)^{0,5}$$

Viscosidade cinemática da água a 20°C = 0,000001007 m²/s.

Na Primeira Câmara: 42 s⁻¹;

— abertura superior: 23 s⁻¹;

— abertura inferior: 15 s⁻¹.

Na Segunda Câmara: 32 s⁻¹;

— abertura superior: 12 s⁻¹;

— abertura inferior: 8 s⁻¹.

Na Terceira Câmara: 21 s⁻¹;

— abertura superior: 7 s⁻¹;

— abertura inferior: 4 s⁻¹.

Valores compatíveis com os dos gradientes fixados na NBR 12.216, da ABNT.

3.5 DECANTADOR DE ALTA TAXA

Características do Decantador Padrão:

- Tipo alta taxa;
- Número de unidades 4;
- Módulo Tubular tubos de PVC de esgotos.

Dimensões dos Módulos:

- Comprimento real do módulo (l) 0,96 m;
- Diâmetro Nominal dos Tubos 0,10 m;
- Espessura das Paredes do Tubo (e) 0,02 m;
- Altura ou projeção vertical do Módulo (h) 0,83 m.

Ângulo de Inclinação dos Módulos (Θ):

- $\Theta = \dots\dots\dots 60^\circ$;
- $\text{Sen } \Theta = \dots\dots\dots 0,866$;
- $\text{Cos } \Theta = \dots\dots\dots 0,500$.

Seção Transversal ao Fluxo (A_0):

- $A_0 = \text{sen } \Theta \cdot A = \dots\dots\dots 7,79 \text{ m}^2$;
- Sc (fator de forma) = $\dots\dots\dots 1,33$.

Comprimento Relativo:

- $L = \text{comprimento do tubo (l)} /$
diâmetro do tubo (d) = $\dots\dots\dots 13$ (Valor recomendado superior a 12).

Área Superficial do Decantador Coberta pelos Módulos (A):

- A (coberta pelos módulos) = $\dots\dots\dots 9,00 \text{ m}^2$;
- Comprimento útil = $\dots\dots\dots 3,00 \text{ m}$;
- Largura útil = $\dots\dots\dots 3,00 \text{ m}$.

Dimensões do Decantador Padrão:

- Área (total) $\dots\dots\dots 9,00 \text{ m}^2$
- Comprimento Total (L) = $\dots\dots\dots 3,00 \text{ m}$;
- Largura Total (B) = $\dots\dots\dots 3,00 \text{ m}$;
- Altura entre Borda Superior dos Módulos e Tubos Coleta (h_1) = $\dots\dots\dots 0,55 \text{ m}$;
- Distância entre os Tubos de Coleta (d) = $\dots\dots\dots 0,75 \text{ m}$;
- Altura entre Borda Inferior dos Módulos e Poço de Lodo (h_2) = $\dots\dots\dots 0,80 \text{ m}$;
- Altura Útil Total, sem Depósito de Lodo (h) = $\dots\dots\dots 2,18 \text{ m}$;
- Altura Livre (h) = $\dots\dots\dots 0,42 \text{ m}$;
- Volume Útil = $\dots\dots\dots 19,63 \text{ m}^3$.

Verificação das Condições Hidráulicas do Decantador com a Vazão do Sistema Capivara:

A qualidade da água bruta, segundo o resultado das análises, apresenta turbidez elevada no período chuvoso e cor acentuada durante o período de estiagem, caracterizando assim dois períodos distintos: no primeiro, mais curto, a floculação produz floco consistente e mais pesado, no segundo, mais longo, o floco formado é mais frágil e apresenta maior grau de dificuldade para sedimentação, razão pela qual se faz necessário o emprego do decantador de alta taxa por ser mais eficiente na decantação de água com cor elevada e baixa turbidez.

- Vazão Total: $\dots\dots\dots 0,0560 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Vazão por Decantador: $\dots\dots\dots 0,0140 \text{ m}^3/\text{s}$;

- Condição Exigida para Evitar Arraste de Floco:

$$v_0 = \left(\frac{Q}{A_0} \right)$$

$v_0 = \dots\dots\dots 0,180 \text{ cm/s ou } 155 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia};$

- Viscosidade Cinemática da Água a 20°C (ν) = $\dots\dots\dots 0,01010 \text{ cm}^2/\text{s};$
- Número de Reynolds (NR)

$$NR = \left(2 \times \frac{d}{v_0} \right) / \nu = \dots\dots\dots 268 < 500 \text{ (Regime Laminar);}$$

- Tempo de detenção (t):

$$t = \left(\frac{h}{v_0} \right) = \dots\dots\dots 1.214 \text{ s ou } 20 \text{ min};$$

Verificação da Eficiência do Decantador:

- $V_{cs} = (Sc \times Q) / [A \times \sin \Theta \times (\sin \Theta + L \times \cos \Theta)] = \dots\dots 0,033 \text{ cm/s ou } 28 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}.$

Como: $V_0 > V_{cs}$, logo satisfaz.

- Tubos coletores de água decantada:

Comprimento total dos tubos..... 12,00 m;

Comprimento de cada tubo 3,00 m;

Diâmetro de cada tubo 75,00 mm;

Nº de tubo por decantador 4 unidades;

Espaçamento entre furos 0,10 m;

Diâmetro dos furos 19,05 mm;

Nº de furos por tubo (2 fileiras)..... 60 unidades;

Nº total de furos 240 unidades;

Verificação das Condições Hidráulicas dos Tubos Coletores para a Condição mais Desfavorável:

- Vazão por furo (q') = $\dots\dots\dots 0,06 \text{ l/s};$

- Vazão por metro de tubo (q) = $\dots\dots\dots 1,17 \text{ l/s/m}.$

Como: $q < 1,8 \text{ l/s/m}$, logo satisfaz.

Cálculo da Perda de Carga nos Furos:

- $Q = C_d \cdot S (2g \cdot hf)^{1/2}$, onde:

Q = vazão em cada furo, em $\text{m}^3/\text{s};$

C_d = Coeficiente de descarga (adotado = 0,61)

g = aceleração da gravidade, em m/s^2

h_f = carga hidráulica disponível; em m

$h_f = 0,006$ m

- Tubo principal

Diâmetro = 0,150 m;

Seção = 0,01767 m²;

Velocidade = 0,75 m/s;

f = 0,018;

L = 4,00 m.

$H_f = f \times L/D \times v^2/2g = 0,013$ m

- Descarga hidráulica do lodo:

Seção do tubo de descarga ($0,015\% \times A$) = 0,00135 m²;

Diâmetro calculado = 0,041 m ($D = 0,150$ m);

A = 0,01767 m²;

Tempo de esvaziamento = $(0,74 \times (A_{(dec)}/A_{(tubo)}) \times (h)^{0,5})/60$ = 9,28 min;

Comprimento do tubo de descarga 15 m;

Coeficiente de descarga (C_d) 0,61;

Vazão máxima escoada = $C_d \times S \times (2gh)^{0,5}$ 71 l/s.

- Distribuição da água sob os módulos:

A água floculada entra no decantador através de uma abertura de 0,30 m x 0,60 m, maior do que as aberturas da última câmara de floculação garantindo, portanto, um gradiente de velocidade inferior ao da última câmara. A distribuição sob os módulos, por sua vez, é feita por outra abertura de 3,50 m de largura por 0,50 de altura conferindo a água floculada uma velocidade de 0,01 m/s, ou seja, mantém a tranquilidade do fluxo na entrada dos módulos e em consequência disto uma boa distribuição entre os módulos.

Cálculo da Perda de Carga na Tubulação que Interliga o Decantador aos Filtros:

a) Operação Normal

Peças	Diâmetro (m)	K	$V^2/2g$ (m)	H_f (m)	Nº de Peças
Entrada na Tubulação	0,200	0,50	0,040	0,020	1
Tê Passagem de Lado 200 x 150	0,150	1,25	0,128	0,160	1
Tê Passagem de Lado 150 x 100	0,100	1,25	0,026	0,032	1
Registro Gaveta aberto	0,100	0,20	0,026	0,005	1
Saída da Tubulação	0,100	1,00	0,026	0,026	1
Total	-	4,20	-	0,244	5

b) Com uma Unidade Filtrante Fora de Operação

Peças	Diâmetro (m)	K	$V^2/2g$ (m)	Hf (m)	Nº de Peças
Entrada na Tubulação	0,200	0,50	0,040	0,020	1
Tê Passagem de Lado 150 x 150	0,150	1,25	0,128	0,160	1
Tê Passagem de Lado 150 x 100	0,100	1,25	0,032	0,040	1
Registro Gaveta aberto	0,100	0,20	0,032	0,006	1
Saída da Tubulação	0,100	1,00	0,032	0,032	1
Total	-	4,20	-	0,259	5

Verificação das Condições Hidráulicas dos Tubos de Coleta de Água Decantada Quando da Lavagem dos Filtros:

- Nível de água no decantador 3,48 m;
- Nível de água nos filtros em operação 3,30 m;
- Desnível entre o NA do decantador e dos filtros em operação 0,18 m;
- Perda de carga nos tubos de coleta e de interligação 0,26 m.

Os tubos de coleta de água decantada vão trabalhar com descarga livre, no entanto quando um filtro estiver sendo lavado os tubos de coleta estarão afogados, uma vez que o NA no decantador estará 8 cm acima dos furos de coleta de água decantada.

• Acumulação do lodo:

Volume de lodo específico 0,4 cm³/l ou 0,0004 dm³/l;

Volume de lodo produzido 0,48 m³ /dia;

Capacidade de armazenamento 7,20 m³

Acréscimo da profundidade (24 %) 0,80 m;

Altura do decantador com depósito de lodo 2,98 m;

Altura livre 0,42 m;

Altura Total do decantador 3,40 m;

Frequência de descarga do lodo 15 dias ou 2 descargas por mês.

3.6 FILTROS RÁPIDOS DE GRAVIDADE

Características Físicas das Unidades Padronizadas

- Número de filtros (2 baterias de 5 filtros) 10 unidades;
- Seção circular 2,01 m²;
- Diâmetro do fundo 1,60 m;
- Carga hidráulica total 1,63 m;
- Número de furos (no fundo falso) 320 unidades;
- Seção circular dos furos 1,27 cm²;
- Diâmetro dos furos 13 mm.

Verificação das Condições Hidráulicas dos Filtros com a Vazão do Sistema Capivara:

- Vazão total 0,05600 m³/s;
- Vazão em cada bateria de filtros 0,02800 m³/s;
- Taxa de filtração 240,64 m³/m²/dia ou 16,71 cm/min.

Cálculo da Perda de Carga nos Furos:

$$Q = C_d \cdot S (2g \cdot h_f)^{1/2}$$

Q = vazão em cada furo, em m³/s;

C_d = Coeficiente de descarga (adotado = 0,61)

g = aceleração da gravidade, em m/s²

h_f = carga hidráulica disponível ; em m

Na 2ª Etapa (Final de Plano)

Número de Filtros em Operação	Vazão por Filtro (l/s)	Vazão por Furo (l/s)	Perda de Carga (m)
10	5,60	0,008	0,00056
9	6,22	0,009	0,00069

Meio Suporte (Seixo Rolado com T.E =2,4 mm)

Diâmetro	Altura
- de 1/8" a 1/4"	0,075 m
- de 1/4" a 1/2"	0,075 m
- de 1/2" a 3/4"	0,080 m
- de 3/4" a 1 1/2"	0,120 m
- de 1 1/2" a 2 1/2"	0,150 m
Total	0,500 m

Meio Filtrante

a) antracito:

- espessura da camada 0,5 m;
- TE (diâmetro da peneira que deixa passar 10% dos grãos) 1,0 mm;
- Coeficiente de desuniformidade 1,6;
- d (diâmetro da peneira que deixa passar 60% dos grãos) 1,6 mm;
- Massa específica do antracito 1,60 g/cm³;
- Massa específica da água a 20°C (m/V) 102 kgf.s²/m⁴;
- Porosidade 0,50.

b) areia:

- espessura da camada 0,3 m;
- TE (diâmetro da peneira que deixa passar 10% dos grãos) 0,5 mm;

- Coeficiente de desuniformidade 1,5;
- d (diâmetro da peneira que deixa passar 60% dos grãos) 0,73 mm;
- Massa específica do antracito 2,70 g/cm³;
- Massa específica da água a 20°C (m/V) 102 kgf.s²/m⁴;
- Porosidade 0,46.

c) camada torpedo:

- espessura da camada 0,1 m;
- TE (diâmetro da peneira que deixa passar 10% dos grãos) 0,8 mm;
- Coeficiente de desuniformidade 1,7;
- d (diâmetro da peneira que deixa passar 60% dos grãos) 1,36 mm;
- Massa específica do antracito 2,70 g/cm³;
- Massa específica da água a 20°C (m/V) 102 kgf.s²/m⁴;
- Porosidade 0,50.

Perda de Carga Durante a Filtração

$$H_{f1} = h_{f0} \times \left(\frac{V_1}{V_0} \right) \times \left(\frac{L_1}{L_0} \right) \times \left(\frac{d_0}{d_1} \right)^2 \times \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^4$$

Na 2ª Etapa

Parâmetros	Leitos					
	Unidade	Conhecido	Areia	Antracito	Intermediário	Perda Total
Perda de Carga	m	0,30	0,24	0,07	0,01	0,32
Velocidade de Filtração	cm/s	8,00	16,71	16,71	16,71	-
Espessura do Leito	m	0,60	0,30	0,50	0,10	-
Tamanho Efetivo	mm	0,50	0,50	1,00	1,00	-
Porosidade	-	0,43	0,46	0,50	0,50	-

Observação: com uma unidade fora de operação a perda é de 0,41 m

Perda de Carga nas Tubulações Imediatas

Na 2ª Etapa

Peças	Diâmetro (m)	K	V ² /2g (m)	Hf (m)	Nº de Peças
Entrada na Tubulação	0,150	0,50	0,005	0,003	1
Tê Passagem de Lado 150 x 100	0,100	1,25	0,026	0,032	1
Tê Passagem de Lado 100 x 100	0,100	1,25	0,026	0,032	1
Curva de 90°	0,100	0,40	0,026	0,010	1
Saída da Tubulação	0,150	1,00	0,005	0,005	1
Total	-	4,40	-	0,083	5

Observação: com uma unidade fora de operação a perda é de 0,102 m

Tubo de Água Filtrada

Foi dimensionado para uma perda de carga desprezível:

- Diâmetro = 0,150 m;
- Seção = 0,01767 m²;
- Velocidade = 1,58 m/s;
- $f =$ 0,018;
- $L =$ 12,50 m;
- $H_f = f \times L/D \times v^2/2g =$ 0,19 m.

Carga Hidráulica Disponível x Perda de Carga Total

- Valor fixado (por tentativa) = 1,35 m;
- Perda de carga total = 0,63 m.

Lavagem dos Filtros

A lavagem será feita a contra - corrente (por inversão do fluxo) com uma vazão capaz de assegurar uma expansão adequada para o meio filtrante. A expansão deve ser de 20 a 30% como forma de garantir o roçamento entre os grãos e reduzir o nível de perdas de material.

A velocidade ascensional (v) da água para lavagem será:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0,02800}{2,01}$$

$$V = 0,84 \text{ m/min}$$

Quantidade de Água de Lavagem (para uma bateria de 5 filtros)

Para um tempo de lavagem de 7 minutos, tem-se o seguinte volume:

$$V = v \cdot A \cdot t$$

$$V = 11,76 \text{ m}^3$$

Sistema de Autolavagem

A lavagem será feita a contracorrente com a vazão proveniente dos demais filtros em operação.

Cálculo das Perdas de Carga:**a) na interligação entre filtros**

No 1º filtro

Área do duto de interligação: 0,03141593 m²;

Vazão no duto:0,00700000 m³/s;
 Velocidade no duto:0,22281692 m/s;
 Hf:0,00253045 m.

No 2º filtro

Área do duto de interligação:0,03141593 m²;
 Vazão no duto:0,01400000 m³/s;
 Velocidade no duto:0,44563384 m/s;
 Hf:0,01012179 m.

No 3º filtro

Área do duto de interligação:0,03141593 m²;
 Vazão no duto:0,02100000 m³/s;
 Velocidade no duto:0,66845076 m/s;
 Hf:0,02277403 m.

No 4º filtro

Área do duto de interligação:0,03141593 m²;
 Vazão no duto:0,02800000 m³/s;
 Velocidade no duto:0,89126768 m/s;
 Hf:0,04048716 m.

No 5º filtro (está sendo lavado)

Área do duto de interligação:0,03141593 m²;
 Vazão no duto:0,02800000 m³/s;
 Velocidade no duto:0,89126768 m/s;
 Hf:0,04048716 m.

Perda Total (na interligação)0,11640059 m.

$$\text{Distribuída: } hf = \left(f \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \right)$$

Onde:

f =0,018;
 L =10,00 m;
 D =0,150 mm;
 v =1,58 m/s;
 g =9,81 m/s²;

hf = 0,1536 m

Perda Total (tubulação + interligação) = 0,269952 m

b) Perdas no Filtro:

No fundo do filtro

- Vazão de lavagem de um filtro0,028000m³/s;
- Vazão por furo da laje de fundo0,000040 m³/s;
- Seção do furo0,000127 m².

$$Q = (C_d \times S(2gh_f)^{1/2})$$

$$h_f = 0,01 \text{ m}$$

No Leito

Camada de antracito:

$$H_f = 0,25 \times H$$

$$H_f = 0,13 \text{ m}$$

Camada de areia

$$H_f = 0,90 \times H$$

$$H_f = 0,27 \text{ m}$$

Altura da Lâmina na Borda da Calha

$$H = \frac{Q}{(1,838 \times L)^{2/3}}$$

$$H = 0,04 \text{ m}$$

Perdas Totais no Filtro = 0,45 m

c) Altura Disponível:

Desnível Geométrico (Hg) = 1,46 m

Perda Total na Lavagem (Hf) = 0,72 m

Perda nos Filtros em operação durante a lavagem (Hf) = 0,73 m

H Disponível (folga) = 0,00 m

Como a carga hidráulica disponível é maior do que a soma das perdas de carga no filtro que está sendo lavado e nos que estão em operação, está garantida a taxa de filtração fixada anteriormente.

Calhas para a Água de Lavagem com Fundo Arredondado

- taxa de lavagem 1.203 m³/m²/dia;
- largura 0,20 m;
- altura 0,15 m;
- distância do fundo da calha até o leito 0,10 m;
- distância do leito até a borda da calha 0,25 m.

$$h = \left(\frac{Q}{1,38} \right)^{2/3}$$

onde:

Vazão de lavagem (Q) 0,02800 m³/s;

Altura de água na calha (h) 0,075 m < 0,150 m.

Expansão do Leito Filtrante

a) Antracito

TE (diâmetro da peneira que deixa passar 10% dos grãos)	1,0 mm
Coeficiente de desuniformidade (C D).....	1,6
d (diâmetro da peneira que deixa passar 60% dos grãos)	1,6 mm
Massa específica do antracito	1,6 g/cm ³
Massa específica da água a 20°C (m/V).....	102 kgf.s ² /m ⁴
Viscosidade absoluta da água a 20°C	0,0001 m ² /s
Porosidade.....	0,5
Velocidade mínima de fluidificação	0,009 m/s
Número de Reynolds.....	15,29

Re > 10: é necessário fazer a correção

Calcula-se o coeficiente de correção (k)	0,85
Velocidade mínima de fluidificação corrigida.....	0,008 m/s
Velocidade teórica de sedimentação dos grãos	0,067 m/s
Número de Reynolds para velocidade corrigida	129

O número de Reynolds corrigido está na faixa: 10 < Re < 200

Diâmetro hidráulico da seção do filtro	2,01 m
Coeficiente de expansão (n).....	2,75
Constante do sistema (ks).....	0,063
Porosidade do leito expandido	0,58
Expansão do leito filtrante	16%
Profundidade do leito expandido	0,59 m

b) Areia

TE (diâmetro da peneira que deixa passar 10% dos grãos)	0,5 mm
Coeficiente de desuniformidade (C D).....	1,5
d (diâmetro da peneira que deixa passar 60% dos grãos)	0,725 mm
Massa específica da areia.....	2,7 g/cm ³
Massa específica da água a 20°C (m/V).....	102 kgf.s ² /m ⁴
Viscosidade absoluta da água a 20°C	0,0001 m ² /s
Porosidade	0,46
Velocidade mínima de fluidificação	0,006 m/s
Número de Reynolds.....	15,52

Número de Reynolds > 10: é necessário fazer a correção.

Calcula-se o coeficiente de correção (k)	0,84
Velocidade mínima de fluidificação corrigida.....	0,005 m/s
Velocidade teórica de sedimentação dos grãos	0,041 m/s
Número de Reynolds para velocidade corrigida	131

O número de Reynolds corrigido está na faixa: $10 < Re < 200$

Diâmetro hidráulico da seção do filtro	2,01 m
Coeficiente de expansão	2,74
Constante do sistema	0,048
Porosidade do leito expandido	0,64
Expansão do leito filtrante	38%
Profundidade do leito expandido	0,44 m

Resumo das Dimensões do Filtro

- Área útil do filtro 2,01 m²;
- Diâmetro 1,60 m;
- Altura da caixa do filtro 3,40 m;
- Camada de antracito: 0,50 m;
- Camada de areia: 0,30 m;
- Camada torpedo: 0,10 m;
- Camada suporte: 0,50 m;
- Fundo: 0,20 m;
- Altura mínima da água sobre o leito filtrante: 0,25 m;
- Carga hidráulica disponível: 1,63 m
- Altura livre (leito sujo): 0,20 m.

Hidráulica da Filtração

Taxa de Filtração Média (valor arbitrado no Padrão) = 16,71 cm/min ou 241 m³/m²/dia

Taxa de Filtração Média (vazão de Capivara) = 16,71 cm/min ou 240,64 m³/m²/dia

Taxa de filtração máxima para a vazão de Capivara. O valor máximo recomendado pela norma para a vazão em questão é:

$$V_{\text{máx}} = 1,50 V_{\text{méd}}$$

$$V_{\text{máx}} = 25,07 \text{ cm/min}$$

Para que o valor da velocidade máxima de filtração ($V_{\text{máx}}$) nunca ultrapasse o limite máximo fixado pela norma é necessário introduzir dispositivos de controle no efluente dos filtros.

Dois tipos de controle podem ser utilizados, quando os filtros trabalham com taxas declinantes variáveis, são eles os seguintes:

a) perda de carga introduzida através de uma placa perfurada

Cálculo da taxa de filtração mínima (leito sujo):

A taxa de filtração mínima é função da qualidade da água bruta. No caso do e Sistema Capivara a água pode ser classificada, segundo a tabela abaixo, proposta pelo engenheiro americano Herbert Hudson Jr, como sendo uma água que produz flocos de “resistência média”.

A seguir a tabela com a classificação da resistência do floco e a sua capacidade de atravessar o leito filtrante medida pelo índice de transpasse.

Tipo de Floco	Valor do Índice Transpasse (IT)
Muito fraco	1
Fraco	2
Médio	4
Forte	8
muito forte	16

Fonte: Water Clarification Process (Van Nostrand Reinhold Company, 1981)

Admitindo-se que o índice de transpasse do floco seja igual a 4 e que a carga hidráulica necessária para garantir a taxa de filtração mínima, sem que o floco atravessasse o leito, fique em torno de 70 a 80 % da carga hidráulica disponível, tem-se:

$$IT = \frac{vd^3h}{L}$$

Onde:

IT – Índice de Transpasse.

v – velocidade ou taxa mínima de filtração.

h – carga hidráulica.

d – diâmetro efetivo da camada de areia

L – espessura do leito

Substituindo os valores na expressão acima, tem-se:

$$V_{\min} = 11,56 \text{ cm/min}$$

Com os valores médio e mínimo, calcula-se a taxa de filtração máxima através da seguinte expressão:

$$V_{\text{méd}} = \frac{V_{\max} + V_{\min}}{2}$$

Substituindo os valores conhecidos na fórmula acima, tem-se:

$$V_{\max} = 21,86 \text{ cm/min ou } 315 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$$

Verifica-se que o valor máximo encontrado está abaixo do que recomendado pela norma (25,07 cm/min), logo satisfaz.

Para que os filtros trabalhem com os limites de vazões fixados acima, é necessário instalar dispositivos que criem perda de carga na saída de cada filtro ou então regular o efluente através de registro. O dimensionamento deste dispositivo é feito a partir da taxa de filtração mínima do filtro e da perda de carga no leito sujo.

As perdas de carga no leito limpo ou sujo são perdas em regime laminar e têm a forma de uma reta; já as perdas em regime turbulento têm a forma de uma parábola e são provocadas pelo fundo do filtro, tubulações imediatas e dispositivos de controle de entrada e saída dos filtros.

Nos gráficos apresentados nas **Figuras 3.1 e 3.2**, estão representadas todas as curvas correspondentes à hidráulica da filtração, onde se observa que quando um filtro recém lavado entra em operação a velocidade de filtração inicial será maior do que o valor fixado em norma.

Figura 3.1 – Hidráulica da Filtração – Com Tê de Controle

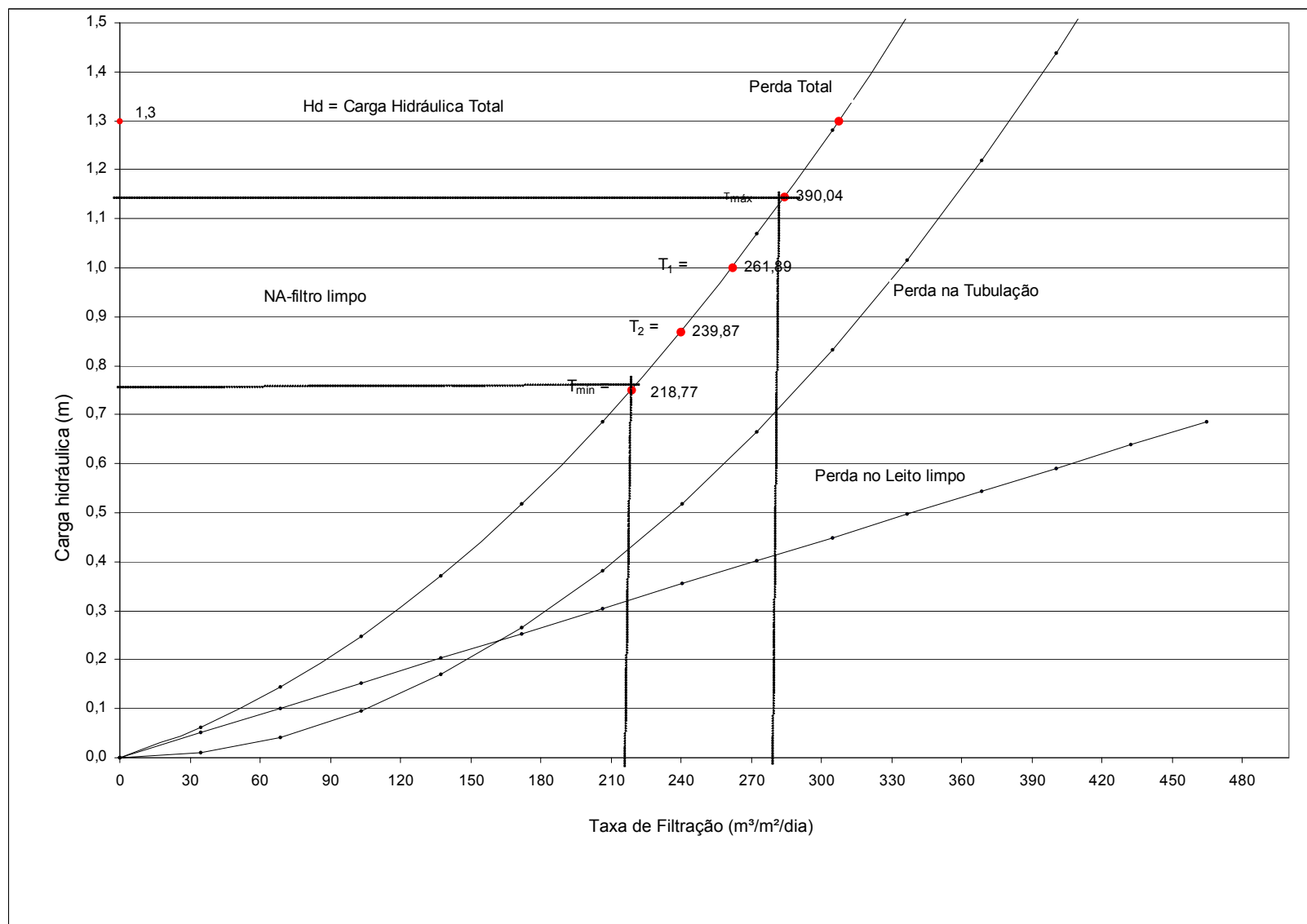
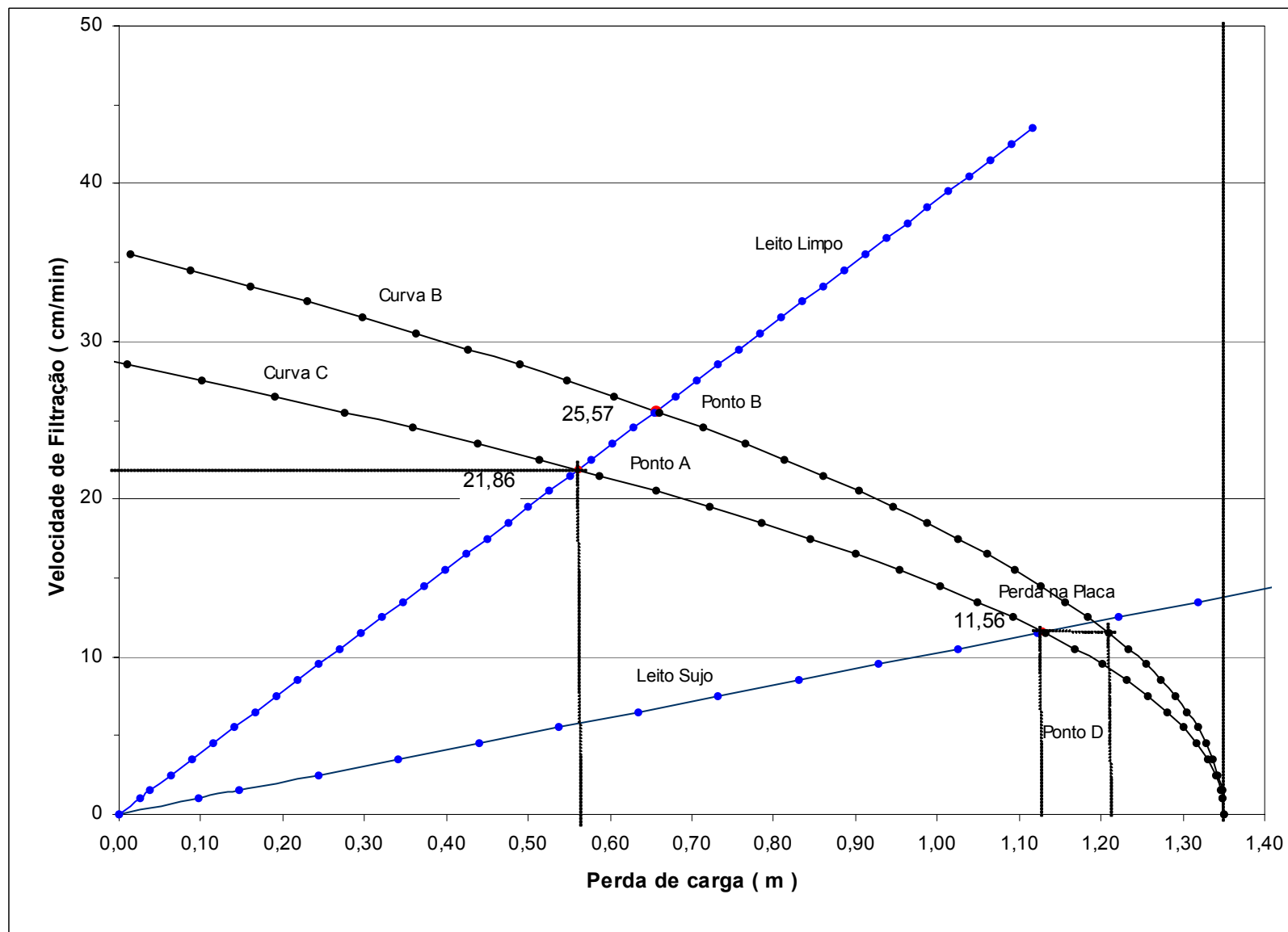


Figura 3.2 – Hidráulica da Filtração – Controle com Placa Perfurada



Para o cálculo desta velocidade, basta resolver o sistema de duas equações representado pela equação da reta do leito limpo e a equação da curva das perdas turbulentas. O par de valores é o seguinte:

$$\begin{cases} h = 0,0256734 \times V_{\text{máx}} \\ h = 1,35 - 0,0010602 \times (V_{\text{máx}})^2 \end{cases}$$

$$V_{\text{máx}} = 25,57 \text{ cm/min}$$

$$H = 0,66 \text{ m}$$

Como o valor encontrado é ligeiramente superior ao máximo fixado (25,07 cm/min), é necessário introduzir uma perda de carga na tubulação efluente de cada filtro, conforme demonstrado a seguir.

Calcula-se a perda de carga na placa em função de dois parâmetros: a velocidade de filtração mínima e a perda de carga no leito sujo, obtendo-se o valor de 1,27 cm.

- N° de furos adotados na placa 5 furos;
- Vazão no filtro (a taxa de filtração mínima) 0,0039 m³/s;
- Vazão nos furos (a taxa de filtração mínima) 0,0008 m³/s.

Fórmula da perda de carga nos furos:

$$h = 0,041 \times V^2/2g$$

$$h = 0,08 \text{ m}$$

Substituindo o valor de h na fórmula, tem-se:

$$V = 6,15 \text{ m/s}$$

Cálculo do diâmetro dos furos

$$d = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

d = 0,01267 m. A placa terá 5 furos de 12,67 mm de diâmetro.

b) ajuste da carga hidráulica disponível (Tê de saída)

O ajuste da carga hidráulica disponível é feito através do posicionamento do “Tê” de saída dos filtros. A posição do “Tê”, para garantir uma carga hidráulica capaz manter a $V_{\text{máx}}$ fixada em norma, é feito por tentativa, no caso em questão foi determinado que o mesmo deverá ficar posicionado a uma altura de 2,00 m a partir da base do filtro o que resulta numa carga hidráulica efetiva de 1,30 m.

Performance dos Filtros com a carga hidráulica de 1,30 m

No início de operação da ETA todos os filtros estão limpos e produzem uma taxa de filtração média ($T_{\text{méd}} = 240,64 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$ ou 5,60 l/s). No decorrer do tempo o grau de colmatção vai aumentando e a taxa vai reduzindo-se até atingir a vazão mínima de 4,62 l/s, quando o filtro deve ser lavado. Para evitar que todos os filtros sejam lavados ao mesmo tempo é necessário criar um cenário operacional repetitivo conforme apresentado na tabela abaixo.

Operação normal (vazões de uma bateria de filtros)

Identificação do filtro	Intervalo entre a lavagem de dois filtros distintos (h)	Vazão (l/s)	Carreira de filtração (h)
Filtro – F1 (limpo)	4,0	6,62	20
Filtro – F2	4,0	6,09	20
Filtro – F3	4,0	5,58	20
Filtro – F4	4,0	5,09	20
Filtro – F5	4,0	4,62	20
Total	20,0	28,00	-

Um filtro fora de operação (vazões de uma bateria de filtros)

Identificação do filtro	Intervalo entre a lavagem de dois filtros distintos (h)	Vazão (l/s)	Carreira de filtração (h)
Filtro – F1 (limpo)	4,0	7,78	20
Filtro – F2	4,0	7,25	20
Filtro – F3	4,0	6,73	20
Filtro – F4	4,0	6,23	20
Filtro – F5	4,0	-	20
Total	20,0	28,00	-

A relação entre a taxa de filtração máxima e a média é de 1,18 na operação normal e de 1,11 quando um filtro estiver fora de operação. Portanto está dentro da norma.

3.7 PRODUTOS QUÍMICOS

Consumo

a) Sulfato de Alumínio - Pureza Mínima de 90%

- dosagem média25 g/m³;
- vazão de fim de plano 4.032 m³/dia;
- período de trabalho da ETA 20 hs;
- consumo teórico de fim de plano..... 101 kg/dia;
- consumo real (90% de pureza) 112 kg/dia;
- volume a armazenar (mínimo recomendado NBR -12.216) 1.680 kg;
- tempo de armazenamento 15 dias;
- número de sacos (50 kg).....33,6 sacos;
- área ocupada - pilhas com 5 sacos (0,30 m² por pilha)2,0 m²;
- acréscimo de 20% na área para renovação do estoque0,4 m²;
- área total (sem circulação)2,4 m².

b) Cal Hidratada - Teor Mínimo de Óxido de Cálcio 70%

- dosagem média30 g/m³;
- consumo teórico de fim de plano..... 121 kg/dia;
- consumo real (70% de pureza) 173 kg/dia;
- volume a armazenar (mínimo recomendado NBR - 12.216) 2.595 kg;

- tempo de armazenamento 15 dias;
- número de sacos (30 kg).....87 sacos;
- área ocupada - pilhas com 5 sacos (0,30 m² por pilha)5,19 m²;
- acréscimo de 20% na área para renovação do estoque 1,04 m²;
- área total (sem circulação).....6,23 m².

c) Cloro Gasoso

- dosagem3 g/m³;
- consumo fim de plano 12 kg/dia;
- tempo de armazenamento 60 dias;
- número de cilindros de 900 kg 1 unidade;
- área 12 m².

d) Fluoreto de Sódio (Granulado) Pureza Mínima 90% e Riqueza em Flúor 43%

- dosagem média (flúor) 1 g/m³;
- consumo de flúor fim de plano 1,73 kg/dia;
- consumo de fluoreto de sódio fim de plano 4,43 kg/dia;
- quantidade a armazenar (60 dias) 266 kg/dia;
- tempo de armazenamento 30 dias;
- número de sacos de 40 kg7,0 sacos;
- área ocupada - pilhas 4 sacos (0,30 m² por pilha).....0,53 m²;
- acréscimo de 20% na área para renovação do estoque0,63 m².

Preparação da Dosagem**a) Tanque de Preparação da Solução de Sulfato de Alumínio**

- concentração da solução5 %;
- dosagem média25 g/m³;
- consumo real (90% de pureza) 111 kg/dia;
- volume consumido em 20 horas..... 2.218 litros;
- n° de tanques.....2 unidades;
- volume por unidade..... 1.340 litros;
- diâmetro..... 1,60 m;
- altura útil0,70 m;
- altura total..... 0,90 m;
- preparação da dosagem4 vezes/dia;
- quantidade aplicada em cada dosagem (numa tina) 14,6 kg.

b) Tanque de Preparação da Solução de Leite de Cal

- concentração da suspensão 5 %;
- dosagem média 30 g/m³;
- consumo real (70% de pureza) 158 kg/dia;
- volume consumido em 20 horas 3.145 litros;
- nº de unidades 2 tanques;
- volume por unidade 1.340 litros;
- diâmetro 1,60 m;
- altura útil 0,70 m;
- altura total 0,90 m;
- preparação da dosagem 4 vezes/dia;
- quantidade de cal aplicada em cada dosagem 14,6 kg.

c) Tanque de Preparação da Solução de Fluoreto de Sódio (NaF)

- concentração da solução 1,5 %;
- dosagem média 1 g/m³;
- consumo de fluoreto de sódio fim de plano 5,32 kg/dia;
- volume consumido em 20 hs 279 litros;
- nº de unidades 2 tanques;
- volume por unidade 193 litros;
- diâmetro 0,70 m;
- altura útil 0,50 m;
- altura total 0,70 m;
- área do tanque 0,38 m²;
- preparação da dosagem 1,00 vez/dia;
- quantidade de fluoreto de sódio aplicada em cada dosagem 1,0 kg.

d) Bomba Dosadora de Sulfato

- vazão a ser aplicada na ETA durante 20 horas 111 litros/hora;
- vazão da bomba dosadora 111 litros/hora;
- altura manométrica 8,00 m.

e) Bomba Dosadora de Cal

- vazão a ser aplicada na ETA durante 20 horas 157 litros/hora;
- vazão da bomba dosadora 157 litros/hora;
- altura manométrica 10,00 m.

f) Tanque Dosador de Fluoreto de Sódio (NaF)

- volume do dosador..... 15 litros;
- seção quadrada 0,05 m²;
- lado..... 0,22 m;
- altura útil 0,30 m;
- capacidade do dosador (padrão)..... 15 l/h.

3.8 ACUMULAÇÃO DE LODO DO DECANTADOR

Volume de lodo produzido por cada decantador em 20 hs de operação:

$$\text{Vol. Anual} = 0,40 \times 365 \times 4 = 584 \text{ m}^3/\text{ano}$$

$$\text{Vol} = \frac{(30,15)^2 + (38,135)^2}{2} \times 2 = 2.363,3 \text{ m}^3$$

$$\text{Duas Lagoas: } 2 \times 2.363,3 = 4.726,6 \text{ m}^3$$

Quantidade de anos de operação das Lagoas de 1ª Etapa:

$$n = \frac{4.726,6}{584} = 8 \text{ anos}$$

Quantidade de anos de operação das Lagoas de 2ª Etapa:

$$n = \frac{2.363,3}{0,34 \times 365} \cong 19 \text{ anos}$$

$$n \text{ considerando-se } (1^{\text{a}} + 2^{\text{a}} \text{ etapa}) = \frac{4.726,6 + 2.363,3}{584 + 124,1} = \frac{7.089,9}{708,1} = 10 \text{ anos/3 lagoas}$$

Lagoas de Lodo: h = 2m

$$\left[\frac{x^2 + (x+8)^2}{2} \right] \times 2 = 2.362,4$$

$$x^2 + x^2 + 16x + 64 = 2.362,4$$

$$2x^2 + 16x - 2.298,4 = 0$$

$$x = \frac{-16 \pm \sqrt{(16)^2 + 4 \times 2 \times 2.298,4}}{2 \times 2} \Rightarrow x = \frac{-16 \pm 136,54}{4}$$

$$x = 30,135 \text{ m}$$

$$y = 38,135 \text{ m}$$

$$(30,135)^2 + (38,135)^2 = 908,12 + 1.454,28 = 2.362,4 \text{ m}^3$$



4. Dissipador de Energia dos Efluentes das Lagoas de Lodo

4. DISSIPADOR DE ENERGIA DOS EFLUENTES DAS LAGOAS DE LODO

4.1 PERFIL DO TERRENO NA REGIÃO DO EMISSÁRIO DAS LAGOAS

Quadro 4.1 – Perfil do Terreno na Região do Emissário das Lagoas

Distância (A Origem)	Cota (m)	Distância (A Origem)	Cota (m)
0,00	352,20	47,00	354,00
12,50	353,00	77,00	350,00
24,50	354,00	119,00	340,00
41,00	354,50		

Figura 4.1 – Perfil do Emissário das Lagoas de Lodo

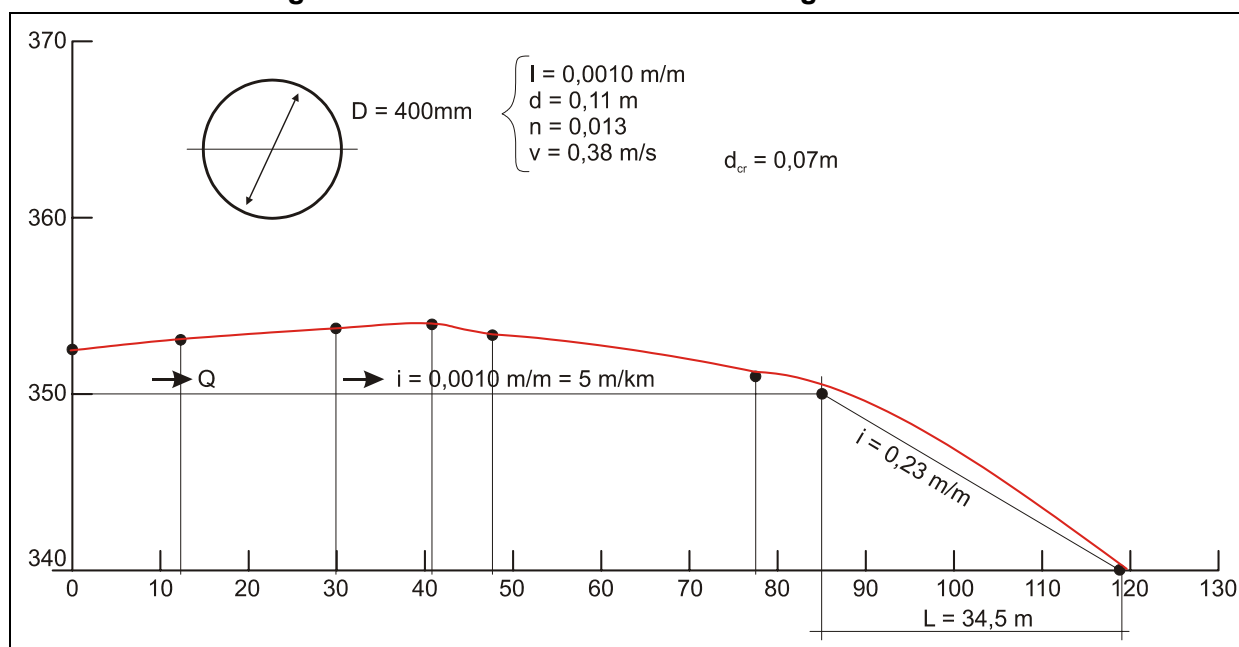
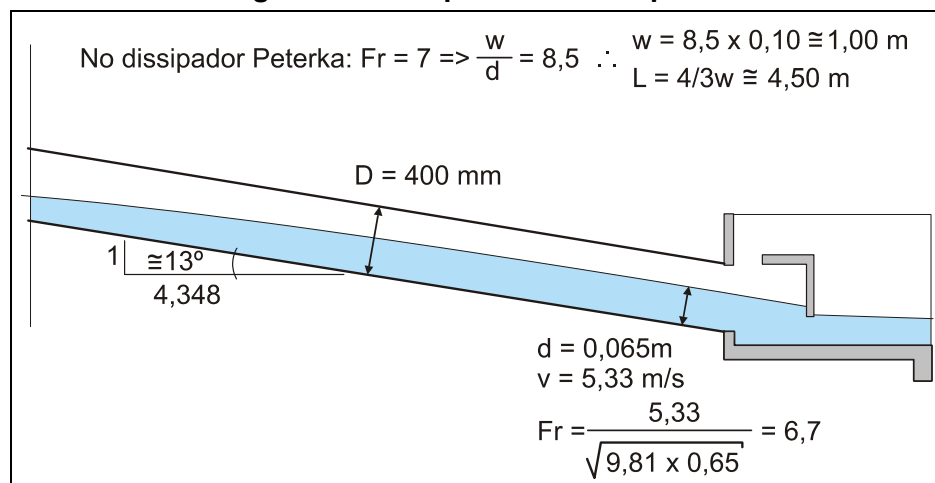
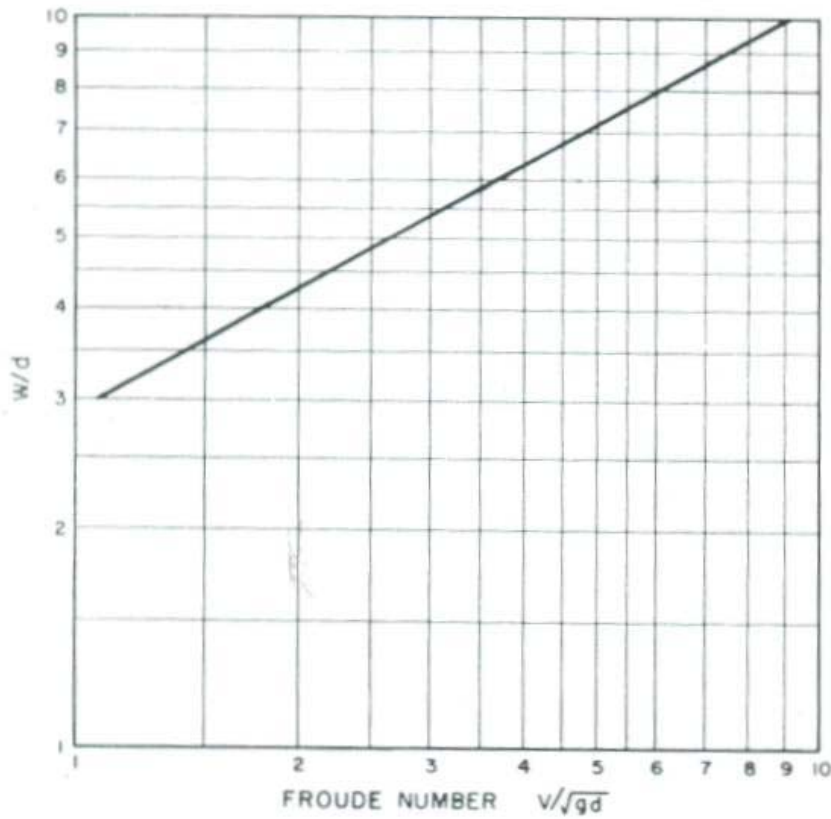
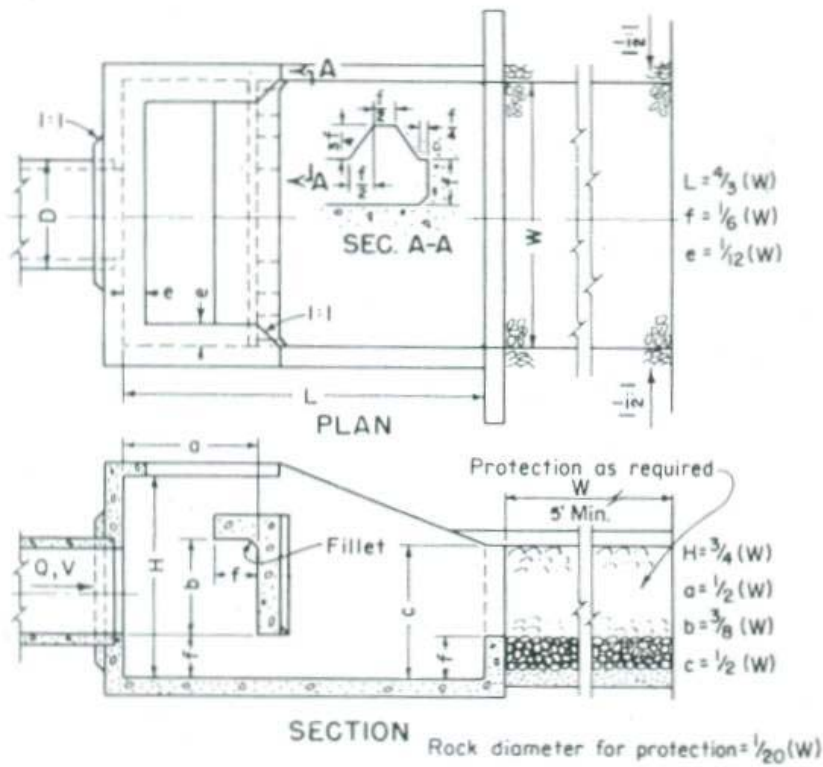


Figura 4.2 – Esquema do Dissipador



SMALL CANAL STRUCTURES



W , ft., is the inside width of the basin

V , fps, is the theoretical velocity of the incoming flow and is $\sqrt{2gh}$

h , ft., is the head to be dissipated

A , ft.², is the area of flow entering the basin and is Q/V

d , ft., Represents the depth of flow entering the basin and is \sqrt{A}

4.2 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DO EMISSÁRIO

Circular Channel Analysis & Design
Open Channel – Uniform Flow

Manning's Equation

Comment:

Solved For Depth

Given Input Data:

Diameter0.40 m
Manning's n.....0.013
Channel Slop0.001000 m/m
Discharge.....0.01 m³/s
Depth0.11 m

Computed Results:

Velocity0.38 m/s
Flow Area.....0.03 m²
Flow Top Width0.35 m
Wetted Perimeter0.43 m
Critical Depth0.07 m
Critical Slope.....0.00539 m/m
Froude Number0.44
Subcritical Flow
Percent Full.....26.34 %
Full Capacity0.07 m³/s
Qmax 93.8% D.....0.07 m³/s

QUICK FLOW, Version 1.0 (1993)
HIDROSISTEM ENGENHEIROS CONSULTORES LTDA.
011-829-0141 FAX 011-885-7655

4.3 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO DO DISSIPADOR TIPO "PETERKA"

D = 0,4 r = 0,2 Q = 0,071 L = 34,5

d (m)	d/r	A/r ²	P/r	R/r	A (m ²)	R (m)	R ^{2/3}	n
0,065	0,325	0,333	1,659	0,2	0,013	0,04	0,117	0,013

$J = (nQ/(A \cdot R^{2/3}))^2$	$J_{\text{médio}} = (nQ/(A \cdot R^{2/3}))^2$	hf _{médio} (m)	V (m/s)	V ² /2x9,81 (m)	d+v ² /2x9,81 (m)
0,35	0,175	6,038	5,33	0,1448	1,513

(d+v ² /2*9,81+hf)	Fr
7,551	6,7



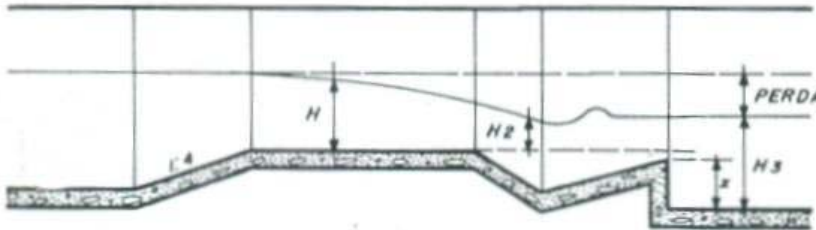
5. Dimensionamento da Calha Parshall

5. DIMENSIONAMENTO DA CALHA PARSHALL

H_3 = profundidade normal da água no canal;

H = carga medida no Parshall e que também pode ser determinada partindo-se da vazão,

H_2 = altura que não poderá ultrapassar 60 ou 70% de H em regime livre.



Para Q compreendido entre 1,52 l/s e 110,4 l/s $\Rightarrow W = 6 \text{ pol} = 15,2 \text{ cm}$

$$Q = K \times H^n$$

$$\text{Para } W = 6 \text{ pol} \Rightarrow \begin{cases} K = 0,381 \\ n = 1,58 \end{cases}$$

$$\text{Logo: } Q = 0,381 \times H^{1,58} \quad \therefore H^{1,58} = \frac{Q}{0,381}$$

Q (l/s)	Q (m³/s)	H (m)
5	0,005	0,064
10	0,010	0,100
15	0,015	0,129
20	0,020	0,155
30	0,030	0,200
40	0,040	0,240
50	0,050	0,277
70	0,070	0,342

Para a vazão de projeto $Q = 55,64 \text{ l/s}$

$$H \cong 0,30 \text{ m}$$

$$\text{Perda de carga } h_f \text{ para a vazão de projeto: } \begin{cases} H_2 = 0,417 \text{ m} \\ H_1 = 0,121 \text{ m} \end{cases}$$

$$h_f = \frac{(H_2 - H_1)^3}{4 \times H_1 \times H_2} = \frac{(0,417 - 0,121)^3}{4 \times 0,121 \times 0,417} \cong 0,13 \text{ m}$$

$H_1 \Rightarrow$ Altura de água na garganta do Parshall



6. Estudo de Transientes Hidráulicos

6. ESTUDO DE TRANSIENTES HIDRÁULICOS

Quadro 6.1 – Estudo de Transientes – Trecho EB Captação a ETA (Dados Gerais)

DADOS GERAIS	
RECALQUE	
Altura Manométrica:	21,83 m
NA máx Recalque:	351,8 m
COTA eixo:	330,5 m
Zg =	21,3 m
Δh =	0,53 m
SISTEMA	
Bombas (Quant.) =	4 UNID.
Vazão =	55,63 l/s
Vazão =	0,05563 m³/s
BOMBAS	
Quant.:	1 UNID.
Vazão =	13,9075 L/s
Vazão =	0,0139075 m³/s
Rotação:	3550 rpm
nº de polos:	2
A =	0,007534219
B =	0,001480563
C =	-0,0028
Potência do Conjunto =	10 HP
Potência do Conjunto =	10,14 cv
Potência da BOMBA =	9,126 cv
Inércia da BOMBA =	0,028044944 Kgm²
HE =	0,2
TUBULAÇÃO	
DN =	300 mm
DN =	0,3 m
Área =	0,07068375 m²
Distância:	132,83 m
CELERIDADE:	915,0605804 m/s
CELER. Equivalente =	----- m/s
α (S) =	0,000757772
Atrito:	100 %
f - Coef. DARCY =	0,037915868

TRANSIENTE									
COTA	ESTACA	L (m)	MAT.	DN (mm)	CELERIDADE (m/s)	dt (s)		t (s)	
(m)						IDA	VOLTA	IDA	VOLTA
330,50	4 + 0,00	0	-	-	-	-	0,02	0,00	0,29
332,60	5 + 0,00	20	PVC	300	915	0,02	0,02	0,02	0,27
335,20	6 + 0,00	40	PVC	300	915	0,02	0,02	0,04	0,25
337,40	7 + 0,00	60	PVC	300	915	0,02	0,02	0,07	0,22
339,70	8 + 0,00	80	PVC	300	915	0,02	0,03	0,09	0,20
343,00	9 + 8,00	108	PVC	300	915	0,03	0,01	0,12	0,17
345,80	10 + 0,00	120	PVC	300	915	0,01	0,01	0,13	0,16
348,00	10 + 12,83	132,83	PVC	300	915	0,01	-	0,15	-

Quadro 6.2 – Estudo de Transientes – Trecho EB Captação a ETA (Cálculo de Histórico de Subpressões)

SUBPRESSÕES SEM PROTEÇÃO							
t (s)		Q (m³/s)		Ho (m)		ENVOLTÓRIAS	
IDA	VOLTA	IDA	VOLTA	IDA	VOLTA	SUBPRESSÕES	COTAS (m)
0,00	0,29	0,05563	0,04808	21,83	11,87	11,869	342,369
0,02	0,27	0,05785	0,04861	24,69	12,48	10,381	342,981
0,04	0,25	0,05662	0,04917	22,99	13,14	8,441	343,641
0,07	0,22	0,05552	0,04977	21,47	13,86	6,957	344,357
0,09	0,20	0,05453	0,05042	20,09	14,63	5,433	345,133
0,12	0,17	0,05326	0,05141	18,38	15,84	3,337	346,337
0,13	0,16	0,05283	0,05188	17,71	16,40	1,099	346,899
0,15	-	0,05240	-	17,03	-	-	351,800

MENOR SUB.

Quadro 6.3 – Estudo de Transientes – Trecho EB Captação a ETA (Cálculo de Histórico de Sobrepressões)

SOBREPRESSÕES SEM PROTEÇÃO							
dt (s)		Qp (m³/s)		Hp		ENVOLTÓRIAS	
IDA	VOLTA	IDA	VOLTA	IDA	VOLTA	SOBREPRESSÕES	COTA (m)
-	0,02	-	0,048082856	11,86913745	31,78924728	31,789	362,289
0,02	0,02	0,055629849	0,048083778	21,82980065	31,78803072	29,677	362,277
0,02	0,02	0,051855891	0,048085621	26,81013225	31,78559759	27,063	362,263
0,02	0,02	0,049968913	0,048089309	29,30029804	31,78073134	24,847	362,247
0,02	0,03	0,049025423	0,048096563	30,54538094	31,77099884	22,525	362,225
0,03	0,01	0,048553618	0,048111434	31,16784265	31,75169333	19,190	362,190
0,01	0,01	0,048317897	0,048140922	31,47923299	31,71276333	16,345	362,145
0,01	-	0,048199909	-	31,63491988	-	-	351,800

Quadro 6.4 – Estudo de Transientes – Trecho EB Captação a ETA (Cálculo da Bomba)

ROTAÇÃO	3550 rpm								
Vazão	0,00	10,00	20,00	30,00	40,00	50,08	60,00	70,00	80,00
H manométrica	26,90	26,70	26,50	26,10	25,50	24,08	22,00	18,80	15,00
Equação:	$y = -0,0028x^2 + 0,0876x + 26,375$								
Logo:	A = 0,007534219	B = 0,001480563	C = -0,0028						

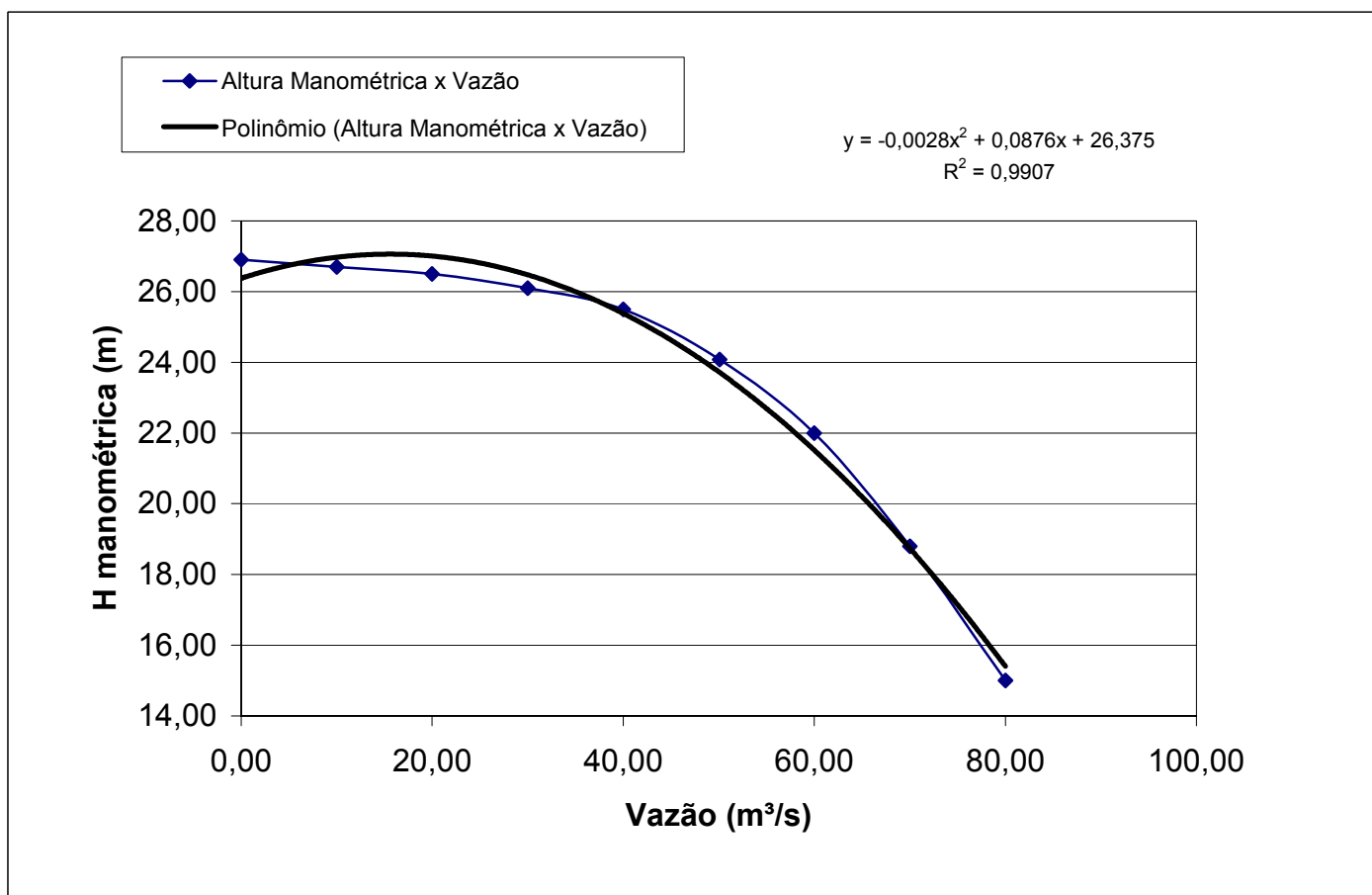
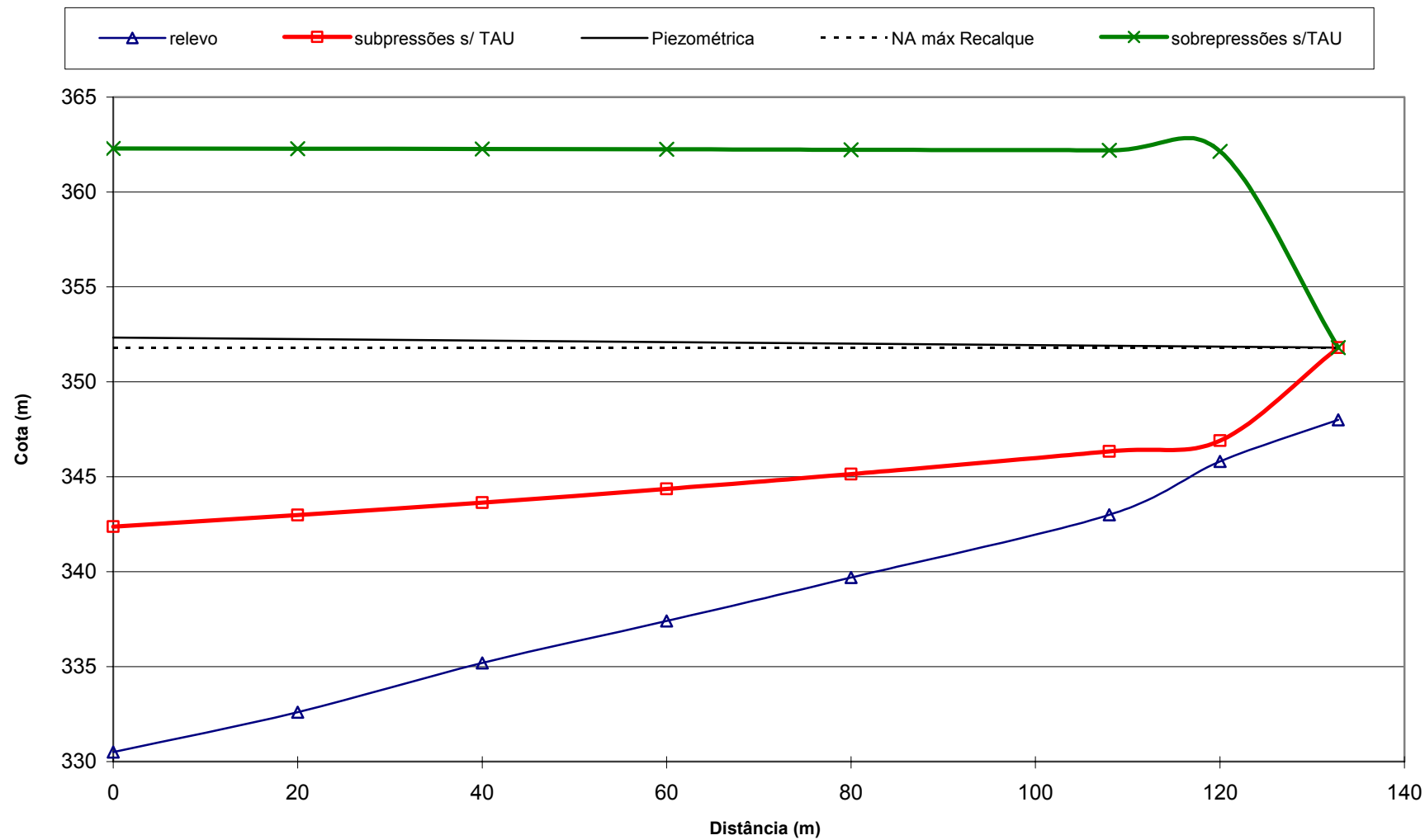


Figura 6.1 – EB Captação a ETA (Sobrepressões e Subpressões Sem Proteção)



**Quadro 6.5 – Dimensionamento dos TAUs – Trecho EB-1/1 a Stand-Pipe**

Q Projeto (l/s)	Diâmetro da Adutora (mm)	Diâmetro da Adutora (m)	Área (m²)	V (m/s)	CELER. (m/s)	f	Cota Reserv. Jus. (m)
3,52	100	0,100	0,0079	0,4482	941	0,025997798	379,72

Cálculo do Ho

TAU	Distância	COTA	L (m)	Perda Unitária (m/m)	Perda (m)	Ho (m)	A	DN lig (mm)	DN lig (m)
1	400	370,443	4105	0,00266	10,93	20,20	2,1281	100	0,100

Dimensionamento do Volume do Tau

TAU	Q (l/s)	V (m/s)	Vol. Mín. (m³)	Vol Mín./ Q drenagem (s)	Perda Unit. (m/m)	Perda (m)	Cota NA Máx. Máx. (m)	h (m)	Q drenagem 2* Tau (l/s)	Ts (seg.)	Q drenagem* Ts	Vol.Mín. / Área do Tau delta h (m)	Ts 1 (s)	Vol / Ts
1	2,081	0,2650	0,1979	95,0869	0,00093	3,81953	383,54	13,0965	2,0813	8,4660	0,0176	0,1120	55,7190	0,0003

Continuação do Dimensionamento do Volume do Tau

TAU	A Tau (m²)	A lig (m²)	Delta h (m)	Cota NA Mín. Máx. (m)	Volume drenagem (m³)	Q drenagem *T	Q Máx. Drenagem (l/s)	Veloc. Máx. Ramal (m/s)	H para NA Mín. (m)	H TAU Máx. (m)	Cota NA Máx. Máx. (m)	Cota NA Mín. (m)	Cota com Vol. NA Máx. (m)	H Máx. (m)	H Adotada (m)
1	1,7672	0,0079	0,0026	383,43	0,1979	0,0176	1,0406	0,1325	5,00	13,10	383,54	375,44	375,5550	5,11	6,00

Valores Teóricos do Dimensionamento do TAU

TAU	T (s)	V (DONSKY) - m³	Vol. Útil (m³)
1	9,28	0,01634	0,0490

Quadro 6.6 – Estudo de Transientes – Trecho EB-1/1 a Stand-Pipe (Dados Gerais)

DADOS GERAIS		
RECALQUE		
Altura Manométrica:	43,71 m	
NA máx Recalque:	379,72 m	
COTA eixo:	348 m	
Zg =	31,72 m	
Δh =	11,99 m	
SISTEMA		
Bombas (Quant.) =	1 UNID.	
Vazão =	3,52 l/s	
Vazão =	0,00352 m³/s	
BOMBAS		
Quant.:	1 UNID.	
Vazão =	3,52 L/s	
Vazão =	0,00352 m³/s	
Rotação:	3530 rpm	
nº de polos:	2	
A =	0,013742282	
B =	0,005126346	
C =	-0,0471	
Potência do Conjunto =	7,5 HP	
Potência do Conjunto =	7,605 cv	
Potência da BOMBA =	6,8445 cv	
Inércia da BOMBA =	0,01874737 Kgm²	
HE =	0,2	
TUBULAÇÃO		
DN =	100 mm	
DN =	0,1 m	
Área =	0,00785375 m²	
Distância:	4504,54 m	
CELERIDADE:	941 m/s	
CELER. Equivalente =	----- m/s	
α (S) =	8,1876E-05	
Atrito:	100 %	
f - Coef. DARCY =	0,025997798	

TRANSIENTE									
COTA	ESTACA	L (m)	MAT.	DN (mm)	CELERIDADE (m/s)	dt (s)		t (s)	
(m)						IDA	VOLTA	IDA	VOLTA
348,00	+	0	-	-	-	-	0,06	0,00	9,58
348,00	+	60	PVC	100	941	0,06	0,09	0,06	9,51
350,18	10 + 0,00	144,54	PVC	100	941	0,09	0,21	0,15	9,42
370,44	20 + 0,00	344,54	PVC	100	941	0,21	0,64	0,37	9,21
333,97	50 + 0,00	944,54	PVC	100	941	0,64	0,16	1,00	8,57
325,18	57 + 8,00	1092,5	PVC	100	941	0,16	0,35	1,16	8,42
332,47	74 + 0,00	1424,5	PVC	100	941	0,35	0,30	1,51	8,06
331,70	88 + 0,00	1704,5	PVC	100	941	0,30	0,30	1,81	7,77
323,23	102 + 0,00	1984,5	PVC	100	941	0,30	0,53	2,11	7,47
323,37	127 + 0,00	2484,5	PVC	100	941	0,53	0,02	2,64	6,94
320,77	128 + 0,00	2504,5	PVC	100	941	0,02	0,04	2,66	6,92
323,21	130 + 0,00	2544,5	PVC	100	941	0,04	0,66	2,71	6,87
323,46	161 + 0,00	3164,5	PVC	100	941	0,66	0,26	3,36	6,21
327,13	173 + 0,00	3404,5	PVC	100	941	0,26	0,23	3,62	5,96
335,35	184 + 0,00	3624,5	PVC	100	941	0,23	0,17	3,85	5,72
332,12	192 + 0,00	3784,5	PVC	100	941	0,17	0,36	4,02	5,55
354,71	209 + 0,00	4124,5	PVC	100	941	0,36	0,40	4,39	5,19
369,72	228 + 0,00	4504,5	PVC	100	941	0,40	-	4,79	-

**Quadro 6.7 – Estudo de Transientes – Trecho EB-1/1 a Stand-Pipe (Cálculo de Histórico de Subpressões)**

SUBPRESSÕES SEM PROTEÇÃO								SUBPRESSÕES COM PROTEÇÃO								
t (s)		Q (m³/s)		Ho (m)		ENVOLTÓRIAS		IDA		PROTEÇÃO			VOLTA		ENVOLTÓRIAS	
IDA	VOLTA	IDA	VOLTA	IDA	VOLTA	SUBPRESSÕES	COTAS (m)	Q (m³/s)	Ho (m)	TAU	DIST (m)	COTA (m)	Q (m³/s)	Ho (m)	SUBPRESSÕES	COTAS (m)
0,00	9,58	0,00352	0,00000	43,71	0,73	0,726	348,726	0,00352	43,71	.	.	.	0,0020813	26,15	26,146	374,146
0,06	9,51	0,00313	0,00000	37,75	0,61	0,610	348,610	0,00313	37,75	.	.	.	0,0020813	26,03	26,030	374,030
0,15	9,42	0,00245	0,00000	28,24	0,45	-1,731	348,447	0,00245	28,24	.	.	.	0,0020813	25,87	23,689	373,867
0,37	9,21	0,00154	0,00002	16,26	0,33	-22,113	348,330	0,00154	27,44	TAU	344,54	370,443	0,0020813	25,48	3,033	373,476
1,00	8,57	0,00065	0,00012	5,57	0,35	14,377	348,349	0,00208	23,10	.	.	.	0,0020813	24,27	37,132	371,104
1,16	8,42	0,00065	0,00015	4,61	0,35	23,179	348,354	0,00208	22,14	.	.	.	0,0020813	23,96	44,963	370,138
1,51	8,06	0,00057	0,00021	3,20	0,37	15,898	348,367	0,00208	21,68	.	.	.	0,0020813	23,26	37,211	369,680
1,81	7,77	0,00056	0,00026	2,48	0,38	16,682	348,379	0,00208	21,09	.	.	.	0,0020813	22,66	37,396	369,093
2,11	7,47	0,00056	0,00031	1,99	0,39	25,160	348,393	0,00208	20,52	.	.	.	0,0020813	22,05	45,287	368,520
2,64	6,94	0,00052	0,00040	1,44	0,42	25,050	348,422	0,00208	20,54	.	.	.	0,0020813	20,92	45,171	368,543
2,66	6,92	0,00062	0,00041	1,42	0,42	27,653	348,423	0,00208	19,30	.	.	.	0,0020813	20,87	46,533	367,303
2,71	6,87	0,00071	0,00041	1,39	0,43	25,215	348,426	0,00208	18,12	.	.	.	0,0020813	20,78	42,910	366,121
3,36	6,21	0,00065	0,00054	1,02	0,47	25,015	348,472	0,00208	18,51	.	.	.	0,0020813	19,32	43,055	366,512
3,62	5,96	0,00069	0,00059	0,92	0,49	21,363	348,494	0,00208	17,90	.	.	.	0,0020813	18,74	38,766	365,897
3,85	5,72	0,00074	0,00063	0,85	0,52	13,167	348,516	0,00208	17,24	.	.	.	0,0020813	18,19	29,893	365,242
4,02	5,55	0,00080	0,00067	0,80	0,53	16,414	348,534	0,00208	16,44	.	.	.	0,0020813	17,79	32,320	364,440
4,39	5,19	0,00082	0,00074	0,71	0,58	-6,129	348,578	0,00208	16,13	.	.	.	0,0020813	16,93	9,425	364,132
4,79	-	0,00083	-	0,64	-	-	379,720	0,00208	15,94	.	.	.	-	-	-	379,720

Menor Sub. = 373,476

MENOR SUB.

Quadro 6.8 – Estudo de Transientes – Trecho EB-1/1 a Stand-Pipe (Cálculo de Histórico de Sobrepressões)

SOBREPRESSÕES SEM PROTEÇÃO								SOBREPRESSÕES COM PROTEÇÃO					
dt (s)		Qp (m³/s)		Hp		ENVOLTÓRIAS		Qp (m³/s)		Hp		ENVOLTÓRIAS	
IDA	VOLTA	IDA	VOLTA	IDA	VOLTA	SOBREPRESSÕES	COTA (m)	IDA	VOLTA	IDA	VOLTA	SOBREPRESSÕES	COTA (m)
-	0,06	-	9,1427E-10	0,725550418	86,7018362	86,702	434,702	-	0,002081284	26,14550395	61,28188268	61,282	409,282
0,06	0,09	0,003519696	1,49852E-09	43,71369889	86,70182504	86,498	434,498	0,003519696	0,002081285	43,71369889	61,28187151	61,172	409,172
0,09	0,21	0,001759848	1,44431E-09	65,20777112	86,70180673	84,032	434,210	0,00280049	0,002081285	52,49779435	61,28185322	58,839	409,017
0,21	0,64	0,000879923	-2,49068E-09	75,95479775	86,70178909	63,086	433,529	0,002440886	0,002081281	56,8898326	61,28183559	38,208	408,651
0,64	0,16	0,000439959	1,09725E-09	81,32827821	86,70181951	97,518	431,490	0,002261082	0,002081284	59,08581887	61,28186603	73,583	407,555
0,16	0,35	0,000219983	-2,79979E-10	84,01505556	86,70180611	105,813	430,988	0,002171186	0,002081283	60,18384913	61,28185268	82,110	407,285
0,35	0,30	0,00010999	1,39351E-10	85,35842913	86,70180953	97,396	429,865	0,002126233	0,002081283	60,73284915	61,28185619	74,212	406,681
0,30	0,30	5,49954E-05	2,78702E-10	86,03012018	86,70180783	97,224	428,921	0,002103759	0,002081284	61,00735343	61,28185468	74,477	406,174
0,30	0,53	2,74977E-05	-2,40121E-09	86,36596571	86,70180443	104,747	427,980	0,002092521	0,002081281	61,14460557	61,28185166	82,435	405,668
0,53	0,02	1,37474E-05	1,65274E-09	86,5338704	86,70183375	102,938	426,310	0,002086901	0,002081285	61,21321357	61,28188174	81,398	404,770
0,02	0,04	6,87691E-06	3,03651E-09	86,61786217	86,70181357	105,474	426,244	0,002084095	0,002081286	61,24755699	61,28186307	83,964	404,734
0,04	0,66	3,43832E-06	-1,72696E-09	86,65985641	86,70177648	102,900	426,111	0,002082689	0,002081281	61,26472706	61,28182901	81,452	404,663
0,66	0,26	1,71526E-06	1,65641E-09	86,6808059	86,70179757	100,608	424,065	0,002081982	0,002081284	61,27326446	61,28185617	80,106	403,563
0,26	0,23	8,60185E-07	3,58178E-09	86,69131185	86,70177734	96,150	423,281	0,002081635	0,002081285	61,27756437	61,28184806	76,010	403,141
0,23	0,17	4,30227E-07	7,97046E-09	86,69656647	86,7017336	87,217	422,566	0,00208146	0,002081287	61,27971597	61,28182855	67,408	402,757
0,17	0,36	2,15517E-07	1,35202E-08	86,69919871	86,70163625	89,929	422,049	0,002081372	0,002081289	61,28079669	61,28177969	70,359	402,479
0,36	0,40	1,06548E-07	2,65025E-08	86,70050004	86,70147112	66,252	420,959	0,002081326	0,002081294	61,28132227	61,28171153	47,186	401,893
0,40	-	5,30051E-08	-	86,70114743	-	-	379,720	0,002081305	-	61,28158178	-	-	379,720

Quadro 6.9 – Estudo de Transientes – Trecho EB-1/1 a Stand-Pipe (Cálculo da Bomba)

ROTAÇÃO	3530 rpm						
Vazão	0,00	4,00	8,00	12,00	12,67	16,00	20,00
H manométrica	48,00	47,30	46,80	44,70	44,07	40,50	34,50
Equação:	$y = -0,0471x^2 + 0,3016x + 47,567$						
Logo:	A = 0,013742282	B = 0,005126346	C = -0,0471				

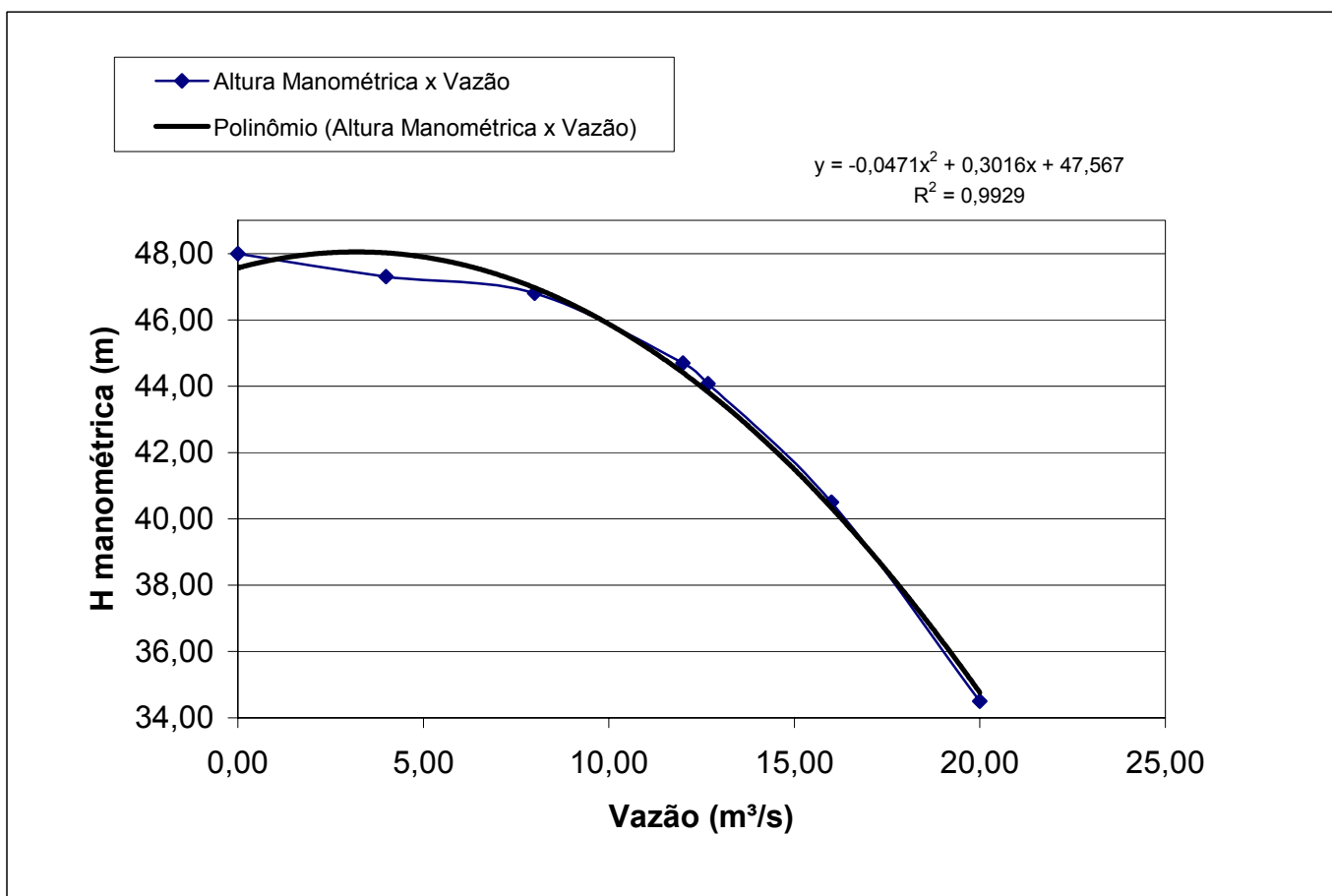


Figura 6.2 – EB-1/1 a Stand-Pipe (Sobrepressões e Subpressões Sem Proteção)

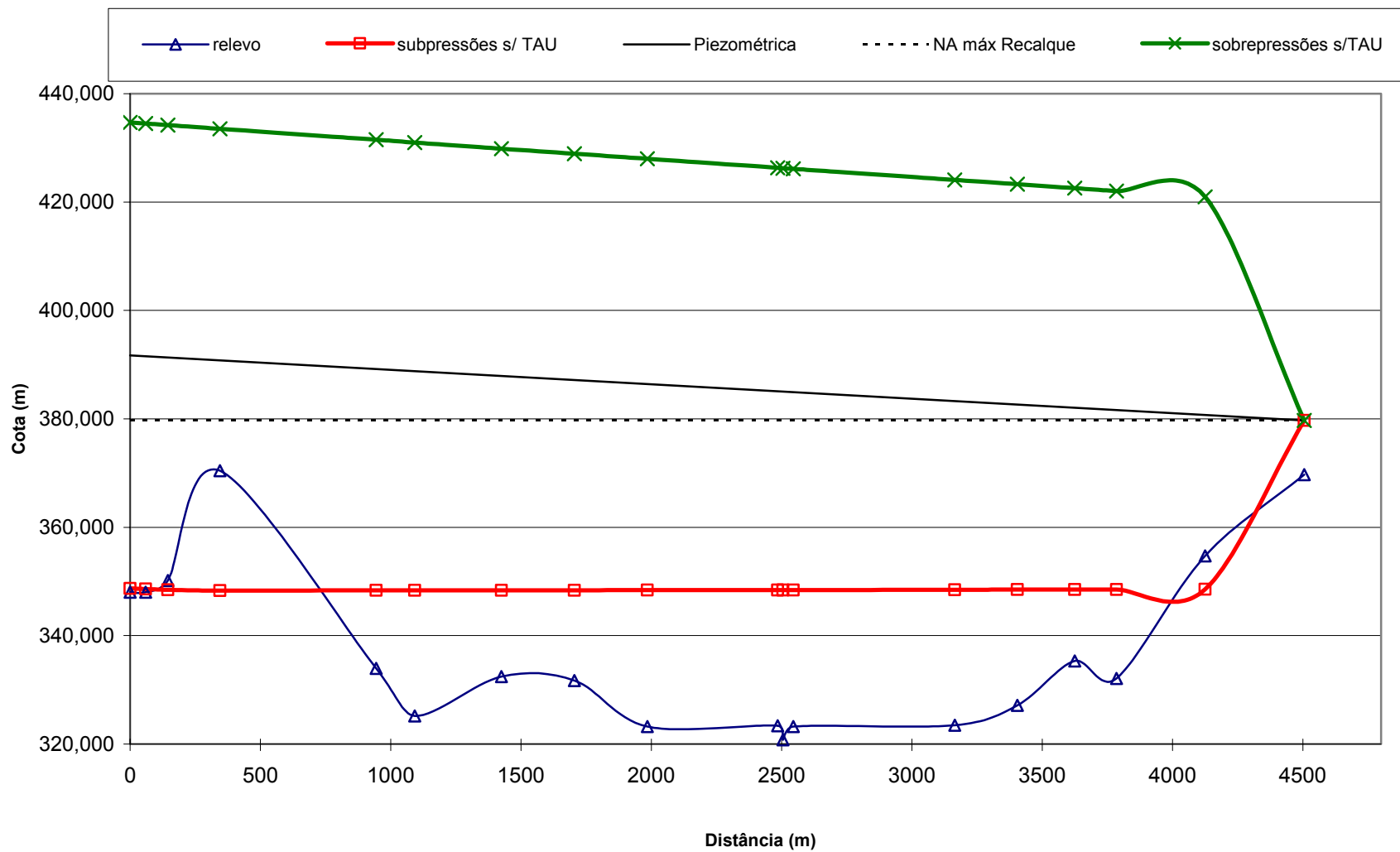
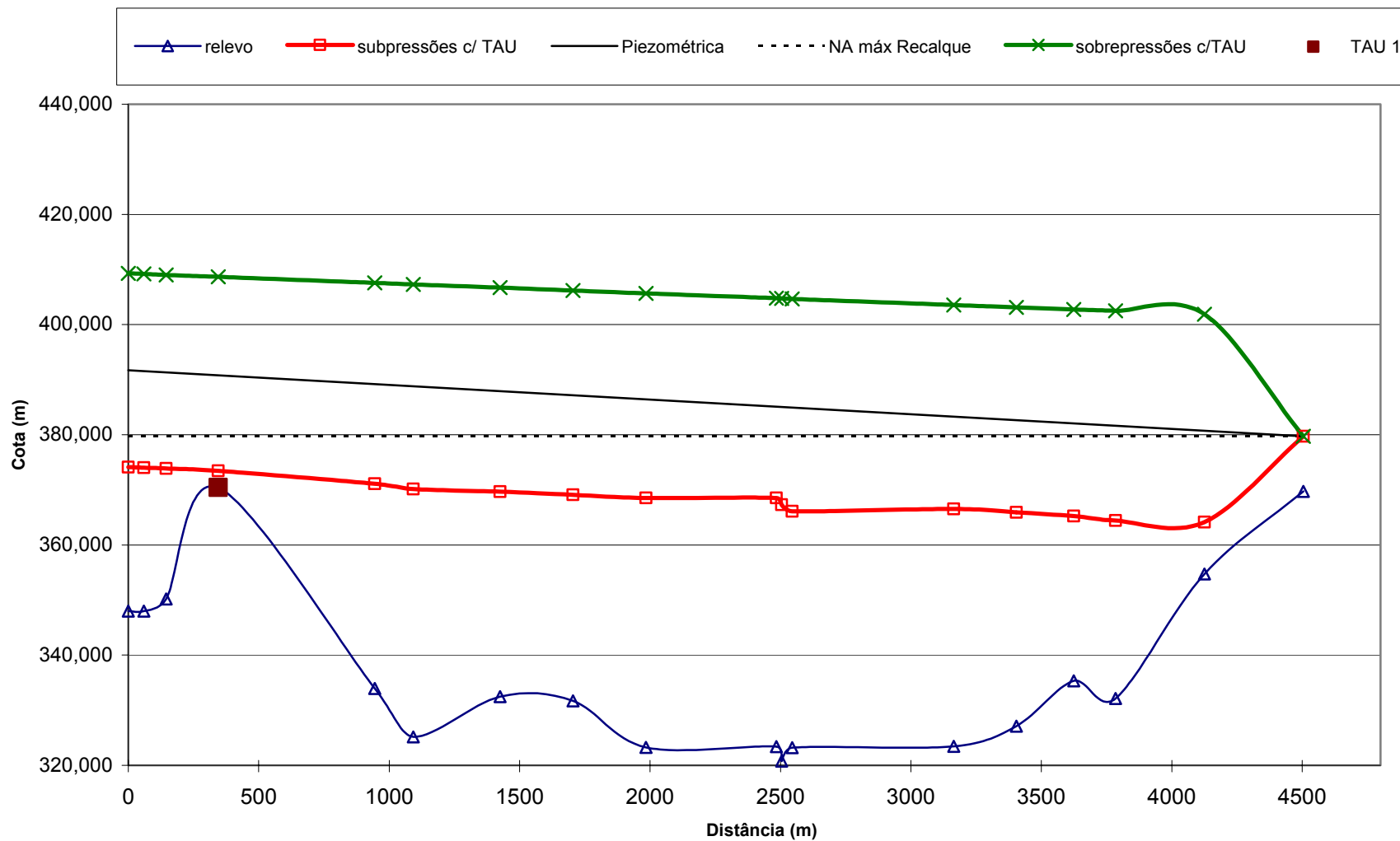


Figura 6.3 – EB-1/1 a Stand-Pipe (Sobrepressões e Subpressões Com Proteção)



Quadro 6.10 – Dimensionamento dos TAUs – Trecho EB-1/2 a Uiraúna

Q Projeto (l/s)	Diâmetro da Adutora (mm)	Diâmetro da Adutora (m)	Área (m²)	V (m/s)	CELER. (m/s)	f	Cota Reserv. Jus. (m)
44,43616	256	0,256	0,0514	0,8647	916	0,011837113	391,99

Cálculo do Ho

TAU	Distância	COTA	L (m)	Perda Unitária (m/m)	Perda (m)	Ho (m)	A	DN lig (mm)	DN lig (m)
2	400	370,443	8186	0,00176	14,44	35,98	2,2440	250	0,250

Dimensionamento do Volume do Tau

TAU	Q (l/s)	V (m/s)	Vol. Mín. (m³)	Vol Mín./ Q drenagem (s)	Perda Unit. (m/m)	Perda (m)	Cota NA Máx. Máx. (m)	h (m)	Q drenagem 2* Tau (l/s)	Ts (seg.)	Q drenagem* Ts	Vol.Mín. / Área do Tau delta h (m)	Ts 1 (s)	Vol / Ts
2	34,954	0,6802	6,9505	198,8483	0,00109	8,93259	400,92	30,4776	34,9537	18,6220	0,6509	3,9332	52,8330	0,0123

Continuação do Dimensionamento do Volume do Tau

TAU	A Tau (m²)	A lig (m²)	Delta h (m)	Cota NA Mín. Máx. (m)	Volume drenagem (m³)	Q drenagem *T	Q Máx. Drenagem (l/s)	Veloc. Máx. Ramal (m/s)	H para NA Mín. (m)	H TAU Máx. (m)	Cota NA Máx. Máx. (m)	Cota NA Mín. (m)	Cota com Vol. NA Máx. (m)	H Máx. (m)	H Adotada (m)
2	1,7672	0,0491	0,4886	396,99	6,9505	0,6509	17,4769	0,3560	5,00	30,48	400,92	375,44	379,3762	8,93	10,00

Valores Teóricos do Dimensionamento do TAU

TAU	T (s)	V (DONSKY) - m³	Vol. Útil (m³)
2	20,05	0,44554	1,3366

Quadro 6.11 – Estudo de Transientes – Trecho EB-1/2 a Uiraúna (Dados Gerais)

DADOS GERAIS		
RECALQUE		
Altura Manométrica:	59,13	m
NA máx Recalque:	391,99	m
COTA eixo:	348,00	m
Zg =	43,99	m
Δh =	15,14	m
SISTEMA		
Bombas (Quant.) =	2	UNID.
Vazão =	44,44	l/s
Vazão =	0,04444	m³/s
BOMBAS		
Quant.:	1	UNID.
Vazão =	22,22	L/s
Vazão =	0,02222	m³/s
Rotação:	3550	rpm
nº de polos:	2	
A =	0,017799611	
B =	0,000856901	
C =	-0,001	
Potência do Conjunto =	40,000	HP
Potência do Conjunto =	40,560	cv
Potência da BOMBA =	36,504	cv
Inércia da BOMBA =	0,195	Kgm²
HE =	0,2	
TUBULAÇÃO		
DN =	255,79	mm
DN =	0,25579	m
Área =	0,05	m²
Distância:	8585,73	m
CELERIDADE:	ñ cte	m/s
CELER. Equivalente =	916,004	m/s
α (S) =	0,000550342	
Atrito:	100	%
f - Coef. DARCY =	0,011837113	

TRANSIENTE									
COTA	ESTACA	L (m)	MAT.	DN (mm)	CELERIDADE (m/s)	dt (s)		t (s)	
(m)						IDA	VOLTA	IDA	VOLTA
348,00	+	0	-	-	-	-	0,07	0,00	18,75
348,00	+	60	PVC	300	915	0,07	0,09	0,07	18,68
350,18	10 +	0,00	144,54	PVC	300	915	0,09	0,22	18,59
370,44	20 +	0,00	344,54	PVC	300	915	0,22	0,66	18,37
333,97	50 +	0,00	944,54	PVC	300	915	0,66	0,16	1,03
325,18	57 +	8,00	1092,5	PVC	300	915	0,16	0,61	1,19
326,61	28 +	0,00	1652,5	PVC	300	915	0,61	0,17	1,81
323,14	36 +	0,00	1812,5	PVC	300	915	0,17	0,31	1,98
328,69	50 +	0,00	2092,5	PVC	300	915	0,31	0,28	2,29
322,96	63 +	0,00	2352,5	PVC	300	915	0,28	0,35	2,57
332,76	79 +	0,00	2672,5	PVC	300	915	0,35	0,31	2,92
328,04	93 +	0,00	2952,5	PVC	300	915	0,31	0,31	3,23
331,95	107 +	0,00	3232,5	PVC	300	915	0,31	0,17	3,53
329,68	115 +	0,00	3392,5	PVC	300	915	0,17	0,20	3,71
333,84	124 +	0,00	3572,5	PVC	300	915	0,20	0,42	3,90
325,04	143 +	0,00	3952,5	PVC	300	915	0,42	0,11	4,32
325,35	148 +	0,00	4052,5	PVC	300	915	0,11	0,28	4,43
322,45	161 +	0,00	4312,5	PVC	300	915	0,28	0,22	4,71
322,31	171 +	0,00	4512,5	PVC	300	915	0,22	0,17	4,93
326,32	179 +	0,00	4672,5	PVC	300	915	0,17	0,66	5,11
324,69	209 +	0,00	5272,5	PVC	300	915	0,66	0,11	5,76
330,63	214 +	0,00	5372,5	PVC	300	915	0,11	0,37	5,87
325,43	231 +	0,00	5712,5	PVC	300	915	0,37	0,18	6,24
324,49	239 +	5,13	5877,7	PVC	300	915	0,18	0,15	6,42
327,50	246 +	0,00	6012,5	PVC	300	915	0,15	0,42	6,57
330,23	265 +	0,00	6392,5	PVC	300	915	0,42	0,55	6,99
340,05	290 +	0,00	6892,5	PVC	300	915	0,55	0,12	7,53
336,39	295 +	6,00	6998,5	PVC	300	915	0,12	0,17	7,65
328,70	303 +	0,00	7152,5	PVC	200	920	0,17	0,39	7,82
329,36	321 +	0,00	7512,5	PVC	200	920	0,39	0,11	8,21
334,81	326 +	0,00	7612,5	PVC	200	920	0,11	0,35	8,32
331,22	342 +	0,00	7932,5	PVC	200	920	0,35	0,39	8,66
346,78	360 +	0,00	8292,5	PVC	200	920	0,39	0,24	9,05
363,53	371 +	0,00	8512,5	PVC	200	920	0,24	0,04	9,29
373,75	373 +	0,00	8552,5	PVC	200	920	0,04	0,04	9,34
371,99	374 +	13,19	8585,7	PVC	200	920	0,04	-	9,37

Quadro 6.12 – Estudo de Transientes – Trecho EB-1/2 a Uiraúna (Cálculo de Histórico de Subpressões)

SUBPRESSÕES SEM PROTEÇÃO								SUBPRESSÕES COM PROTEÇÃO								
t (s)		Q (m³/s)		Ho (m)		ENVOLTÓRIAS		IDA		PROTEÇÃO			VOLTA		ENVOLTÓRIAS	
IDA	VOLTA	IDA	VOLTA	IDA	VOLTA	SUBPRESSÕES	COTAS (m)	Q (m³/s)	Ho (m)	TAU	DIST (m)	COTA (m)	Q (m³/s)	Ho (m)	SUBPRESSÕES	COTAS (m)
0,00	18,75	0,04444	0,01209	59,13	0,36	0,361	348,361	0,0444362	59,13	.	.	.	0,0349537	41,90	41,900	389,900
0,07	18,68	0,04264	0,01214	55,11	0,36	0,362	348,362	0,04264	55,11	.	.	.	0,0349537	41,81	41,814	389,814
0,16	18,59	0,03842	0,01221	46,72	0,36	-1,814	348,364	0,03842	46,72	.	.	.	0,0349537	41,69	39,514	389,692
0,38	18,37	0,03123	0,01237	33,16	0,37	-22,076	348,367	0,03123	27,44	TAU	344,54	370,443	0,0349537	41,40	5,000	375,443
1,03	17,71	0,02132	0,01286	15,35	0,38	14,407	348,379	0,03495	40,13	.	.	.	0,0349537	40,53	54,153	388,125
1,19	17,55	0,02046	0,01298	13,20	0,38	23,207	348,382	0,03495	39,53	.	.	.	0,0349537	40,31	62,356	387,531
1,81	16,94	0,01761	0,01344	8,16	0,40	21,782	348,395	0,03495	39,67	.	.	.	0,0349537	39,48	60,868	387,481
1,98	16,77	0,01743	0,01358	7,25	0,40	25,262	348,399	0,03495	39,10	.	.	.	0,0349537	39,24	63,963	387,100
2,29	16,46	0,01693	0,01381	6,00	0,41	19,721	348,406	0,03495	38,75	.	.	.	0,0349537	38,82	58,062	386,747
2,57	16,18	0,01666	0,01403	5,11	0,41	25,452	348,413	0,03495	38,36	.	.	.	0,0349537	38,43	63,399	386,360
2,92	15,83	0,01635	0,01431	4,28	0,42	15,659	348,422	0,03495	38,08	.	.	.	0,0349537	37,94	53,177	385,940
3,23	15,52	0,01623	0,01455	3,71	0,43	20,393	348,430	0,03495	37,74	.	.	.	0,0349537	37,51	57,473	385,510
3,53	15,21	0,01617	0,01479	3,25	0,44	16,492	348,439	0,03495	37,39	.	.	.	0,0349537	37,08	53,130	385,077
3,71	15,04	0,01635	0,01493	3,03	0,44	18,761	348,444	0,03495	36,84	.	.	.	0,0349537	36,83	55,145	384,828
3,90	14,84	0,01651	0,01509	2,81	0,45	14,606	348,450	0,03495	36,32	.	.	.	0,0349537	36,55	50,480	384,324
4,32	14,43	0,01638	0,01542	2,42	0,46	23,422	348,464	0,03495	36,16	.	.	.	0,0349537	35,95	58,909	383,951
4,43	14,32	0,01669	0,01551	2,33	0,47	23,117	348,468	0,03495	35,51	.	.	.	0,0349537	35,79	58,162	383,513
4,71	14,03	0,01678	0,01575	2,12	0,48	26,028	348,478	0,03495	35,15	.	.	.	0,0349537	35,38	60,696	383,146
4,93	13,81	0,01696	0,01593	1,98	0,49	26,180	348,486	0,03495	34,68	.	.	.	0,0349537	35,06	60,370	382,676
5,11	13,64	0,01720	0,01607	1,88	0,49	22,178	348,493	0,03495	34,14	.	.	.	0,0349537	34,81	55,823	382,138
5,76	12,98	0,01690	0,01662	1,57	0,52	23,833	348,521	0,03495	34,38	.	.	.	0,0349537	33,84	57,147	381,835
5,87	12,87	0,01723	0,01671	1,53	0,53	17,892	348,526	0,03495	33,74	.	.	.	0,0349537	33,67	51,039	381,673
6,24	12,50	0,01727	0,01703	1,40	0,54	23,119	348,544	0,03495	33,52	.	.	.	0,0349537	33,12	55,691	381,116
6,42	12,32	0,01753	0,01718	1,34	0,55	24,064	348,554	0,03495	33,01	.	.	.	0,0349537	32,84	56,354	380,844
6,57	12,18	0,01781	0,01731	1,29	0,56	21,063	348,562	0,03495	32,44	.	.	.	0,0349537	32,62	52,938	380,437
6,99	11,76	0,01783	0,01767	1,18	0,59	18,352	348,586	0,03495	32,30	.	.	.	0,0349537	31,99	49,754	379,988
7,53	11,21	0,01772	0,01815	1,06	0,62	8,573	348,621	0,03495	32,37	.	.	.	0,0349537	31,15	39,100	379,148
7,65	11,10	0,01804	0,01826	1,04	0,63	12,237	348,629	0,03495	31,76	.	.	.	0,0349537	30,97	42,577	378,969
7,82	10,93	0,01832	0,01841	1,01	0,64	19,941	348,641	0,03495	31,24	.	.	.	0,0349537	30,71	50,009	378,709
8,21	10,54	0,01837	0,01876	0,94	0,67	19,310	348,671	0,03495	31,07	.	.	.	0,0349537	30,10	48,736	378,097
8,32	10,43	0,01870	0,01886	0,92	0,68	13,873	348,680	0,03495	30,46	.	.	.	0,0349537	29,93	43,120	377,927
8,66	10,08	0,01880	0,01918	0,87	0,71	17,491	348,711	0,03495	30,23	.	.	.	0,0349537	29,38	46,158	377,378
9,05	9,69	0,01886	0,01954	0,82	0,75	1,973	348,749	0,03495	30,07	.	.	.	0,0349537	28,76	29,979	376,755
9,29	9,45	0,01906	0,01977	0,79	0,77	-14,753	348,775	0,03495	29,67	.	.	.	0,0349537	28,37	12,844	376,372
9,34	9,41	0,01945	0,01981	0,79	0,78	-24,975	348,779	0,03495	28,96	.	.	.	0,0349537	28,30	2,548	376,302
9,37	-	0,01984	-	0,78	-	-	391,988	0,03495	28,24	.	.	.	-	-	-	391,988
MENOR SUB.																

MENOR SUB.

Quadro 6.13 – Estudo de Transientes – Trecho EB-1/2 a Uiraúna (Cálculo de Histórico de Sobrepressões)

SOBREPRESSÕES SEM PROTEÇÃO								SOBREPRESSÕES COM PROTEÇÃO					
dt (s)		Qp (m³/s)		Hp		ENVOLTÓRIAS		Qp (m³/s)		Hp		ENVOLTÓRIAS	
IDA	VOLTA	IDA	VOLTA	IDA	VOLTA	SOBREPRESSÕES	COTA (m)	IDA	VOLTA	IDA	VOLTA	SOBREPRESSÕES	COTA (m)
-	0,07	-	0,01209332	0,361047354	117,8983446	117,898	465,898	-	0,034953904	41,89991839	76,35947355	76,359	424,359
0,07	0,09	0,044436084	0,012093438	59,12986014	117,8980163	117,801	465,801	0,044436084	0,034954022	59,12986014	76,35914522	76,317	424,317
0,09	0,22	0,02826458	0,01209344	88,51420933	117,897474	115,486	465,664	0,039694872	0,034954024	67,74477381	76,35860297	74,078	424,256
0,22	0,66	0,020178712	0,012092714	103,2061148	117,8969278	94,898	465,341	0,03732415	0,034953299	72,0519615	76,35805673	53,671	424,114
0,66	0,16	0,016135412	0,012093449	110,5511351	117,8977001	130,401	464,373	0,036138424	0,034954033	74,20462295	76,35882908	89,719	423,691
0,16	0,61	0,014114856	0,012092701	114,2246989	117,8971376	138,959	464,134	0,035546654	0,034953286	75,28200729	76,35826654	98,411	423,586
0,61	0,17	0,013103469	0,01209329	116,0605204	117,8979332	136,618	463,231	0,03524966	0,034953874	75,81973908	76,3590622	96,578	423,191
0,17	0,31	0,012598817	0,012093132	116,9793636	117,8976598	139,836	462,973	0,035102205	0,034953717	76,08953738	76,35878872	99,941	423,078
0,31	0,28	0,012345824	0,012093177	117,4385054	117,8976722	133,837	462,522	0,03502781	0,034953761	76,22415681	76,3588012	94,195	422,880
0,28	0,35	0,012219508	0,012093061	117,668123	117,897604	139,142	462,103	0,034990793	0,034953645	76,29151314	76,35873293	99,736	422,697
0,35	0,31	0,012156246	0,012093084	117,7827919	117,8977471	128,825	461,588	0,034972181	0,034953669	76,32505145	76,3588761	89,708	422,471
0,31	0,31	0,012124744	0,012093029	117,8402196	117,897847	133,101	461,138	0,034963004	0,034953614	76,34191384	76,35897596	94,237	422,274
0,31	0,17	0,012108942	0,012093227	117,8689334	117,8980467	128,741	460,688	0,034958364	0,034953812	76,35034504	76,35917568	90,130	422,077
0,17	0,20	0,012101195	0,012093264	117,8835701	117,8978867	130,748	460,431	0,034956198	0,034953849	76,35484036	76,35901567	92,282	421,965
0,20	0,42	0,012097141	0,012092876	117,8908418	117,8976599	126,298	460,142	0,034954935	0,03495346	76,3570414	76,35878889	87,994	421,838
0,42	0,11	0,012094884	0,012093331	117,8940114	117,8981388	134,491	459,533	0,034954073	0,034953915	76,35767572	76,35926775	96,529	421,571
0,11	0,28	0,012094371	0,012093111	117,8962489	117,8977911	134,021	459,372	0,034954257	0,034953696	76,35864556	76,3589201	96,150	421,501
0,28	0,22	0,01209355	0,012093238	117,8969947	117,8978418	136,506	458,956	0,034953785	0,034953822	76,35875752	76,35897073	98,869	421,319
0,22	0,17	0,012093422	0,012093438	117,8975075	117,8976633	136,330	458,636	0,034953831	0,034954023	76,35895336	76,35879226	98,873	421,179
0,17	0,66	0,012093332	0,012092609	117,8978571	117,8971199	132,066	458,381	0,034953829	0,034953193	76,35914452	76,35824883	94,752	421,067
0,66	0,11	0,012092671	0,012093361	117,8970063	117,8980843	132,736	457,424	0,034953212	0,034953945	76,35821445	76,35921327	95,960	420,648
0,11	0,37	0,012093547	0,012092966	117,8977464	117,8976822	126,630	457,264	0,034954109	0,034953551	76,35891493	76,35881114	89,943	420,577
0,37	0,18	0,012093035	0,012093242	117,897557	117,8979968	131,298	456,723	0,034953609	0,034953826	76,35870572	76,35912577	94,916	420,341
0,18	0,15	0,012093312	0,012093422	117,8978699	117,8978108	131,971	456,461	0,03495389	0,034954006	76,35900874	76,35893977	95,736	420,226
0,15	0,42	0,012093264	0,012093075	117,8980969	117,8972977	128,748	456,247	0,034953846	0,034953659	76,35923079	76,35842671	92,633	420,132
0,42	0,55	0,012092887	0,012092703	117,897639	117,8974144	125,410	455,644	0,03495347	0,034953287	76,35877041	76,35854338	89,634	419,868
0,55	0,12	0,012092859	0,012093278	117,8971303	117,8982072	114,806	454,854	0,034953443	0,034953862	76,3582605	76,35933616	79,474	419,522
0,12	0,17	0,012093505	0,012093295	117,8977944	117,8979559	118,295	454,687	0,034954089	0,034953879	76,35892397	76,3590849	83,057	419,449
0,17	0,39	0,012093262	0,012092925	117,8980165	117,8976732	125,744	454,444	0,034953846	0,034953509	76,35914581	76,35880214	90,643	419,343
0,39	0,11	0,012092938	0,012093374	117,8976501	117,8980627	124,517	453,878	0,034953522	0,034953958	76,35877922	76,35919165	89,733	419,094
0,11	0,35	0,01209337	0,012093047	117,8980696	117,8976363	118,914	453,721	0,034953955	0,034953632	76,35919861	76,35876529	84,219	419,026
0,35	0,39	0,012092974	0,012092853	117,8977693	117,8978036	121,998	453,218	0,034953558	0,034953438	76,35889834	76,35893252	87,586	418,806
0,39	0,24	0,012093006	0,012092924	117,8975265	117,8983235	105,879	452,655	0,03495359	0,034953509	76,35865548	76,35945241	71,783	418,559
0,24	0,04	0,012093251	0,012093169	117,8977296	117,8987142	88,784	452,312	0,034953835	0,034953753	76,35885858	76,35984316	54,881	418,409
0,04	0,04	0,012093425	0,012093215	117,8982484	117,8986612	78,496	452,250	0,034954009	0,034953799	76,35937737	76,35979015	44,628	418,382
0,04	-	0,012093291	-	117,8985236	-	-	391,988	0,034953875	-	76,35965255	-	-	391,988

Quadro 6.14 – Estudo de Transientes – Trecho EB-1/2 a Uiraúna (Cálculo da Bomba)

ROTAÇÃO	3550 rpm									
Vazão	0,00	20,00	40,00	60,00	80,00	89,05	100,00	120,00	140,00	160,00
H manométrica	63,00	62,50	62,00	61,50	60,20	59,60	58,00	54,20	50,20	45,00
Equação:	$y = -0,001x^2 + 0,0507x + 62,311$									
Logo:	A = 0,017799611	B = 0,000856901	C = -0,001							

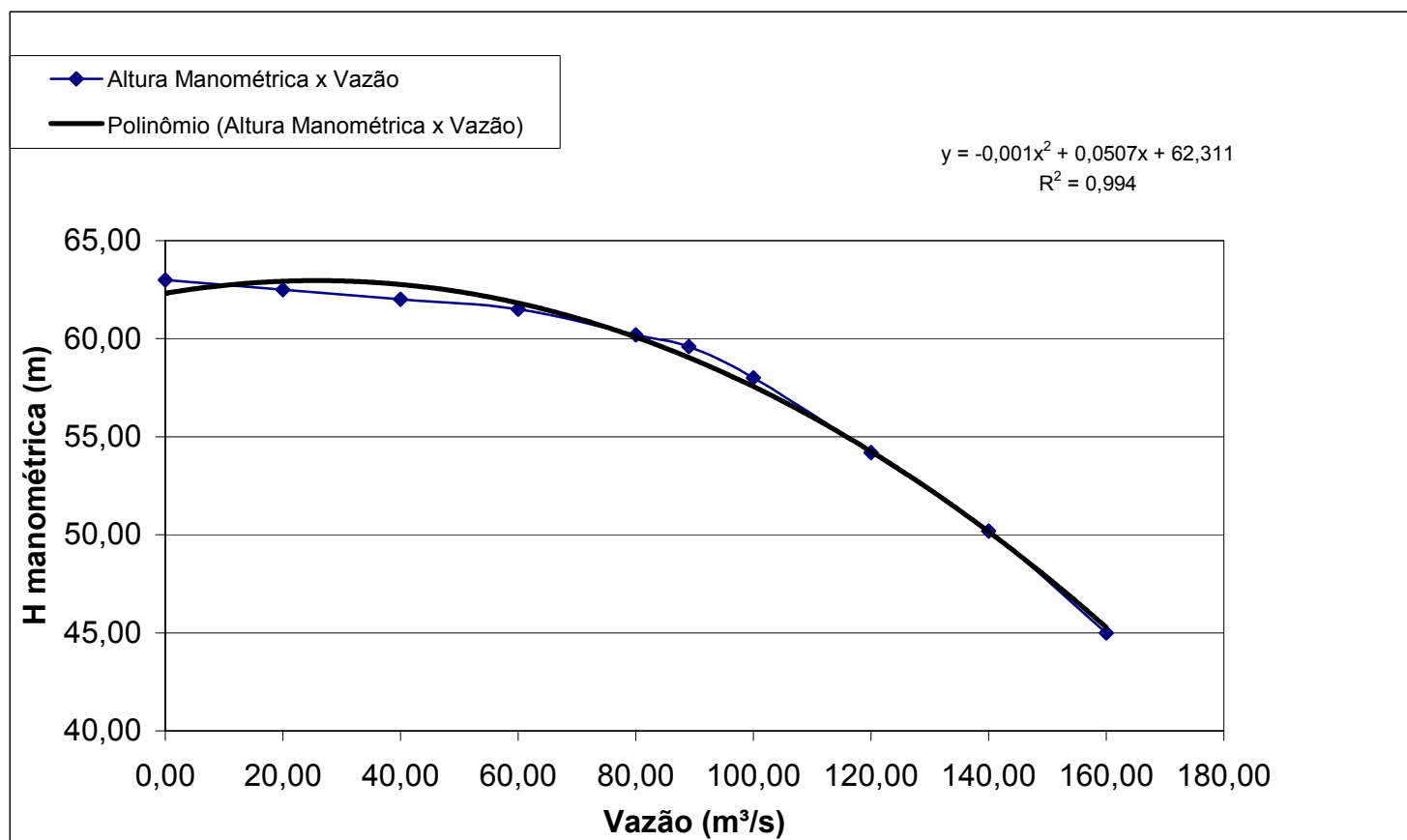


Figura 6.4 – EB-1/2 a Uiraúna (Sobrepressões e Subpressões Sem Proteção)

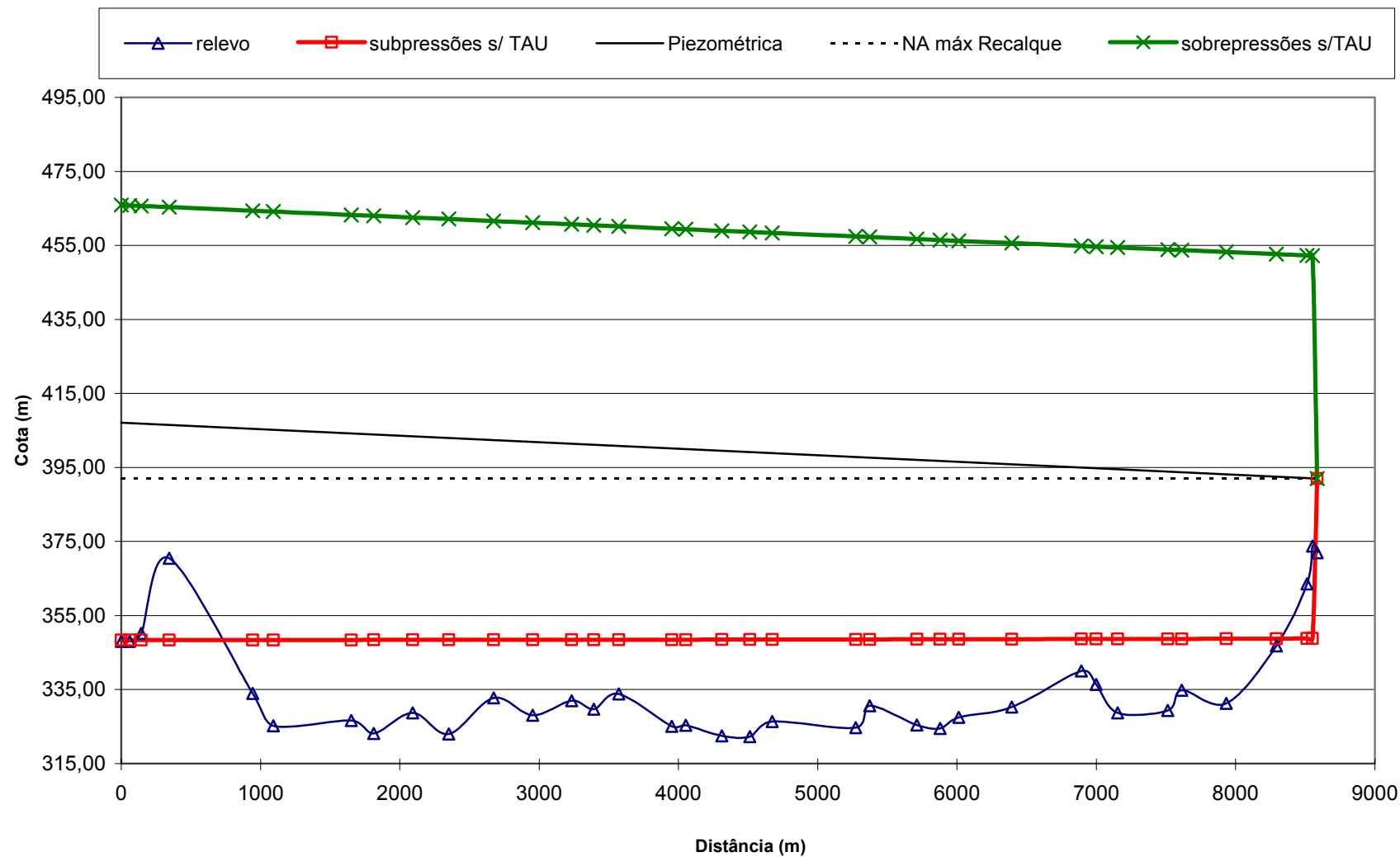
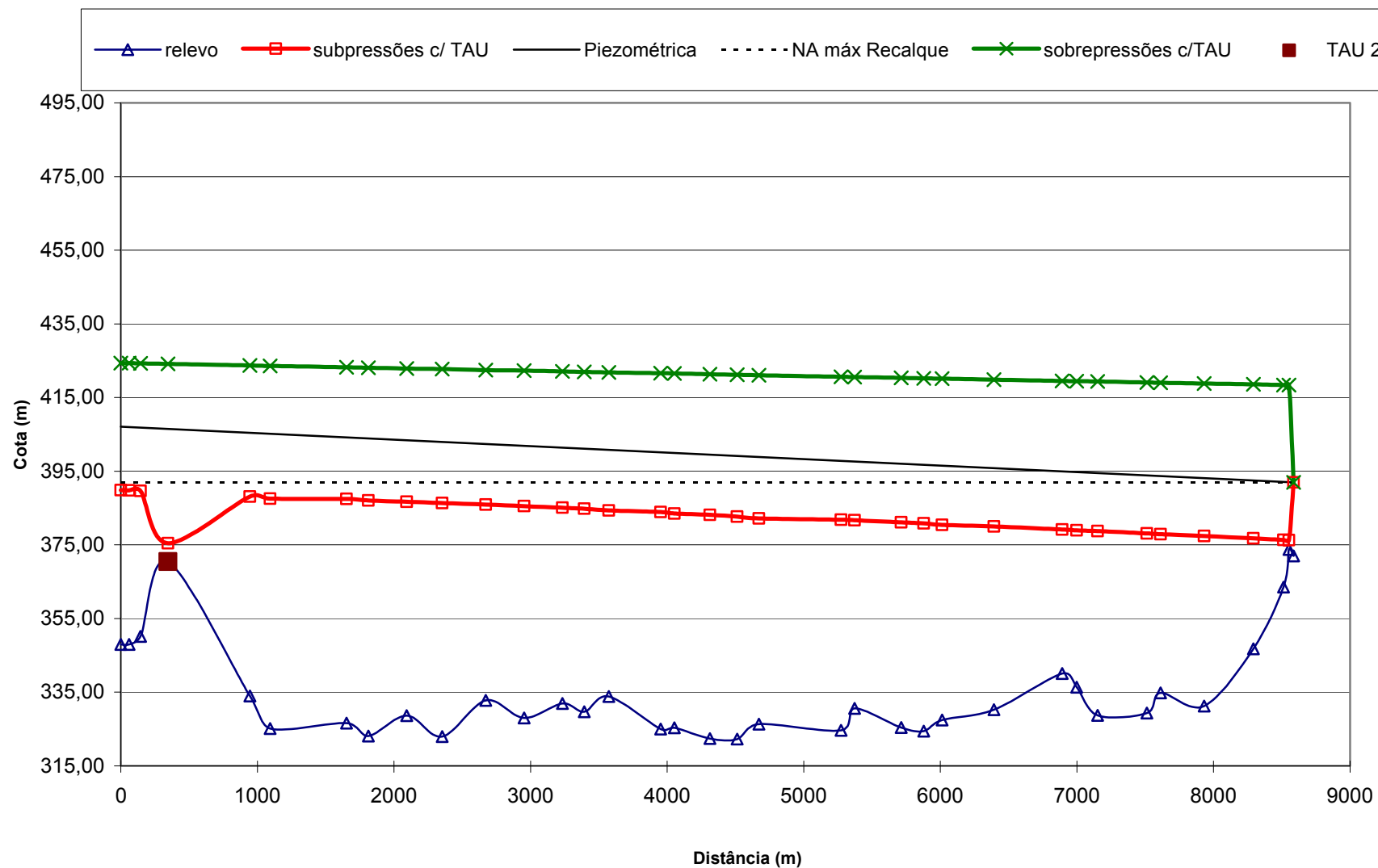


Figura 6.5 – EB-1/2 a Uiraúna (Sobrepressões e Subpressões Com Proteção)



Quadro 6.15 – Dimensionamento dos TAUs – Trecho EB-2 a Stand-Pipe

Q Projeto (l/s)	Diâmetro da Adutora (mm)	Diâmetro da Adutora (m)	Área (m²)	V (m/s)	CELER. (m/s)	f	Cota Reserv. Jus. (m)
27,23	200	0,200	0,0314	0,8668	968	0,020083257	464,38

Cálculo do Ho

TAU	Distância	COTA	L (m)	Perda Unitária (m/m)	Perda (m)	Ho (m)	A	DN lig (mm)	DN lig (m)
3	1400	412,804	1760	0,00385	6,77	58,35	1,4652	200	0,200
4	3160	438,835	2120	0,00385	8,15	33,70	2,5367	200	0,200

Dimensionamento do Volume do Tau

TAU	Q (l/s)	V (m/s)	Vol. Mín. (m³)	Vol Mín./ Q drenagem (s)	Perda Unit. (m/m)	Perda (m)	Cota NA Máx. Máx. (m)	h (m)	Q drenagem 2* Tau (l/s)	Ts (seg.)	Q drenagem* Ts	Vol.Mín. / Área do Tau delta h (m)	Ts 1 (s)	Vol / Ts
3	12,459	0,3966	0,4354	34,9518	0,00080	1,41670	465,80	52,9957	12,4585	1,3425	0,0167	0,2464	20,6627	0,0008
4	17,717	0,5640	0,9081	51,2581	0,00163	3,45093	467,83	28,9989	17,7168	4,2026	0,0745	0,5139	29,8395	0,0025

Continuação do Dimensionamento do Volume do Tau

TAU	A Tau (m²)	A lig (m²)	Delta h (m)	Cota NA Mín. Máx. (m)	Volume drenagem (m³)	Q drenagem *T	Q Máx. Drenagem (l/s)	Veloc. Máx. Ramal (m/s)	H para NA Mín. (m)	H TAU Máx. (m)	Cota NA Máx. Máx. (m)	Cota NA Mín. (m)	Cota com Vol. NA Máx. (m)	H Máx. (m)	H Adotada (m)
3	1,7672	0,0314	0,0010	465,55	0,4354	0,0167	6,2293	0,1983	5,00	53,00	465,80	417,80	418,0504	5,25	7,00
4	1,7672	0,0314	0,0102	467,32	0,9081	0,0745	8,8584	0,2820	5,00	29,00	467,83	443,84	444,3489	5,51	7,00

Valores Teóricos do Dimensionamento do TAU

TAU	T (s)	V (DONSKY) - m³	Vol. Útil (m³)
3	2,67	0,03629	0,1089
4	5,56	0,07568	0,2270

Quadro 6.16 – Estudo de Transientes – Trecho EB-2 a Stand-Pipe (Dados Gerais)

DADOS GERAIS	
RECALQUE	
Altura Manométrica:	105,57 m
NA máx Recalque:	464,38 m
COTA eixo:	379,12 m
Zg =	85,27 m
Δh =	20,30 m
SISTEMA	
Bombas (Quant.) =	2 UNID.
Vazão =	27,23 l/s
Vazão =	0,02723 m³/s
BOMBAS	
Quant.:	1 UNID.
Vazão =	13,62 L/s
Vazão =	0,01362 m³/s
Rotação:	3560 rpm
nº de polos:	2
A =	0,030817132
B =	0,004088764
C =	-0,0064
Potência do Conjunto =	40,000 HP
Potência do Conjunto =	40,560 cv
Potência da BOMBA =	36,504 cv
Inércia da BOMBA =	0,195 Kgm²
HE =	0,2
TUBULAÇÃO	
DN =	200,00 mm
DN =	0,20000 m
Área =	0,03 m²
Distância:	5280 m
CELERIDADE:	ñ cte m/s
CELER. Equivalente =	967,532 m/s
α (S) =	0,000318523
Atrito:	100 %
f - Coef. DARCY =	0,020083257

TRANSIENTE										
COTA (m)	ESTACA	L (m)	MAT.	DN (mm)	CELERIDADE (m/s)	dt (s)		t (s)		
						IDA	VOLTA	IDA	VOLTA	
379,12	370 + 0,00	0	-	-	-	-	0,06	0,00	10,91	
385,40	374 + 0,00	80	RPVC	200	1394	0,06	0,14	0,06	10,86	
395,48	384 + 0,00	280	RPVC	200	1394	0,14	0,06	0,20	10,71	
389,65	388 + 0,00	360	RPVC	200	1394	0,06	0,14	0,26	10,66	
382,77	398 + 0,00	560	RPVC	200	1394	0,14	0,14	0,40	10,51	
396,51	408 + 0,00	760	RPVC	200	1394	0,14	0,15	0,55	10,37	
403,63	415 + 0,00	900	PVC	200	920	0,15	0,26	0,70	10,22	
396,49	427 + 0,00	1140	PVC	200	920	0,26	0,28	0,96	9,96	
412,80	440 + 0,00	1400	PVC	200	920	0,28	0,22	1,24	9,67	
415,35	450 + 0,00	1600	PVC	200	920	0,22	0,15	1,46	9,46	
423,67	457 + 0,00	1740	PVC	200	920	0,15	0,17	1,61	9,30	
415,77	465 + 0,00	1900	PVC	200	920	0,17	0,20	1,78	9,13	
422,70	474 + 0,00	2080	PVC	200	920	0,20	0,26	1,98	8,93	
427,66	486 + 0,00	2320	PVC	200	920	0,26	0,35	2,24	8,67	
433,08	502 + 0,00	2640	PVC	200	920	0,35	0,30	2,59	8,33	
427,27	516 + 0,00	2920	PVC	200	920	0,30	0,26	2,89	8,02	
438,84	528 + 0,00	3160	PVC	200	920	0,26	0,48	3,15	7,76	
450,68	550 + 0,00	3600	PVC	200	920	0,48	0,24	3,63	7,28	
444,96	561 + 0,00	3820	PVC	200	920	0,24	0,48	3,87	7,04	
437,70	583 + 0,00	4260	PVC	200	920	0,48	0,57	4,35	6,57	
449,25	609 + 0,00	4780	PVC	200	920	0,57	0,09	4,91	6,00	
440,87	613 + 0,00	4860	PVC	200	920	0,09	0,46	5,00	5,91	
454,38	634 + 0,00	5280	PVC	200	920	0,46	-	5,46	-	

Quadro 6.17 – Estudo de Transientes – Trecho EB-2 a Stand-Pipe (Cálculo de Histórico de Subpressões)

SUBPRESSÕES SEM PROTEÇÃO								SUBPRESSÕES COM PROTEÇÃO								
t (s)		Q (m³/s)		Ho (m)		ENVOLTÓRIAS		IDA		PROTEÇÃO			VOLTA		ENVOLTÓRIAS	
IDA	VOLTA	IDA	VOLTA	IDA	VOLTA	SUBPRESSÕES	COTAS (m)	Q (m³/s)	Ho (m)	TAU	DIST (m)	COTA (m)	Q (m³/s)	Ho (m)	SUBPRESSÕES	COTAS (m)
0,00	10,91	0,02723	0,00000	105,57	33,32	33,321	412,437	0,02723	105,57	.	.	.	0,0177168	88,94	88,943	468,059
0,06	10,86	0,02488	0,00000	97,34	33,17	26,893	412,290	0,02488	97,34	.	.	.	0,0177168	88,80	82,514	467,911
0,20	10,71	0,01815	0,00000	75,68	32,80	16,443	411,918	0,01815	75,68	.	.	.	0,0177168	88,42	59,320	454,795
0,26	10,66	0,01629	0,00000	69,00	32,65	22,117	411,769	0,01629	69,00	.	.	.	0,0177168	88,27	58,465	448,117
0,40	10,51	0,01223	0,00000	55,73	32,28	28,625	411,394	0,01223	55,73	.	.	.	0,0177168	87,90	52,072	434,841
0,55	10,37	0,00928	0,00000	45,95	31,90	14,510	411,017	0,00928	45,95	.	.	.	0,0177168	87,52	28,561	425,068
0,70	10,22	0,00696	0,00000	38,16	31,50	6,986	410,613	0,00696	38,16	.	.	.	0,0177168	87,12	13,648	417,275
0,96	9,96	0,00399	0,00000	28,76	30,80	11,392	407,879	0,00399	28,76	.	.	.	0,0177168	86,42	11,392	407,879
1,24	9,67	0,00184	0,00000	22,04	30,03	-11,647	401,157	0,00184	38,69	TAU	1400	412,804	0,0177168	85,65	5,000	417,804
1,46	9,46	0,00075	0,00000	18,36	29,43	-17,871	397,479	0,01246	55,14	.	.	.	0,0177168	85,06	18,903	434,253
1,61	9,30	0,00024	0,00000	16,31	29,01	-28,240	395,430	0,01246	54,67	.	.	.	0,0177168	84,63	10,113	433,783
1,78	9,13	0,00000	0,00000	15,17	28,53	-21,486	394,282	0,01246	54,28	.	.	.	0,0177168	84,15	17,628	433,396
1,98	8,93	0,00000	0,00000	14,86	27,98	-28,721	393,979	0,01246	53,98	.	.	.	0,0177168	83,60	10,392	433,092
2,24	8,67	0,00000	0,00000	14,80	27,23	-33,741	393,917	0,01246	53,91	.	.	.	0,0177168	82,85	5,372	433,030
2,59	8,33	0,00000	0,00000	15,06	26,23	-38,910	394,172	0,01246	54,17	.	.	.	0,0177168	81,85	0,203	433,285
2,89	8,02	0,00000	0,00000	15,15	25,33	-33,005	394,267	0,01246	54,26	.	.	.	0,0177168	80,95	6,108	433,380
3,15	7,76	0,00000	0,00000	15,09	24,56	-44,629	394,206	0,01246	64,72	TAU	3160	438,835	0,0177168	80,18	5,000	443,835
3,63	7,28	0,00000	0,00000	15,80	23,11	-55,764	394,915	0,01772	71,42	.	.	.	0,0177168	78,73	-0,142	450,537
3,87	7,04	0,00000	0,00000	15,66	22,37	-50,184	394,776	0,01772	71,28	.	.	.	0,0177168	77,99	5,438	450,398
4,35	6,57	0,00000	0,00000	16,35	20,87	-42,229	395,469	0,01772	71,97	.	.	.	0,0177168	76,49	13,392	451,090
4,91	6,00	0,00000	0,00000	17,32	19,05	-52,805	396,441	0,01772	72,95	.	.	.	0,0177168	74,67	2,817	452,063
5,00	5,91	0,00000	0,00000	16,67	18,77	-45,082	395,784	0,01772	72,29	.	.	.	0,0177168	74,39	10,540	451,406
5,46	-	0,00000	-	17,26	-	-	464,383	0,01772	72,88	.	.	.	-	-	-	464,383

MENOR SUB.

MENOR SUB.

Quadro 6.18 – Estudo de Transientes – Trecho EB-2 a Stand-Pipe (Cálculo de Histórico de Sobrepressões)

SOBREPRESSÕES SEM PROTEÇÃO								SOBREPRESSÕES COM PROTEÇÃO					
dt (s)		Qp (m³/s)		Hp		ENVOLTÓRIAS		Qp (m³/s)		Hp		ENVOLTÓRIAS	
IDA	VOLTA	IDA	VOLTA	IDA	VOLTA	SOBREPRESSÕES	COTA (m)	IDA	VOLTA	IDA	VOLTA	SOBREPRESSÕES	COTA (m)
-	0,06	-	3,98708E-08	33,32143228	191,0580119	191,058	570,174	-	0,017716809	88,9430732	135,436371	135,436	514,552
0,06	0,14	0,02512138	-2,09236E-08	112,1897847	191,0578867	184,396	569,793	0,02512138	0,017716748	112,1897847	135,4362458	128,975	514,372
0,14	0,06	0,012560639	5,8818E-08	151,6238028	191,0579524	173,367	568,842	0,021419024	0,017716828	123,8129824	135,4363115	118,445	513,920
0,06	0,14	0,00628037	1,69708E-08	171,3409699	191,0577677	178,809	568,461	0,019567947	0,017716786	129,6247393	135,4361268	124,088	513,740
0,14	0,14	0,003140135	3,39416E-08	181,1993955	191,0577144	184,741	567,510	0,018642307	0,017716803	132,5304597	135,4360735	130,520	513,289
0,14	0,15	0,001570067	5,77249E-08	186,1286082	191,0576079	170,052	566,559	0,018179538	0,017716826	133,9833199	135,435967	116,331	512,838
0,15	0,26	0,000785029	-1,16458E-08	188,5931987	191,0574267	162,266	565,893	0,017948148	0,017716757	134,709734	135,4357857	108,895	512,522
0,26	0,28	0,000392451	-4,87108E-08	189,8252944	191,0574632	168,267	564,754	0,017832395	0,01771672	135,0727416	135,4358223	115,495	511,982
0,28	0,22	0,000196213	-2,11643E-08	190,4413023	191,0576162	150,717	563,521	0,017774569	0,017716748	135,2542055	135,4359752	98,593	511,397
0,22	0,15	9,81445E-05	3,39288E-08	190,749426	191,0576826	147,223	562,573	0,017745707	0,017716803	135,3450571	135,4360417	95,598	510,948
0,15	0,17	4,91104E-05	4,24385E-08	190,9036076	191,0575761	138,241	561,911	0,017731276	0,017716811	135,3906027	135,4359352	86,963	510,633
0,17	0,20	2,45425E-05	5,9458E-08	190,9806584	191,0574428	145,386	561,154	0,01772401	0,017716828	135,4133355	135,4358019	94,507	510,275
0,20	0,26	1,22585E-05	4,26585E-08	191,019144	191,0572562	137,604	560,304	0,017720376	0,017716811	135,4246621	135,4356153	87,172	509,872
0,26	0,35	6,09113E-06	-1,63594E-08	191,038267	191,0571222	131,515	559,173	0,017718534	0,017716752	135,4302056	135,4354814	81,677	509,335
0,35	0,30	2,99473E-06	1,81194E-08	191,047669	191,0571736	124,588	557,670	0,017717601	0,017716787	135,4328178	135,4355328	75,540	508,622
0,30	0,26	1,52278E-06	8,70771E-08	191,0524497	191,0571167	129,086	556,358	0,01771721	0,017716856	135,4342037	135,435476	80,728	508,000
0,26	0,48	7,86811E-07	-8,0037E-08	191,0549199	191,0568433	116,402	555,237	0,017717015	0,017716689	135,4349764	135,4352028	68,633	507,468
0,48	0,24	2,6631E-07	1,19536E-07	191,055756	191,0570946	102,512	553,191	0,017716765	0,017716888	135,4349638	135,4354545	55,819	506,498
0,24	0,48	2,7296E-07	-4,05377E-08	191,0566129	191,0567193	107,212	552,172	0,017716906	0,017716728	135,4353964	135,4350801	61,055	506,015
0,48	0,57	-3,32513E-09	-1,82752E-07	191,0566025	191,0568466	112,448	550,146	0,017716698	0,017716585	135,4351738	135,435209	67,356	505,054
0,57	0,09	-5,25008E-08	1,93717E-07	191,0564377	191,0574204	98,526	547,772	0,017716682	0,01771696	135,4349029	135,4357861	54,682	503,928
0,09	0,46	2,5336E-07	-4,46913E-08	191,0572331	191,0568122	106,543	547,409	0,017717005	0,01771672	135,4356452	135,4351845	62,890	503,756
0,46	-	-8,93826E-08	-	191,0569525	-	-	464,383	0,017716671	-	135,4353381	-	-	464,383

Quadro 6.19 – Estudo de Transientes – Trecho EB-2 a Stand-Pipe (Cálculo da Bomba)

ROTAÇÃO	3560 rpm					
Vazão	0,00	20,00	40,00	49,01	60,00	80,00
H manométrica	109,50	108,70	107,50	106,00	101,00	85,80
Equação:	$y = -0,0064x^2 + 0,2426x + 108,49$					
Logo:	A = 0,030817132	B = 0,004088764	C = -0,0064			

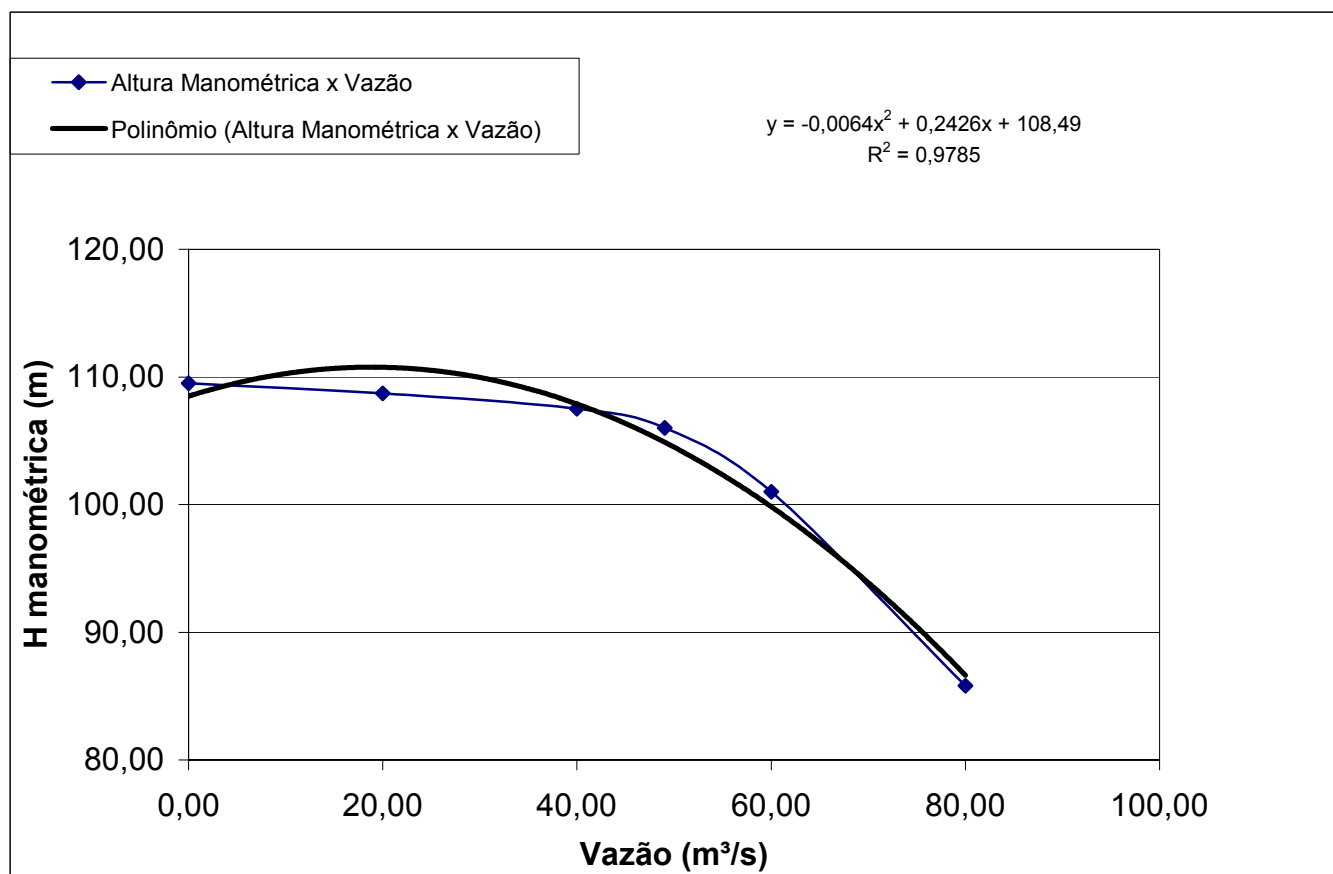


Figura 6.6 – EB-2 a Stand-Pipe (Sobrepressões e Subpressões Sem Proteção)

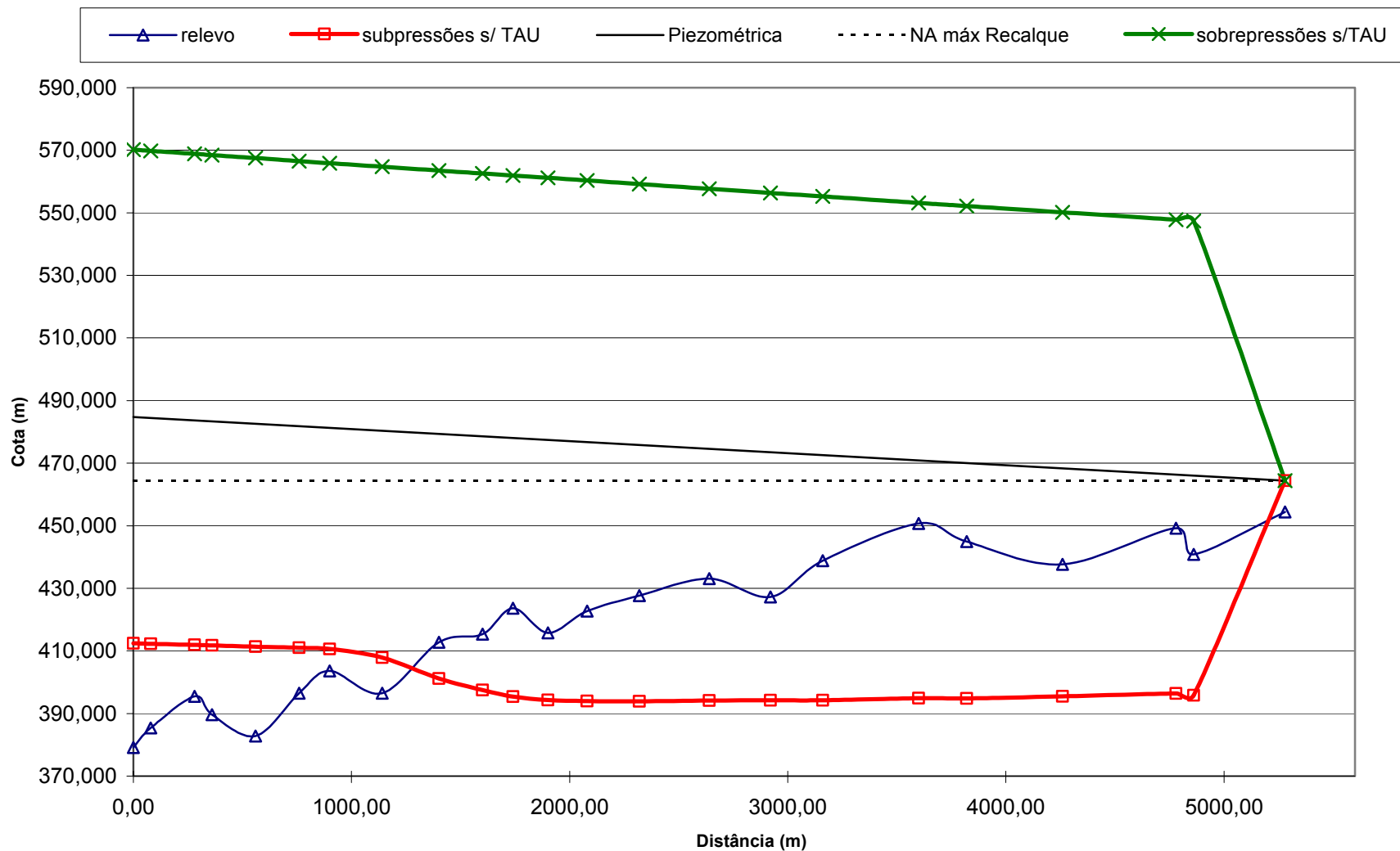
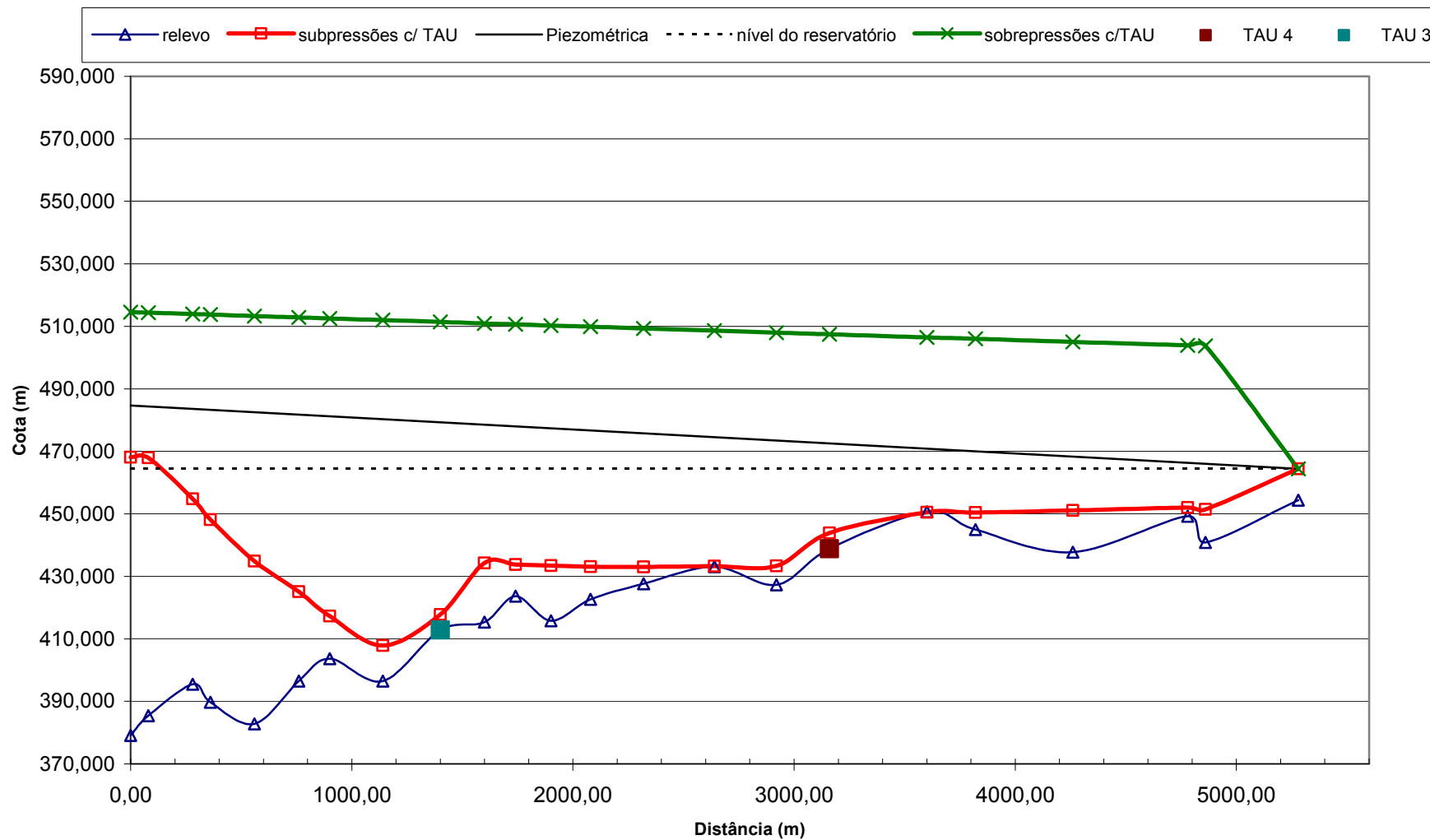


Figura 6.7 – EB-2 a Stand-Pipe (Sobrepressões e Subpressões Com Proteção)



6.1 CÁLCULO DAS PRESSÕES DE COLAPSO

- Tubulação de PVC $\Rightarrow \Delta P = \frac{-0,30 \times 10^6}{(1 - \mu^2)} \times \left(\frac{e}{D}\right)^3$

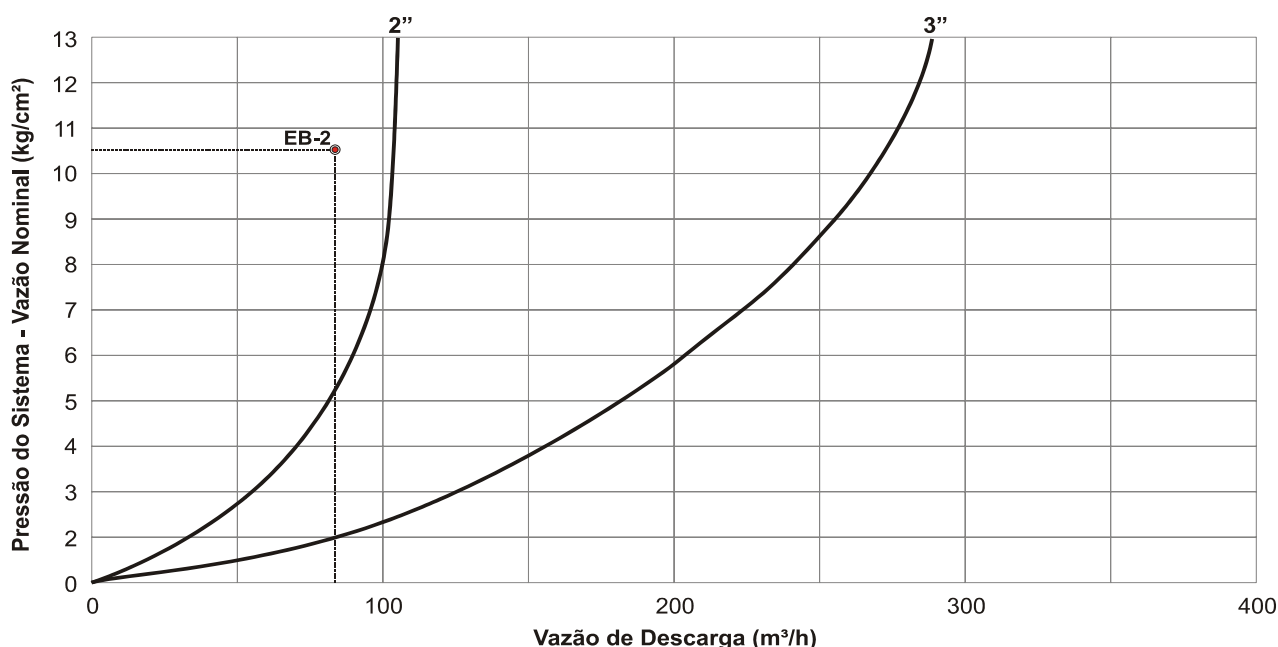
$$\mu = 0,25 \Rightarrow 1 - \mu^2 = 0,9375$$

Quadro 6.20 – Valores Negativos de Subpressão Após Análise dos Transientes Com Proteção

EB	Pressão (mca)	Material	D (mm)	e (mm)	Pressão de Colapso (mca)	F.S.
2 - SP	-0,146	PVC	200	8,90	-28,20	193,00

6.2 DIMENSIONAMENTO DAS VÁLVULAS DE ALÍVIO

Figura 6.8 – Curvas de Seleção de Válvulas de Alívio (Vazão Nominal a 1 kg/cm² Acima da Pressão Regulada)



Fonte: Catálogo de Válvulas BERMAD

Quadro 6.21 – Dimensionamento das Válvulas de Alívio

EB	Q (l/s)	0,90 x Q (l/s)	0,90 x Q (m³/h)	Hman (m)	Diâmetro Selecionado da Válvula (mm)
EB-2	27,23	24,50	88,20	105,52	1 x 50 (1 x 2 pol)

Obs.: Foi adotada a solução de 2 x 50 mm considerando-se redundância para a EB-2.

6.3 DIMENSIONAMENTO DOS TAU'S

Quadro 6.22 – Principais Características dos TAU's Previstos

Sistema	Nº do TAU	Dist. (m)	Cota (m)	Altura de Água (m)	Altura do TAU (m)	Vazão de Drenagem (l/s)	Diâmetros (mm)			QProjeto Adutora (l/s)
							TAU	Ligação	Adutora	
EB-1/1 a Stand-Pipe	1	400	370,44	5,11	6,00	2,08	1.500	100	100	3,52
EB-1/2 a Uiraúna	2	400	370,44	8,93	10,00	34,95	1.500	250	300	44,44
EB-2 a Stand-Pipe	3	1.400	412,80	5,25	7,00	12,46	1.500	200	200	27,23
EB-2 a Stand-Pipe	4	3.160	438,84	5,51	7,00	17,72	1.500	200	200	27,23



7. Cálculo das Perdas de Carga

7. CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA

7.1 TRECHO: BARRAGEM ATÉ TÊ DE BIFURCAÇÃO

$$D = 250 \text{ mm} \Rightarrow A = \frac{\pi \times (0,25)^2}{4} = 0,049 \text{ m}^2$$

$$Q = 55,64 \text{ l/s} \Rightarrow V = 1,13 \text{ m/s} \quad \therefore \quad \frac{V^2}{2g} = 0,065 \text{ m}$$

- **Perda de carga na ampliação de 250 mm para 300 mm**

$$hf_1 = 0,30 \times 0,065 = 0,020 \text{ m}$$

- **Perda de carga no crivo da T.A.**

$$hf_2 = 0,75 \times 0,065 = 0,049 \text{ m}$$

- **Perda de carga no tê de passagem direta**

$$Q = 55,64 \text{ l/s} \Rightarrow D = 300 \text{ mm} \Rightarrow V \cong 0,80 \text{ m/s} \quad \therefore \quad \frac{V^2}{2g} = 0,031 \text{ m}$$

$$hf_3 = 0,60 \times 0,031 = 0,0186 \text{ m}$$

7.2 PERDA POR ATRITO NO TRECHO DA BARRAGEM CAPIVARA ATÉ EB CAPTAÇÃO

$$Q = 55,64 \text{ l/s}$$

$$D = 300 \text{ mm} \Rightarrow \text{DEF}^\circ\text{F}^\circ \Rightarrow K = 0,12$$

$$L = 80,0 \text{ m}$$

$$J = 0,001894 \text{ m/m} \Rightarrow hf = 0,15 \text{ m}$$

- **Perda de carga nas válvulas gaveta abertas**

$$hf = 4 \times 0,20 \times 0,031 = 0,025 \text{ m}$$

- **Perda de carga na curva de 90°**

$$hf = 0,40 \times 0,031 = 0,012 \text{ m}$$

- **Perda de carga no tê de saída de lado**

$$hf = 1,30 \times 0,031 = 0,040 \text{ m}$$

7.3 PERDA POR ATRITO NO TRECHO EB CAPTAÇÃO ATÉ ENTRADA NO PARSHALL

$$Q = 55,64 \text{ l/s}$$

$$D = 300 \text{ mm} \Rightarrow \text{DEF}^\circ\text{F}^\circ \Rightarrow K = 0,12$$

$$L = 132,83 \text{ m}$$

$$h_f = 0,001894 \times 132,83 = 0,25 \text{ m}$$

- **Perda de carga causada por entrada na tubulação na caixa de dissipação a montante da Calha Parshall**

$$h_f = \frac{v^2}{2g} = 0,031 \text{ m}$$

- **Perda de carga na válvula redutora de pressão e controladora de vazão**

$$h_f = 3,5 \times \frac{v^2}{2g} \quad \therefore \quad D = 150 \text{ mm} \Rightarrow A = 0,0177 \text{ m}^2 \quad \therefore \quad v = 3,14 \Rightarrow \frac{v^2}{2g} = 0,50 \text{ m}$$

$$h_f = 1,75 \text{ m}$$

$$h_{f_{TOTAL}} = 0,020 + 0,049 + 0,019 + 0,17 + 0,025 + 0,012 + 0,040 + 0,17 + 0,034 + 1,75 = 2,29 \Rightarrow 2,30 \text{ m}$$



8. Dimensionamento das Válvulas Auto-Operadas



8. DIMENSIONAMENTO DAS VÁLVULAS AUTO-OPERADAS

Quadro 8.1 – Principais Características Funcionais das Válvulas de Controle Auto-Operadas

Localização	DN Adutora	Vazão Máx		Vel. (m/s)	P Ent (mca)		P Saída (mca)	P Ent (k/cm²)		P Saída (k/cm²)	Red. (k/cm²)		DN Válvula	Vel Válv (m/s)	PN	Verificação - Cavitação		Função		
		(l/s)	(m³/h)		Máx	Min		Máx	Min		Máx	Min				P Saída Limite	Operação	CV	RP	Alt
EB1/1 a Poço de José de Moura																				
Reserv. de Poço de José de Moura	100	3,52	12,67	0,448180	31,70	20,46	14,00	3,17	2,05	1,40	1,77	0,65	50	1,792721	10	-0,048990	OK	X	X	X
EB1/2 a Uiraúna																				
Reservatório Apoiado de Uiraúna	200	16,68	60,05	0,530941	52,37	20,00	4,00	5,24	2,00	0,40	4,84	1,60	100	2,123763	10	0,571116	OK	X	X	
Reservatório Elevado de Uiraúna	100	5,56	20,02	0,707921	52,37	20,00	18,50	5,24	2,00	1,85	3,39	0,15	50	2,831684	10	0,571116	OK			X
Derivação para Uiraúna a Vieirópolis																				
Entrada da EB2	250	27,23	98,03	0,554725	12,87	7,88	7,88	1,29	0,79	0,79	0,50	0,00	100	3,467031	10	-0,613896	OK	X	X	
Reservatório de Vieirópolis	100	3,17	11,41	0,403617	93,54	79,67	40,00	9,35	7,97	4,00	5,35	3,97	50	1,614468	10	1,806228	OK	X		
Reservatório de Vieirópolis	100	3,17	11,41	0,403617	40,00	40,00	10,00	4,00	4,00	1,00	3,00	3,00	50	1,614468	10	0,200012	OK	X	X	X
Derivação para Vieirópolis a Lastro																				
Reservatório de Lastro	150	4,23	15,23	0,239369	82,10	23,93	14,80	8,21	2,39	1,48	6,73	0,91	50	2,154321	10	1,463025	OK	X	X	X
Bifurcação para Santa Cruz																				
Reservatório de Santa Cruz	200	10,79	38,84	0,343456	98,23	17,51	11,50	9,82	1,75	1,15	8,67	0,60	100	1,373825	10	1,946929	OK	X	X	X
Reservatório de São Pedro	100	2,32	8,35	0,295392	134,06	38,22	35,00	13,41	3,82	3,50	9,91	0,32	50	1,181566	16	3,021840	OK	X		
Reservatório de São Pedro	100	2,32	8,35	0,295392	35,00	35,00	11,00	3,50	3,50	1,10	2,40	2,40	50	1,181566	10	0,050011	OK	X	X	X
Reservatório de São Francisco	100	3,63	13,07	0,462186	143,00	37,99	35,00	14,30	3,80	3,50	10,80	0,30	50	1,848744	16	3,290043	OK	X		
Reservatório de São Francisco	100	3,63	13,07	0,462186	35,00	35,00	17,50	3,50	3,50	1,75	1,75	1,75	50	1,848744	10	0,050011	OK	X	X	X
Montante da EB de Captação (Esc. Por Gravidade)																				
Montante da EB de Captação (Esc. Por Recalque)	300	55,64	200,30	0,787145	36,41	24,63	22,81	3,64	2,46	2,28	1,36	0,18	150	3,148580	10	0,092311	OK	X	X	
Montante da EB de Captação (Esc. Por Recalque)																				
Montante da EB de Captação (Esc. Por Recalque)	300	55,64	200,30	0,787145	24,63	2,88	22,81	2,46	0,29	2,28	0,18	-1,99	150	3,148580	10	-0,261093	OK	X		

Obs.: CV = Controladora de Vazão; RP = Redutora de Pressão; ALT. = Altitude



9. Reservatórios de Distribuição

9. RESERVATÓRIOS DE DISTRIBUIÇÃO

Quadro 9.1 – Características dos Reservatórios Existentes e Projetados

Reservatório	Volume Necessário (m³)	Volume Existente (m³)	Condições de Funcionamento	Volume Projetado (m³)
Poço de José de Moura	100	100	Boa	-
Uiraúna	600	300 (apoiado) e 150 (elevado)	Precária (a recuperar)	150 (apoiado)
Vieirópolis	75	50	Precária	75 (elevado)
Lastro	100	50	Precária (a recuperar)	50 (elevado)
São Pedro	50	50	Precária (a recuperar)	-
São Francisco	100	100	Boa	-
Santa Cruz	275	200	Boa	75 (elevado)

**Quadro 9.2 – Características dos Reservatórios Projetados**

Reservatório	Q (l/s) (20 hs)	Vol. Total (m³)	1/3 do Vol. Total (m³)	Vol. Adotado (m³)	Raio (m³)	Altura Adotada (m³)	Altura (m)		Cota (m)		
							Até NAmín	Até NAmáx	Terreno	NAmín	NAmáx
Uiraúna	22,24	1.601	534	150	3,50	4,00	-0,15	4,00	371,99	371,84	375,84
Veirópolis	3,17	228	76	75	2,70	3,50	8,00	11,50	363,86	371,86	375,36
Lastro	4,23	305	102	50	2,40	2,80	12,00	14,80	382,28	394,28	397,08
Santa Cruz	10,79	777	259	75	2,70	3,50	8,00	11,50	366,15	374,15	377,65



10. Dimensionamento de Chafariz (Com Características Hipotéticas)

10. DIMENSIONAMENTO DE CHAFARIZ (COM CARACTERÍSTICAS HIPOTÉTICAS)

Hipótese Adotada

- Chafariz Tipo $L_{adut} = 100$ m
- 10 m até estrutura de controle – 90 m até reservatório chafariz de altura = 4 m
- $Q = 0,20$ l/s = $0,0002$ m³/s
- Pressão na derivação: 60 m.c.a.
- $D = 1/2$ pol. = $0,0127$ m $\Rightarrow A = \frac{\pi \times (0,0127)^2}{4} = 1,267 \times 10^{-4}$ m²

Considerar tubulação de aço galvanizado

$$V = \frac{0,0002}{1,267 \times 10^{-4}} = 1,58 \text{ m/s}$$

Para encanamentos de aço galvanizado e água fria a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao é a seguinte:

$$j = 0,002021 \times \frac{Q^{1,88}}{D^{4,88}}$$

$$j = 0,002021 \times \frac{(0,00020)^{1,88}}{(0,0127)^{4,88}}$$

$$j = 0,002021 \times \frac{1,111 \times 10^{-7}}{5,579 \times 10^{-10}}$$

$$j = 0,40 \text{ m/m}$$

Dimensionamento da Válvula Redutora de Pressão e Limitadora de Vazão

$$\Delta P = 56 - 40 = 16,0 \text{ m.c.a.}$$

$$kv = \frac{Q}{\sqrt{\Delta P}} = \frac{0,20 \times 3,6}{\sqrt{1,60}} = \frac{0,72}{1,26} = 0,57$$

$$D = 1/2 \text{ pol.} \Rightarrow kv = 5,4$$

$$\text{Adotar válvula } D = 1/2 \text{ pol} = A = \frac{\pi \times (0,0127)^2}{4} = 1,27 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$V = \frac{0,0002}{1,267 \times 10^{-4}} = 1,58 \text{ m/s} \quad \therefore \quad \frac{v^2}{2g} = 0,127 \text{ m}$$

$$hf = 4 \times 0,127 = 0,50 \text{ m}$$



11. Suprimento Elétrico

11. SUPRIMENTO ELÉTRICO

11.1 ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO EB CAPTAÇÃO

11.1.1 Condições da Instalação Quanto às Influências Externas

De acordo com a NBR-5410 e integralmente pela IEC, a instalação enquadra-se na seguinte classificação internacional quanto as condições de influências externas, ou sejam, condições exteriores a que estarão sujeitos todos os componentes elétricos da instalação, definem portanto, condições especiais para o projeto e respectiva especificação técnica. O enquadramento da instalação orienta-se, conforme a prescrição das Normas, quanto aos aspectos de:

- a - condições ambientais
- b - condições de utilização
- c - condições relacionadas com a construção das edificações

Aplicando-se a classificação internacional conforme NBR-5410 teremos para a instalação:

a - quanto às condições ambientais:

	código	classific.	caract. de operação	aplicação
temperatura	AA 5	quente	+5 ~ +40 °C	caso geral
altitude da instalação	AC 1	baixa	< 2000m	sem necessidade de medidas especiais
presença de água	AD 3	aspersão	possibilidades de chuvas	sistemas hidráulicos
presença de corpos sólidos	AE 2	objetos pequenos	menor dimensão: > / = 2,5mm	caso geral
presença de substânc. corrosivas	AF2	atmosférica	agentes corrosivos de origem atmosférica	caso geral
choques mecânicos	AG 2	médios	meios que podem produzir choques <2J	sistemas hidráulicos
vibração	AH 2	média	vibrações entre 10 a 50Hz	condições industriais
presença de flora	AK 1	desprezível	ausência de riscos	
influência eletromagnética	AM 2	correntes parasitas	presença prejudicial de correntes parasitas	influência de equipamentos conversores/retificadores
radiação solar local	NA 2	significativa	intensidade	caso geral
descargas atmosféricas	AQ 3	diretos	exposição dos equipamentos	condições industriais

b - quanto às condições de utilização:

	código	classific.	caract. de operação	aplicação
competência das pessoas no local	BA 4	advertidas	pessoas informadas e supervisionadas por pessoas qualificadas	loais de serviços elétricos
resistência elétrica do corpo humano	BB 2	normal	condições úmidas da pele	pessoas no trabalho com pés/mãos molhados e suor
contato das pessoas com o potencial local	BC 3	frequente	pessoas em contato c/mat. condutores ou se postando sobre superfície condutora	loais cujos pisos e paredes não são isolantes ou são metálicas
condições de fuga das pessoas em caso emergência	BD 1	normal	baixa densidade de ocupação, condições de fuga fáceis	via de acesso aberta
natureza da matéria processada/armaze	BE 1	riscos desprezível	não combustíveis	

c - condições relacionadas com a construção das edificações

	código	classific.	caract. de operação	aplicação
materiais de construção das instal. elétricas	CA 1	não combustíveis		
estrutura das edificações	CB 1	riscos desprezíveis		

1 - POTÊNCIA DA SUBESTAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES, EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS
QUADRO DE CARGAS

Carga a ser instalada	Quantid. instalada	Quantid. reserva	Potência em CV	Potência em kW	Demanda em kW	Inominal (A)
motor da bomba principal	5	1	10	7,36	29,44	58,42
iluminação interna	1			1,02	1,02	1,55
iluminação externa	1			0,80	0,80	1,22
tomada trif. para serv. de manutenção	3			31,59	31,59	16
tomada mono p/ serv. de manutenção	4			8,78	8,78	10
motor da ponte rolante	0	0	0	0,00	0,00	0,00
				Total	71,63	87,19

Fat. de demanda das Cargas Principais 1,00 pu

Fat. de demanda das Cargas Auxiliares 0,75 pu

Fator de potência instalação (corrigido) 0,95 pu

 $\Phi_{(\text{radiano})} = 0,3176$ $\text{sen}\Phi = 0,31$

Potencia Total Requerida em kW:	61,08 kW
Potencia Total Requerida em kVA:	64,30 kVA
Potência da SE em kVA:	75 kVA

Potência do Transformador	75 kVA
Quantidade de trafos instalados	1 ud
Potência total instalada em trafos	75 kVA
Tensão Primária	13800 Volt
Tensão Secundária	380 Volt
Impedância (base kV de operação)	3,5 %
Perdas no cobre	1200 W
Corrente nominal no Primário/trafo	3,14 A
Corrente nominal no Secundário/trafo	113,95 A
Corrente TOTAL no PRIMÁRIO	3,14 A
Corrente TOTAL no SECUNDÁRIO	113,95 A
Comprimento do alimentador (sec. Trafo)	20,00 m

2 - DIMENSIONAMENTO DA PROTEÇÃO PRIMÁRIA - LADO DE 13,8kV
2.1 - PARA-RAIOS

Tensão do sistema de alimentação	13,8 kV
Tipo do Para-raios	ZnO
Corrente de descarga nominal	10,00 kA
Proteção do Para-raios	desligador automático
Tipo do material	polimérico
quantidade:	3 ud

2.2 - CHAVE FUSÍVEL

Tensão do sistema de alimentação	13,8 kV
Tensão máxima de operação	15 kV
Tipo da Base	C
Corrente nominal	200 A
Capacidade de interrupção simétrica	10 kA
Tipo do material	porcelana impermeável
Porta-fusível	resina reforçada
Elo-fusível	5H
quantidade:	3 ud

3 - DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES E EQUIPAMENTOS - BAIXA TENSÃO

3.1 - CÁLCULO DO CONDUTOR DO SECUNDÁRIO DO TRANSFORMADOR

CARACTERÍSTICAS DO CIRCUITO DO ALIMENTADOR GERAL (SECUNDÁRIO DO TRAFO)

Valores das correntes do circuito do Alimentador Geral:

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

Comprimento do alimentador (metros):	20,00	Fatores de correção:	
Tipo de condutor:	cobre	K1 (temperatura do solo 35°):	0,89
Resistividade do material:	0,0179	k2 (agrup. de cabos):	0,8
Nível de isolamento:	0,6/1kV	k3 (agrup. de circuitos):	1
Temp. máxima permitida (condutor):	90°C	k4 (agrup. de eletrodutos):	1
Temperatura do ambiente:	40°C	fs (fator de serviço):	1
Maneira de instalar:	canaleta fechada		
Tipo de instalação:	B1		
Queda de tensão admitida no ramal (%):	2		

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

tipo do isolamento	temp. no condutor	corrente de projeto	fator de correção	cap.cond neces. (A)	cap.cond cabo (A)	seção em (mm ²)	resist. Ω/km	reatância Ω/km
XLPE	90°	113,95	0,71	160,04	222	70	0,320	0,100
Seção escolhida:		70 mm²		cond. por fase:		1		

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

$$S_{condutor} = 9,27 \text{ mm}^2$$

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

Seção escolhida:	70 mm²
Condutor por fase:	1

As condições operacionais do Projeto recomendam os seguintes limites:

Queda de tensão para a condição de REGIME (%):	2 %
Queda de tensão para a condição de PARTIDA do motor (%):	<15% %

A queda de tensão, NO ALIMENTADOR GERAL, nas condições do projeto, em REGIME e na PARTIDA de um dos motores (não será permitida a partida simultanea) será:

Queda de tensão para a condição de REGIME (%):	0,35 %	SATISFAZ
Queda de tensão para a condição de PARTIDA DIRETA (%):	6,65 %	SATISFAZ
Queda de tensão para a condição de PARTIDA soft-starter (%):	3,33 %	SATISFAZ

Portanto, a seção a ser adotada para o Alimentador Geral será:		70 mm²
	condutor por fase:	1
Barramento do QDG deverá ser de barra de cobre com dimensões		15x5 mm
	barra por fase:	1

3.2 - SECCIONADOR TRIPOLAR - LADO DE 380V

Tipo do equipamento:	seccionador fusível sob carga
Corrente nominal da chave:	250 A
Corrente nominal dos fusíveis:	225 A

3.3 - TC DE MEDIÇÃO DE CORRENTE - LADO DE 380V

A máxima corrente no secundário do transformador será: 113,95 A

Logo, usaremos TC's com classe de exatidão para medição	
classe de exatidão:	0,6 %
carga:	C25
relação de transformação:	250/5 A
quantidade:	3 unid.

3.4 - MULTI MEDIDOR DE GRANDÊZAS ELÉTRICAS - LADO DE 380V

multi-medidor digital, dimensões de 96x96mm:	
tipo de instalação	rede 3Φ desequilibrada
entrada - tensão	220 V - 60Hz
entrada - corrente	0-5 A
saída: pulso e serial	RS485
quantidade:	1 ud

3.5 - DIMENSIONAMENTO DO DISJUNTOR GERAL DE BAIXA TENSÃO DO QDG

Tipo do disjuntor	Caixa moldada tipo L
Aplicação do disjuntor:	Proteção circuito: Transformador
Fator de multiplicação de corrente - K:	1,60
Corrente do circuito (corrente de projeto) $I_{proj.}$:	113,95 A
Cap.de condução cond. Alimentador Geral: $I_{cond.}$:	222 A
Corrente nominal escolhida para o disjuntor $I_{nd.}$:	160 A
Número de pólos	3
Capacidade de interrupção mínima em 380V:	≥ 40 kA
Disparador térmico de sobrecarga ajustável:	128-160 A

Verificação das condições:

$I_{nd} \geq I_{proj.}$	CONDIÇÃO ATENDIDA
$I_{nd} \leq I_{cond.}$	CONDIÇÃO ATENDIDA
$K \times I_{nd} \leq 1,45 \times I_{cond.}$	CONDIÇÃO ATENDIDA
$T_{op-disj} \leq T_{sup. Termica}$	CONDIÇÃO ATENDIDA

Disjuntor indicado

Corrente nominal I_n =	160 A
Faixa de ajuste para curto-circuito	10x I_n
Faixa de ajuste para sobrecarga	128-160 A
Capacidade de interrupção em 380V CA \geq	≥ 40 kA

4 - CARACTERÍSTICAS DOS MOTORES

Potência do motor em CV:	10	Tipo de partida:	Chave Estática
Número de motores instalados:	5	Corrente de partida:	3,5 x $I_{nominal}$
Rendimento do motor (100% da carga):	0,87		
Fat. potência motor (100% da carga):	0,88	Conjugado nominal C_n (kgfm):	
Fator de potência do motor na PARTIDA	0,35	Conjugado c/ rotor bloqueado C_p/C_n :	
Fat. de potência do motor corrigido:	0,95	Conjugado máximo C_{max}/C_n :	
Tensão de alimentação em Volt:	380	Fator de serviço	
Número de motores em operação:	4	Tempo de aceleração - seg	
Relação I_p / I_n :	7,00		
Rotação nominal:	3.510 rpm		

4.1 - CALCULO DO CONDUTOR DO RAMAL DO MOTOR DA BOMBA PRINCIPAL

Valores das correntes do circuito do ramal do motor:

$I_{motor} =$	14,61 A	$I_{part.fabrica}$	102,24 A	$I_{part. Proj.}$	51,12 A
---------------	---------	--------------------	----------	-------------------	---------

4.1.1 - CARACTERÍSTICAS DO CIRCUITO DO RAMAL DO MOTOR

Comprimento do ramal motor (metros):	10	Fatores de correção:	
Comprimento do alimentador (metros):	20	k1 (temperatura do solo):	0,85
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 (condutor):	90°C	fs (fator de serviço)	1
Temperatura do ambiente:	40°C		
Maneira de instalar:	canaleta/eletrocalha		
Tipo de instalação:	B1		
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	temp. no condutor	corrente de projeto (A)	fator de correção	cap.cond neces. (A)	cap. condução (A)	seção em (mm ²)	resist. Ω/km	reatância Ω/km
XLPE	90°	14,61	0,85	17,18	37	4	5,52	0,14
Seção escolhida:		4 mm²		cond. por fase:		1		

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

$$S_{\text{condutor}} = 0,89 \text{ mm}^2$$

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

Seção escolhida:	4 mm²
cond. por fase:	1

As condições operacionais do Projeto recomendam os seguintes limites:

Queda de tensão para a condição de REGIME (%): **4 %**

Queda de tensão para a condição de PARTIDA do motor (%): **15 %**

A queda de tensão, nas condições do projeto, em REGIME e na PARTIDA do motor será:

Pelo método V/A.km

Queda de tensão para a condição de REGIME (%): 0,85 %

Queda de tensão para a condição de PARTIDA DIRETA (%): 16,17 %

Queda de tensão para a condição de PARTIDA ESTATICA (%): 8,09 %

SATISFAZ
REDIMENSIONAR
SATISFAZ

Pelo método das impedâncias dos circuitos (secundários)

Parâmetros cabos:	aliment.	ramal
R=	0,006 Ω	0,055 Ω
X=	0,002 Ω	0,001 Ω
Rt=	0,062 Ω	
Xt=	0,003 Ω	
Rt ² =	0,003795	
Xt ² =	1,16E-05	
Z=	0,061694 Ω	
ΔV= ZxI	volts	
Iregime	14,61 A	
Ipartida direta	102,24 A	
Ipartida com tensão reduzida	51,12 A	
ΔVregime=	0,90 volts	
Δpartida direta=	6,31 volts	
Δpartida com tensão reduzida=	3,15 volts	

Queda de Tensão em REGIME:

ΔV%= 0,41%

SATISFAZ

Queda de Tensão na PARTIDA DIRETA:

ΔV%= 2,88%

SATISFAZ

Queda de Tensão na PARTIDA TENSÃO REDUZIDA:

ΔV%= 1,44%

SATISFAZ

Portanto, a **seção a ser adotada para o ramal do motor** será:

Seção escolhida:	4 mm²
cond. por fase:	1

4.1.2 - CAPACITOR DE CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA DO MOTOR DA BOMBA PRINCIPAL

fator de potência do motor a 100% da carga:	0,88 pu
fator de potência desejado para o motor:	0,95 pu
energia ativa requerida pelo motor (100% da carga):	7,36 kW
coeficiente para correção para 0,95:	0,211
energia reativa requerida pelo motor (100% carga):	1,55 kVAr

Capacitores necessários para correção do fator de potência:

1,5 kVAr trifásico

Tensão de alimentação da célula/banco

400 Volt

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

5 - DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO, ACIONAMENTO E CONTROLE DO MOTOR BOMBA:

5.1 - DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO DO MOTOR BOMBA: DISJUNTOR-MOTOR

Disjuntor indicado

Potência do motor:	10 CV
Corrente nominal do motor:	14,61 A
Corrente nominal do disjuntor-motor I_n :	25 A
Categoria de utilização:	AC-3
Faixa de ajuste de sobrecarga:	14-20 A
Capac. de interrupção em 380V CA \geq :	20 kA

5.2 - DISPOSITIVO DE ACIONAMENTO DO MOTOR BOMBA: CHAVE ESTÁTICA

Características: Chave de Partida com controle de tensão (PARTIDA SUAVE), dotada de proteção contra sobrecarga, subcarga, rotor bloqueado e falta de fase. Com IHM digital.

Capacidade de acionamento do motor de:	10 CV
Corrente nominal do motor:	14,61 A
Corrente de partida do motor:	51,12 A
Corrente passante na Chave (em regime):	14,61 A
Corrente nominal da Chave de Partida:	20 A

5.3 - DISPOSITIVOS DE ACIONAMENTO/PROTEÇÃO DOS CAPACITORES ESTÁTICOS: CONTACTOR+FUSÍVEL OPÇÃO PARA CORREÇÃO INDEPENDENTE (APENAS O MOTOR)

Potência do capacitor:	1,5 kVAr
Contator tripolar - categoria	AC-6
Corrente aplicação AC-6:	22 A
Corrente nominal térmica:	45 A
Fusível retardado de proteção (CC) dos capacitores:	20 A

6 - PARÂMETRO DOS CONDUTORES DIVERSOS

CIRCUITO		Iprojeto (A)	Seção adotada	I _{max.} Adm/Con d.	Parâmetros Ω /km R _{ca} X _L		Tensão Isolam.kV	T _{max.} Cabo C°
ALIMENTADOR TRAFO		160,04	2x150	222	0,32	0,10	0,6/1kV	90°
RAMAL DO MOTOR DE (CV)	10	14,61	1x150	37	5,52	0,14	0,6/1kV	90°
CORREÇ. INDIVID. P/MOTOR (kVAr)	1,5	2,17	2,5	28	8,87	0,15	0,6/1kV	90°
CIRCUITOS AUXILIARES		61,34	6	48	3,69	0,13	0,6/1kV	90°
CIRCUITOS ILUMINAÇÃO		2,77	2,5	28	8,87	0,15	0,6/1kV	90°

11.1.2 Iluminação Interna da Edificação da Estação de Captação

DADOS DE ENTRADA DA INSTALAÇÃO

A Iluminação Interna destina-se a dotar a área da Estação de Bombeamento, de condições de visibilidade e deslocamento de pessoas para execução das funções operacionais da mesma. Diante da natureza do trabalho a ser desenvolvido na referida instalação, o nível de iluminamento a ser adotado será o que estabelece a Norma Brasileira, em suas exigências mínimas, destinada para ambientes desse tipo de ocupação/operação. Segundo o que estabelece a Norma Brasileira, NB 5413, o iluminamento, médio para essa situação é de 300 lux (considerados ao final do período de manutenção do conjunto luminária/lâmpada).

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 Estação de Bombeamento não exige um alto grau de reprodução de cores. Considerando o aspecto de ordem econômica para o projeto, portanto, poderemos adotar, quando possível, o emprego de lâmpadas de descarga, de baixo consumo, na busca de maior rendimento energético para o Projeto.

As luminárias serão instaladas diretamente sob o teto da Edificação, ou sob o teto de laje existente. A distribuição dos circuitos será obtida mediante o emprego de condutores isolados, instalados em eletrocalhas/eletrodutos rígidos de PVC.

PREMISSAS DO PROJETO DE ILUMINAÇÃO

Para a elaboração do presente estudo foram consultados, preliminarmente, os seguintes projetos e documentos:

- 1 - Planejamento Físico da Área do Projeto;
- 2 - Projeto Arquitetônico e Civil das edificações.

No que diz respeito às exigências de condições de trabalho consideradas pela Legislação Trabalhista, os aspectos a serem observados estão delineados conforme a respectiva Norma Regulamentadora do MTE.

Por outro lado, segundo o que estabelecem as Normas Brasileiras, o iluminamento para essa situação (300 lux) deve ser considerado para o final do período de manutenção do conjunto luminária/lâmpada, o que acarreta portanto, que o projeto deva levar em consideração esse fator de depreciação do nível de iluminamento entre os períodos de manutenção (troca de lâmpadas, lavagem das lâmpadas, limpeza dos vidros protetores, etc.), visando a garantir que o nível de iluminamento não fique comprometido nesse intervalo. Para isso o projeto tomará o índice indicado pela Norma como referência mínima. O projeto será desenvolvido para um valor de iluminância maior a fim de que fique assegurado o nível mínimo quando da proximidade do término do período de manutenção do conjunto de iluminação.

CONDIÇÕES DA INSTALAÇÃO QUANTO ÀS INFLUÊNCIAS EXTERNAS

Outro aspecto de natureza de concepção para o Projeto de Iluminação é de que o nível de iluminância pretendido deverá ser obtido com o emprego dos aparelhos de iluminação destinados especificamente para o referido projeto, ou seja, não serão levados em consideração quaisquer contribuições de outras fontes luminosas, sejam artificiais ou provenientes de outros aparelhos de iluminação que situem no mesmo local.

CONDIÇÕES NORTEADORAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

1. De modo geral os locais de trânsito de pessoas (vias de acesso às máquinas e componentes) devem ser devidamente iluminados a fim de que sejam obtidos níveis de iluminação para o conforto e a segurança das atividades que serão ali desenvolvidas. Dentro desse princípio geral, o Projeto Luminotécnico, para ambientes internos ou externos, deverá manter compromisso com os objetivos aqui delineados. A orientação a ser seguida para os projetos luminotécnicos a serem desenvolvidos estarão buscando, dentre outras condições, as seguintes:
 - nível de iluminamento suficiente para cada atividade específica;
 - distribuição espacial da luz sobre o ambiente considerado;
 - escolha do tipo de luminária e de sua melhor instalação;
 - escolha do tipo de lâmpada e seu respectivo rendimento.
2. Quanto ao Nível de Iluminamento a ser alcançado com o referido projeto, deve-se adequar a natureza dos trabalhos, representada, basicamente, por atividades operacionais e de manutenção industrial, com as condições de segurança pretendidas. Por outro lado, diante da natureza descrita para a operação dos trabalhos na área, não há exigência no grau de reprodução de cores. Portanto, buscando-se maximizar os aspectos de ordem econômica para o projeto, deve-se optar por adotar o emprego de lâmpadas de descarga, de baixo consumo, na busca de maior rendimento energético para o sistema de iluminação.
3. Para melhor distribuição espacial da luz, estudou-se a distribuição das luminárias obedecendo ao critério de dotar-se zonas com níveis de iluminamento (iluminâncias intermediárias entre os pontos) que atendam ao nível mínimo exigido pelas Normas. Assim, a distância média entre as luminárias decorreu da resultante superposição das curvas isolux correspondentes ao conjunto luminária/lâmpada escolhidos para a presente situação.
4. As luminárias e respectivos suportes de fixação foram escolhidas em função da condição ambiental. Os materiais de construção dessas luminárias deverão, portanto, serem altamente resistentes às condições do local da instalação, sendo altamente recomendável a menor quantidade de materiais ferrosos em sua composição. O mesmo procedimento foi adotado para a escolha dos suportes de sustentação das luminárias, que além dos aspectos retro deverão guardar compromisso com o partido arquitetônico do ambiente.
5. Escolha do tipo de Lâmpada - em se tratando de Iluminação de Área Industrial Interna, procurou-se conciliar a disponibilidade do que há no mercado de lâmpadas com os vários tipos de tecnologia associada. É importante considerar que a escolha

do tipo de lâmpada deverá levar em consideração, principalmente, os seguintes fatores: Potência elétrica de consumo da lâmpada (W), Rendimento luminoso (Lum/W), Energia elétrica consumida por tempo de operação, por exemplo, no mês (kWh/mês), Fluxo luminoso inicial da lâmpada (Lumens), Vida útil (horas) e o Custo operacional mensal (R\$/mês). Esses fatores deverão ser conjugados conjuntamente com outras condições do projeto, como por exemplo, tipo de serviço/atividade a que se destina o projeto de iluminação, condições ambientais do local, altura de montagem da luminária, grau de uniformização da iluminação no plano de trabalho/atividade, etc.

6. Considerando que a atividade predominante na área objeto deste projeto de iluminação é a operação e manutenção de equipamentos industriais de bombeamento de água (conjuntos de moto-bombas), as exigências quanto ao grau de reprodução de cores não são essenciais, e considerando ainda que o nível de iluminamento desejado situa-se na faixa dos 300lux (padrão normatizado para iluminação dessa natureza), será empregada a lâmpada de Multi Vapor Metálico por ser a que apresenta, no momento, a de melhor rendimento e maior eficiência para esse tipo de aplicação, ou seja, na área dos conjuntos de motores e bombas. Para as demais áreas (escritórios, banheiros, etc.), serão também empregadas lâmpadas de descarga, porém do tipo compacta ou do fluorescente tubular longa.
7. 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.
8. A alimentação dessa Unidade de Consumo será derivada de circuitos provenientes do QDG da Estação de Bombeamento.

CÁLCULO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DAS DIVERSAS ÁREAS

A) ÁREA 1 – ÁREA DA EDIFICAÇÃO PRINCIPAL

TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA

- tipo de luminária:..... luminária fechada
- 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 teto/forro
- tensão de alimentação da lâmpada:..... 220 Volts
- nível de iluminamento desejado: 300 lux
- altura de montagem da luminária: 6,30 m
- número de luminárias por ponto: 1
- número de lâmpadas/luminária: 1

TIPO DE LÂMPADA A SER USADA

- Multi vapor metálico 70 Watts
- Fluxo luminoso da lâmpada:..... 5.900 lumens
- Consumo do reator:..... 10 Watts

DIMENSÕES DO AMBIENTE

- Comprimento da edificação..... 11,40 m
- Largura da edificação..... 5,00 m
- Pé direito..... 6,80 m
- Altura do plano de trabalho 0,00 m
- Altura de suspensão da luminária . 0,50 m
- Altura de montagem 6,30 m

PREMISSAS DO PROJETO

- Iluminamento para o local..... 300 lux
- Área do local..... 57,00 m²
- Área EFETIVA a ser iluminada 57,00 m²
- Número de lâmpadas/luminária 1 ud
- Fluxo lum. da lâmpada..... 5.900 lumens
- Potência da lâmpada 70 watts
- Consumo do acessório 20 watts

As condições do ambiente são:

Ambiente NORMAL

Período de manutenção de 3.000h

condições:	teto	parede	piso
pintura	claro	claro	escuro
refletâncias:	70%	50%	10%

Fator de Depreciação $F_d = 0,70$

Índice do recinto $K = (C \times L) / [H_m \times (C + L)]$ $K = 1,17$

$\eta = 0,60$

O número de luminárias necessário será:

$$N = \frac{E_m \times S}{n \times \Phi \times F_u \times F_d}$$

$N = 6,90$ ou em inteiros

FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS: **8 luminárias**

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

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times F_u \times F_d \times 1,1}{S}$$

Iluminância média calculada: **$E_{\text{médio}} = 383 \text{ lux}$**

Resultado quanto ao atendimento às Normas: **CONDIÇÃO ATENDIDA**

B) ÁREA 2 – ÁREA DO CCM

TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA

- tipo de luminária:..... luminária aberta
- 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 teto/forro
- tensão de alimentação da lâmpada:..... 220 Volts
- nível de iluminamento desejado: 300 lux
- altura de montagem da luminária: 3,30 m
- número de luminárias por ponto: 1
- número de lâmpadas/luminária: 2

TIPO DE LÂMPADA A SER USADA

- Fluorescente tubular 32 Watts
- Fluxo luminoso da lâmpada:..... 2.700 lumens
- Consumo do reator:..... 3 Watts

DIMENSÕES DO AMBIENTE

- Comprimento da edificação..... 11,40 m
- Largura da edificação..... 2,30 m
- Pé direito..... 3,80 m
- Altura do plano de trabalho 0,00 m
- Altura de suspensão da luminária . 0,50 m
- Altura de montagem 3,30 m

PREMISSAS DO PROJETO

- Iluminamento para o local..... 300 lux
- Área do local..... 26,22 m²
- Área EFETIVA a ser iluminada 26,22 m²
- Número de lâmpadas/luminária 2 ud
- Fluxo lum. da lâmpada..... 2.700 lumens
- Potência da lâmpada 32 watts
- Consumo do acessório 6 watts

As condições do ambiente são:

Ambiente NORMAL

Período de manutenção de 3.000h

condições:	teto	parede	piso
pintura	claro	claro	escuro
refletâncias:	70%	50%	10%

Fator de Depreciação $F_d = 0,70$

Índice do recinto $K = (CxL)/[Hmx(C+L)]$ $K = 0,58$

$\eta = 0,55$

O número de luminárias necessário será:

$$N = \frac{Em \times S}{n \times \Phi \times Fu \times Fd}$$

$N = 3,78$ ou em inteiros

FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS: **4 luminárias**

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

$$Emédio = \frac{N \times n \times \Phi \times n \times \Phi \times f \times 1,1}{S}$$

Iluminância média calculada: **$E_{médio} = 349 \text{ lux}$**

Resultado quanto ao atendimento às Normas: **CONDIÇÃO ATENDIDA**

C) RESUMO QUALI-QUANTITATIVO DO PROJETO DE ILUMINAÇÃO INTERNA DA ELEVATÓRIA

ÁREA	LUMINÁRIA TIPO	LÂMPADA	QUANT.	POT. (W)	CONSUMO TOTAL
ÁREA 1:	luminária fechada	Multi vapor metálico	8	70	720 Watts
ÁREA 2:	luminária aberta	Fluorescente tubular	4	32	304 Watts
Total					1.024 Watts

ÁREA	TOMADA TIPO		CONSUMO TOTAL
	1Ø-10A	3Ø-16A	
ÁREA 1:	2	2	25.461 Watts
ÁREA 2:	2	1	14.931 Watts
Total			40.392 Watts

- - Fator de demanda lâmpadas:..... 1
- - Fator de demanda tomadas: 0,75
- - Demanda TOTAL a ser considerada: 31,32 kW
- - Corrente máxima no alimentador: 47,58 A
- - Seção condutor do alimentador tronco:.. 10 mm²
- - Seção do condutor do ramal lâmpada:... 2,5 mm²
- - Seção do condutor do ramal tomada:..... 2,5 mm²
- - Disjuntor Geral iluminação, trifásico:..... 50 A
- - Disjuntor tomadas, trifásico:..... 20 A
- - Disjuntor ramais monofásico: 10 A

11.1.3 Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA)

Dados do projeto:

- EDIFICAÇÃO
- Altura da Instalação em relação ao solo.....5,00 m
- Comprimento da Edificação20,00 m
- Largura da Edificação9,00 m

O critério para a análise de enquadramento da Instalação quanto à proteção contra descargas atmosféricas será baseado no princípio do modelo eletro-geométrico cuja aplicação tem merecido ampla aceitação pelas Instituições Internacionais. Para a aplicação desse modelo será necessário conhecer, ou estimar com razoável aproximação, o índice de queda de raios na região em análise. Os critérios consagrados baseiam-se em levantamento estatísticos de queda de raios pro ano de observação. No caso brasileiro, particularmente na região Nordeste, esse índice não está disponível com detalhamento por sub-região.

Entretanto, embora não tenhamos dados quali-quantitativos mais precisos quanto ao índice cerâmico da região onde será implantada a Estação de Bombeamento (posicionada junto ao reservatório de São João do Cariri do Sistema Adutor do Congo, no estado da Paraíba), 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:

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

O conjunto das instalações da Estação de Bombeamento é constituído de uma área para a edificação principal (Galpão principal) e áreas descobertas destinadas a escoamento e manobra, com dimensões conforme mostrado em planta.

Os equipamentos ali instalados e que necessitam de proteção, são equipamentos mecânicos, elétricos, hidráulicos etc. 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 (Galpão Principal), 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 soloh = 5,00 m
- Comprimento da Edificaçãoa = 20,00 m
- Largura da Edificaçãob = 9,00 m

A área de captação desse conjunto será: $Aa=ab+2(a+b)+\pi h^2$

- $axb = 180,00 \text{ m}^2$
- $2(a+b) = 50,00 \text{ m}$
- $\pi h^2 = 78,54$
- $Aa = 308,54 \text{ m}^2$

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

$$P = Aa \cdot Ng \cdot 10^{-6} \text{ raios/ano}$$

Para o caso em questão teremos: $P = 1.851 \times 10^{-6} \text{ raios/ano}$

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:

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

$$P_0 < 10^{-5} \text{ proteção desnecessária}$$

$$P_0 > 10^{-3} \text{ proteção obrigatória}$$

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: $P_0 = P \times A \times B \times C \times D \times E$ ou

$$P_0 = 1.851,24 \times 10^{-6}$$

$$P_0 = 1,85 \times 10^{-3}$$

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 14,00m (em relação ao solo) e instalado no topo de um poste implantado lateralmente à Edificação e a uma distância eqüidistante no sentido longitudinal da mesma será:

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

sendo: $R = 45$

$$h = 14$$

$$(R-h)/R = 0,6889$$

$$\sin(R-h)/R = 0,6357$$

$$\arcsin(R-h)/R = 0,6889 \text{ radianos}$$

$$\arcsin(R-h)/R = 39,47 \text{ graus}$$

$$\cos[\arcsin(R-h)/R] = 0,7720$$

$$R \cdot \cos[\arcsin(R-h)/R] = 34,74$$

$$\text{Alcance da proteção} = 34,74 \text{ m}$$

Conforme mostrado na parte gráfica, será empregado um captor (um poste DT-14/400), posicionado lateralmente à edificação (Galpão Principal). O alcance da proteção na área de cobertura da referida edificação 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 (anel de equipotencialização), formado por cabo de cobre nu de 35 mm², enterrado a 1,00m abaixo da superfície do solo e conectado a quatro hastes de terra de 3,00m x 5/8". A esse anel deverão ser conectadas as descidas (duas por captor) do captor instalado no topo do poste.

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 3,00m com diâmetro de 5/8".

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: Um poste de concreto DT-400/14 para instalação do captor (constituído por uma haste de terra de 5/8"x 3,00m); cabos de cobre nu de tempera mole de seção 50mm² como cabos de descida e para o cabo de 35mm² para a formação do anel de escoamento na base da Edificação) e como eletrodos de escoamento serão usadas quatro hastes de terra de 5/8"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.

11.1.4 Cálculo da Malha de Terra

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA	CAPTAÇÃO
SUBESTAÇÃO PRINCIPAL 13.800-380Volts - 75kVA	
CÁLCULO DA MALHA DE TERRA DA SUBESTAÇÃO	
OBS: Valores de: seção x diâmetro dos condutores:	seção (mm ²) 35
	diâm. (mm) 6,68

PARÂMETROS INICIAIS RELATIVOS AO SISTEMA EM ESTUDO

Corrente de defeito, I _{cc} (fase-terra), considerada:	I _{def} =	10000 A
Tempo para eliminação do defeito (em segundos)	t _{def} =	0,5 segundos
Para o tipo de solo, a resistividade varia de:		50 - 200 Ω.m
Consideraremos para o cálculo a resistividade aparente de:		180,00 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)

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

onde:

I _{def.}	= corrente de defeito, em Ampère, através do condutor
S _{cobre}	= seção do condutor de cobre da malha de terra mm ²
T _{def.}	= tempo de duração do defeito em segundos
T _{emp.sold.}	= temperatura da solda (pelo tipo de solda/conexão)
T _{emp. amb}	= 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

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 _{defeito} no ponto considerado:	I _{defeito} =	10.000	A
I _{defeito} no cabo de ligação dos equipamentos/malha:	I _{def.} =	10.000	A
percentual da corrente de defeito na malha:		60	%
I _{defeito} nos cabos da malha:	I _{def. Malha} =	6.000	A
Tempo de duração do defeito (seg)	t _{duração} =	0,5	
Temp. ambiente (graus Celsius)	θ _a =	35	
Temp. solda (graus Celsius) conexão cavilhada	θ _m =	250	

cálculo: $(Temp.sol.-Temp.amb)/(234+Temp.amb)$	0,80
cálculo: log. Neperiano	0,59
cálculo: radical	1,08
cálculo:	245,53
cálculo da seção do condutor de cobre (cabo ligação):	40,73 mm ²
cálculo da seção do condutor de cobre (cabo da malha):	24,44 mm ²

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, a acima calculada. 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:	35 mm ²
Diâmetro do condutor acima considerado (em mm):	6,68 mm
Diâmetro do condutor acima considerado (em m):	0,0067 m

CÁLCULO DA MALHA

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

Resistividade aparente do solo em ohms.metro	180,00 Ω.m
Espaçamento da malha:	2,40 m
Comprimento das hastes:	2,40 m
Corrente de defeito:	6.000 A
Geometria da malha:	retangular
Dimensão lado a (metros) (dimensão inicial)	9,60 m
Dimensão lado b (metros) (dimensão inicial)	7,20 m
Comprimento da Haste de ateramento de (metros):	2,40 m
Diâmetro da Haste de ateramento de (polegadas):	5/8 "
Diâmetro da Haste de ateramento de (polegadas):	5/8 pol.
Profundidade da malha:	0,60 m
Camada superficial de brita:	0,10 m
Resistividade da brita:	3.000 Ω.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	5,00
Número de condutores no lado Nb	4,00
Número de condutores no lado Na	5,00
Número de condutores no lado Nb	4,00
Número total de "nós" da malha: $n_a \times n_b =$	20,00
Número de "nós" da periferia da malha: $2n_a + 2(n_b - 2) =$	14,00
Comprimento total dos cabos da malha Lcabo (m)	74,40
Quantidade de hastes a ser usada (unid)	14,00
Comprimento da haste de ateramento (m)	2,40
Comprimento equivalentes das hastes "Lhastes" (m)	33,60
Comprimento total para malha com hastes (m)	122,70
Comprimento equivalente total "L total" (m)	122,70

CÁLCULO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO DA MALHA

Resistividade aparente do solo (ohms.metro)	180,00 ohms.metro
Área da malha (m ²)	69,12 m ²
Profundidade da malha (metros)	0,60 m
R (equiv). Sist. de Aterramento	9,97 ohms

Resistência final da malha atende às Normas	ATENDE ÀS NORMAS
--	-------------------------

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 ²	35,00 mm ²
Comprimento do Lado A da malha	9,60 metros
Comprimento do Lado B da malha	7,20 metros
Geometria da malha: retângulo de:	9,6 x 7,2 metros
Comprimento total de cabo (em metros)	74,40 metros
Quantidade de hastes	14,00 unidades
Comprimento das hastes de aterramento	2,40 metros
Diâmetro das hastes de aterramento	5/8"
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, etc..	

11.2 ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO EB-1

11.2.1 Condições da Instalação Quanto às Influências Externas

De acordo com a NBR-5410 e integralmente pela IEC, a instalação enquadra-se na seguinte classificação internacional quanto as condições de influências externas, ou sejam, condições exteriores a que estarão sujeitos todos os componentes elétricos da instalação, definem portanto, condições especiais para o projeto e respectiva especificação técnica. O enquadramento da instalação orienta-se, conforme a prescrição das Normas, quanto aos aspectos de:

- a - condições ambientais
- b - condições de utilização
- c - condições relacionadas com a construção das edificações

Aplicando-se a classificação internacional conforme NBR-5410 teremos para a instalação:

a - quanto às condições ambientais:

	código	classific.	caract. de operação	aplicação
temperatura	AA 5	quente	+5 ~ +40 °C	caso geral
altitude da instalação	AC 1	baixa	< 2000m	sem necessidade de medidas especiais
presença de água	AD 3	aspersão	possibilidades de chuvas	sistemas hidráulicos
presença de corpos sólidos	AE 2	objetos pequenos	menor dimensão: > / = 2,5mm	caso geral
presença de substânc. corrosivas	AF2	atmosférica	agentes corrosivos de origem atmosférica	caso geral
choques mecânicos	AG 2	médios	meios que podem produzir choques <2J	sistemas hidráulicos
vibração	AH 2	média	vibrações entre 10 a 50Hz	condições industriais
presença de flora	AK 1	desprezível	ausência de riscos	
influência eletromagnética	AM 2	correntes parasitas	presença prejudicial de correntes parasitas	influência de equipamentos conversores/retificadores
radiação solar local	NA 2	significativa	intensidade	caso geral
descargas atmosféricas	AQ 3	diretos	exposição dos equipamentos	condições industriais

b - quanto às condições de utilização:

	código	classific.	caract. de operação	aplicação
competência das pessoas no local	BA 4	advertidas	peças informadas e supervisionadas por pessoas qualificadas	locais de serviços elétricos
resistência elétrica do corpo humano	BB 2	normal	condições úmidas da pele	peças no trabalho com pés/mãos molhados e suor
contato das pessoas com o potencial local	BC 3	frequente	peças em contato c/mat. condutores ou se postando sobre superfície condutora	locais cujos pisos e paredes não são isolantes ou são metálicas
condições de fuga das pessoas em caso emergência	BD 1	normal	baixa densidade de ocupação, condições de fuga fáceis	via de acesso aberta
natureza da matéria processada/armazém	BE 1	riscos desprezíveis	não combustíveis	

c - condições relacionadas com a construção das edificações

	código	classific.	caract. de operação	aplicação
materiais de construção das instal. elétricas	CA 1	não combustíveis		
estrutura das edificações	CB 1	riscos desprezíveis		

1 - POTÊNCIA DA SUBESTAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES, EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS

QUADRO DE CARGAS

Carga a ser instalada	Quantid. instalada	Quantid. reserva	Potência em CV	Potência em kW	Demanda em kW	Inominal (A)
motor da bomba principal - EB-1/1	2	1	7,5	5,52	5,52	10,95
motor da bomba principal - EB-1/2	3	1	40	29,44	58,88	111,71
iluminação interna	1			1,02	1,02	1,55
iluminação externa	1			0,80	0,80	1,22
tomada trif. para serv. de manutenção	3			31,59	31,59	16
tomada mono p/ serv. de manutenção	4			8,78	8,78	10
motor da ponte rolante	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Casa de Química				29,59	29,59	44,96
ETA - EB - Recirculação	1	0	10	7,36	7,36	11,77
				Total	143,54	151,43

Fat. de demanda das Cargas Principais 1,00 pu

Fat. de demanda das Cargas Auxiliares 0,75 pu

Fator de potência instalação (corrigido) 0,95 pu

$$\Phi_{(\text{radiano})} = 0,3176 \quad \text{sen}\Phi = 0,31$$

Potência Total Requerida em kW:	133,00 kW
Potência Total Requerida em kVA:	140,00 kVA
Potência da SE em kVA:	150 kVA

Potência do Transformador 150 kVA

Quantidade de trafos instalados 1 ud

Potência total instalada em trafos 150 kVA

Tensão Primária 13800 Volt

Tensão Secundária 380 Volt

Impedância (base kV de operação) 3,5 %

Perdas no cobre 2050 W

Corrente nominal no Primário/trafo 6,28 A

Corrente nominal no Secundário/trafo 227,90 A

Corrente TOTAL no PRIMÁRIO 6,28 A

Corrente TOTAL no SECUNDÁRIO 227,90 A

Comprimento do alimentador (sec. Trafo) 20,00 m

2 - DIMENSIONAMENTO DA PROTEÇÃO PRIMÁRIA - LADO DE 13,8kV

2.1 - PARA-RAIOS

Tensão do sistema de alimentação 13,8 kV

Tipo do Para-raios ZnO

Corrente de descarga nominal 10,00 kA

Proteção do Para-raios desligador automático

Tipo do material polimérico

quantidade: 3 ud

2.2 - CHAVE FUSÍVEL

Tensão do sistema de alimentação 13,8 kV

Tensão máxima de operação 15 kV

Tipo da Base C

Corrente nominal 200 A

Capacidade de interrupção simétrica 10 kA

Tipo do material porcelana impermeável

Porta-fusível resina reforçada

Elo-fusível 8K

quantidade: 3 ud

3 - DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES E EQUIPAMENTOS - BAIXA TENSÃO

3.1 - CÁLCULO DO CONDUTOR DO SECUNDÁRIO DO TRANSFORMADOR

CARACTERÍSTICAS DO CIRCUITO DO ALIMENTADOR GERAL (SECUNDÁRIO DO TRAFO)

Valores das correntes do circuito do Alimentador Geral:

$$I_{aliment} = 227,90 \text{ A}$$

Comprimento do alimentador (metros):	20,00	Fatores de correção:	
Tipo de condutor:	cobre	K1 (temperatura do solo 35°):	0,89
Resistividade do material:	0,0179	k2 (agrup. de cabos):	0,8
Nível de isolamento:	0,6/1kV	k3 (agrup. de circuitos):	1
Temp. máxima permitida (condutor):	90°C	k4 (agrup. de eletrodutos):	1
Temperatura do ambiente:	40°C	fs (fator de serviço):	1
Maneira de instalar:	canaleta fechada		
Tipo de instalação:	B1		
Queda de tensão admitida no ramal (%):	2		

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

tipo do isolamento	temp. no condutor	corrente de projeto	fator de correção	cap.cond neces. (A)	cap.cond cabo (A)	seção em (mm ²)	resist. Ω/km	reatância Ω/km
XLPE	90°	227,90	0,71	320,09	312	120	0,190	0,100
Seção escolhida:		120 mm²		cond. por fase:		1		

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

$$S_{condutor} = 18,55 \text{ mm}^2$$

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

Seção escolhida:	120 mm²
Condutor por fase:	1

As condições operacionais do Projeto recomendam os seguintes limites:

Queda de tensão para a condição de REGIME (%):	2 %
Queda de tensão para a condição de PARTIDA do motor (%):	<15% %

A queda de tensão, NO ALIMENTADOR GERAL, nas condições do projeto, em REGIME e na PARTIDA de um dos motores (não será permitida a partida simultanea) será:

Queda de tensão para a condição de REGIME (%):	0,44 %	SATISFAZ
Queda de tensão para a condição de PARTIDA DIRETA (%):	8,42 %	SATISFAZ
Queda de tensão para a condição de PARTIDA soft-starter (%):	4,21 %	SATISFAZ

Portanto, a seção a ser adotada para o Alimentador Geral será:		120 mm²
	condutor por fase:	1
Barramento do QDG deverá ser de barra de cobre com dimensões		15x5 mm
	barra por fase:	1

3.2 - SECCIONADOR TRIPOLAR - LADO DE 380V

Tipo do equipamento:	seccionador fusível sob carga
Corrente nominal da chave:	400 A
Corrente nominal dos fusíveis:	355 A

3.3 - TC DE MEDIÇÃO DE CORRENTE - LADO DE 380V

A máxima corrente no secundário do transformador será: 227,90 A

Logo, usaremos TC's com classe de exatidão para medição	
classe de exatidão:	0,6 %
carga:	C25
relação de transformação:	250/5 A
quantidade:	3 unid.

3.4 - MULTI MEDIDOR DE GRANDÊZAS ELÉTRICAS - LADO DE 380V

multi-medidor digital, dimensões de 96x96mm:	
tipo de instalação	rede 3Φ desequilibrada
entrada - tensão	220 V - 60Hz
entrada - corrente	0-5 A
saída: pulso e serial	RS485
quantidade:	1 ud

3.5 - DIMENSIONAMENTO DO DISJUNTOR GERAL DE BAIXA TENSÃO DO QDG

Tipo do disjuntor	Caixa moldada tipo L
Aplicação do disjuntor:	Proteção circuito: Transformador
Fator de multiplicação de corrente - K:	1,60
Corrente do circuito (corrente de projeto) $I_{proj.}$:	227,90 A
Cap.de condução cond. Alimentador Geral: $I_{cond.}$:	312 A
Corrente nominal escolhida para o disjuntor $I_{nd.}$:	250 A
Número de pólos	3
Capacidade de interrupção mínima em 380V:	≥ 40 kA
Disparador térmico de sobrecarga ajustável:	200-250 A

Verificação das condições:

$I_{nd} \geq I_{proj.}$	CONDIÇÃO ATENDIDA
$I_{nd} \leq I_{cond.}$	CONDIÇÃO ATENDIDA
$K \times I_{nd} \leq 1,45 \times I_{cond.}$	CONDIÇÃO ATENDIDA
$T_{op-disj} \leq T_{sup. Termica}$	CONDIÇÃO ATENDIDA

Disjuntor indicado

Corrente nominal I_n	250 A
Faixa de ajuste para curto-circuito	10x I_n
Faixa de ajuste para sobrecarga	200-250 A
Capacidade de interrupção em 380V CA \geq	≥ 40 kA

4 - CARACTERÍSTICAS DOS MOTORES - BOMBAS DA EB-1/1

Potência do motor em CV:	7,5	Tipo de partida:	Chave Estática
Número de motores instalados:	2	Corrente de partida:	3,5 x $I_{nominal}$
Rendimento do motor (100% da carga):	0,87		
Fat. potência motor (100% da carga):	0,88	Conjugado nominal C_n (kgfm):	
Fator de potência do motor na PARTIDA	0,35	Conjugado c/ rotor bloqueado C_p/C_n :	
Fat. de potência do motor corrigido:	0,95	Conjugado máximo C_{max}/C_n :	
Tensão de alimentação em Volt:	380	Fator de serviço	
Número de motores em operação:	4	Tempo de aceleração - seg	
Relação I_p / I_n :	7,00		
Rotação nominal:	3.510 rpm		

4.1 - CALCULO DO CONDUTOR DO RAMAL DO MOTOR DA BOMBA PRINCIPAL - EB-1/1

Valores das correntes do circuito do ramal do motor:

$I_{motor} =$	10,95 A	$I_{part.fabrica}$	76,68 A	$I_{part. Proj.}$	38,34 A
---------------	---------	--------------------	---------	-------------------	---------

4.1.1 - CARACTERÍSTICAS DO CIRCUITO DO RAMAL DO MOTOR - EB-1/1

Comprimento do ramal motor (metros):	10	Fatores de correção:	
Comprimento do alimentador (metros):	20	k1 (temperatura do solo):	0,85
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 (condutor):	90°C	fs (fator de serviço)	1
Temperatura do ambiente:	40°C		
Maneira de instalar:	canaleta/eletrocalha		
Tipo de instalação:	B1		
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	temp. no condutor	corrente de projeto (A)	fator de correção	cap.cond neces. (A)	cap. condução (A)	seção em (mm ²)	resist. Ω/km	reatância Ω/km
XLPE	90°	10,95	0,85	12,89	37	4	5,52	0,14
Seção escolhida:		4 mm²		cond. por fase:		1		

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

$$S_{\text{condutor}} = 0,67 \text{ mm}^2$$

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

Seção escolhida:	4 mm²
cond. por fase:	1

As condições operacionais do Projeto recomendam os seguintes limites:

Queda de tensão para a condição de REGIME (%): **4 %**

Queda de tensão para a condição de PARTIDA do motor (%): **15 %**

A queda de tensão, nas condições do projeto, em REGIME e na PARTIDA do motor será:

Pelo método V/A.km

Queda de tensão para a condição de REGIME (%):	0,64 %	SATISFAZ
Queda de tensão para a condição de PARTIDA DIRETA (%):	12,13 %	SATISFAZ
Queda de tensão para a condição de PARTIDA ESTATICA (%):	6,06 %	SATISFAZ

Pelo método das impedâncias dos circuitos (secundários)

Parâmetros cabos:	aliment.	ramal
R=	0,004 Ω	0,055 Ω
X=	0,002 Ω	0,001 Ω
Rt=	0,059 Ω	
Xt=	0,003 Ω	
Rt ² =	0,003481	
Xt ² =	1,56E-05	
Z=	0,059098 Ω	
ΔV= ZxI	volts	
Iregime	10,95 A	
Ipartida direta	76,68 A	
Ipartida com tensão reduzida	38,34 A	
ΔVregime=	0,65 volts	
Δpartida direta=	4,53 volts	
Δpartida com tensão reduzida=	2,27 volts	

Queda de Tensão em REGIME: ΔV%= 0,30% **SATISFAZ**

Queda de Tensão na PARTIDA DIRETA: ΔV%= 2,07% **SATISFAZ**

Queda de Tensão na PARTIDA TENSÃO REDUZIDA: ΔV%= 1,03% **SATISFAZ**

Portanto, a **seção a ser adotada para o ramal do motor** será:

Seção escolhida:	4 mm²
cond. por fase:	1

4.1.2 - CAPACITOR DE CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA DO MOTOR DA BOMBA PRINCIPAL - EB-1/1

fator de potência do motor a 100% da carga:	0,88 pu
fator de potência desejado para o motor:	0,95 pu
energia ativa requerida pelo motor (100% da carga):	5,52 kW
coeficiente para correção para 0,95:	0,211
energia reativa requerida pelo motor (100% carga):	1,16 kVAr

Capacitores necessários para correção do fator de potência:

Tensão de alimentação da célula/banco

1,5 kVAr trifásico

400 Volt

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

5 - DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO, ACIONAMENTO E CONTROLE DO MOTOR BOMBA: EB-1/1

5.1 - DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO DO MOTOR BOMBA: DISJUNTOR-MOTOR

Disjuntor indicado

Potência do motor:	7,5 CV
Corrente nominal do motor:	10,95 A
Corrente nominal do disjuntor-motor I_n :	25 A
Categoria de utilização:	AC-3
Faixa de ajuste de sobrecarga:	11-16 A
Capac. de interrupção em 380V CA>=	20 kA

5.2 - DISPOSITIVO DE ACIONAMENTO DO MOTOR BOMBA: CHAVE ESTATICA

Características: Chave de Partida com controle de tensão (PARTIDA SUAVE), dotada de proteção contra sobrecarga, subcarga, rotor bloqueado e falta de fase. Com IHM digital.

Capacidade de acionamento do motor de:	7,5 CV
Corrente nominal do motor:	10,95 A
Corrente de partida do motor:	38,34 A
Corrente passante na Chave (em regime):	10,95 A
Corrente nominal da Chave de Partida:	20 A

5.3 - DISPOSITIVOS DE ACIONAMENTO/PROTEÇÃO DOS CAPACITORES ESTATICOS: CONTACTOR+FUSIVEL

OPÇÃO PARA CORREÇÃO INDEPENDENTE (APENAS O MOTOR)

Potência do capacitor:	1,5 kVAr
Contator tripolar - categoria	AC-6
Corrente aplicação AC-6:	22 A
Corrente nominal térmica:	45 A
Fusível retardado de proteção (CC) dos capacitores:	20 A

6 - CARACTERÍSTICAS DOS MOTORES - BOMBAS DA EB-1/2

Potência do motor em CV:	40	Tipo de partida:	Chave Estática
Número de motores instalados:	3	Corrente de partida:	3,5 x Inominal
Rendimento do motor (100% da carga):	0,91		
Fat. potência motor (100% da carga):	0,88	Conjugado nominal C_n (kgfm):	
Fator de potência do motor na PARTIDA	0,35	Conjugado c/ rotor bloqueado C_p/C_n :	
Fat. de potência do motor corrigido:	0,95	Conjugado máximo $C_{máx}/C_n$:	
Tensão de alimentação em Volt:	380	Fator de serviço	
Número de motores em operação:	2	Tempo de aceleração - seg	
Relação I_p / I_n :	7,80		
Rotação nominal:	3.560 rpm		

6.1 - CALCULO DO CONDUTOR DO RAMAL DO MOTOR DA BOMBA PRINCIPAL - EB-1/2

Valores das correntes do circuito do ramal do motor:

$I_{motor} =$	55,86 A	$I_{part.fabrica}$	435,68 A	$I_{part. Proj.}$	195,50 A
---------------	---------	--------------------	----------	-------------------	----------

6.1.1 - CARACTERÍSTICAS DO CIRCUITO DO RAMAL DO MOTOR - EB-1/2

Comprimento do ramal motor (metros):	10	Fatores de correção:	
Comprimento do alimentador (metros):	20	k1 (temperatura do solo):	0,85
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 (condutor):	90°C	fs (fator de serviço)	1
Temperatura do ambiente:	40°C		
Maneira de instalar:	canaleta/eletrocalha		
Tipo de instalação:	B1		
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	temp. no condutor	corrente de projeto (A)	fator de correção	cap.cond neces. (A)	cap. condução (A)	seção em (mm ²)	resist. Ω/km	reatância Ω/km
XLPE	90°	55,86	0,85	65,71	117	25	0,87	0,12
Seção escolhida:		25 mm²		cond. por fase:		1		

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

$$S_{\text{condutor}} = 3,41 \text{ mm}^2$$

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

Seção escolhida:	25 mm²
cond. por fase:	1

As condições operacionais do Projeto recomendam os seguintes limites:

Queda de tensão para a condição de REGIME (%): **4 %**

Queda de tensão para a condição de PARTIDA do motor (%): **15 %**

A queda de tensão, nas condições do projeto, em REGIME e na PARTIDA do motor será:

Pelo método V/A.km

Queda de tensão para a condição de REGIME (%):	0,56 %	SATISFAZ
Queda de tensão para a condição de PARTIDA DIRETA (%):	11,78 %	SATISFAZ
Queda de tensão para a condição de PARTIDA ESTATICA (%):	5,28 %	SATISFAZ

Pelo método das impedâncias dos circuitos (secundários)

Parâmetros cabos:	aliment.	ramal
R=	0,004 Ω	0,055 Ω
X=	0,002 Ω	0,001 Ω
Rt=	0,013 Ω	
Xt=	0,003 Ω	
Rt ² =	0,000156	
Xt ² =	1,02E-05	
Z=	0,012903 Ω	
ΔV= ZxI	volts	
Iregime	55,86 A	
Ipartida direta	435,68 A	
Ipartida com tensão reduzida	195,50 A	
ΔVregime=	0,72 volts	
Δpartida direta=	5,62 volts	
Δpartida com tensão reduzida=	2,52 volts	

Queda de Tensão em REGIME: ΔV%= 0,33% **SATISFAZ**

Queda de Tensão na PARTIDA DIRETA: ΔV%= 2,56% **SATISFAZ**

Queda de Tensão na PARTIDA TENSÃO REDUZIDA: ΔV%= 1,15% **SATISFAZ**

Portanto, a **seção a ser adotada para o ramal do motor** será:

Seção escolhida:	25 mm²
cond. por fase:	1

6.1.2 - CAPACITOR DE CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA DO MOTOR DA BOMBA PRINCIPAL - EB-1/2

fator de potência do motor a 100% da carga:	0,88 pu
fator de potência desejado para o motor:	0,95 pu
energia ativa requerida pelo motor (100% da carga):	29,44 kW
coeficiente para correção para 0,95:	0,211
energia reativa requerida pelo motor (100% carga):	6,21 kVAr

Capacitores necessários para correção do fator de potência:

Tensão de alimentação da célula/banco

6,0 kVAr trifásico

400 Volt

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

7 - DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO, ACIONAMENTO E CONTROLE DO MOTOR BOMBA: EB-1/2

7.1 - DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO DO MOTOR BOMBA: DISJUNTOR-MOTOR

Disjuntor indicado

Potência do motor:	40 CV
Corrente nominal do motor:	55,86 A
Corrente nominal do disjuntor-motor I_n :	100 A
Categoria de utilização:	AC-3
Faixa de ajuste de sobrecarga:	45-63 A
Capac. de interrupção em 380V CA >=	35 kA

7.2 - DISPOSITIVO DE ACIONAMENTO DO MOTOR BOMBA: CHAVE ESTATICA

Características: Chave de Partida com controle de tensão (PARTIDA SUAVE), dotada de proteção contra sobrecarga, subcarga, rotor bloqueado e falta de fase. Com IHM digital.

Capacidade de acionamento do motor de:	40 CV
Corrente nominal do motor:	55,86 A
Corrente de partida do motor:	195,50 A
Corrente passante na Chave (em regime):	55,86 A
Corrente nominal da Chave de Partida:	63 A

7

OPÇÃO PARA CORREÇÃO INDEPENDENTE (APENAS O MOTOR)

Potência do capacitor:	6,0 kVAr
Contator tripolar - categoria	AC-6
Corrente aplicação AC-6:	22 A
Corrente nominal térmica:	45 A
Fusível retardado de proteção (CC) dos capacitores:	20 A

8 - PARÂMETRO DOS CONDUTORES DIVERSOS

CIRCUITO		Iprojeto (A)	Seção adotada	I _{max.} Adm/Con d.	Parâmetros Ω /km R _{ca} X _L		Tensão Isolam.kV	Tmax. Cabo C°
ALIMENTADOR TRAFO		320,09	2x150	312	0,19	0,10	0,6/1kV	90°
RAMAL DO MOTOR DE (CV) EB-1/1	7,5	10,95	1x150	37	5,52	0,14	0,6/1kV	90°
CORREÇ. INDIVID. P/MOTOR (kVAr)	1,5	2,17	2,5	28	8,87	0,15	0,6/1kV	90°
RAMAL DO MOTOR DE (CV) EB-1/2	40,0	55,86	1x150	0	0,00	1,00	40°C	90°
CORREÇ. INDIVID. P/MOTOR (kVAr)	6,0	8,66	2,5	28	8,87	0,15	0,6/1kV	90°
CIRCUITOS AUXILIARES		61,34	6	48	3,69	0,13	0,6/1kV	90°
CIRCUITOS ILUMINAÇÃO		2,77	2,5	28	8,87	0,15	0,6/1kV	90°

11.2.2 Iluminação Interna da Edificação Principal da Estação EB-1

DADOS DE ENTRADA DA INSTALAÇÃO

A Iluminação Interna destina-se a dotar a área da Estação de Bombeamento, de condições de visibilidade e deslocamento de pessoas para execução das funções operacionais da mesma. Diante da natureza do trabalho a ser desenvolvido na referida instalação, o nível de iluminamento a ser adotado será o que estabelece a Norma Brasileira, em suas exigências mínimas, destinada para ambientes desse tipo de ocupação/operação. Segundo o que estabelece a Norma Brasileira, NB 5413, o iluminamento, médio para essa situação é de 300 lux (considerados ao final do período de manutenção do conjunto luminária/lâmpada).

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 Estação de Bombeamento não exige um alto grau de reprodução de cores. Considerando o aspecto de ordem econômica para o projeto, portanto, poderemos adotar, quando possível, o emprego de lâmpadas de descarga, de baixo consumo, na busca de maior rendimento energético para o Projeto.

As luminárias serão instaladas diretamente sob o teto da Edificação, ou sob o teto de laje existente. A distribuição dos circuitos será obtida mediante o emprego de condutores isolados, instalados em eletrocalhas/eletrodutos rígidos de PVC.

PREMISSAS DO PROJETO DE ILUMINAÇÃO

Para a elaboração do presente estudo foram consultados, preliminarmente, os seguintes projetos e documentos:

- 1 - Planejamento Físico da Área do Projeto;
- 2 - Projeto Arquitetônico e Civil das edificações.

No que diz respeito às exigências de condições de trabalho consideradas pela Legislação Trabalhista, os aspectos a serem observados estão delineados conforme a respectiva Norma Regulamentadora do MTE.

Por outro lado, segundo o que estabelecem as Normas Brasileiras, o iluminamento para essa situação (300 lux) deve ser considerado para o final do período de manutenção do conjunto luminária/lâmpada, o que acarreta portanto, que o projeto deva levar em consideração esse fator de depreciação do nível de iluminamento entre os períodos de manutenção (troca de lâmpadas, lavagem das lâmpadas, limpeza dos vidros protetores, etc.), visando a garantir que o nível de iluminamento não fique comprometido nesse intervalo. Para isso o projeto tomará o índice indicado pela Norma como referência mínima. O projeto será desenvolvido para um valor de iluminância maior a fim de que fique assegurado o nível mínimo quando da proximidade do término do período de manutenção do conjunto de iluminação.

CONDIÇÕES DA INSTALAÇÃO QUANTO ÀS INFLUÊNCIAS EXTERNAS

Outro aspecto de natureza de concepção para o Projeto de Iluminação é de que o nível de iluminância pretendido deverá ser obtido com o emprego dos aparelhos de iluminação destinados especificamente para o referido projeto, ou seja, não serão levados em consideração quaisquer contribuições de outras fontes luminosas, sejam artificiais ou provenientes de outros aparelhos de iluminação que situem no mesmo local.

CONDIÇÕES NORTEADORAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

1. De modo geral os locais de trânsito de pessoas (vias de acesso às máquinas e componentes) devem ser devidamente iluminados a fim de que sejam obtidos níveis de iluminação para o conforto e a segurança das atividades que serão ali desenvolvidas. Dentro desse princípio geral, o Projeto Luminotécnico, para ambientes internos ou externos, deverá manter compromisso com os objetivos aqui delineados. A orientação a ser seguida para os projetos luminotécnicos a serem desenvolvidos estarão buscando, dentre outras condições, as seguintes:
 - nível de iluminamento suficiente para cada atividade específica;
 - distribuição espacial da luz sobre o ambiente considerado;
 - escolha do tipo de luminária e de sua melhor instalação;
 - escolha do tipo de lâmpada e seu respectivo rendimento.
2. Quanto ao Nível de Iluminamento a ser alcançado com o referido projeto, deve-se adequar a natureza dos trabalhos, representada, basicamente, por atividades operacionais e de manutenção industrial, com as condições de segurança pretendidas. Por outro lado, diante da natureza descrita para a operação dos trabalhos na área, não há exigência no grau de reprodução de cores. Portanto, buscando-se maximizar os aspectos de ordem econômica para o projeto, deve-se optar por adotar o emprego de lâmpadas de descarga, de baixo consumo, na busca de maior rendimento energético para o sistema de iluminação.
3. Para melhor distribuição espacial da luz, estudou-se a distribuição das luminárias obedecendo ao critério de dotar-se zonas com níveis de iluminamento (iluminâncias intermediárias entre os pontos) que atendam ao nível mínimo exigido pelas Normas. Assim, a distância média entre as luminárias decorreu da resultante superposição das curvas isolux correspondentes ao conjunto luminária/lâmpada escolhidos para a presente situação.
4. As luminárias e respectivos suportes de fixação foram escolhidas em função da condição ambiental. Os materiais de construção dessas luminárias deverão, portanto, serem altamente resistentes às condições do local da instalação, sendo altamente recomendável a menor quantidade de materiais ferrosos em sua composição. O mesmo procedimento foi adotado para a escolha dos suportes de sustentação das luminárias, que além dos aspectos retro deverão guardar compromisso com o partido arquitetônico do ambiente.
5. Escolha do tipo de Lâmpada - em se tratando de Iluminação de Área Industrial Interna, procurou-se conciliar a disponibilidade do que há no mercado de lâmpadas com os vários tipos de tecnologia associada. É importante considerar que a escolha

do tipo de lâmpada deverá levar em consideração, principalmente, os seguintes fatores: Potência elétrica de consumo da lâmpada (W), Rendimento luminoso (Lum/W), Energia elétrica consumida por tempo de operação, por exemplo, no mês (kWh/mês), Fluxo luminoso inicial da lâmpada (Lumens), Vida útil (horas) e o Custo operacional mensal (R\$/mês). Esses fatores deverão ser conjugados conjuntamente com outras condições do projeto, como por exemplo, tipo de serviço/atividade a que se destina o projeto de iluminação, condições ambientais do local, altura de montagem da luminária, grau de uniformização da iluminação no plano de trabalho/atividade, etc.

6. Considerando que a atividade predominante na área objeto deste projeto de iluminação é a operação e manutenção de equipamentos industriais de bombeamento de água (conjuntos de moto-bombas), as exigências quanto ao grau de reprodução de cores não são essenciais, e considerando ainda que o nível de iluminamento desejado situa-se na faixa dos 300lux (padrão normatizado para iluminação dessa natureza), será empregada a lâmpada de Multi Vapor Metálico por ser a que apresenta, no momento, a de melhor rendimento e maior eficiência para esse tipo de aplicação, ou seja, na área dos conjuntos de motores e bombas. Para as demais áreas (escritórios, banheiros, etc.), serão também empregadas lâmpadas de descarga, porém do tipo compacta ou do fluorescente tubular longa.
7. 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.
8. A alimentação dessa Unidade de Consumo será derivada de circuitos provenientes do QDG da Estação de Bombeamento.

CÁLCULO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DAS DIVERSAS ÁREAS

A) ÁREA 1 – ÁREA DA EDIFICAÇÃO PRINCIPAL

TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA

- tipo de luminária:..... luminária fechada
- 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 teto/forro
- tensão de alimentação da lâmpada:..... 220 Volts
- nível de iluminamento desejado: 300 lux
- altura de montagem da luminária: 4,65 m
- número de luminárias por ponto: 1
- número de lâmpadas/luminária: 1

TIPO DE LÂMPADA A SER USADA

- Multi vapor metálico 70 Watts
- Fluxo luminoso da lâmpada:..... 5.900 lumens
- Consumo do reator:..... 10 Watts

DIMENSÕES DO AMBIENTE

- Comprimento da edificação..... 11,10 m
- Largura da edificação..... 6,00 m
- Pé direito..... 5,15 m
- Altura do plano de trabalho 0,00 m
- Altura de suspensão da luminária . 0,50 m
- Altura de montagem 4,65 m

PREMISSAS DO PROJETO

- Iluminamento para o local..... 300 lux
- Área do local..... 66,60 m²
- Área EFETIVA a ser iluminada 66,60 m²
- Número de lâmpadas/luminária 1 ud
- Fluxo lum. da lâmpada..... 5.900 lumens
- Potência da lâmpada 70 watts
- Consumo do acessório 20 watts

As condições do ambiente são:

Ambiente NORMAL

Período de manutenção de 3.000h

condições:	teto	parede	piso
pintura	claro	claro	escuro
refletâncias:	70%	50%	10%

Fator de Depreciação $F_d = 0,70$

Índice do recinto $K = (CxL)/[Hmx(C+L)]$ $K = 0,84$

$\eta = 0,60$

O número de luminárias necessário será:

$$N = \frac{E_m \times S}{n \times \Phi \times F_u \times F_d}$$

$N = 8,06$ ou em inteiros

FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS: **8 luminárias**

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

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times F_u \times F_d \times 1,1}{S}$$

Iluminância média calculada: **$E_{\text{médio}} = 327 \text{ lux}$**

Resultado quanto ao atendimento às Normas: **CONDIÇÃO ATENDIDA**

B) ÁREA 2 – ÁREA DO CCM

TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA

- tipo de luminária:..... luminária aberta
- 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 teto/forro
- tensão de alimentação da lâmpada:..... 220 Volts
- nível de iluminamento desejado: 300 lux
- altura de montagem da luminária: 2,40 m
- número de luminárias por ponto: 1
- número de lâmpadas/luminária: 2

TIPO DE LÂMPADA A SER USADA

- Fluorescente tubular 32 Watts
- Fluxo luminoso da lâmpada:..... 2.700 lumens
- Consumo do reator:..... 3 Watts

DIMENSÕES DO AMBIENTE

- Comprimento da edificação..... 11,10 m
- Largura da edificação..... 2,20 m
- Pé direito..... 2,60 m
- Altura do plano de trabalho 0,00 m
- Altura de suspensão da luminária . 0,20 m
- Altura de montagem 2,40 m

PREMISSAS DO PROJETO

- Iluminamento para o local..... 300 lux
- Área do local..... 24,42 m²
- Área EFETIVA a ser iluminada 24,42 m²
- Número de lâmpadas/luminária 2 ud
- Fluxo lum. da lâmpada..... 2.700 lumens
- Potência da lâmpada 32 watts
- Consumo do acessório 6 watts

As condições do ambiente são:

Ambiente NORMAL

Período de manutenção de 3.000h

condições:	teto	parede	piso
pintura	claro	claro	escuro
refletâncias:	70%	50%	10%

Fator de Depreciação $F_d = 0,70$

Índice do recinto $K = (C \times L) / [H_m \times (C + L)]$ $K = 0,77$
 $\eta = 0,55$

O número de luminárias necessário será:

$$N = \frac{E_m \times S}{n \times \Phi \times F_u \times F_d}$$

$N = 3,52$ ou em inteiros

FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS: **4 luminárias**

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

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times F_u \times F_d \times 1,1}{S}$$

Iluminância média calculada: **$E_{\text{médio}} = 375 \text{ lux}$**

Resultado quanto ao atendimento às Normas: **CONDIÇÃO ATENDIDA**

C) RESUMO QUALI-QUANTITATIVO DO PROJETO DE ILUMINAÇÃO INTERNA DA ELEVATÓRIA

ÁREA	LUMINÁRIA TIPO	LÂMPADA	QUANT.	POT. (W)	CONSUMO TOTAL
ÁREA 1:	luminária fechada	Multi vapor metálico	8	70	720 Watts
ÁREA 2:	luminária aberta	Fluorescente tubular	4	32	304 Watts
Total					1.024 Watts

ÁREA	TOMADA TIPO		CONSUMO TOTAL
	1Ø-10A	3Ø-16A	
ÁREA 1:	2	2	25.461 Watts
ÁREA 2:	2	1	14.931 Watts
Total			40.392 Watts

- - Fator de demanda lâmpadas:..... 1
- - Fator de demanda tomadas: 0,75
- - Demanda TOTAL a ser considerada: 31,32 kW
- - Corrente máxima no alimentador: 47,58 A
- - Seção condutor do alimentador tronco:.. 10 mm²
- - Seção do condutor do ramal lâmpada:... 2,5 mm²
- - Seção do condutor do ramal tomada:..... 2,5 mm²
- - Disjuntor Geral iluminação, trifásico:..... 50 A
- - Disjuntor tomadas, trifásico:..... 20 A
- - Disjuntor ramais monofásico: 10 A

11.2.3 Iluminação Interna da Edificação Principal da Casa de Química

DADOS DE ENTRADA DA INSTALAÇÃO

A Iluminação Interna destina-se a dotar a área da Casa de Química, de condições de visibilidade e deslocamento de pessoas para execução das funções operacionais da mesma. Diante da natureza do trabalho a ser desenvolvido na referida instalação, o nível de iluminamento a ser adotado será o que estabelece a Norma Brasileira, em suas exigências mínimas, destinada para ambientes desse tipo de ocupação/operação. Segundo o que estabelece a Norma Brasileira, NB 5413, o iluminamento, médio para essa situação é de 300 lux (considerados ao final do período de manutenção do conjunto luminária/lâmpada).

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 Casa de Química não exige um alto grau de reprodução de cores. Considerando o aspecto de ordem econômica para o projeto, portanto, poderemos adotar, quando possível, o emprego de lâmpadas de descarga, de baixo consumo, na busca de maior rendimento energético para o Projeto.

As luminárias serão instaladas diretamente sob o teto da Edificação, ou sob o teto de laje existente. A distribuição dos circuitos será obtida mediante o emprego de condutores isolados, instalados em eletrocalhas/eletrodutos rígidos de PVC.

PREMISSAS DO PROJETO DE ILUMINAÇÃO

Para a elaboração do presente estudo foram consultados, preliminarmente, os seguintes projetos e documentos:

- 1 – Planejamento Físico da Área do Projeto;
- 2 – Projeto Arquitetônico e Civil das edificações.

No que diz respeito às exigências de condições de trabalho consideradas pela Legislação Trabalhista, os aspectos a serem observados estão delineados conforme a respectiva Norma Regulamentadora do TEM.

Por outro lado, segundo o que estabelecem as Normas Brasileiras, o iluminamento para essa situação (300 lux) deve ser considerado para o final do período de manutenção do conjunto luminária/lâmpada, o que acarreta portanto, que o projeto deva levar em consideração esse fator de depreciação do nível de iluminamento entre os períodos de manutenção (troca de lâmpadas, lavagem das lâmpadas, limpeza dos vidros protetores, etc.), visando a garantir que o nível de iluminamento não fique comprometido nesse intervalo. Para isso o projeto tomará o índice indicado pela Norma como referência mínima. O projeto será desenvolvido para um valor de iluminância maior a fim de que fique assegurado o nível mínimo quando da proximidade do término do período de manutenção do conjunto de iluminação.

CONDIÇÕES DA INSTALAÇÃO QUANTO ÀS INFLUÊNCIAS EXTERNAS

Outro aspecto de natureza de concepção para o Projeto de Iluminação é de que o nível de iluminância pretendido deverá ser obtido com o emprego dos aparelhos de iluminação destinados especificamente para o referido projeto, ou seja, não serão levados em consideração quaisquer contribuições de outras fontes luminosas, sejam artificiais ou provenientes de outros aparelhos de iluminação que situem no mesmo local.

CONDIÇÕES NORTEADORAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

1. De modo geral os locais de trânsito de pessoas (vias de acesso às máquinas e componentes) devem ser devidamente iluminados a fim de que sejam obtidos níveis de iluminação para o conforto e a segurança das atividades que serão ali desenvolvidas. Dentro desse princípio geral, o Projeto Luminotécnico, para ambientes internos ou externos, deverá manter compromisso com os objetivos aqui delineados. A orientação a ser seguida para os projetos luminotécnicos a serem desenvolvidos estarão buscando, dentre outras condições, as seguintes:
 - nível de iluminamento suficiente para cada atividade específica;
 - distribuição espacial da luz sobre o ambiente considerado;
 - escolha do tipo de luminária e de sua melhor instalação;
 - escolha do tipo de lâmpada e seu respectivo rendimento.
2. Quanto ao Nível de Iluminamento a ser alcançado com o referido projeto, deve-se adequar a natureza dos trabalhos, representada, basicamente, por atividades operacionais e de manutenção industrial, com as condições de segurança pretendidas. Por outro lado, diante da natureza descrita para a operação dos trabalhos na área, não há exigência no grau de reprodução de cores. Portanto, buscando-se maximizar os aspectos de ordem econômica para o projeto, deve-se optar por adotar o emprego de lâmpadas de descarga, de baixo consumo, na busca de maior rendimento energético para o sistema de iluminação.
3. Para melhor distribuição espacial da luz, estudou-se a distribuição das luminárias obedecendo ao critério de dotar-se zonas com níveis de iluminamento (iluminâncias intermediárias entre os pontos) que atendam ao nível mínimo exigido pelas Normas. Assim, a distância média entre as luminárias decorreu da resultante superposição das curvas isolux correspondentes ao conjunto luminária/lâmpada escolhidos para a presente situação.
4. As luminárias e respectivos suportes de fixação foram escolhidas em função da condição ambiental. Os materiais de construção dessas luminárias deverão, portanto, serem altamente resistentes às condições do local da instalação, sendo altamente recomendável a menor quantidade de materiais ferrosos em sua composição. O mesmo procedimento foi adotado para a escolha dos suportes de sustentação das luminárias, que além dos aspectos retro deverão guardar compromisso com o partido arquitetônico do ambiente.
5. Escolha do tipo de Lâmpada – em se tratando de Iluminação de Área Industrial Interna, procurou-se conciliar a disponibilidade do que há no mercado de lâmpadas com os vários tipos de tecnologia associada. É importante considerar que a escolha

do tipo de lâmpada deverá levar em consideração, principalmente, os seguintes fatores: Potência elétrica de consumo da lâmpada (W), Rendimento luminoso (Lum/W), Energia elétrica consumida por tempo de operação, por exemplo, no mês (kWh/mês), Fluxo luminoso inicial da lâmpada (Lumens), Vida útil (horas) e o Custo operacional mensal (R\$/mês). Esses fatores deverão ser conjugados conjuntamente com outras condições do projeto, como por exemplo, tipo de serviço/atividade a que se destina o projeto de iluminação, condições ambientais do local, altura de montagem da luminária, grau de uniformização da iluminação no plano de trabalho/atividade, etc.

6. Considerando que a atividade predominante na área objeto deste projeto de iluminação é a operação e manutenção de equipamentos industriais de bombeamento de água (conjuntos de moto-bombas), as exigências quanto ao grau de reprodução de cores não são essenciais, e considerando ainda que o nível de iluminamento desejado situa-se na faixa dos 300lux (padrão normatizado para iluminação dessa natureza), será empregada a lâmpada de Multi Vapor Metálico por ser a que apresenta, no momento, a de melhor rendimento e maior eficiência para esse tipo de aplicação, ou seja, na área dos conjuntos de motores e bombas. Para as demais áreas (escritórios, banheiros, etc.), serão também empregadas lâmpadas de descarga, porém do tipo compacta ou do fluorescente tubular longa.
7. 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.
8. A alimentação dessa Unidade de Consumo será derivada de circuitos provenientes do QDG da Estação de Bombeamento.

CÁLCULO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DAS DIVERSAS ÁREAS

A) ÁREA 1 – ÁREA DA SALA DE ADMINISTRAÇÃO E CONTROLE

TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA

- tipo de luminária:..... luminária fechada
- 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 teto/forro
- tensão de alimentação da lâmpada:..... 220 Volts
- nível de iluminamento desejado: 300 lux
- altura de montagem da luminária: 2,80 m
- número de luminárias por ponto: 1
- número de lâmpadas/luminária: 2

TIPO DE LÂMPADA A SER USADA

- Fluorescente tubular 32 Watts
- Fluxo luminoso da lâmpada:..... 2.700 lumens
- Consumo do reator:..... 3 Watts

DIMENSÕES DO AMBIENTE

- Comprimento da edificação..... 4,00 m
- Largura da edificação..... 3,15 m
- Pé direito..... 3,00 m
- Altura do plano de trabalho 0,00 m
- Altura de suspensão da luminária . 0,20 m
- Altura de montagem 2,80 m

PREMISSAS DO PROJETO

- Iluminamento para o local..... 300 lux
- Área do local..... 12,60 m²
- Área EFETIVA a ser iluminada 12,60 m²
- Número de lâmpadas/luminária 2 ud
- Fluxo lum. da lâmpada..... 2.700 lumens
- Potência da lâmpada 32 watts
- Consumo do acessório 3 watts

As condições do ambiente são:

Ambiente NORMAL

Período de manutenção de 3.000h

condições:	teto	parede	piso
pintura	claro	claro	escuro
refletâncias:	70%	50%	10%

Fator de Depreciação $F_d = 0,70$

Índice do recinto $K = (C \times L) / [H_m \times (C + L)]$ $K = 0,63$

$\eta = 0,60$

O número de luminárias necessário será:

$$N = \frac{E_m \times S}{n \times \Phi \times F_u \times F_d}$$

$N = 1,67$ ou em inteiros

FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS: **2 luminárias**

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

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times n \times \Phi \times f \times 1,1}{S}$$

Iluminância média calculada: **$E_{\text{médio}} = 396 \text{ lux}$**

Resultado quanto ao atendimento às Normas: **CONDIÇÃO ATENDIDA**

B) ÁREA 2 – ÁREA DO LABORATÓRIO

TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA

- tipo de luminária:..... luminária fechada
- 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 teto/forro
- tensão de alimentação da lâmpada:..... 220 Volts
- nível de iluminamento desejado: 500 lux
- altura de montagem da luminária: 2,80 m
- número de luminárias por ponto: 1
- número de lâmpadas/luminária: 2

TIPO DE LÂMPADA A SER USADA

- Fluorescente tubular 32 Watts
- Fluxo luminoso da lâmpada:..... 2.700 lumens
- Consumo do reator:..... 3 Watts

DIMENSÕES DO AMBIENTE

- Comprimento da edificação..... 3,14 m
- Largura da edificação..... 2,35 m
- Pé direito..... 3,00 m
- Altura do plano de trabalho 0,00 m
- Altura de suspensão da luminária . 0,20 m
- Altura de montagem 2,80 m

PREMISSAS DO PROJETO

- Iluminamento para o local..... 500 lux
- Área do local..... 7,38 m²
- Área EFETIVA a ser iluminada 7,38 m²
- Número de lâmpadas/luminária 2 ud
- Fluxo lum. da lâmpada..... 2.700 lumens
- Potência da lâmpada 32 watts
- Consumo do acessório 3 watts

As condições do ambiente são:

Ambiente NORMAL

Período de manutenção de 3.000h

condições:	teto	parede	piso
pintura	claro	claro	escuro
refletâncias:	70%	50%	10%

Fator de Depreciação $F_d = 0,70$

Índice do recinto $K = (C \times L) / [H_m \times (C + L)]$ $K = 0,48$

$\eta = 0,45$

O número de luminárias necessário será:

$$N = \frac{E_m \times S}{n \times \Phi \times F_u \times F_d}$$

$N = 2,17$ ou em inteiros

FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS: **2 luminárias**

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

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times n \times \Phi \times f \times 1,1}{S}$$

Iluminância média calculada: $E_{\text{médio}} = 507 \text{ lux}$

Resultado quanto ao atendimento às Normas: **CONDIÇÃO ATENDIDA**

C) ÁREA 3 – ÁREA DA SALA DE QUÍMICA

TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA

- tipo de luminária:..... luminária fechada
- 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 teto/forro

- tensão de alimentação da lâmpada: 220 Volts
- nível de iluminamento desejado: 300 lux
- altura de montagem da luminária: 2,80 m
- número de luminárias por ponto: 1
- número de lâmpadas/luminária: 2

TIPO DE LÂMPADA A SER USADA

- Fluorescente tubular 32 Watts
- Fluxo luminoso da lâmpada: 2.700 lumens
- Consumo do reator: 3 Watts

DIMENSÕES DO AMBIENTE

- Comprimento da edificação 6,50 m
- Largura da edificação 6,50 m
- Pé direito 3,00 m
- Altura do plano de trabalho 0,00 m
- Altura de suspensão da luminária 0,20 m
- Altura de montagem 2,80 m

PREMISSAS DO PROJETO

- Iluminamento para o local 300 lux
- Área do local 42,25 m²
- Área EFETIVA a ser iluminada 42,25 m²
- Número de lâmpadas/luminária 2 ud
- Fluxo lum. da lâmpada 2.700 lumens
- Potência da lâmpada 32 watts
- Consumo do acessório 3 watts

As condições do ambiente são:

Ambiente NORMAL

Período de manutenção de 3.000h

condições:	teto	parede	piso
pintura	claro	claro	escuro
refletâncias:	70%	50%	10%

Fator de Depreciação $F_d = 0,70$

Índice do recinto $K = (CxL)/[Hmx(C+L)]$ $K = 1,16$

$\eta = 0,80$

O número de luminárias necessário será:

$$N = \frac{E_m \times S}{n \times \Phi \times F_u \times F_d}$$

$N = 4,19$ ou em inteiros

FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS: **4 luminárias**

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

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times n \times \Phi \times f \times 1,1}{S}$$

Iluminância média calculada: **$E_{\text{médio}} = 315 \text{ lux}$**

Resultado quanto ao atendimento às Normas: **CONDIÇÃO ATENDIDA**

D) ÁREA 4 – ÁREA DA SALA DE CLORAÇÃO

TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA

- tipo de luminária:..... luminária fechada
- 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 teto/forro
- tensão de alimentação da lâmpada: 220 Volts
- nível de iluminamento desejado: 300 lux
- altura de montagem da luminária: 2,80 m
- número de luminárias por ponto: 1
- número de lâmpadas/luminária: 2

TIPO DE LÂMPADA A SER USADA

- Fluorescente tubular 32 Watts
- Fluxo luminoso da lâmpada:..... 2.700 lumens
- Consumo do reator:..... 3 Watts

DIMENSÕES DO AMBIENTE

- Comprimento da edificação 2,50 m
- Largura da edificação 2,50 m
- Pé direito 3,00 m
- Altura do plano de trabalho 0,00 m
- Altura de suspensão da luminária . 0,20 m
- Altura de montagem 2,80 m

PREMISSAS DO PROJETO

- Iluminamento para o local 300 lux
- Área do local 6,25 m²
- Área EFETIVA a ser iluminada 6,25 m²
- Número de lâmpadas/luminária 2 ud
- Fluxo lum. da lâmpada 2.700 lumens
- Potência da lâmpada 32 watts
- Consumo do acessório 3 watts

As condições do ambiente são:

Ambiente NORMAL

Período de manutenção de 3.000h

condições:	teto	parede	piso
pintura	claro	claro	escuro
refletâncias:	70%	50%	10%

Fator de Depreciação $F_d = 0,70$

Índice do recinto $K = (CxL)/[Hmx(C+L)]$ $K = 0,45$

$\eta = 0,40$

O número de luminárias necessário será:

$$N = \frac{Em \times S}{n \times \Phi \times Fu \times Fd}$$

$N = 1,24$ ou em inteiros

FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS: **2 luminárias**

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

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times \eta \times F_u \times F_d}{S}$$

Iluminância média calculada: **$E_{\text{médio}} = 532 \text{ lux}$**

Resultado quanto ao atendimento às Normas: **CONDIÇÃO ATENDIDA**

E) ÁREA 5 – ÁREA DO DEPÓSITO DOS CILINDROS DE CLORO**TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA**

- tipo de luminária:..... luminária fechada
- 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 teto/forro
- tensão de alimentação da lâmpada: 220 Volts
- nível de iluminação desejado: 300 lux
- altura de montagem da luminária: 2,80 m
- número de luminárias por ponto: 1
- número de lâmpadas/luminária: 2

TIPO DE LÂMPADA A SER USADA

- Fluorescente tubular 32 Watts
- Fluxo luminoso da lâmpada:..... 2.700 lumens
- Consumo do reator:..... 3 Watts

DIMENSÕES DO AMBIENTE

- Comprimento da edificação 4,00 m
- Largura da edificação 2,65 m
- Pé direito 3,00 m
- Altura do plano de trabalho 0,00 m
- Altura de suspensão da luminária 0,20 m
- Altura de montagem 2,80 m

PREMISSAS DO PROJETO

- Iluminamento para o local 300 lux
- Área do local 10,60 m²
- Área EFETIVA a ser iluminada 10,60 m²
- Número de lâmpadas/luminária 2 ud
- Fluxo lum. da lâmpada 2.700 lumens
- Potência da lâmpada 32 watts
- Consumo do acessório 3 watts

As condições do ambiente são:

Ambiente NORMAL

Período de manutenção de 3.000h

condições:	teto	parede	piso
pintura	claro	claro	escuro
refletâncias:	70%	50%	10%

Fator de Depreciação $F_d = 0,70$

Índice do recinto $K = (CxL)/[Hmx(C+L)]$ $K = 0,57$

$\eta = 0,45$

O número de luminárias necessário será:

$$N = \frac{Em \times S}{n \times \Phi \times Fu \times Fd}$$

$N = 1,87$ ou em inteiros

FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS: **2 luminárias**

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

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times \eta \times F_u \times F_d \times 1,1}{S}$$

Iluminância média calculada: **$E_{\text{médio}} = 353 \text{ lux}$**

Resultado quanto ao atendimento às Normas:

CONDIÇÃO ATENDIDA

F) ÁREA 6 – ÁREA DO BANHEIRO**TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA**

- tipo de luminária:..... luminária fechada
- 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 teto/forro
- tensão de alimentação da lâmpada: 220 Volts
- nível de iluminamento desejado: 300 lux
- altura de montagem da luminária: 2,80 m
- número de luminárias por ponto: 1
- número de lâmpadas/luminária: 2

TIPO DE LÂMPADA A SER USADA

- Fluorescente tubular compacta 18 Watts
- Fluxo luminoso da lâmpada:..... 1.200 lumens
- Consumo do reator:..... 3 Watts

DIMENSÕES DO AMBIENTE

- Comprimento da edificação 2,00 m
- Largura da edificação 1,50 m
- Pé direito 3,00 m
- Altura do plano de trabalho 0,00 m
- Altura de suspensão da luminária 0,20 m
- Altura de montagem 2,80 m

PREMISSAS DO PROJETO

- Iluminamento para o local 200 lux
- Área do local 3,00 m²
- Área EFETIVA a ser iluminada 3,00 m²
- Número de lâmpadas/luminária 2 ud
- Fluxo lum. da lâmpada 1.200 lumens
- Potência da lâmpada 18 watts
- Consumo do acessório 3 watts

As condições do ambiente são:

Ambiente NORMAL

Período de manutenção de 3.000h

condições:	teto	parede	piso
pintura	claro	claro	escuro
refletâncias:	70%	50%	10%

Fator de Depreciação $F_d = 0,70$

Índice do recinto $K = (CxL)/[Hmx(C+L)]$ $K = 0,31$

$\eta = 0,50$

O número de luminárias necessário será:

$$N = \frac{Em \times S}{n \times \Phi \times Fu \times Fd}$$

$N = 0,71$ ou em inteiros

FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS: **1 luminária**

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

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times \eta \times F_u \times F_d \times 1,1}{S}$$

Iluminância média calculada: **$E_{\text{médio}} = 308 \text{ lux}$**

Resultado quanto ao atendimento às Normas:

CONDIÇÃO ATENDIDA

G) RESUMO QUALI-QUANTITATIVO DO PROJETO DE ILUMINAÇÃO INTERNA DA ELEVATÓRIA

ÁREA	LUMINÁRIA TIPO	LÂMPADA	QUANT.	POT. (W)	CONSUMO TOTAL
ÁREA 1:	luminária fechada	Fluorescente tubular	2	32	140 Watts
ÁREA 2:	luminária fechada	Fluorescente tubular	2	32	140 Watts
ÁREA 3:	luminária fechada	Fluorescente tubular	4	32	280 Watts
ÁREA 4:	luminária fechada	Fluorescente tubular	2	32	140 Watts
ÁREA 5:	luminária fechada	Fluorescente tubular	2	32	140 Watts
ÁREA 6:	luminária fechada	Fluorescente tubular com	1	18	42 Watts
Total					882 Watts

ÁREA	TOMADA TIPO		CONSUMO TOTAL
	1Ø-10A	3Ø-16A	
ÁREA 1:	4		8.800 Watts
ÁREA 2:	6	1	23.731 Watts
ÁREA 3:	8		17.600 Watts
ÁREA 4:	4		8.800 Watts
ÁREA 5:	2		4.400 Watts
ÁREA 6:	1		2.200 Watts
Total			65.531 Watts

- - Fator de demanda lâmpadas:..... 1
- - Fator de demanda tomadas: 0,4
- - Demanda TOTAL a ser considerada: 27,09 kW
- - Corrente máxima no alimentador: 41,17 A
- - Seção condutor do alimentador tronco:.. 10 mm²
- - Seção do condutor do ramal lâmpada:... 2,5 mm²
- - Seção do condutor do ramal tomada:..... 2,5 mm²
- - Disjuntor Geral iluminação, trifásico:..... 50 A
- - Disjuntor tomadas, trifásico: 20 A
- - Disjuntor ramais monofásico: 10 A

11.2.4 Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA)

Dados do projeto:

- EDIFICAÇÃO
- Altura da Instalação em relação ao solo.....5,00 m
- Comprimento da Edificação20,00 m
- Largura da Edificação12,00 m

O critério para a análise de enquadramento da Instalação quanto à proteção contra descargas atmosféricas será baseado no princípio do modelo eletro-geométrico cuja aplicação tem merecido ampla aceitação pelas Instituições Internacionais. Para a aplicação desse modelo será necessário conhecer, ou estimar com razoável aproximação, o índice de queda de raios na região em análise. Os critérios consagrados baseiam-se em levantamento estatísticos de queda de raios pro ano de observação. No caso brasileiro, particularmente na região Nordeste, esse índice não está disponível com detalhamento por sub-região.

Entretanto, embora não tenhamos dados quali-quantitativos mais precisos quanto ao índice cerâmico da região onde será implantada a Estação de Bombeamento (posicionada junto ao reservatório de São João do Cariri do Sistema Adutor do Congo, no estado da Paraíba), 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:

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

O conjunto das instalações da Estação de Bombeamento é constituído de uma área para a edificação principal (Galpão principal) e áreas descobertas destinadas a escoamento e manobra, com dimensões conforme mostrado em planta.

Os equipamentos ali instalados e que necessitam de proteção, são equipamentos mecânicos, elétricos, hidráulicos etc. 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 (Galpão Principal), 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 soloh = 5,00 m
- Comprimento da Edificaçãoa = 20,00 m
- Largura da Edificaçãob = 12,00 m

A área de captação desse conjunto será: $Aa=ab+2(a+b)+\pi h^2$

- $axb = 240,00 \text{ m}^2$
- $2(a+b) = 50,00 \text{ m}$
- $\pi h^2 = 78,54$
- $Aa = 368,54 \text{ m}^2$

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

$$P = Aa \cdot Ng \cdot 10^{-6} \text{ raios/ano}$$

Para o caso em questão teremos: $P = 2.211 \times 10^{-6} \text{ raios/ano}$

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:

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

$$P_0 < 10^{-5} \text{ proteção desnecessária}$$

$$P_0 > 10^{-3} \text{ proteção obrigatória}$$

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: $P_0 = P \times A \times B \times C \times D \times E$ ou

$$P_0 = 2.211,24 \times 10^{-6}$$

$$P_0 = 2,21 \times 10^{-3}$$

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 14,00m (em relação ao solo) e instalado no topo de um poste implantado lateralmente à Edificação e a uma distância eqüidistante no sentido longitudinal da mesma será:

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

sendo: $R = 45$

$$h = 14$$

$$(R-h)/R = 0,6889$$

$$\sin(R-h)/R = 0,6357$$

$$\arcsin(R-h)/R = 0,6889 \text{ radianos}$$

$$\arcsin(R-h)/R = 39,47 \text{ graus}$$

$$\cos[\arcsin(R-h)/R] = 0,7720$$

$$R \cdot \cos[\arcsin(R-h)/R] = 34,74$$

$$\text{Alcance da proteção} = 34,74 \text{ m}$$

Conforme mostrado na parte gráfica, será empregado um captor (um poste DT-14/400), posicionado lateralmente à edificação (Galpão Principal). O alcance da proteção na área de cobertura da referida edificação 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 (anel de equipotencialização), formado por cabo de cobre nu de 35 mm², enterrado a 1,00m abaixo da superfície do solo e conectado a quatro hastes de terra de 3,00m x 5/8". A esse anel deverão ser conectadas as descidas (duas por captor) do captor instalado no topo do poste.

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 3,00m com diâmetro de 5/8".

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: Um poste de concreto DT-400/14 para instalação do captor (constituído por uma haste de terra de 5/8"x 3,00m); cabos de cobre nu de tempera mole de seção 50mm² como cabos de descida e para o cabo de 35mm² para a formação do anel de escoamento na base da Edificação) e como eletrodos de escoamento serão usadas quatro hastes de terra de 5/8"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.

11.2.5 Cálculo da Malha de Terra

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA	EB-1
SUBESTAÇÃO PRINCIPAL 13.800-380Volts - 150kVA	
CÁLCULO DA MALHA DE TERRA DA SUBESTAÇÃO	
OBS: Valores de: seção x diâmetro dos condutores:	seção (mm ²) 35
	diâm. (mm) 6,68

PARÂMETROS INICIAIS RELATIVOS AO SISTEMA EM ESTUDO

Corrente de defeito, I _{cc} (fase-terra), considerada:	I _{def} =	10000 A
Tempo para eliminação do defeito (em segundos)	t _{def} =	0,5 segundos
Para o tipo de solo, a resistividade varia de:		50 - 200 Ω.m
Consideraremos para o cálculo a resistividade aparente de:		180,00 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)

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

onde:

I _{def.}	= corrente de defeito, em Ampère, através do condutor
S _{cobre}	= seção do condutor de cobre da malha de terra mm ²
T _{def.}	= tempo de duração do defeito em segundos
T _{emp.sold.}	= temperatura da solda (pelo tipo de solda/conexão)
T _{emp. amb}	= 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

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 _{defeito} no ponto considerado:	I _{defeito} =	10.000	A
I _{defeito} no cabo de ligação dos equipamentos/malha:	I _{def.} =	10.000	A
percentual da corrente de defeito na malha:		60	%
I _{defeito} nos cabos da malha:	I _{def. Malha} =	6.000	A
Tempo de duração do defeito (seg)	t _{duração} =	0,5	
Temp. ambiente (graus Celsius)	θ _a =	35	
Temp. solda (graus Celsius) conexão cavilhada	θ _m =	250	

cálculo: $(Temp.sol.-Temp.amb)/(234+Temp.amb)$	0,80
cálculo: log. Neperiano	0,59
cálculo: radical	1,08
cálculo:	245,53
cálculo da seção do condutor de cobre (cabo ligação):	40,73 mm ²
cálculo da seção do condutor de cobre (cabo da malha):	24,44 mm ²

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, a acima calculada. 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:	35 mm ²
Diâmetro do condutor acima considerado (em mm):	6,68 mm
Diâmetro do condutor acima considerado (em m):	0,0067 m

CÁLCULO DA MALHA

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

Resistividade aparente do solo em ohms.metro	180,00 Ω.m
Espaçamento da malha:	2,40 m
Comprimento das hastes:	2,40 m
Corrente de defeito:	6.000 A
Geometria da malha:	retangular
Dimensão lado a (metros) (dimensão inicial)	9,60 m
Dimensão lado b (metros) (dimensão inicial)	7,20 m
Comprimento da Haste de ateramento de (metros):	2,40 m
Diâmetro da Haste de ateramento de (polegadas):	5/8 "
Diâmetro da Haste de ateramento de (polegadas):	5/8 pol.
Profundidade da malha:	0,60 m
Camada superficial de brita:	0,10 m
Resistividade da brita:	3.000 Ω.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	5,00
Número de condutores no lado Nb	4,00
Número de condutores no lado Na	5,00
Número de condutores no lado Nb	4,00
Número total de "nós" da malha: $n_a \times n_b =$	20,00
Número de "nós" da periferia da malha: $2n_a + 2(n_b - 2) =$	14,00
Comprimento total dos cabos da malha Lcabo (m)	74,40
Quantidade de hastes a ser usada (unid)	14,00
Comprimento da haste de ateramento (m)	2,40
Comprimento equivalentes das hastes "Lhastes" (m)	33,60
Comprimento total para malha com hastes (m)	122,70
Comprimento equivalente total "L total" (m)	122,70

CÁLCULO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO DA MALHA

Resistividade aparente do solo (ohms.metro)	180,00 ohms.metro
Área da malha (m ²)	69,12 m ²
Profundidade da malha (metros)	0,60 m
R (equiv). Sist. de Aterramento	9,97 ohms

Resistência final da malha atende às Normas	ATENDE ÀS NORMAS
--	-------------------------

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 ²	35,00 mm ²
Comprimento do Lado A da malha	9,60 metros
Comprimento do Lado B da malha	7,20 metros
Geometria da malha: retângulo de:	9,6 x 7,2 metros
Comprimento total de cabo (em metros)	74,40 metros
Quantidade de hastes	14,00 unidades
Comprimento das hastes de aterramento	2,40 metros
Diâmetro das hastes de aterramento	5/8"
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, etc..	

11.3 ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO EB-2

11.3.1 Condições da Instalação Quanto às Influências Externas

De acordo com a NBR-5410 e integralmente pela IEC, a instalação enquadra-se na seguinte classificação internacional quanto as condições de influências externas, ou sejam, condições exteriores a que estarão sujeitos todos os componentes elétricos da instalação, definem portanto, condições especiais para o projeto e respectiva especificação técnica. O enquadramento da instalação orienta-se, conforme a prescrição das Normas, quanto aos aspectos de:

- a - condições ambientais
- b - condições de utilização
- c - condições relacionadas com a construção das edificações

Aplicando-se a classificação internacional conforme NBR-5410 teremos para a instalação:

a - quanto às condições ambientais:

	código	classific.	caract. de operação	aplicação
temperatura	AA 5	quente	+5 ~ +40 °C	caso geral
altitude da instalação	AC 1	baixa	< 2000m	sem necessidade de medidas especiais
presença de água	AD 3	aspersão	possibilidades de chuvas	sistemas hidráulicos
presença de corpos sólidos	AE 2	objetos pequenos	menor dimensão: > / = 2,5mm	caso geral
presença de substânc. corrosivas	AF2	atmosférica	agentes corrosivos de origem atmosférica	caso geral
choques mecânicos	AG 2	médios	meios que podem produzir choques <2J	sistemas hidráulicos
vibração	AH 2	média	vibrações entre 10 a 50Hz	condições industriais
presença de flora	AK 1	desprezível	ausência de riscos	
influência eletromagnética	AM 2	correntes parasitas	presença prejudicial de correntes parasitas	influência de equipamentos conversores/retificadores
radiação solar local	NA 2	significativa	intensidade	caso geral
descargas atmosféricas	AQ 3	diretos	exposição dos equipamentos	condições industriais

b - quanto às condições de utilização:

	código	classific.	caract. de operação	aplicação
competência das pessoas no local	BA 4	advertidas	peessoas informadas e supervisionadas por pessoas qualificadas	locais de serviços elétricos
resistência elétrica do corpo humano	BB 2	normal	condições úmidas da pele	peessoas no trabalho com pés/mãos molhados e suor
contato das pessoas com o potencial local	BC 3	frequente	peessoas em contato c/mat. condutores ou se postando sobre superfície condutora	locais cujos pisos e paredes não são isolantes ou são metálicas
condições de fuga das pessoas em caso emergência	BD 1	normal	baixa densidade de ocupação, condições de fuga fáceis	via de acesso aberta
naturêza da matéria processada/armaze	BE 1	riscos desprezíveis	não combustíveis	

c - condições relacionadas com a construção das edificações

	código	classific.	caract. de operação	aplicação
materiais de construção das instal. elétricas	CA 1	não combustíveis		
estrutura das edificações	CB 1	riscos desprezíveis		

1 - POTÊNCIA DA SUBESTAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES, EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS

QUADRO DE CARGAS

Carga a ser instalada	Quantid. instalada	Quantid. reserva	Potência em CV	Potência em kW	Demanda em kW	Inominal (A)
motor da bomba principal	3	1	40	29,44	58,88	111,71
iluminação interna	1			0,47	0,60	12,63
iluminação externa	1			0,80	0,80	16,83
tomada trif. para serv. de manutenção	2			21,06	21,06	16
tomada mono p/ serv. de manutenção	4			8,78	8,78	10
motor da ponte rolante	0	0	0	0,00	0,00	0,00
				Total	90,12	167,17

Fat. de demanda das Cargas Principais 1,00 pu

Fat. de demanda das Cargas Auxiliares 0,75 pu

Fator de potência instalação (corrigido) 0,95 pu

$\Phi_{(\text{radiano})} = 0,3176$ $\text{sen}\Phi = 0,31$

Potencia Total Requerida em kW:	82,31 kW
Potencia Total Requerida em kVA:	86,64 kVA
Potência da SE em kVA:	112,5 kVA

Potência do Transformador 112,5 kVA
 Quantidade de trafos instalados 1 ud
 Potência total instalada em trafos 112,5 kVA
 Tensão Primária 13800 Volt
 Tensão Secundária 380 Volt
 Impedância (base kV de operação) 3,5 %
 Perdas no cobre 1650 W
 Corrente nominal no Primário/trafo 4,71 A
 Corrente nominal no Secundário/trafo 170,93 A
 Corrente TOTAL no PRIMÁRIO 4,71 A
 Corrente TOTAL no SECUNDÁRIO 170,93 A
 Comprimento do alimentador (sec. Trafo) 20,00 m

2 - DIMENSIONAMENTO DA PROTEÇÃO PRIMÁRIA - LADO DE 13,8kV

2.1 - PARA-RAIOS

Tensão do sistema de alimentação 13,8 kV
 Tipo do Para-raios ZnO
 Corrente de descarga nominal 10,00 kA
 Proteção do Para-raios desligador automático
 Tipo do material polimérico
 quantidade: 3 ud

2.2 - CHAVE FUSÍVEL

Tensão do sistema de alimentação 13,8 kV
 Tensão máxima de operação 15 kV
 Tipo da Base C
 Corrente nominal 200 A
 Capacidade de interrupção simétrica 10 kA
 Tipo do material porcelana impermeável
 Porta-fusível resina reforçada
 Elo-fusível 6K
 quantidade: 3 ud

3 - DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES E EQUIPAMENTOS - BAIXA TENSÃO

3.1 - CÁLCULO DO CONDUTOR DO SECUNDÁRIO DO TRANSFORMADOR

CARACTERÍSTICAS DO CIRCUITO DO ALIMENTADOR GERAL (SECUNDÁRIO DO TRAFO)

Valores das correntes do circuito do Alimentador Geral:

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

Comprimento do alimentador (metros):	20,00	Fatores de correção:	
Tipo de condutor:	cobre	K1 (temperatura do solo 35°):	0,89
Resistividade do material:	0,0179	k2 (agrup. de cabos):	0,8
Nível de isolamento:	0,6/1kV	k3 (agrup. de circuitos):	1
Temp. máxima permitida (condutor):	90°C	k4 (agrup. de eletrodutos):	1
Temperatura do ambiente:	40°C	fs (fator de serviço):	1
Maneira de instalar:	canaleta fechada		
Tipo de instalação:	B1		
Queda de tensão admitida no ramal (%):	2		

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

tipo do isolamento	temp. no condutor	corrente de projeto	fator de correção	cap.cond neces. (A)	cap.cond cabo (A)	seção em (mm ²)	resist. Ω/km	reatância Ω/km
XLPE	90°	170,93	0,71	240,06	269	95	0,230	0,100
Seção escolhida:		95 mm²		cond. por fase:		1		

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

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

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

Seção escolhida:	95 mm²
Condutor por fase:	1

As condições operacionais do Projeto recomendam os seguintes limites:

Queda de tensão para a condição de REGIME (%):	2 %
Queda de tensão para a condição de PARTIDA do motor (%):	<15% %

A queda de tensão, NO ALIMENTADOR GERAL, nas condições do projeto, em REGIME e na PARTIDA de um dos motores (não será permitida a partida simultanea) será:

Queda de tensão para a condição de REGIME (%):	0,39 %	SATISFAZ
Queda de tensão para a condição de PARTIDA DIRETA (%):	6,95 %	SATISFAZ
Queda de tensão para a condição de PARTIDA soft-starter (%):	3,12 %	SATISFAZ

Portanto, a seção a ser adotada para o Alimentador Geral será:		95 mm²
	condutor por fase:	1
Barramento do QDG deverá ser de barra de cobre com dimensões		15x5 mm
	barra por fase:	1

3.2 - SECCIONADOR TRIPOLAR - LADO DE 380V

Tipo do equipamento:	seccionador fusível sob carga
Corrente nominal da chave:	250 A
Corrente nominal dos fusíveis:	250 A

3.3 - TC DE MEDIÇÃO DE CORRENTE - LADO DE 380V

A máxima corrente no secundário do transformador será: 170,93 A

Logo, usaremos TC's com classe de exatidão para medição	
classe de exatidão:	0,6 %
carga:	C25
relação de transformação:	250/5 A
quantidade:	3 unid.

3.4 - MULTI MEDIDOR DE GRANDÊZAS ELÉTRICAS - LADO DE 380V

multi-medidor digital, dimensões de 96x96mm:	
tipo de instalação	rede 3Φ desequilibrada
entrada - tensão	220 V - 60Hz
entrada - corrente	0-5 A
saída: pulso e serial	RS485
quantidade:	1 ud

3.5 - DIMENSIONAMENTO DO DISJUNTOR GERAL DE BAIXA TENSÃO DO QDG

Tipo do disjuntor	Caixa moldada tipo L
Aplicação do disjuntor:	Proteção circuito: Transformador
Fator de multiplicação de corrente - K:	1,60
Corrente do circuito (corrente de projeto) $I_{proj.}$:	170,93 A
Cap.de condução cond. Alimentador Geral: $I_{cond.}$:	269 A
Corrente nominal escolhida para o disjuntor $I_{nd.}$:	200 A
Número de pólos	3
Capacidade de interrupção mínima em 380V:	≥ 40 kA
Disparador térmico de sobrecarga ajustável:	160-200 A

Verificação das condições:

$I_{nd} \geq I_{proj.}$	CONDIÇÃO ATENDIDA
$I_{nd} \leq I_{cond.}$	CONDIÇÃO ATENDIDA
$K \times I_{nd} \leq 1,45 \times I_{cond.}$	CONDIÇÃO ATENDIDA
$T_{op-disj} \leq T_{sup. Termica}$	CONDIÇÃO ATENDIDA

Disjuntor indicado

Corrente nominal I_n	200 A
Faixa de ajuste para curto-circuito	10x I_n
Faixa de ajuste para sobrecarga	160-200 A
Capacidade de interrupção em 380V CA \geq	≥ 40 kA

4 - CARACTERÍSTICAS DOS MOTORES

Potência do motor em CV:	40	Tipo de partida:	Chave Estática
Número de motores instalados:	3	Corrente de partida:	3,5 x $I_{nominal}$
Rendimento do motor (100% da carga):	0,91		
Fat. potência motor (100% da carga):	0,88	Conjugado nominal C_n (kgfm):	
Fator de potência do motor na PARTIDA	0,35	Conjugado c/ rotor bloqueado C_p/C_n :	
Fat. de potência do motor corrigido:	0,95	Conjugado máximo C_{max}/C_n :	
Tensão de alimentação em Volt:	380	Fator de serviço	
Número de motores em operação:	2	Tempo de aceleração - seg	
Relação I_p / I_n :	7,80		
Rotação nominal:	3.560 rpm		

4.1 - CALCULO DO CONDUTOR DO RAMAL DO MOTOR DA BOMBA PRINCIPAL

Valores das correntes do circuito do ramal do motor:

$I_{motor} =$	55,86 A	$I_{part.fabrica}$	435,68 A	$I_{part. Proj.}$	195,50 A
---------------	---------	--------------------	----------	-------------------	----------

4.1.1 - CARACTERÍSTICAS DO CIRCUITO DO RAMAL DO MOTOR

Comprimento do ramal motor (metros):	10	Fatores de correção:	
Comprimento do alimentador (metros):	20	k1 (temperatura do solo):	0,85
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 (condutor):	90°C	fs (fator de serviço)	1
Temperatura do ambiente:	40°C		
Maneira de instalar:	canaleta/eletrocalha		
Tipo de instalação:	B1		
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	temp. no condutor	corrente de projeto (A)	fator de correção	cap.cond neces. (A)	cap. condução (A)	seção em (mm ²)	resist. Ω/km	reatância Ω/km
XLPE	90°	55,86	0,85	65,71	117	25	0,87	0,12
Seção escolhida:		25 mm²		cond. por fase:		1		

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

$$S_{\text{condutor}} = 3,41 \text{ mm}^2$$

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

Seção escolhida:	25 mm²
cond. por fase:	1

As condições operacionais do Projeto recomendam os seguintes limites:

Queda de tensão para a condição de REGIME (%): **4 %**

Queda de tensão para a condição de PARTIDA do motor (%): **15 %**

A queda de tensão, nas condições do projeto, em REGIME e na PARTIDA do motor será:

Pelo método V/A.km

Queda de tensão para a condição de REGIME (%):	0,56 %	SATISFAZ
Queda de tensão para a condição de PARTIDA DIRETA (%):	11,78 %	SATISFAZ
Queda de tensão para a condição de PARTIDA ESTATICA (%):	5,28 %	SATISFAZ

Pelo método das impedâncias dos circuitos (secundários)

Parâmetros cabos:	aliment.	ramal
R=	0,005 Ω	0,009 Ω
X=	0,002 Ω	0,001 Ω
Rt=	0,013 Ω	
Xt=	0,003 Ω	
Rt ² =	0,000177	
Xt ² =	1,02E-05	
Z=	0,01368 Ω	
ΔV= ZxI	volts	
Iregime	55,86 A	
Ipartida direta	435,68 A	
Ipartida com tensão reduzida	195,50 A	
ΔVregime=	0,76 volts	
Δpartida direta=	5,96 volts	
Δpartida com tensão reduzida=	2,67 volts	

Queda de Tensão em REGIME: ΔV%= 0,35% **SATISFAZ**

Queda de Tensão na PARTIDA DIRETA: ΔV%= 2,72% **SATISFAZ**

Queda de Tensão na PARTIDA TENSÃO REDUZIDA: ΔV%= 1,22% **SATISFAZ**

Portanto, a **seção a ser adotada para o ramal do motor** será:

Seção escolhida:	25 mm²
cond. por fase:	1

4.1.2 - CAPACITOR DE CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA DO MOTOR DA BOMBA PRINCIPAL

fator de potência do motor a 100% da carga:	0,88 pu
fator de potência desejado para o motor:	0,95 pu
energia ativa requerida pelo motor (100% da carga):	29,44 kW
coeficiente para correção para 0,95:	0,211
energia reativa requerida pelo motor (100% carga):	6,21 kVAr

Capacitores necessários para correção do fator de potência:

Tensão de alimentação da célula/banco

6,0 kVAr trifásico

400 Volt

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

5 - DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO, ACIONAMENTO E CONTROLE DO MOTOR BOMBA:

5.1 - DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO DO MOTOR BOMBA: DISJUNTOR-MOTOR

Disjuntor indicado

Potência do motor:	40 CV
Corrente nominal do motor:	55,86 A
Corrente nominal do disjuntor-motor I_n :	100 A
Categoria de utilização:	AC-3
Faixa de ajuste de sobrecarga:	45-63 A
Capac. de interrupção em 380V CA \geq :	35 kA

5.2 - DISPOSITIVO DE ACIONAMENTO DO MOTOR BOMBA: CHAVE ESTÁTICA

Características: Chave de Partida com controle de tensão (PARTIDA SUAVE), dotada de proteção contra sobrecarga, subcarga, rotor bloqueado e falta de fase. Com IHM digital.

Capacidade de acionamento do motor de:	40 CV
Corrente nominal do motor:	55,86 A
Corrente de partida do motor:	195,50 A
Corrente passante na Chave (em regime):	55,86 A
Corrente nominal da Chave de Partida:	63 A

5.3 - DISPOSITIVOS DE ACIONAMENTO/PROTEÇÃO DOS CAPACITORES ESTÁTICOS: CONTACTOR+FUSÍVEL OPÇÃO PARA CORREÇÃO INDEPENDENTE (APENAS O MOTOR)

Potência do capacitor:	6,0 kVAr
Contator tripolar - categoria	AC-6
Corrente aplicação AC-6:	22 A
Corrente nominal térmica:	45 A
Fusível retardado de proteção (CC) dos capacitores:	20 A

6 - PARÂMETRO DOS CONDUTORES DIVERSOS

CIRCUITO		Iprojeto (A)	Seção adotada	I _{max.} Adm/Con d.	Parâmetros Ω /km R _{ca} X _L		Tensão Isolam.kV	T _{max.} Cabo C°
ALIMENTADOR TRAFO		240,06	2x150	269	0,23	0,10	0,6/1kV	90°
RAMAL DO MOTOR DE (CV)	40	55,86	1x150	117	0,87	0,12	0,6/1kV	90°
CORREÇ. INDIVID. P/MOTOR (kVAr)	6,0	8,66	2,5	28	8,87	0,15	0,6/1kV	90°
CIRCUITOS AUXILIARES		45,33	6	48	3,69	0,13	0,6/1kV	90°
CIRCUITOS ILUMINAÇÃO		2,13	2,5	28	8,87	0,15	0,6/1kV	90°

11.3.2 Iluminação Interna da Edificação da Estação EB-2

DADOS DE ENTRADA DA INSTALAÇÃO

A Iluminação Interna destina-se a dotar a área da Estação de Bombeamento, de condições de visibilidade e deslocamento de pessoas para execução das funções operacionais da mesma. Diante da natureza do trabalho a ser desenvolvido na referida instalação, o nível de iluminamento a ser adotado será o que estabelece a Norma Brasileira, em suas exigências mínimas, destinada para ambientes desse tipo de ocupação/operação. Segundo o que estabelece a Norma Brasileira, NB 5413, o iluminamento, médio para essa situação é de 300 lux (considerados ao final do período de manutenção do conjunto luminária/lâmpada).

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 Estação de Bombeamento não exige um alto grau de reprodução de cores. Considerando o aspecto de ordem econômica para o projeto, portanto, poderemos adotar, quando possível, o emprego de lâmpadas de descarga, de baixo consumo, na busca de maior rendimento energético para o Projeto.

As luminárias serão instaladas diretamente sob o teto da Edificação, ou sob o teto de laje existente. A distribuição dos circuitos será obtida mediante o emprego de condutores isolados, instalados em eletrocalhas/eletrodutos rígidos de PVC.

PREMISSAS DO PROJETO DE ILUMINAÇÃO

Para a elaboração do presente estudo foram consultados, preliminarmente, os seguintes projetos e documentos:

- 1 - Planejamento Físico da Área do Projeto;
- 2 - Projeto Arquitetônico e Civil das edificações.

No que diz respeito às exigências de condições de trabalho consideradas pela Legislação Trabalhista, os aspectos a serem observados estão delineados conforme a respectiva Norma Regulamentadora do MTE.

Por outro lado, segundo o que estabelecem as Normas Brasileiras, o iluminamento para essa situação (300 lux) deve ser considerado para o final do período de manutenção do conjunto luminária/lâmpada, o que acarreta portanto, que o projeto deva levar em consideração esse fator de depreciação do nível de iluminamento entre os períodos de manutenção (troca de lâmpadas, lavagem das lâmpadas, limpeza dos vidros protetores, etc.), visando a garantir que o nível de iluminamento não fique comprometido nesse intervalo. Para isso o projeto tomará o índice indicado pela Norma como referência mínima. O projeto será desenvolvido para um valor de iluminância maior a fim de que fique assegurado o nível mínimo quando da proximidade do término do período de manutenção do conjunto de iluminação.

CONDIÇÕES DA INSTALAÇÃO QUANTO ÀS INFLUÊNCIAS EXTERNAS

Outro aspecto de natureza de concepção para o Projeto de Iluminação é de que o nível de iluminância pretendido deverá ser obtido com o emprego dos aparelhos de iluminação destinados especificamente para o referido projeto, ou seja, não serão levados em consideração quaisquer contribuições de outras fontes luminosas, sejam artificiais ou provenientes de outros aparelhos de iluminação que situem no mesmo local.

CONDIÇÕES NORTEADORAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

1. De modo geral os locais de trânsito de pessoas (vias de acesso às máquinas e componentes) devem ser devidamente iluminados a fim de que sejam obtidos níveis de iluminação para o conforto e a segurança das atividades que serão ali desenvolvidas. Dentro desse princípio geral, o Projeto Luminotécnico, para ambientes internos ou externos, deverá manter compromisso com os objetivos aqui delineados. A orientação a ser seguida para os projetos luminotécnicos a serem desenvolvidos estarão buscando, dentre outras condições, as seguintes:
 - nível de iluminamento suficiente para cada atividade específica;
 - distribuição espacial da luz sobre o ambiente considerado;
 - escolha do tipo de luminária e de sua melhor instalação;
 - escolha do tipo de lâmpada e seu respectivo rendimento.
2. Quanto ao Nível de Iluminamento a ser alcançado com o referido projeto, deve-se adequar a natureza dos trabalhos, representada, basicamente, por atividades operacionais e de manutenção industrial, com as condições de segurança pretendidas. Por outro lado, diante da natureza descrita para a operação dos trabalhos na área, não há exigência no grau de reprodução de cores. Portanto, buscando-se maximizar os aspectos de ordem econômica para o projeto, deve-se optar por adotar o emprego de lâmpadas de descarga, de baixo consumo, na busca de maior rendimento energético para o sistema de iluminação.
3. Para melhor distribuição espacial da luz, estudou-se a distribuição das luminárias obedecendo ao critério de dotar-se zonas com níveis de iluminamento (iluminâncias intermediárias entre os pontos) que atendam ao nível mínimo exigido pelas Normas. Assim, a distância média entre as luminárias decorreu da resultante superposição das curvas isolux correspondentes ao conjunto luminária/lâmpada escolhidos para a presente situação.
4. As luminárias e respectivos suportes de fixação foram escolhidas em função da condição ambiental. Os materiais de construção dessas luminárias deverão, portanto, serem altamente resistentes às condições do local da instalação, sendo altamente recomendável a menor quantidade de materiais ferrosos em sua composição. O mesmo procedimento foi adotado para a escolha dos suportes de sustentação das luminárias, que além dos aspectos retro deverão guardar compromisso com o partido arquitetônico do ambiente.
5. Escolha do tipo de Lâmpada - em se tratando de Iluminação de Área Industrial Interna, procurou-se conciliar a disponibilidade do que há no mercado de lâmpadas com os vários tipos de tecnologia associada. É importante considerar que a escolha

do tipo de lâmpada deverá levar em consideração, principalmente, os seguintes fatores: Potência elétrica de consumo da lâmpada (W), Rendimento luminoso (Lum/W), Energia elétrica consumida por tempo de operação, por exemplo, no mês (kWh/mês), Fluxo luminoso inicial da lâmpada (Lumens), Vida útil (horas) e o Custo operacional mensal (R\$/mês). Esses fatores deverão ser conjugados conjuntamente com outras condições do projeto, como por exemplo, tipo de serviço/atividade a que se destina o projeto de iluminação, condições ambientais do local, altura de montagem da luminária, grau de uniformização da iluminação no plano de trabalho/atividade, etc.

6. Considerando que a atividade predominante na área objeto deste projeto de iluminação é a operação e manutenção de equipamentos industriais de bombeamento de água (conjuntos de moto-bombas), as exigências quanto ao grau de reprodução de cores não são essenciais, e considerando ainda que o nível de iluminamento desejado situa-se na faixa dos 300lux (padrão normatizado para iluminação dessa natureza), será empregada a lâmpada de Multi Vapor Metálico por ser a que apresenta, no momento, a de melhor rendimento e maior eficiência para esse tipo de aplicação, ou seja, na área dos conjuntos de motores e bombas. Para as demais áreas (escritórios, banheiros, etc.), serão também empregadas lâmpadas de descarga, porém do tipo compacta ou do fluorescente tubular longa.
7. 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.
8. A alimentação dessa Unidade de Consumo será derivada de circuitos provenientes do QDG da Estação de Bombeamento.

CÁLCULO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DAS DIVERSAS ÁREAS

A) ÁREA 1 – ÁREA DA EDIFICAÇÃO PRINCIPAL

TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA

- tipo de luminária:..... luminária fechada
- 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 teto/forro
- tensão de alimentação da lâmpada:..... 220 Volts
- nível de iluminamento desejado: 300 lux
- altura de montagem da luminária: 4,65 m
- número de luminárias por ponto: 1
- número de lâmpadas/luminária: 1

TIPO DE LÂMPADA A SER USADA

- Multi vapor metálico 70 Watts
- Fluxo luminoso da lâmpada:..... 5.900 lumens
- Consumo do reator:..... 10 Watts

DIMENSÕES DO AMBIENTE

- Comprimento da edificação..... 7,25 m
- Largura da edificação..... 4,80 m
- Pé direito..... 5,15 m
- Altura do plano de trabalho 0,00 m
- Altura de suspensão da luminária . 0,50 m
- Altura de montagem 4,65 m

PREMISSAS DO PROJETO

- Iluminamento para o local..... 300 lux
- Área do local..... 34,80 m²
- Área EFETIVA a ser iluminada 34,80 m²
- Número de lâmpadas/luminária 1 ud
- Fluxo lum. da lâmpada.....5.900 lumens
- Potência da lâmpada70 watts
- Consumo do acessório20 watts

As condições do ambiente são:

Ambiente NORMAL

Período de manutenção de 3.000h

condições:	teto	parede	piso
pintura	claro	claro	escuro
refletâncias:	70%	50%	10%

Fator de Depreciação $F_d = 0,70$

Índice do recinto $K = (CxL)/[Hmx(C+L)]$ $K = 0,62$

$\eta = 0,60$

O número de luminárias necessário será:

$$N = \frac{E_m \times S}{n \times \Phi \times F_u \times F_d}$$

$N = 4,21$ ou em inteiros

FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS: **4 luminárias**

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

$$E_{\text{médio}} = \frac{N \times n \times \Phi \times F_u \times F_d \times 1,1}{S}$$

Iluminância média calculada: **$E_{\text{médio}} = 313 \text{ lux}$**

Resultado quanto ao atendimento às Normas: **CONDIÇÃO ATENDIDA**

B) ÁREA 2 – ÁREA DO CCM

TIPO DE LUMINÁRIA A SER USADA

- tipo de luminária:..... luminária aberta
- 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 teto/forro
- tensão de alimentação da lâmpada:..... 220 Volts
- nível de iluminamento desejado: 300 lux
- altura de montagem da luminária: 2,40 m
- número de luminárias por ponto: 1
- número de lâmpadas/luminária: 2

TIPO DE LÂMPADA A SER USADA

- Fluorescente tubular 32 Watts
- Fluxo luminoso da lâmpada:..... 2.700 lumens
- Consumo do reator:..... 3 Watts

DIMENSÕES DO AMBIENTE

- Comprimento da edificação..... 7,25 m
- Largura da edificação..... 2,50 m
- Pé direito..... 2,60 m
- Altura do plano de trabalho 0,00 m
- Altura de suspensão da luminária . 0,20 m
- Altura de montagem 2,40 m

PREMISSAS DO PROJETO

- Iluminamento para o local..... 300 lux
- Área do local..... 18,13 m²
- Área EFETIVA a ser iluminada 18,13 m²
- Número de lâmpadas/luminária 2 ud
- Fluxo lum. da lâmpada..... 2.700 lumens
- Potência da lâmpada 32 watts
- Consumo do acessório 6 watts

As condições do ambiente são:

Ambiente NORMAL

Período de manutenção de 3.000h

condições:	teto	parede	piso
pintura	claro	claro	escuro
refletâncias:	70%	50%	10%

Fator de Depreciação $F_d = 0,70$

Índice do recinto $K = (CxL)/[Hmx(C+L)]$ $K = 0,77$

$\eta = 0,55$

O número de luminárias necessário será:

$$N = \frac{Em \times S}{n \times \Phi \times Fu \times Fd}$$

$N = 2,62$ ou em inteiros

FACE À ARQUITETURA DO AMBIENTE, USAREMOS: **3 luminárias**

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

$$Emédio = \frac{N \times n \times \Phi \times n \times \Phi \times f \times 1,1}{S}$$

Iluminância média calculada: **$E_{médio} = 379 \text{ lux}$**

Resultado quanto ao atendimento às Normas: **CONDIÇÃO ATENDIDA**

C) RESUMO QUALI-QUANTITATIVO DO PROJETO DE ILUMINAÇÃO INTERNA DA ELEVATÓRIA

ÁREA	LUMINÁRIA TIPO	LÂMPADA	QUANT.	POT. (W)	CONSUMO TOTAL
ÁREA 1:	luminária fechada	Multi vapor metálico	4	70	360 Watts
ÁREA 2:	luminária aberta	Fluorescente tubular	3	32	228 Watts
				Total	588 Watts

ÁREA	TOMADA TIPO		CONSUMO TOTAL
	1Ø-10A	3Ø-16A	
ÁREA 1:	2	1	14.931 Watts
ÁREA 2:	2	1	14.931 Watts
		Total	29.861 Watts

- Fator de demanda lâmpadas:..... 1
- Fator de demanda tomadas: 0,75
- Demanda TOTAL a ser considerada: 22,98 kW
- Corrente máxima no alimentador: 34,92 A
- Seção condutor do alimentador tronco:.. 10 mm²
- Seção do condutor do ramal lâmpada:... 2,5 mm²
- Seção do condutor do ramal tomada:..... 2,5 mm²
- Disjuntor Geral iluminação, trifásico:..... 50 A
- Disjuntor tomadas, trifásico:..... 20 A
- Disjuntor ramais monofásico: 10 A

11.3.3 Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA)

Dados do projeto:

- EDIFICAÇÃO
- Altura da Instalação em relação ao solo.....5,00 m
- Comprimento da Edificação11,00 m
- Largura da Edificação9,00 m

O critério para a análise de enquadramento da Instalação quanto à proteção contra descargas atmosféricas será baseado no princípio do modelo eletro-geométrico cuja aplicação tem merecido ampla aceitação pelas Instituições Internacionais. Para a aplicação desse modelo será necessário conhecer, ou estimar com razoável aproximação, o índice de queda de raios na região em análise. Os critérios consagrados baseiam-se em levantamento estatísticos de queda de raios pro ano de observação. No caso brasileiro, particularmente na região Nordeste, esse índice não está disponível com detalhamento por sub-região.

Entretanto, embora não tenhamos dados quali-quantitativos mais precisos quanto ao índice cerâmico da região onde será implantada a Estação de Bombeamento (posicionada junto ao reservatório de São João do Cariri do Sistema Adutor do Congo, no estado da Paraíba), 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:

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

O conjunto das instalações da Estação de Bombeamento é constituído de uma área para a edificação principal (Galpão principal) e áreas descobertas destinadas a escoamento e manobra, com dimensões conforme mostrado em planta.

Os equipamentos ali instalados e que necessitam de proteção, são equipamentos mecânicos, elétricos, hidráulicos etc. 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 (Galpão Principal), 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 soloh = 5,00 m
- Comprimento da Edificaçãoa = 11,00 m
- Largura da Edificaçãob = 9,00 m

A área de captação desse conjunto será: $Aa=ab+2(a+b)+\pi h^2$

- $axb = 99,00 \text{ m}^2$
- $2(a+b) = 32,00 \text{ m}$
- $\pi h^2 = 78,54$
- $Aa = 209,54 \text{ m}^2$

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

$$P = Aa \cdot Ng \cdot 10^{-6} \text{ raios/ano}$$

Para o caso em questão teremos: $P = 1.257 \times 10^{-6} \text{ raios/ano}$

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:

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

$$P_0 < 10^{-5} \text{ proteção desnecessária}$$

$$P_0 > 10^{-3} \text{ proteção obrigatória}$$

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: $P_0 = P \times A \times B \times C \times D \times E$ ou

$$P_0 = 1.257,24 \times 10^{-6}$$

$$P_0 = 1,26 \times 10^{-3}$$

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 14,00m (em relação ao solo) e instalado no topo de um poste implantado lateralmente à Edificação e a uma distância eqüidistante no sentido longitudinal da mesma será:

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

sendo: $R = 45$

$$h = 14$$

$$(R-h)/R = 0,6889$$

$$\sin(R-h)/R = 0,6357$$

$$\arcsin(R-h)/R = 0,6889 \text{ radianos}$$

$$\arcsin(R-h)/R = 39,47 \text{ graus}$$

$$\cos[\arcsin(R-h)/R] = 0,7720$$

$$R \cdot \cos[\arcsin(R-h)/R] = 34,74$$

$$\text{Alcance da proteção} = 34,74 \text{ m}$$

Conforme mostrado na parte gráfica, será empregado um captor (um poste DT-14/400), posicionado lateralmente à edificação (Galpão Principal). O alcance da proteção na área de cobertura da referida edificação 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 (anel de equipotencialização), formado por cabo de cobre nu de 35 mm², enterrado a 1,00m abaixo da superfície do solo e conectado a quatro hastes de terra de 3,00m x 5/8". A esse anel deverão ser conectadas as descidas (duas por captor) do captor instalado no topo do poste.

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 3,00m com diâmetro de 5/8".

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: Um poste de concreto DT-400/14 para instalação do captor (constituído por uma haste de terra de 5/8"x 3,00m); cabos de cobre nu de tempera mole de seção 50mm² como cabos de descida e para o cabo de 35mm² para a formação do anel de escoamento na base da Edificação) e como eletrodos de escoamento serão usadas quatro hastes de terra de 5/8"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.

11.3.4 Cálculo da Malha de Terra

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA	EB-2
SUBESTAÇÃO PRINCIPAL 13.800-380Volts - 150kVA	
CÁLCULO DA MALHA DE TERRA DA SUBESTAÇÃO	
OBS: Valores de: seção x diâmetro dos condutores:	seção (mm ²) 35
	diâm. (mm) 6,68

PARÂMETROS INICIAIS RELATIVOS AO SISTEMA EM ESTUDO

Corrente de defeito, I _{cc} (fase-terra), considerada:	I _{def} =	10000 A
Tempo para eliminação do defeito (em segundos)	t _{def} =	0,5 segundos
Para o tipo de solo, a resistividade varia de:		50 - 200 Ω.m
Consideraremos para o cálculo a resistividade aparente de:		180,00 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)

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

onde:

I _{def.}	= corrente de defeito, em Ampère, através do condutor
S _{cobre}	= seção do condutor de cobre da malha de terra mm ²
T _{def.}	= tempo de duração do defeito em segundos
T _{emp.sold.}	= temperatura da solda (pelo tipo de solda/conexão)
T _{emp. amb}	= 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

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 _{defeito} no ponto considerado:	I _{defeito} =	10.000	A
I _{defeito} no cabo de ligação dos equipamentos/malha:	I _{def.} =	10.000	A
percentual da corrente de defeito na malha:		60	%
I _{defeito} nos cabos da malha:	I _{def. Malha} =	6.000	A
Tempo de duração do defeito (seg)	t _{duração} =	0,5	
Temp. ambiente (graus Celsius)	θ _a =	35	
Temp. solda (graus Celsius) conexão cavilhada	θ _m =	250	

cálculo: $(Temp.sol.-Temp.amb)/(234+Temp.amb)$	0,80
cálculo: log. Neperiano	0,59
cálculo: radical	1,08
cálculo:	245,53
cálculo da seção do condutor de cobre (cabo ligação):	40,73 mm ²
cálculo da seção do condutor de cobre (cabo da malha):	24,44 mm ²

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, a acima calculada. 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:	35 mm ²
Diâmetro do condutor acima considerado (em mm):	6,68 mm
Diâmetro do condutor acima considerado (em m):	0,0067 m

CÁLCULO DA MALHA

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

Resistividade aparente do solo em ohms.metro	180,00 Ω.m
Espaçamento da malha:	2,40 m
Comprimento das hastes:	2,40 m
Corrente de defeito:	6.000 A
Geometria da malha:	retangular
Dimensão lado a (metros) (dimensão inicial)	9,60 m
Dimensão lado b (metros) (dimensão inicial)	7,20 m
Comprimento da Haste de ateramento de (metros):	2,40 m
Diâmetro da Haste de ateramento de (polegadas):	5/8 "
Diâmetro da Haste de ateramento de (polegadas):	5/8 pol.
Profundidade da malha:	0,60 m
Camada superficial de brita:	0,10 m
Resistividade da brita:	3.000 Ω.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	5,00
Número de condutores no lado Nb	4,00
Número de condutores no lado Na	5,00
Número de condutores no lado Nb	4,00
Número total de "nós" da malha: $n_a \times n_b =$	20,00
Número de "nós" da periferia da malha: $2n_a + 2(n_b - 2) =$	14,00
Comprimento total dos cabos da malha Lcabo (m)	74,40
Quantidade de hastes a ser usada (unid)	14,00
Comprimento da haste de ateramento (m)	2,40
Comprimento equivalentes das hastes "Lhastes" (m)	33,60
Comprimento total para malha com hastes (m)	122,70
Comprimento equivalente total "L total" (m)	122,70

CÁLCULO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO DA MALHA

Resistividade aparente do solo (ohms.metro)	180,00 ohms.metro
Área da malha (m ²)	69,12 m ²
Profundidade da malha (metros)	0,60 m
R (equiv). Sist. de Aterramento	9,97 ohms

Resistência final da malha atende às Normas	ATENDE ÀS NORMAS
--	-------------------------

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 ²	35,00 mm ²
Comprimento do Lado A da malha	9,60 metros
Comprimento do Lado B da malha	7,20 metros
Geometria da malha: retângulo de:	9,6 x 7,2 metros
Comprimento total de cabo (em metros)	74,40 metros
Quantidade de hastes	14,00 unidades
Comprimento das hastes de aterramento	2,40 metros
Diâmetro das hastes de aterramento	5/8"
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, etc..	