

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS COGERH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
PROURB CE

PROJETO EXECUTIVO
DA ADUTORA DE CAPONGA

TOMO 1 RELATÓRIO GERAL

VOLUME 1 TEXTO

KL Serviços e Engenharia Ltda

FORTALEZA
SETEMBRO DE 1997

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
PROURB/CE

PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA DE CAPONGA

TOMO 1 - RELATÓRIO GERAL

VOLUME 1 - TEXTO

Lote: 02253 - Fig () Spec () Index ()

Projeto Nº 0208/04/02/B

Volume 1

Qtd. A4 72 Qtd. A3 _____

Qtd. A2 _____ Qtd. A1 _____

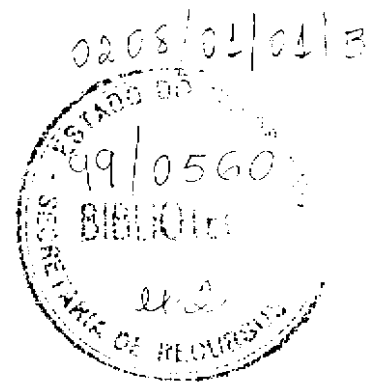
Qtd. A0 _____ Outros _____



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA.

AV. SENADOR VIRGÍLIO TAVORA, 1.201 SALAS 106 - 108
FONE: (81) 3761951-7733 - FAX: (81) 4766
R. LUIZ GULBERG, 44 - JARDIM ALVARO
FORTALEZA - CEARÁ
E-MAIL: KL@KL@FORTALNET.COM.BR

FORTALEZA
SETEMBRO / 97



ÍNDICE

ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO	7
2 - SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EXISTENTE	9
2.1 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE	9
2.2 - SISTEMA PROPOSTO	9
3 - TRAÇADO DA ADUTORA PROPOSTA.....	11
4 - ESTUDOS DO MANANCIAL	13
4.1 - MANANCIAL	13
4.2 - CARACTERÍSTICA TÉCNICAS DA BARRAGEM MALCOZINHADO	13
4.3 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS	13
5 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA.....	17
5.1 - DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO	17
6 - SISTEMA ADUTOR.....	20
6.1 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA ADUTOR.....	20
6.2 - EQUIPAMENTOS AUXILIARES DO SISTEMA ADUTOR	20
6.2.1 - Ventosas	20
6.2.2 - Descarga de Fundo	21
6.9 - OBRAS CIVIS	22
6.9.1 - Assentamento de tubulação	22
6.9.1.1 - Assentamento enterrado.....	22

6.9.1.2 - Caixas de proteção.....	22
6.9.1.3 - Blocos de Ancoragem.....	22
6.9.1.4 - Travessia da adutora em talwegues.....	23
7 - SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA.....	25
7.1 - SISTEMA DE FILTRAGEM.....	25
7.2 - RESERVATÓRIOS.....	25
7.3 - CASA DE QUÍMICA.....	26
8 - SISTEMA DE PROTEÇÃO ANTI-TRANSIENTE.....	28
9 - PROJETO ELÉTRICO.....	30
9.1 - OBJETIVO.....	30
9.2 - CONCEPÇÃO GERAL.....	30
9.3 - CARGA INSTALADA.....	30
9.3.1 - Corrente Nominal do motor de 125CV, 380V.....	30
9.3.2 - Potência aparente da subestação.....	31
9.4 - DEMANDA DA SUBESTAÇÃO.....	31
9.5 - NÍVEIS DE CURTO CIRCUITO.....	31
9.6 - FILOSOFIA DE PROTEÇÃO DA SUBESTAÇÃO.....	31
9.6.1 - Proteção de Alta Tensão (13.800v).....	31
9.6.2 - Proteção de Baixa Tensão (380/220V).....	32
9.6.3 - Proteção dos Motores.....	32
9.7 - DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES.....	32

9.7.1 - Condutores de Alta Tensão (13.800V)..... 32

9.7.2 - Condutores de Baixa Tensão (380/220V) 32

9.8 - DIMENSIONAMENTO DO BANCO DE CAPACITORES..... 32

9.9 - CÁLCULO DO ATERRAMENTO 33

9.9.1 - Forma Física do Aterramento 33

9.9.2 - Cálculo da Resistência de uma Haste 33

9.9.3 - Cálculo da Resistência Equivalente das Seis Hastes 34

9.9.4 - Cálculo da Resistência do Cabo de Aterramento 34

9.9.5 - Cálculo da Resistência do Conjunto Cabo-Haste..... 34

9.10 - RELAÇÃO DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS DA SUBESTAÇÃO DE CAPONGA(150KVA)35

10 - ANEXOS..... 36



1 - APRESENTAÇÃO

1. APRESENTAÇÃO

O objetivo do presente relatório é o detalhamento executivo do sistema de abastecimento de água da cidade de Caponga partir de captação no Rio Malcozinhado.

No presente estudo serão detalhados a nível executivo as alternativas de captação, adução e bombeamento e tratamento de água preconizadas no relatório de concepção.



2 - SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EXISTENTE

2 - SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EXISTENTE

2.1 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE

O sistema de abastecimento de Caponga atualmente é feito por um sistema de poços da CAGECE. Dos 11 poços inicialmente construídos, somente 7 operam normalmente, produzindo 17.600 m³ de água por mês, quantidade insuficiente para o abastecimento da cidade. A situação se agrava no período de verão, quando a população triplica.

A água é bombeada dos poços para um reservatório apoiado de 250 m³ localizado em cota elevada. Daí a água recebe cloro e é conduzida por uma tubulação de 150 mm para a cidade.

Devido a quantidade insuficiente de água, o sistema de abastecimento funciona em rodízio, isto é, durante 12 horas metade da cidade recebe água e a outra metade não, nas 12 horas seguintes o quadro se inverte. Na época de verão o colapso do sistema é eminente.

2.2 - SISTEMA PROPOSTO

O sistema proposto para o abastecimento de Caponga, consta de captar água no Rio Malcozinhado e aduzi-la até o local do atual reservatório apoiado onde se preconiza a construção de uma estação de tratamento. (ETA).

O atual sistema de poços não será desativado e funcionará independentemente como reserva estratégica para suprir o aumento de demanda nos períodos de verão.



3 - TRAÇADO DA ADUTORA PROPOSTA

3 - TRAÇADO DA ADUTORA PROPOSTA

A captação será na ponte que cruza o Rio Malcozinhado e a adutora segue paralela a rodovia CE-253 até a entrada da cidade. Antes de entrar na cidade, a adutora toma o rumo do atual reservatório da cidade por estradas locais.

O levantamento topográfico detalhado do caminhamento da adutora bem como o cadastro completo da faixa de domínio foi feito em campo e apresentado no Relatório de Estudos Básicos.



4 - ESTUDOS DO MANANCIAL

4 - ESTUDOS DO MANANCIAL

4.1 - MANANCIAL

O rio Malcozinhado será regularizado pela barragem de mesmo nome a ser construída a 6 km a montante.

A bacia do riacho Malcozinhado, na qual será implementado o reservatório, drena uma área de 240 Km², estando contida entre as coordenadas 4°00' e 4°15' de latitude sul e 38°05' e 38°30' de longitude oeste. A principal via de acesso à região é a rodovia CE-040 que faz a ligação entre Fortaleza e o litoral leste do estado.

4.2 - CARACTERÍSTICA TÉCNICAS DA BARRAGEM MALCOZINHADO

TIPO BARRAGEM:	..... Terra Homogênea com trecho zoneado a jusante
COTA SOLEIRA:	..... 24,00 m
TIPO VERTEDOIRO:	..... CREAGER
LARGURA VERTEDOIRO:	..... 60,00 m
LÂMINA MÁXIMA:	..... 1,80 m
ACUMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO:	..... 34.637.171,6 m ³
VAZÃO REGULARIZADA	..... 0,420 m ³ /s
COTA DE COROAMENTO:	..... 27,11 m
NÍVEL MÍNIMO OPERACIONAL	..... 17,30 M
COTA DA TOMADA D'ÁGUA	..... 16,50 M

4.3 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os serviços hidrológicos realizados constam de estudos dos deflúvios do Rio Malcozinhado, definição da cheia de projeto para o dimensionamento do sangradouro e estudo da capacidade de regularização do reservatório.

A estimativa dos deflúvios na bacia do Rio Malcozinhado, foi baseada no modelo de transformação chuva em deflúvio MODHAC.

O estudo da capacidade de regularização do Açude Malcozinhado foi realizado por dois métodos.

- Solução direta da equação do balanço hídrico;
- Diagrama triangular de regularização.

Os resultados obtidos pelos dois métodos foram próximos e coerentes.

Os principais resultados destes estudos hidrológicos encontram-se sumarizados abaixo:

QUADRO 4.1 - RESULTADOS DO ESTUDO HIDROLÓGICO	
Climatologia:	
Pluviometria Média Anual (sobre a bacia)	1222 mm
Evaporação Média Anual	1468 mm
Evapotranspiração Potencial (Hargreaves)	1563 mm
Insolação Média Anual	2694,3 h
Umidade Relativa Média Anual	78,3 %
Temperatura Média Anual: Média das Máximas	29,9 °C
Temperatura Média Anual: Média das Médias	26,6 °C
Temperatura Média Anual: Média das Mínimas	23,5 °C
Classificação Climática	C1SA'a'
Regime hidrológico médio da bacia e capacidade de regularização do reservatório:	
Área da Bacia Hidrográfica:	240,0 km ²
Coeficiente de Escoamento:	17,0%
Volume afluente médio anual :	49,200 hm ³
Lâmina Escoda Média:	205 mm
Coeficiente de Variação dos deflúvios:	1,0
Capacidade total do reservatório:	37,367 hm ³
Volume regularizável anual com 90% de garantia:	0,426 m ³ /s

Dimensionamento do sangradouro:	
Tipo de sangradouro:	Perfil Creager
Largura do sangradouro:	60,00 m
Cota do sangradouro:	24,00 m
Vazão de pico afluente (Tr=1000anos):	505,0 m ³ /s
Vazão de pico amortecida (Tr=1000 anos) :	314,8 m ³ /s
Altura da lâmina vertente (Tr=1000 anos):	1,8 m
Vazão de pico afluente de verificação (Tr=10000 anos) :	1007,0 m ³ /s
Vazão de pico amortecida de verificação (Tr=10000 anos) :	676,22 m ³ /s
Altura da lâmina vertente de verificação (Tr=10000anos):	2,99 m



5 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

5 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

5.1 - DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO

A estação elevatória para Caponga se constituirá de uma bomba submersível funcionando e uma de reserva instalada. Optou-se pela instalação de uma única bomba para o abastecimento de Caponga como forma de tornar a estrutura compacta e econômica. A reserva instalada é fundamental para dar confiabilidade ao sistema.

As bombas captarão água em poço amazonas com diâmetro 3 m e profundidade 3 m. O poço se constituirá de anéis de concreto que se elevarão até a altura máxima de cheia. Os anéis serão dotados de barbacãs por onde a água penetrará e serão envolvidos por material filtrante (na parte enterrada) para evitar a intromissão de areia ou qualquer corpo estranho. O fundo do poço também será dotado de material filtrante recoberto pedra jogada para evitar que o material seja carregado pela força de sucção da bombas.

Optou-se por instalar a bomba que atendesse ao final de plano (20 anos). Não se justifica a instalação da adutora para a vazão de 20 anos, que representa seguramente 90% do custo do sistema, e a instalação das bombas para um período menor, pois a prática tem mostrado que a futura aquisição e substituição dos grupos motobomba nunca ocorre a contento.

Não haverá desperdício de energia nos primeiro anos, pois o tempo de bombeamento será mínimo no início de plano, e crescente ano a ano de forma que o volume aduzido será sempre compatível com a demanda da cidade.

A casa de bombas deverá ter espaço suficiente para acomodar as bombas e quadros de comando dos motores.

O acesso à casa de bombas será feito por uma passarela que ligará a obra civil da estação à acostamento da BR, que se encontrão na mesma cota.

Os detalhes arquitetônicos e hidráulicos da elevatória se encontrão nos desenhos CP-PE-HD-017-R0 e CP-PE-HD-018-R0.

O cálculo estrutural estão apresentados nos desenhos CP-PE-ES-001-R0 à CP-PE-ES-014-R0.

A dados básicos da elevatória estão no Quadro 5.1 e as principais características das bombas estão no quadro 5.2.

QUADRO 5.1 - DADOS BÁSICOS DA ESTAÇÃO

COTA DO LEITO DO RIO	3,2 m
COTA DO PISO DA ESTAÇÃO	6,73 m
DIÂMETRO DO POÇO AMAZONAS	3 m
PROFUNDIDADE DO POÇO AMAZONAS	3 m

QUADRO 5.2 - DADOS BÁSICOS DAS BOMBAS

VAZÃO TOTAL (l/s)	37,83
VAZÃO POR BOMBA (l/s)	37,83
ALTURA MANOMÉTRICA (m)	86,59
MODELO	SULZER BK 190-1S/036
NÚMERO DE ESTÁGIOS	6
Nº DE CONJUNTOS MOTOBOMBA	1 (+1 de reserva)
RENDIMENTO (%)	80
NPSH (M)	3
POTÊNCIA DOS MOTORES (CV)	75
ROTAÇÃO (RPM)	1.775



6 - SISTEMA ADUTOR

6 - SISTEMA ADUTOR

6.1 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA ADUTOR

O sistema adutor para abastecimento de água de Caponga é composto por dois trechos. O primeiro trecho vai da estação de bombeamento até uma caixa de passagem na estaca 430. Daí a adução é feita por gravidade até a futura ETA de Caponga.

A adutora de recalque será em PVC com junta elástica de 200 mm nas classes de pressão PN125, PN80 e PN60. O trecho gravitário terá o mesmo diâmetro na classe PN60.

O QUADRO 6.1 apresenta os principais dados do sistema adutor de Caponga.

QUADRO 6.1 - DADOS PRINCIPAIS DA ADUTORA DE CAPONGA			
TRECHO	COMPRIMENTO (m)	DIÂMETRO (mm)	CLASSE DE PRESSÃO (m)
EB – Caixa de Passagem	500	200	PN125
	1.600	200	PN80
	6.600	200	PN60
Caixa de Passagem – ETA	1.180	200	PN-60

O sistema adutor, projetado em planta e perfil na escala 1:2.000 (H) e 1:200 (V), está nos desenhos CP-PE-AD-001-R0 a CP-PE-AD-007-R0.

O detalhamento ponto a ponto se encontra no ANEXO A.

6.2 - EQUIPAMENTOS AUXILIARES DO SISTEMA ADUTOR

6.2.1 - Ventosas

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

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

Utilizou-se apenas ventosas de tríplex função pelo fato destes aparelhos minimizarem os efeitos de eventuais transientes ao longo da rede provocados pela abertura e fechamento de válvulas.

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

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

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

Para simplificar o dimensionamento, foram feitas várias simulações de vazões em diversos diâmetros e chegou-se ao seguinte quadro:

DIÂMETRO DA LINHA (mm)	DIÂMETRO DA VENTOSA (mm)
75 - 250	50
300 - 450	75

Os detalhes executivos de instalação das ventosas estão no desenho CP-PE-HD-019-R0.

6.2.2 - Descarga de Fundo

Nos locais mais baixos da rede foram previstos pontos de drenagem destinados a esgotar a água dos tubos por ocasião de reparos e limpeza..

O diâmetro das descargas de fundo foi considerado um diâmetro comercial acima da ventosa.

Os detalhes executivos das descargas de fundo estão no no desenho CP-PE-HD-019-R0.

6.9 - OBRAS CIVIS

6.9.1 - Assentamento de tubulação

6.9.1.1 - Assentamento enterrado

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

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

O assentamento da adutora em valas só será realizado em material de 1º. Admite-se 2º categorias a partir de 30 cm acima da geratriz superior do tubo.

O detalhe tipo da vala para assentamento da tubulação está no Desenho CP-PE-HD-020-R0

6.9.1.2 - Caixas de proteção

Os dispositivos que serão dotados de caixas de proteção serão:

- Ventosas.
- Descargas de fundo.

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

Para a drenagem das caixas foi previsto um colchão de brita de 20 cm no fundo da caixa que não será dotada de lage de fundo. A tampa será em malha de aço para garantir a ventilação e a inspeção visual dos equipamentos.

O detalhamento das caixas de proteção de descarga e ventosa poderá ser visto no desenho CP-PE-HD-019-R0.

6.9.1.3 - Blocos de Ancoragem

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

- Tês de derivação.
- Reduções.

- Curvas.

Os detalhes tipo do bloco de ancoragem se encontram no desenho CP-PE-HD-020-R0.

6.9.1.4 - Travessia da adutora em talvegues

Na travessia de talvegues, a adutora deverá ser ancorada e envelopada com concreto para evitar o arranque por flutuação causada pela empuxo da água quando a mesma está vazia.

O detalhe da ancoragem e envelopamento se encontra no desenho CP-PE-HD-020-R0.



7 - SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA

7 - SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA

7.1 - SISTEMA DE FILTRAGEM

O sistema de filtragem proposto para a ampliação da ETA existente, compõem-se de filtros ascendentes modulares pré-fabricados em fibra de vidro que combina as funções de clarificação e filtração numa única unidade.

Os filtros possuem na parte inferior uma camada de pedregulho especialmente graduada, sobre a qual encontra-se disposta uma camada de areia com granulometria apropriada.

A água coagulada no mecanismo de neutralização de cargas entra na parte inferior do filtro, numa câmara central, de onde através de difusores é distribuída uniformemente na camada de pedregulho, onde ocorrem fundamentalmente, as operações floculação por contato e sedimentação.

Os filtros terão capacidades para $140 \text{ m}^3/\text{h}$.

Os detalhes arquitetônicos e hidráulicos do sistema de filtragem se encontram nos desenhos CP-PE-HD-014-R0 à CP-PE-HD-015-R0.

7.2 - RESERVATÓRIOS

O reservatório apoiado não será ampliado. A reserva integral necessária ao sistema será suprida com a construção de outro reservatório apoiado como de 1/4 do consumo diário para final de plano (20 anos) das cidades de Caponga.

O reservatório existente será aproveitado integralmente para servir de reserva estratégica para suprir a demanda da população flutuante da cidade em época de verão.

Desta forma teremos:

Vazão de final de plano (sem eficiência de condução) = $36,03 \text{ l/s}$

Volume de 1/4 do abastecimento diário: 800 m^3

Reservatório apoiado a ser construído: 800 m^3

Os detalhes arquitetônicos dos reservatórios estão nos desenhos CP-PE-HD-017-R0 E CP-PE-HD-018-R0.

O cálculo estrutural está apresentado nos desenhos CP-PE-ES-001-R0 à CP-PE-ES-014-R0.

7.3 - CASA DE QUÍMICA

A casa de química foi concebida para permitir todas as operação de sulfatação e cloração bem como a segura armazenagem de produtos químicos.

Os detalhamentos arquitetônicos, hidráulicos e projeto elétrico se encontram nos desenhos CP-PE-HD-010-R0 à CP-PE-HD-013-R0.



8 - SISTEMA DE PROTEÇÃO ANTI-TRANSIENTE

8 - SISTEMA DE PROTEÇÃO ANTI-TRANSIENTE

O estudo de transientes indicou a necessidade de construção de um Tanque de Alimentação Unidirecional (TAU) na estaca 101 da adutora de Caponga.

Os detalhes arquitetônicos e a hidráulica do TAU se encontra no desenho CP-PE-HD-016-R0.

O cálculo estrutural se encontra nos desenhos CP-PE-ES-004-R0 à CP-PE-ES-006-R0.



9 - PROJETO ELÉTRICO

9 - PROJETO ELÉTRICO

9.1 - OBJETIVO

Este documento tem como objetivo apresentar à COMPANHIA ENERGÉTICA DO CEARÁ – COELCE o projeto elétrico de uma subestação abaixadora, 13.800-380/220V, com uma potência de 112,5KVA, que se destina ao suprimento de energia elétrica de uma ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO em CAPONGA.

9.2 - CONCEPÇÃO GERAL

A subestação em questão será do tipo aérea em estrutura TR conforme a Norma Técnica da COELCE NT-002, com medição da concessionária na própria estrutura.

9.3 - CARGA INSTALADA

A carga instalada da subestação será de 2(dois) motores de 75CV com tensão nominal de 380V, 60HZ, sendo um reserva, todos partindo de forma compensada com 80% de sua tensão nominal, e os serviços auxiliares de iluminação e tomadas.

A seguir é demonstrado os cálculos da potência aparente da subestação levando em consideração as características estimadas de 91% de rendimento e 87% de fator de potência no motor. Para os serviços auxiliares será considerado 5KVA.

9.3.1 - Corrente Nominal do motor de 125CV, 380V

$$I_n = \frac{CV \times 736}{\sqrt{3} \times V \times \eta \times FP} [A]$$

Onde:

CV = potência do motor

V = tensão nominal do motor

η = rendimento do motor

FP = fator de potência do motor

$$I_n = \frac{75 \times 736}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,91 \times 0,87} = 105,93 [A]$$

9.3.2 - Potência aparente da subestação

$$S = \frac{\sqrt{3} V I}{1000} + SA \text{ [KVA]}$$

Onde:

V = tensão entre fases do sistema em [V]

I = corrente de carga em [A]

SA = Serviços Auxiliares em [KVA]

$$S = \frac{\sqrt{3} \times 380 \times 105,93}{1000} + 5 = 74,72 \text{ [KVA]}$$

Logo, considerando os padrões de potência da ABNT e evitando que a subestação opere próximo da sua potência nominal, a mesma terá uma potência instalada de 112,5KVA.

9.4 - DEMANDA DA SUBESTAÇÃO

A estação de bombeamento deverá operar com uma demanda máxima de aproximadamente 65Kw, valor este que deverá ser considerado para efeito de contrato com a COELCE.

Quanto a natureza da carga, a mesma é constituída de motor de indução, e iluminação do tipo incandescente e fluorescente, tendo o conjunto um fator de potência superior à 0,92 devido a correção do mesmo através de bancos de capacitores.

9.5 - NÍVEIS DE CURTO CIRCUITO

Os materiais e equipamentos de Alta Tensão (13.800V) serão dimensionados para um nível de curto-circuito simétrico de 5 KA. Quanto a Baixa Tensão (380/220V) os materiais e equipamentos serão dimensionados para 10KA.

9.6 - FILOSOFIA DE PROTEÇÃO DA SUBESTAÇÃO

9.6.1 - Proteção de Alta Tensão (13.800v)

O projeto da subestação prevê proteção de sobrecorrente através de CHAVE FUSÍVEL com capacidade de interrupção de 5KA, completa de elo fusível de 6K.

9.6.2 - Proteção de Baixa Tensão (380/220V)

A baixa tensão ligada ao transformador de 112,5KVA será protegida por disjuntores termomagnético, 750V, 175A de corrente nominal, com capacidade de interrupção simétrica de 10KA. As chaves compensadoras conforme DIAGRAMA UNIFILAR, terão fusíveis tipo NH de 160A com capacidade de interrupção de 100KA para proteção contra curto-circuito, e relé térmico com faixa de regulação 90-120A para proteção contra sobrecarga.

Os serviços auxiliares serão protegidos por disjuntores termomagnético com capacidade de interrupção de 10KA. O banco de capacitores será protegido por fusíveis tipo NH de 30A, com capacidade de interrupção de 100 KA.

9.6.3 - Proteção dos Motores

Os motores serão comandados por chaves compensadoras as quais deverão possuir proteção contra curto-circuito através de fusíveis tipo NH de 160A, proteção contra sobrecarga com relé térmico, proteção contra falta de fase, sub e sobretensão.

Para maior segurança, todas as chaves seccionadas dos circuitos dos motores e banco de capacitores serão do tipo abertura com carga.

9.7 - DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES

9.7.1 - Condutores de Alta Tensão (13.800V)

O condutor de interligação da chave fusível ao transformador será vergalhão de cobre eletrolítico de 25mm², 5,6mm de diâmetro.

9.7.2 - Condutores de Baixa Tensão (380/220V)

A interligação do transformador ao QUADRO DE COMANDO DOS MOTORES e do mesmo aos motores, será feito por 1(um) cabo de cobre por fase de 70mm², isolamento em EPR, 750V. O cabo neutro será também de cobre porém de 35mm², isolamento em EPR 750V. O barramento do QUADRO DE COMANDO DOS MOTORES será de cobre eletrolítico nas seguintes dimensões 12,70 x 3,18mm.

9.8 - DIMENSIONAMENTO DO BANCO DE CAPACITORES

Para o dimensionamento em questão, foi estimado em 0,87 o Fator de Potência dos motores de 75CV. Para atender a legislação em vigor que estabelece 0,92 como valor mínimo, a correção para o motor é o que se segue:

Potência aparente	$S = \frac{\sqrt{3} \times 380 \times 105,93}{1000} = 69,72[\text{KVA}]$
Potência ativa	$P = 69,72 \times 0,87 = 60,66 [\text{Kw}]$
Ângulo de potência	$Q = \cos^{-1}0,87 = 29,54^\circ$
Potência reativa	$Q = 69,72 \times \sin 29,54^\circ = 34,37[\text{KVAr}]$
Compensação	$C = 10[\text{KVAr}]$
Fator de potência corrigido	$FP = \cos[\text{tg}^{-1}(24,37/60,66)] = 0.93$

9.9 - CÁLCULO DO ATERRAMENTO

9.9.1 - Forma Física do Aterramento

O sistema de aterramento será feito por 6(seis) hastes de aterramento de $\frac{3}{4}$ "x 3,00m interligadas por um cabo de cobre de 50mm², distanciadas de 3m e enterradas a uma profundidade de 50cm do nível do solo.

9.9.2 - Cálculo da Resistência de uma Haste

Resistência de uma haste:

$$R = \frac{\rho_a}{2\pi l} \times \text{Ln} (4l/d) \quad \text{Onde:}$$

ρ_a = resistividade aparente do solo em [OHM . CM] = 15.000 (valor estimado)

l = comprimento da haste em [cm] = 300

d = diâmetro da haste em [cm] = 1,905

$$R_h = \frac{15.000}{2\pi \times 300} \times \ln \left(\frac{4 \times 300}{1,905} \right) = 51,29 \text{ [OHM]}$$

9.9.3 - Cálculo da Resistência Equivalente das Seis Hastes

$$R_{6h} = FR \times R = 0,2445 \times 51,29$$

$$R_{6h} = 12,54 \text{ [OHM]}$$

9.9.4 - Cálculo da Resistência do Cabo de Aterramento

$$R_c = \frac{\rho_a}{2\pi L} [\ln(4L/d) + \ln(2L/h) - 2] \quad \text{Onde:}$$

ρ_a = resistividade aparente de solo em [OHM . CM] = 15.000

L = comprimento do condutor em [cm] = 1.500

d = diâmetro do cabo em [cm] = 0,906

h = profundidade do cabo em [cm] = 50

$$R_c = \frac{15.000}{2\pi \times 1500} [\ln(4 \times 1500/0,906) + \ln(2 \times 1500/50) - 2] =$$

$$R_c = 1,5915 (8,7982 + 4,0943 - 2) = 17,34 \text{ [OHM]}$$

9.9.5 - Cálculo da Resistência do Conjunto Cabo-Haste

$$R = \frac{R_c \times R_{6h}}{R_c + R_{6h}} = \frac{17,34 \times 12,54}{17,34 + 12,54} = \frac{217,44}{29,88} = 7,28 \text{ [OHM]}$$

$$R = 7,28 \text{ [OHM]}$$

Observação: Tendo em vista a natureza do solo e o fato do aterramento ser localizado próximo a um reservatório de água, foi estimado a resistividade aparente do solo em 150 [OHM . m]. Recomendamos a medição da resistência de aterramento após a construção do aterramento.



9.10 - RELAÇÃO DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS DA SUBESTAÇÃO DE
CAPONGA(150KVA)



10 - ANEXOS



ANEXO A - DETALHAMENTO DAS CONEXÕES PONTO A PONTO

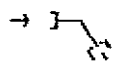
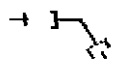
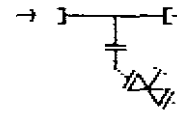
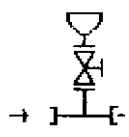
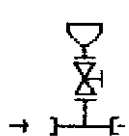
PONTO A PONTO

24/10/97

PROJETO: CAPONGA

EB: 1

ADUTORA: FP1

PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.1	3	1 c 11a pvc bb ie DN = 200	
0.2	4	1 c 11a pvc bb ie DN = 200	
0.3	1	1 te bbf pvc 200 x 75 PN 10 1 c 45a pvc ff DN = 75 PN 10 1 rgfc DN = 75 PN 10 1 epf pvc DN = 75 PN 10	
0.4	20	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.5	45	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	

000039

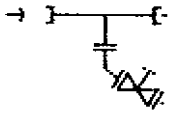
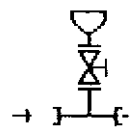
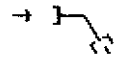
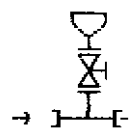
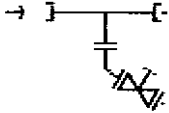
PONTO A PONTO

24/10/97

PROJETO: CAPONGA

EB: 1

ADUTORA: FP1

PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.6	46	1 te bbf pvc 200 x 75 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 75 PN 10 1 rgfc DN = 75 PN 10 1 epf pvc DN = 75 PN 10	
0.7	59	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.8	77	1 c 11o pvc bb je DN = 200	
0.9	89+8	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.10	90+4	1 te bbf pvc 200 x 75 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 75 PN 10 1 rgfc DN = 75 PN 10 1 epf pvc DN = 75 PN 10	

000040

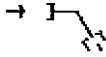
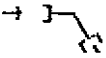
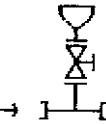


PONTO A PONTO

24/10/97

PROJETO: CAPONGA

EB: 1

ADUTORA: FF1

PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.11	91+5.97	1 c 220 pvc bb je DN = 200	
0.12	96+11.07	1 c 220 pvc bb je DN = 200	
0.13	100	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.14	109+5.6B	1 c 110 pvc bb je DN = 200	
0.15	136+6.06	1 c 900 pvc bb je DN = 200	

000041

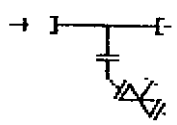
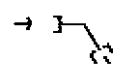
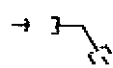
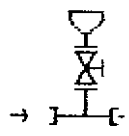
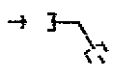
PONTO A PONTO

24/10/97

PROJETO: CAFONGA

EB: 1

ADUTORA: FF1

PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.16	137+6	1 te bbf pvc 200 x 75 PN 10 1 c 450 pvc ff DN = 75 PN 10 1 rgfc DN = 75 PN 10 1 epf pvc DN = 75 PN 10	
0.17	141+6.04	1 c 900 pvc bb je DN = 200	
0.18	142+6	1 c 110 pvc bb je DN = 200	
0.19	165	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtí DN = 50 PN 10	
0.20	168+10.04	1 c 110 pvc bb je DN = 200	

000042

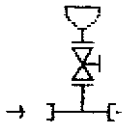
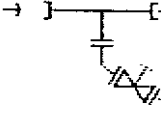
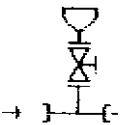
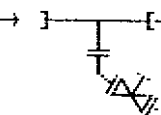
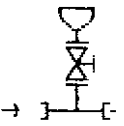
PONTO A PONTO

24/10/97

PROJETO: CAPONGA

EB: 1

ADUTORA: FP1

PONTO	ESTACA	DESCRIÇÃO	ESQUEMA
0.21	134	1 te bbf pvc 200 x 50 FN 10 1 rrfv DN = 50 FN 10 1 vtf DN = 50 FN 10	
0.22	199	1 te bbf pvc 200 x 75 FN 10 1 c 45o pvc ff DN = 75 FN 10 1 rrfc DN = 75 FN 10 1 epf pvc DN = 75 FN 10	
0.23	222	1 te bbf pvc 200 x 50 FN 10 1 rrfv DN = 50 FN 10 1 vtf DN = 50 FN 10	
0.24	233	1 te bbf pvc 200 x 75 FN 10 1 c 45o pvc ff DN = 75 FN 10 1 rrfc DN = 75 FN 10 1 epf pvc DN = 75 FN 10	
0.25	234	1 te bbf pvc 200 x 50 FN 10 1 rrfv DN = 50 FN 10 1 vtf DN = 50 FN 10	

000043

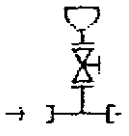
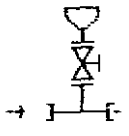
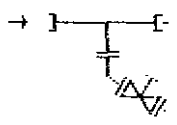
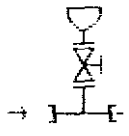
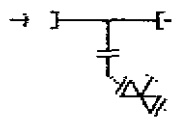
PONTO A PONTO

24/10/97

PROJETO: CAPONGA

EB: 1

ADUTORA: FP1

PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.26	247	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rrfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.27	265	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rrfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.28	261+6	1 te bbf pvc 200 x 75 PN 10 1 c 45c pvc ff DN = 75 PN 10 1 rgfc DN = 75 PN 10 1 epf pvc DN = 75 PN 10	
0.29	302	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rrfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.30	316	1 te bbf pvc 200 x 75 PN 10 1 c 45c pvc ff DN = 75 PN 10 1 rgfc DN = 75 PN 10 1 epf pvc DN = 75 PN 10	

000044

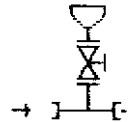
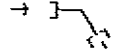
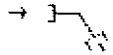
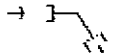
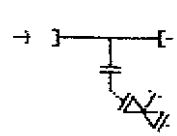
PONTO A PONTO

24/10/97

PROJETO: CAPONGA

EB: 1

ADUTORA: FP1

PONTO	ESTACA	DESCRIÇÃO	ESQUEMA
0.31	331	1 te lbf pvc 200 x 50 FN 10 1 rgtv DN = 50 FN 10 1 vtf DN = 50 FN 10	
0.32	347	1 c 110 pvc bb je DN = 200	
0.33	357	1 c 220 pvc bb je DN = 200	
0.34	366+11.9m	1 c 110 pvc bb je DN = 200	
0.35	373	1 te eef pvc 200 x 75 FN 10 1 c 450 pvc ff DN = 75 FN 10 1 rafa DN = 75 FN 10 1 epf pvc DN = 75 FN 10	

000045

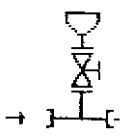
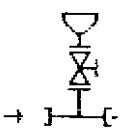
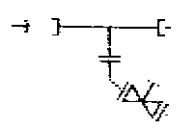
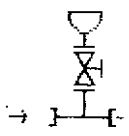
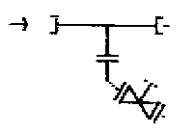
PONTO A PONTO

24/10/97

PROJETO:CAPONGA

EB: 1

ADITORA: FP1

PONTO	ESTACA	DESCRIÇÃO	ESQUEMA
0.36	388	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.37	401	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.38	407	1 te bbf pvc 200 x 75 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 75 PN 10 1 rgfc DN = 75 PN 10 1 epf pvc DN = 75 PN 10	
0.39	418	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.40	419	1 te bbf pvc 200 x 75 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 75 PN 10 1 rgfc DN = 75 PN 10 1 epf pvc DN = 75 PN 10	

000046

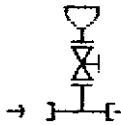
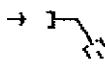
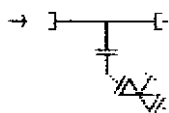
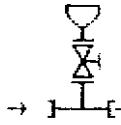
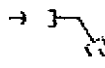
PONTO A PONTO

24/10/97

PROJETO: CAPONGA

EB: 1

ADUTORA: FP1

PONTO	ESTADA	DESCRIÇÃO	ESQUEMA
0.41	429	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vlf DN = 50 PN 10	
0.42	451+B	1 c 90o pvc bb je DN = 200	
0.43	462	1 te bbf pvc 200 x 75 PN 10 1 c 45o pvc ff DN = 75 PN 10 1 rafc DN = 75 PN 10 1 epf pvc DN = 75 PN 10	
0.44	465	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vlf DN = 50 PN 10	
0.43	474+B.50	1 c 45o pvc bb je DN = 200	

000047

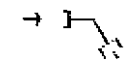
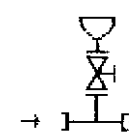
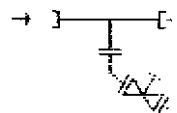
PONTO A PONTO

24/10/97

PROJETO: CAPONGA

EB: 1

ADTORA: FP1

PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.46	485+1.20	1 c 220 pvc bb te DN = 200	
0.47	487+10	1 te bbf pvc 200 x 50 PN 10 1 rgfv DN = 50 PN 10 1 vtf DN = 50 PN 10	
0.48	488+9	1 te bbf pvc 200 x 75 PN 10 1 c 450 pvc ff DN = 75 PN 10 1 rgfc DN = 75 PN 10 1 epf pvc DN = 75 PN 10	

000048



ANEXO B - ESTUDO DE TRANSIENTES HIDRÁULICOS

1 - MEMÓRIA DESCRITIVA

Este trabalho compreende o estudo dos Transientes Hidráulicos para a adutora de Caponga, localizada no município do Cascavel, no Estado do Ceará.

O presente estudo foi feito para a adutora, visando determinar as pressões máximas e mínimas que poderão ocorrer na tubulação em caso de desligamento brusco das bombas (por falta de energia elétrica, por exemplo) e para se verificar a necessidade ou não de se utilizarem dispositivos de proteção de tais linhas, se essas pressões extrapolarem os valores admitidos pelos tubos.

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

As equações básicas que descrevem este fenômeno são obtidas a partir dos princípios da quantidade de movimento e da continuidade e têm a seguinte forma geral:

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

onde: Q = vazão no instante t ;

H = pressão no instante t ;

x = distância entre a origem da linha e a seção estudada;

D = diâmetro da adutora;

f = coeficiente de atrito de escoamento;

A = área da seção transversal do tubo;

a = celeridade da onda de pressão.

Existem vários processos numéricos de resolução dessas equações, porém o mais utilizado é o das características, que será aqui empregado. De acordo com este método, a linha estudada é dividida num certo número de trechos, de modo a se ter o histórico do transiente nos pontos de maior interesse, ou próximos a eles, como é permitido. A partir daí, o cálculo todo se baseia na determinação dos valores de pressão e de vazão que satisfaçam o sistema de equações acima, para um ponto considerado e num determinado instante, desde que sejam conhecidas essas grandezas num instante anterior.

O sistema de duas equações diferenciais parciais acima, de 1ª ordem, do tipo hiperbólico, pode ser transformado em outro sistema de quatro equações diferenciais ordinárias que pode ser trabalhado sob a forma de diferenças finitas. Isto permite calcular os valores de H_P e Q_P no ponto considerado, por meio das expressões:

$$H_P = C_P - B \cdot Q_P$$

$$H_P = C_M + B \cdot Q_P$$

onde C_P e C_M são constantes para cada seção considerada pois dependem dos valores de H e de Q para o instante anteriormente considerado, e B é uma função da celeridade da onda e da área da seção transversal do tubo.

O intervalo de tempo de trânsito da onda de choque é constante para todo o histórico do transiente, inclusive o tempo de percurso dessa onda entre as seções consecutivas, definido como

$$\Delta t = \frac{\Delta L}{a}$$

onde L é a extensão de cada trecho e "a" a celeridade da onda. Esta equação corresponde ao critério de estabilidade de Courant para equações deste tipo.

Esse procedimento permite verificar se há possibilidade de separação da coluna líquida na tubulação, dependendo do valor de H_P em relação à cota do terreno na seção considerada. Se, nesse ponto a pressão calculada for inferior, em valor absoluto, à pressão de vapor da água, haverá separação de coluna e, portanto, necessidade de se utilizarem dispositivos de proteção.

Dentre estes, os mais usuais são:

- chaminés de equilíbrio;
- tanques de amortecimento unidirecionais - TAU;
- volante de inércia nas bombas;
- tanques hidropneumáticos.

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

O estudo completo é feito em duas etapas complementares, com a primeira delas compreendendo o diagnóstico da linha, caso ocorra uma paralisação brusca, sem nenhum dispositivo de proteção. Em seguida, caso seja constatada a necessidade desses dispositivos, é feita a verificação de seu funcionamento, de modo que as pressões resultantes não provoquem danos ao sistema.

No caso presente, como está apresentado na Memória de Cálculo, a adutora analisada está sujeita à separação de coluna e, por isto, serão utilizados TAU para combater esses efeitos. Os volantes de inércia não foram utilizados, uma vez os necessários para a proteção desses sistemas seriam maiores do que as instalações físicas e as potências dos motores poderiam suportar. Quanto aos tanques hidropneumáticos, sua operação é delicada e exige equipamentos adicionais como compressores, manômetros, sistemas automáticos de controle de nível, etc..

Em cada caso, a quantidade e o posicionamento dos dispositivos foram definidos, em função das linhas de pressão e dos perfis dos terrenos, de modo que as adutoras não fiquem sujeitas a pressões próximas da pressão de vapor da água (aqui admitida igual a -9,50 m.c.a., relativa). Para efeito de uniformização dos projetos estruturais desses tanques, procurou-se adotar um modelo único para todos eles, com variações apenas de suas dimensões e das tubulações de interligação à linha principal. No caso aqui estudado, houve necessidade de um único TAU para cada linha, cujas características principais são as seguintes:



SISTEMA	Distância à EB(m)	Diâmetro Interno (m)	Diâmetro Entrada (mm)	Diâmetro Saída (mm)	Extensão Ligação (m)	Cota do Terreno (m)	Cota do NA máximo	Altura Total (m)
Caponga	2.100	3,00	50	200	8,00	27,43	52,43	26,00

Por medida de segurança, cada TAU será dotado de duas tubulações de saída. Esta observação vale para todos os trechos.

2 - MEMÓRIA DE CÁLCULO

A seguir estão apresentadas as planilhas de cálculo para cada sistema analisado. Primeiramente é feito o diagnóstico das linhas, cujos resultados mostram que todas elas ficarão sujeitas a pressões negativas em grande parte de suas extensões, o que pode provocar separação de coluna líquida no seu interior. Deste modo foram projetados os dispositivos de proteção (TAU), cujo funcionamento foi simulado em seguida, quando observou-se que os mesmos protegerão as linhas de maneira conveniente.

Em cada listagem é mostrado o funcionamento do sistema em regime normal de operação ($T=0,0$ s), o funcionamento das bombas após a parada brusca, as envoltórias das pressões máximas e mínimas em cada seção considerada e um esquema com o perfil do terreno e essas envoltórias, para melhor visualização. O critério utilizado para a divisão em seções, em cada sistema estudado foi o de representar a linha com a maior fidelidade possível, a partir dos pontos considerados mais críticos para o funcionamento em regime transitório.

As listagens apresentadas mostram as características físicas de cada sistema (diâmetros, extensões, celeridades vazões, etc.), pelo que as mesmas não serão aqui repetidas. No caso das bombas, foram consideradas as características informadas pelos fabricantes. Suas curvas de performance estão apresentadas junto com as listagens respectivas.

ADUTORA DE CAPONGA
Linha sem proteção

000055

=====

CALCULO DE TRANSIENTES EM CONDUTOS FORCADOS

=====

NUMERO DE TRECHOS = 2
 No. DE TRECHOS DA LINHA PRINCIPAL = 2
 NUMERO DE SECOES DO ULTIMO TRECHO = 10
 NUMERO DE BOMBAS EM PARALELO = 1
 VAZAO DE PROJETO (m³/s) = .038
 VAZAO DA LINHA SECUNDARIA = .000
 ROTACAO NOMINAL DO MOTOR (r.p.m.) = 1775.0
 TEMPO MAXIMO DE CALCULO (s) = 30.0
 VAZAO POR BOMBA (m³/s) = .038
 ALTURA MANOMETRICA (m) = 86.40
 MOMENTO DE INERCIA (kg.m²) = 1.82
 COTA DO N.A. DA SUCCAO = 6.73
 PERDAS LOCALIZADAS (m.c.a.) = .50

DADOS DAS CURVAS DAS BOMBAS:

Q(m ³ /s)	HM(m)	P(CV)
.000	126.0	13.07
.022	102.0	18.64
.038	86.4	21.79

DADOS DOS TRECHOS

TRECHO	NOS		EXTENSAO	DIAMETRO	CELERIDADE	VAZAO
	MONTE	JUS	(m)	(m)	(m/s)	(l/s)
1	1	2	2100.0	.20	378.8	37.83
2	2	3	6600.0	.20	357.2	37.83

000056

ESCOAMENTO NO REGIME PERMANENTE - T = 0.0

TRECHO 1

SECAO	DISTANCIA (m)	VAZAO (m ³ /s)	ALT. DE PRESSAO (m)	PRESSAO (m)
1	.0	.038	92.63	85.90
2	700.0	.038	87.71	74.21
3	1400.0	.038	82.80	57.30
4	2100.0	.038	77.88	50.45

000057

ESCOAMENTO NO REGIME PERMANENTE - T = 0.0

TRECHO 2

SECAO	DISTANCIA (m)	VAZAO (m ³ /s)	ALT. DE PRESSAO (m)	PRESSAO (m)
1	2100.0	.038	77.88	50.45
2	2760.0	.038	73.24	66.74
3	3420.0	.038	68.61	43.11
4	4080.0	.038	63.97	43.47
5	4740.0	.038	59.34	35.84
6	5400.0	.038	54.70	33.20
7	6060.0	.038	50.07	29.57
8	6720.0	.038	45.43	24.43
9	7380.0	.038	40.79	24.79
10	8040.0	.038	36.16	12.66
11	8700.0	.038	31.52	2.72

000653

FUNCIONAMENTO DA BOMBA APOS O DESLIGAMENTO

TEMPO (s)	ROTACAO (rpm)	VAZAO (m ³ /s)	ALT. DE PRESSAO (m)	PRESSAO (m)
.0	1775.0	.038	92.63	85.90
1.8	1309.2	.014	63.73	57.00
3.7	1062.8	.003	49.86	43.13
5.5	908.7	.000	42.08	35.35
7.4	908.7	.000	41.28	34.55
9.2	908.7	.000	37.36	30.63
11.1	908.7	.000	36.46	29.73
12.9	908.7	.000	33.95	27.22
14.8	908.7	.000	33.71	26.98
16.6	908.7	.000	30.48	23.75
18.5	908.7	.000	29.48	22.75
20.3	908.7	.000	26.20	19.47
22.2	908.7	.000	25.15	18.42
24.0	908.7	.000	21.98	15.25
25.9	908.7	.000	20.87	14.14
27.7	908.7	.000	17.86	11.13
29.6	908.7	.000	16.76	10.03

ENVOLTORIA DE PRESSOES DO TRECHO 1

SECAO	DIST. (m)	ALT.PRES.MIN. (m)	PRES.MIN. (m)	ALT.PRES.MAX (m)	PRES.MAX (m)
1	.0	16.76	10.03	92.63	85.90
2	700.0	15.87	2.37	87.71	74.21
3	1400.0	16.80	-8.70	82.80	57.30
4	2100.0	17.93	-9.50	77.88	50.45

000000

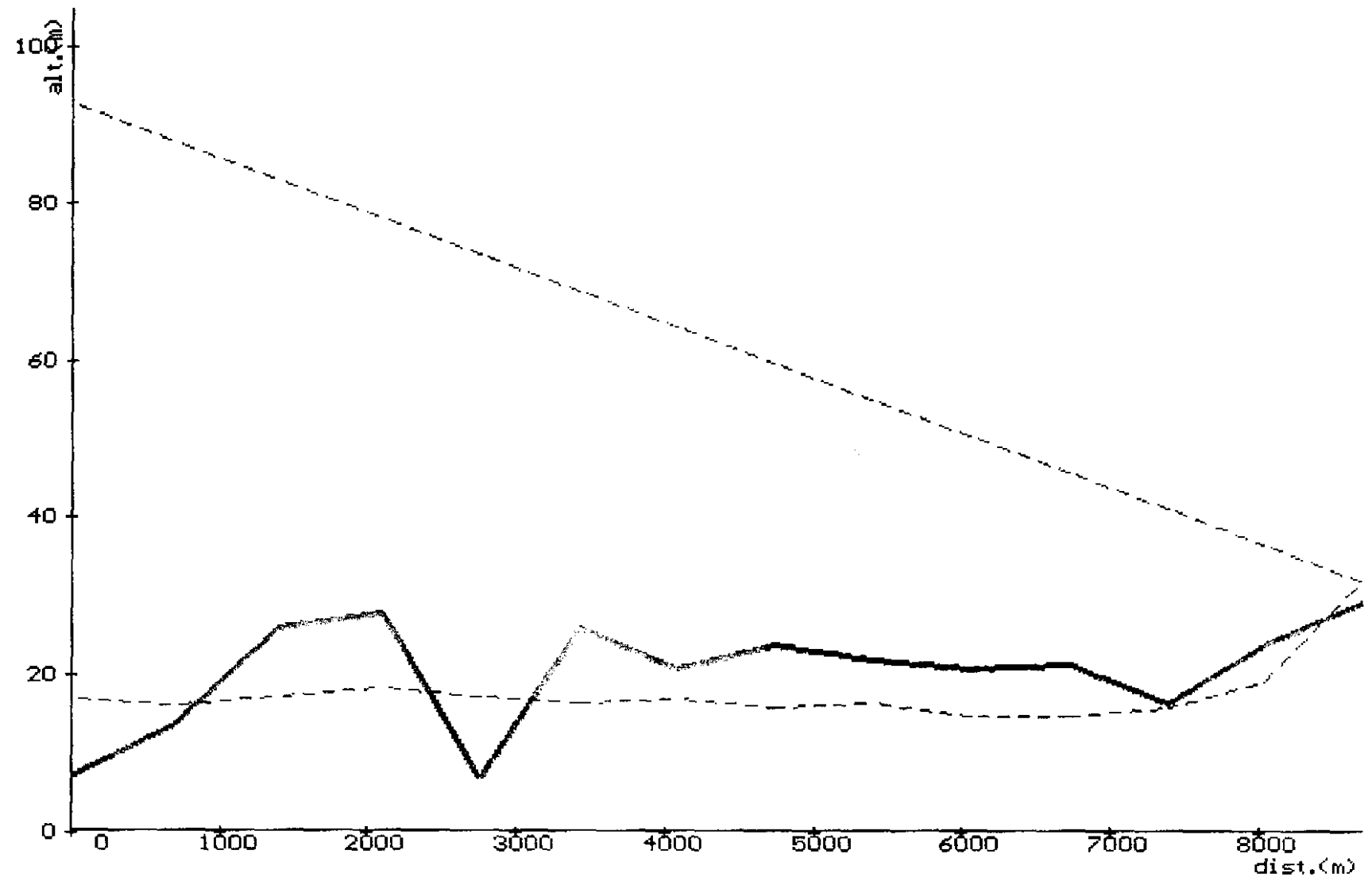
ENVOLTORIA DE PRESSOES DO TRECHO 2

SECAO	DIST. (m)	ALT.PRES.MIN. (m)	PRES.MIN. (m)	ALT.PRES.MAX (m)	PRES.MAX (m)
1	2100.0	17.93	-9.50	77.88	50.45
2	2760.0	16.83	10.33	73.24	66.74
3	3420.0	16.00	-9.50	68.61	43.11
4	4080.0	16.65	-3.85	63.97	43.47
5	4740.0	15.53	-7.97	59.34	35.84
6	5400.0	16.04	-5.46	54.70	33.20
7	6060.0	14.41	-6.09	50.07	29.57
8	6720.0	14.35	-6.65	45.43	24.43
9	7380.0	15.62	-.38	40.79	24.79
10	8040.0	18.90	-4.60	36.16	12.66
11	8700.0	31.52	2.72	31.52	2.72

C - Program terminated.

<FORTRAN>

ANALISE DE TRANSIENTES HIDRAULICOS
Envoltorias das Pressoes sem Protecao



ADUTORA DE CAPONGA
Linha com proteção

000063

=====

CALCULO DE TRANSIENTES EM CONDUTOS FORCADOS

=====

NUMERO DE TRECHOS = 2
 No. DE TRECHOS DA LINHA PRINCIPAL = 2
 NUMERO DE SECOES DO ULTIMO TRECHO = 10
 NUMERO DE BOMBAS EM PARALELO = 1
 VAZAO DE PROJETO (m³/s) = .038
 VAZAO DA LINHA SECUNDARIA = .000
 ROTACAO NOMINAL DO MOTOR (r.p.m.) = 1775.0
 TEMPO MAXIMO DE CALCULO (s) = 30.0
 VAZAO POR BOMBA (m³/s) = .038
 ALTURA MANOMETRICA (m) = 86.40
 MOMENTO DE INERCIA (kg.m²) = 1.82
 COTA DO N.A. DA SUCCAO = 6.73
 PERDAS LOCALIZADAS (m.c.a.) = .50

DADOS DAS CURVAS DAS BOMBAS:

Q(m ³ /s)	HM(m)	P(CV)
.000	126.0	13.07
.022	102.0	18.64
.038	86.4	21.79

DADOS DOS TRECHOS

TRECHO	NOS		EXTENSAO	DIAMETRO	CELERIDADE	VAZAO
	MONTE	JUS	(m)	(m)	(m/s)	(l/s)
1	1	2	2100.0	.20	378.8	37.83
2	2	3	6600.0	.20	357.2	37.83

000064

DADOS DOS TAUs

TAU	DIAMETRO (m)	DIAMETRO LIGACAO (m)	COTA N.A. MAXIMO	COTA TERRENO
2	3.00	.20	52.43	27.43

000065

ESCOAMENTO NO REGIME PERMANENTE - T = 0.0

TRECHO 1

SECAO	DISTANCIA (m)	VAZAO (m ³ /s)	ALT. DE PRESSAO (m)	PRESSAO (m)
1	.0	.038	92.63	85.90
2	700.0	.038	87.71	74.21
3	1400.0	.038	82.80	57.30
4	2100.0	.038	77.88	50.45

000066

ESCOAMENTO NO REGIME PERMANENTE - T = 0.0

TRECHO 2

SECAO	DISTANCIA (m)	VAZAO (m ³ /s)	ALT. DE PRESSAO (m)	PRESSAO (m)
1	2100.0	.038	77.88	50.45
2	2760.0	.038	73.24	66.74
3	3420.0	.038	68.61	43.11
4	4080.0	.038	63.97	43.47
5	4740.0	.038	59.34	35.84
6	5400.0	.038	54.70	33.20
7	6060.0	.038	50.07	29.57
8	6720.0	.038	45.43	24.43
9	7380.0	.038	40.79	24.79
10	8040.0	.038	36.16	12.66
11	8700.0	.038	31.52	2.72

000067

FUNCIONAMENTO DA BOMBA APOS O DESLIGAMENTO

TEMPO (s)	ROTACAO (rpm)	VAZAO (m3/s)	ALT.DE PRESSAO (m)	PRESSAO (m)
.0	1775.0	.038	92.63	85.90
1.8	1309.2	.014	63.73	57.00
3.7	1062.8	.003	49.86	43.13
5.5	908.7	.000	42.08	35.35
7.4	908.7	.000	41.28	34.55
9.2	908.7	.000	37.36	30.63
11.1	908.7	.000	36.46	29.73
12.9	908.7	.000	33.95	27.22
14.8	908.7	.000	50.94	44.21
16.6	908.7	.000	61.08	54.35
18.5	908.7	.000	62.04	55.31
20.3	908.7	.000	65.19	58.46
22.2	908.7	.000	66.27	59.54
24.0	908.7	.000	68.15	61.42
25.9	908.7	.000	53.12	46.39
27.7	908.7	.000	43.97	37.24
29.6	908.7	.000	42.90	36.17

ENVOLTORIA DE PRESSOES DO TRECHO 1

SECAO	DIST. (m)	ALT.PRES.MIN. (m)	PRES.MIN. (m)	ALT.PRES.MAX (m)	PRES.MAX (m)
1	.0	33.95	27.22	92.63	85.90
2	700.0	35.65	22.15	87.71	74.21
3	1400.0	37.98	12.48	82.80	57.30
4	2100.0	51.89	24.46	77.88	50.45

000063

ENVOLTORIA DE PRESSOES DO TRECHO 2

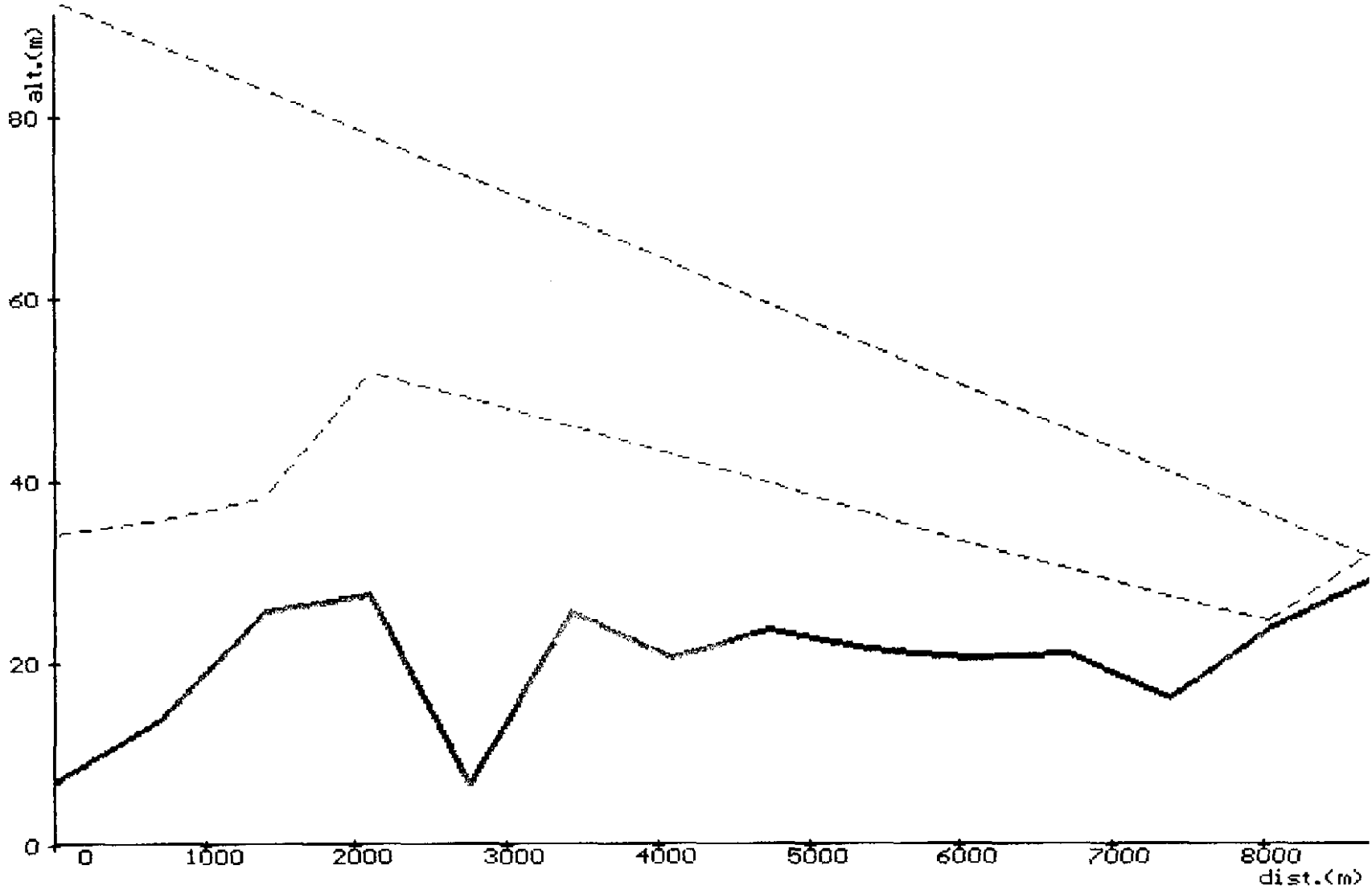
SECAD	DIST. (m)	ALT.PRES.MIN. (m)	PRES.MIN. (m)	ALT.PRES.MAX (m)	PRES.MAX (m)
1	2100.0	51.89	24.46	77.88	50.45
2	2760.0	48.96	42.46	73.24	66.74
3	3420.0	45.92	20.42	68.61	43.11
4	4080.0	42.83	22.33	63.97	43.47
5	4740.0	39.63	16.13	59.34	35.84
6	5400.0	36.46	14.96	54.70	33.20
7	6060.0	33.13	12.63	50.07	29.57
8	6720.0	30.09	9.09	45.43	24.43
9	7380.0	27.20	11.20	40.79	24.79
10	8040.0	24.39	.89	36.16	12.66
11	8700.0	31.52	2.72	31.52	2.72

Program terminated.

ORTRAN>

100 -

ANALISE DE TRANSIENTES HIDRAULICOS Envoltorias das Pressoes com Protecao

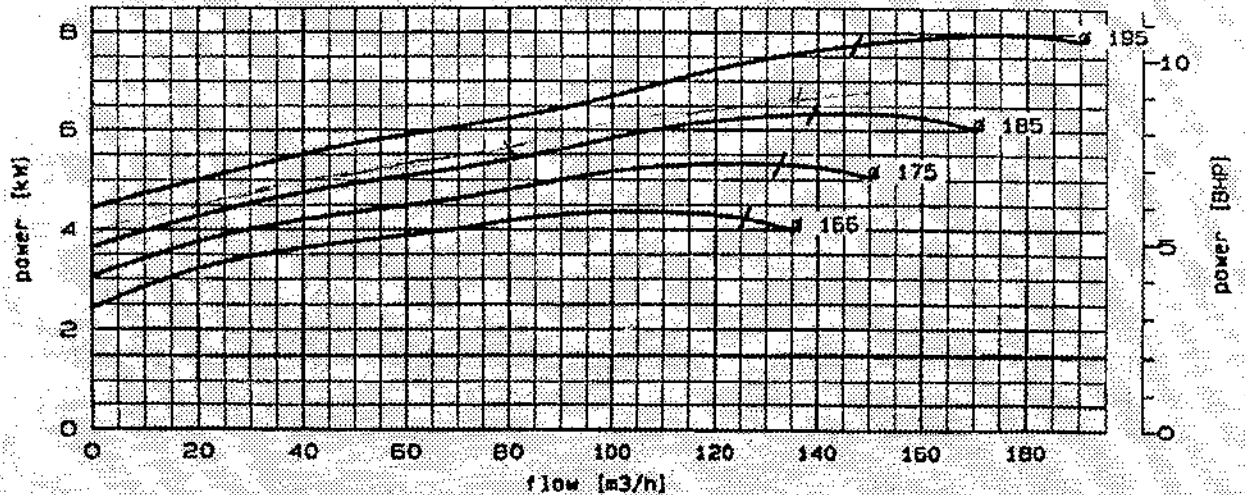
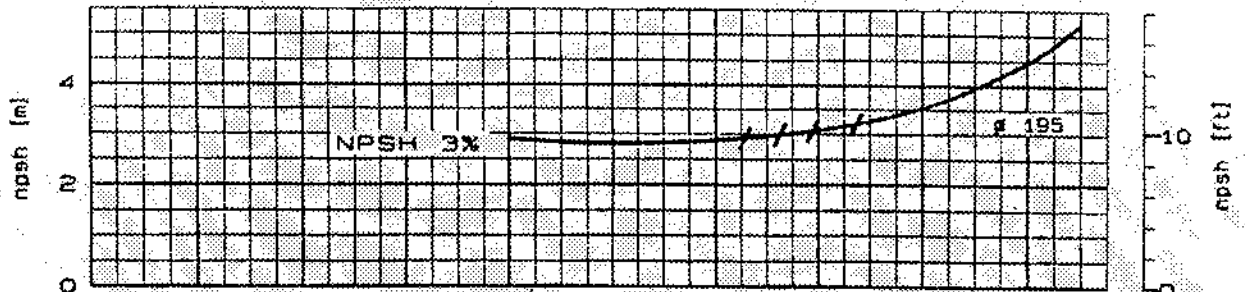
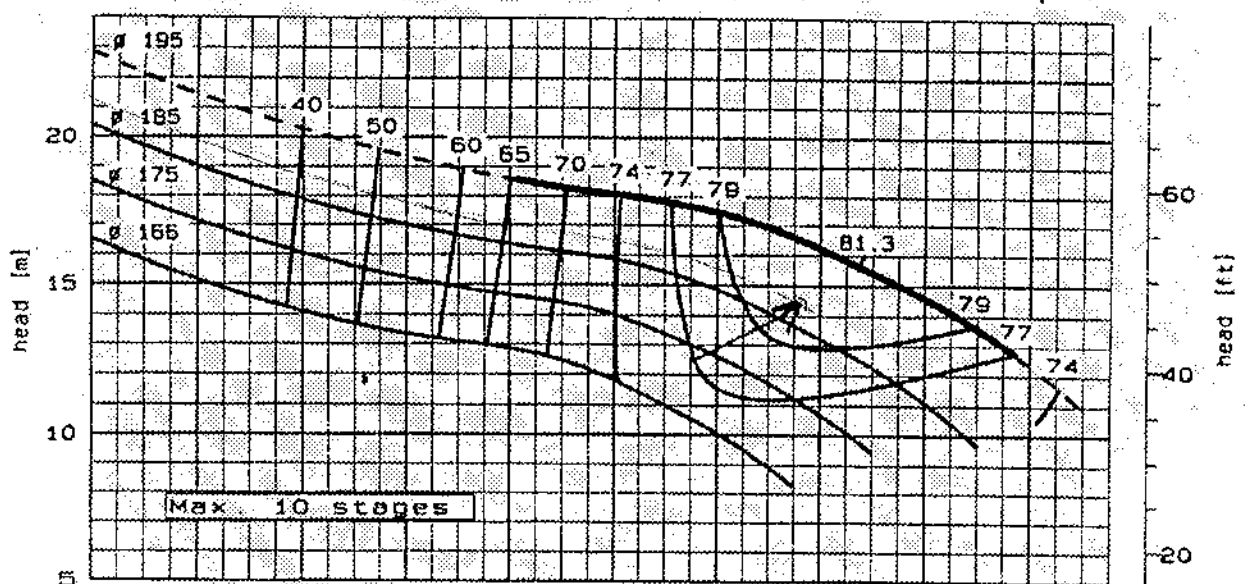


000071

5 STÄDIG (5 STAGES)

SULZER PUMPS	NO 47	ZEICHNUNGS-NR.		NO. K 6.9950.151/1
		LEITSCHAUFELGEH	LE 047.001	
		LAUFRAD	LA 047.002	GRANDEUR - BAUGROESSE - SIZE
	FREQ 50 HZ	BPC 047.103	MODELL NR. 1X	BK 190-1s/036
		LEITSCHAUFELGEH	MODELL NR. 2X	
DIA. DE GRAIN MAXI. MAX. KORNGROESSE MAX. GRAIN SIZE	6 MM	LAUFRAD		BRIDE ASPIRATION SAUGSTUTZEN SUCTION BRANCH
VITESSE DREHZAHL SPEED	1775 1/MIN	SENS DE ROTATION DREHRICHTUNG ROTATION	A DROITE RECHTS CLOCKWISE	BRIDE REFOULEMENT DRUCKSTUTZEN DN 150 DISCHARGE BRANCH
DICHTE DENSITY	1000 KG/M3			

flow [USGPM] 200 400 600 800
 KURVE FUER EINE STUFE
 BOWL CURVE FOR ONE STAGE 800



SK - 27 MAR 85 (b) (a)

WR² = 1.19

000072