



## **Folha de Dados**

**IDGED:**

0214/01

**LOTE:**

2304

**AUTOR:**

KL; SRH

**TÍTULO:**

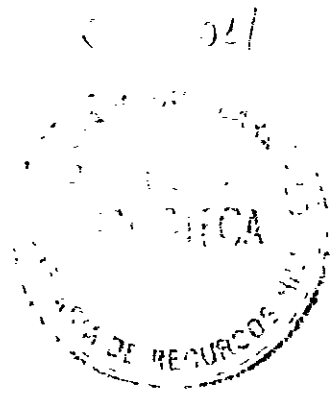
PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA DE AQUIRAZ

**SUBTÍTULO:**

TOMO I - RELATÓRIO GERAL VOLUME I - TEXTO

SETEMBRO/1997





**ÍNDICE**

## ÍNDICE

<b>1 - APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2 - SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EXISTENTE . . . . .</b>	<b>9</b>
2 1 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE	9
2 2 - SISTEMA PROPOSTO	9
<b>3 - TRAÇADO DA ADUTORA PROPOSTA .....</b>	<b>11</b>
<b>4 - ESTUDOS DO MANANCIAL .....</b>	<b>14</b>
4 1 - MANANCIAL	14
4 2 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS DO MANANCIAL	16
<b>5 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA.....</b>	<b>19</b>
5 1 - DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO	19
5 2 - SELEÇÃO DO GRUPO MOTOBOMBAS	19
<b>6 - SISTEMA ADUTOR... ..</b>	<b>22</b>
6 1 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA ADUTOR	22
6 2 - CRITERIO UTILIZADOS NO DIMENSIONAMENTO	22
6 3 - METODOLOGIA DE DIMENSIONAMENTO	23
6 4 - PREÇOS UTILIZADOS	23
6 5 - PARÂMETROS ECONÔMICOS UTILIZADOS	24
6 6 - DETERMINAÇÃO DO CUSTO TOTAL ATUALIZADO DE ENERGIA	24
6 7 - RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO	24
6 8 - EQUIPAMENTOS AUXILIARES DO SISTEMA ADUTOR	25

<b>6.8.1 - Ventosas .....</b>	<b>25</b>
<b>6.8.2 - Descarga de Fundo .....</b>	<b>26</b>
<b>6 9 - OBRAS CIVIS</b>	<b>26</b>
<b>6.9.1 - Assentamento de tubulação .....</b>	<b>26</b>
6 9 1 1 - Assentamento enterrado	26
6 9 1 2 - Caixas de proteção	27
6 9 1 3 - Blocos de ancoragem	27
6 9 1 4 - Travessia da adutora em talvegues	28
<b>7 - SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA.....</b>	<b>30</b>
7 1 - SISTEMA DE FILTRAGEM	30
7 2 - RESERVATÓRIOS	30
<b>8 - SISTEMA DE PROTEÇÃO ANTI-TRANSIENTE.....</b>	<b>32</b>
<b>9 - PROJETO ELÉTRICO .....</b>	<b>34</b>
9 1 - OBJETIVO	34
9 2 - CONCEPÇÃO GERAL	34
9 3 - CARGA INSTALADA	34
<b>9.3.1 - Corrente Nominal do motor de 125CV, 380V.....</b>	<b>34</b>
<b>9.3.2 - Potência Aparente da Subestação .....</b>	<b>35</b>
9 4 - DEMANDA DA SUBESTAÇÃO .	35
9 5 - NÍVEIS DE CURTO CIRCUITO	35
<b>9.6 - FILOSOFIA DE PROTEÇÃO DA SUBESTAÇÃO ... ..</b>	<b>36</b>

<b>9.6.1 - Proteção de Alta Tensão (13.800v) .....</b>	<b>36</b>
<b>9.6.2 - Proteção de Baixa Tensão (380/220V) .....</b>	<b>36</b>
<b>9.6.3 - Proteção dos Motores .....</b>	<b>36</b>
<b>9 7 - DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES</b>	<b>36</b>
<b>9.7.1 - Condutores de Alta Tensão (13.800V) .....</b>	<b>36</b>
<b>9.7.2 - Condutores de Baixa Tensão (380/220V) .. .. .</b>	<b>36</b>
<b>9 8 - DIMENSIONAMENTO DO BANCO DE CAPACITORES</b>	<b>37</b>
<b>9 9 - CALCULO DO ATERRAMENTO</b>	<b>37</b>
<b>9.9.1 - Forma Física do Aterramento .... .</b>	<b>37</b>
<b>9.9.2 - Cálculo da Resistência de uma Haste .....</b>	<b>37</b>
<b>9.9.3 - Cálculo da Resistência Equivalente das Seis Hastes .....</b>	<b>38</b>
<b>9.9.4 - Cálculo da Resistência do Cabo de Aterramento .</b>	<b>38</b>
<b>9.9.5 - Cálculo da Resistência do Conjunto Cabo-Haste .....</b>	<b>38</b>
<b>9 10 RELAÇÃO DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS DA SUBESTAÇÃO (150KVA)</b>	<b>39</b>
<b>10 - ANEXOS.....</b>	<b>40</b>



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

## 1 - APRESENTAÇÃO

## 1 - APRESENTAÇÃO

O objetivo do presente relatório e o detalhamento executivo do sistema de abastecimento de água da cidade de Aquiraz a partir de captação no rio Catu

O sistema contempla também a vazão de adução da cidade de Prainha

No presente estudo serão detalhados a nível executivo as alternativa de captação, adução e bombeamento e tratamento de água preconizados no estudo 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 Aquiraz atualmente é feito com a água captada na Lagoa Catu. A água captada em estação flutuante é aduzida por intermédio de tubulação de ferro fundido com diâmetro 150 mm e comprimento 3,5 km até a Estação de Tratamento (ETA) da CAGECE em Aquiraz. A vazão bombeada é de 55 m<sup>3</sup>/h

Na ETA a água é filtrada por duas unidades de filtros tipo Russo. Segundo técnicos da CAGECE o sistema de filtros está subdimensionado.

A casa de química é bem estruturada com unidades de cloração e sulfatação e um laboratório de análise química

A reservação é feita por um reservatório apoiado de 250 m<sup>3</sup>. O reservatório elevado possui capacidade de 200 m<sup>3</sup> e 12 m de altura (nível mínimo de água)

Atualmente toda a cidade de Aquiraz possui abastecimento satisfatório. A rede de distribuição possui 18km com diâmetros variando de 60 mm 110 mm e 636 ligações cadastradas, dados estes fornecidos pela CAGECE de Aquiraz.

A cidade de Prainha possui abastecimento por poço com água de qualidade inferior e não existe nenhum tipo de tratamento

### **2.2 - SISTEMA PROPOSTO**

O sistema proposto para o abastecimento de Aquiraz, substitui a captação na Lagoa Catu pela captação no rio Catu, a aproximadamente 6 km da cidade. O objetivo deste novo sistema é eliminar a captação na lagoa Catu que certamente trará problemas ambientais futuros

Propõem-se a substituição da ETA existente por outra em um terreno da CAGECE no centro da cidade onde originalmente o abastecimento da cidade era realizado

A opção por abandonar a ETA existente advém do fato da necessidade da implantação de uma adutora de aproximadamente 3 km para ter acesso ao sítio da atual ETA, o que implica num custo de R\$ 170.000,00 em tubulação assentada sem contar com o custo de energia adicional advindo do aumento da altura manométrica da bomba, custo este superior ao da atual ETA que se encontra subdimensionada.

Embora o sistema adutor para Aquiraz preveja a abastecimento de Prainha, a adutora para esta cidade não será objeto deste estudo



### 3 - TRAÇADO DA ADUTORA PROPOSTA

### **3 - TRAÇADO DA ADUTORA PROPOSTA**

A melhor alternativa de traçado da adutora para o abastecimento de Aquiraz foi estudada no Relatório de Estudo de Alternativas e está apresentada na FIGURA 3.1.

A captação é na ponte que cruza o rio Catu e a adutora segue paralela a CE-040 do lado esquerdo até Aquiraz

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

## FIGURA 3.1 - ALTERNATIVA ESCOLHIDA

(COPIAR DO RELATÓRIO DE ESTUDO DE ALTERNATIVA carta 1 100 000)



## 4 - ESTUDOS DO MANANCIAL







## 4.2 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS DO MANANCIAL

Os serviços hidrológicos realizados constam de estudos dos deflúvios do Riacho Catú, 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 Riacho Catú, foi baseada no modelo de transformação chuva em deflúvio MODHAC.

O estudo da capacidade de regularização do Açude Catú 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

<b>QUADRO 4.1 - RESULTADOS DO ESTUDO HIDROLÓGICO</b>	
<b>Climatologia:</b>	
Pluviometria Média Anual (sobre a bacia)	1100 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'
<b>Regime hidrológico médio da bacia e capacidade de regularização do reservatório:</b>	
Área da Bacia Hidrográfica	64,5 km <sup>2</sup>
Coefficiente de Escoamento	18,0%
Volume afluente médio anual	13,025 hm <sup>3</sup>
Lâmina Escocada Média	202 mm
Coefficiente de Variação dos deflúvios	0,90
Capacidade total do reservatório	33,164 hm <sup>3</sup>
Volume regularizável anual com 90% de garantia	0,226 m <sup>3</sup> /s
<b>Dimensionamento do sangradouro:</b>	
Tipo de sangradouro	Perfil Creager
Largura do sangradouro	30,00 m
Cota do sangradouro	46,00 m
Vazão de pico afluente (Tr=1000anos)	256 m <sup>3</sup> /s
Vazão de pico amortecida (Tr=1000 anos)	53 m <sup>3</sup> /s
Altura da lâmina vertente (Tr=1000 anos)	0,87 m
Vazão de pico afluente de verificação (Tr=10000 anos)	509 m <sup>3</sup> /s
Vazão de pico amortecida de verificação (Tr=10000 anos)	128 m <sup>3</sup> /s
Altura da lâmina vertente de verificação (Tr=10000anos)	1,57 m



## 5 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

## 5 - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

### 5.1 - DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO

A estação elevatória para Aquiraz se constituirá de uma bomba submersível funcionando e uma de reserva instalada. Optou-se pela instalação de uma única bomba para o abastecimento de Aquiraz 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 com pedra jogada para evitar que o material seja carregado pela força de sucção das 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 primeiros 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 à acostamento da BR.

A planta baixa da estação elevatória com o arranjo dos grupos motobombas está apresentada no desenho nº AQ-PE-HD-006-R0.

### 5.2 - SELEÇÃO DO GRUPO MOTOBOMBAS

As bombas selecionadas para o abastecimento de Aquiraz são submersíveis de eixo vertical e deverão funcionar a baixa rotação evitando assim desgaste excessivo reduzindo os períodos de manutenção.

As bombas poderão ser de qualquer fabricante nacional ou internacional que satisfaça o ponto de operação de projeto. Deverão ser bombas robustas e dimensionadas para operar com água bruta com sedimentos.

Para proceder a análise do comportamento da bomba perante o sistema, foi seleccionada a bomba SULZER modelo BK 290-1s/018 com 3 estágios

O QUADRO 7.1 apresenta os dados da bomba seleccionada.

<b>QUADRO 7.1 - DADOS BÁSICOS DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA</b>	
VAZÃO TOTAL (l/s)	77,40
VAZÃO POR BOMBA (l/s)	77,40
ALTURA MANOMÉTRICA (m)	69,36
MODELO	SULZER BK 240-1S/036
NUMERO DE ESTÁGIOS	3
Nº DE CONJUNTOS MOTOBOMBA	1 (+1 de reserva)
RENDIMENTO (%)	77,5
NPSH (m)	3,2
POTÊNCIA DOS MOTORES (CV)	125
ROTAÇÃO (rpm)	1.775



## 6 - SISTEMA ADUTOR

## 6 - SISTEMA ADUTOR

### 6.1 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA ADUTOR

O sistema adutor para abastecimento de água de Aquiraz é composto por dois trechos. O primeiro trecho vai da estação de bombeamento até uma caixa de passagem na estaca 250. Daí a adução é feita por gravidade até a futura ETA de Aquiraz.

No trecho em recalque, a adutora será em PVC com junta elástica de 250 mm classes PN80 e PN60 e no trecho por gravidade, o diâmetro será 300 mm classe PN60.

O QUADRO 8.1 apresenta os principais dados do sistema adutor de Aquiraz.

QUADRO 8.1 - DADOS PRINCIPAIS DA ADUTORA DE AQUIRAZ			
TRECHO	COMPRIMENTO	DIÂMETRO	CLASSE DE PRESSÃO
EB - Caixa de Passagem	1.300	250	PN-80
	3.920	250	PN-60
Caixa de Passagem - ETA	940	300	PN-60

### 6.2 - CRITÉRIO UTILIZADOS NO DIMENSIONAMENTO

Para a determinação das perdas de carga ao longo da adutora utilizou-se a Fórmula Universal em conjunto com a Fórmula de Colebrook. As rugosidades utilizadas foram 0,06 mm para PVC e 0,1 mm para ferro fundido.

Segundo orientação da Norma Brasileira, estes coeficientes foram multiplicados por dois, pois as adutoras possuem mais que 1.000m. Desta forma os valores utilizados nos cálculos foram:

PVC : 0,1 mm

FERRO FUNDIDO : 0,2 mm

Utilizou-se uma eficiência de condução de água de 95%

As perdas localizadas ao longo do adutora foram desprezadas. Já nas estações de bombeamento (barrilete), foram calculadas pelos comprimentos equivalentes das conexões

Para dimensionamento do barrilete, a velocidade máxima admitida no foi 2 m/s e na sucção não admitiu-se velocidade superior a 1 m/s

### 6.3 - METODOLOGIA DE DIMENSIONAMENTO

Para o dimensionamento da adutora, foi utilizado o método econômico. O diâmetro determinado é aquele que, no período estipulado de vida útil dos equipamentos (20 anos), a somatória dos custos de investimento (onde o custo com tubulação é preponderante) e energia seja mínimo

Para isto foi simulado diferentes diâmetros para os dois trechos da adutora e o custo de tubulação e energia foi computado. Com as possíveis combinações em mãos escolhe-se a de custo mais baixo

### 6.4 - PREÇOS UTILIZADOS

Os preços de energia utilizados para o estudo econômico foram obtidos por consulta à concessionária local e estão apresentados no QUADRO 8.2

<b>QUADRO 8.2 - PREÇO DE ENERGIA</b>			
<b>TIPO DE CONSUMO</b>	<b>PERÍODO</b>	<b>TIPO DE TARIFA</b>	
CUSTO DE CONSUMO (R\$/kWh)	Período seco (maio a novembro)	Normal	0,03497
		Ponta	0,07355
	Período úmido (dezembro a abril)	Normal	0,03090
		Ponta	0,06807
CUSTO ANUAL DE DEMANDA (R\$/kW)			179,40

Os preços de tubos de PVC e ferro fundido nas diferentes classes, foram levantados nos respectivos fabricantes. O QUADRO 8.3 apresenta o custo dos tubos assentados, incluindo transporte, armazenamento, mão de obra de instalação, escavação e reaterro de valas e conexões.



<b>QUADRO 8.3 - PREÇO DE TUBULAÇÃO ASSENTADA</b>					
<b>DN</b>	<b>PREÇO (R\$/m)</b>				
	<b>FoFo</b>	<b>PVC</b>			
	<b>K-7</b>	<b>PN-40</b>	<b>PN-60</b>	<b>PN-80</b>	<b>PN-125</b>
500	285,06	-	-	-	-
450	247,16	-	-	-	-
400	209,8	-	-	-	-
350	174,9	-	-	-	-
300	128,4	-	58,52	65,33	92,64
250	108,0	-	40,09	45,90	65,87
200	79,2	-	26,78	30,45	44,75
150	60,0	10,77	15,84	17,90	26,78
125	-	7,33	-	-	-
100	38,4	4,74	-	-	-

#### 6.5 - PARÂMETROS ECONÔMICOS UTILIZADOS

Os parâmetros utilizados para a análise econômica foram

- Tempo de capitalização 20 anos
- Taxa de Juros anual . 8% a.a

#### 6.6 - DETERMINAÇÃO DO CUSTO TOTAL ATUALIZADO DE ENERGIA

Para a determinação do custo total de energia atualizado (consumo + demanda) para o bombeamento de Aquiraz, foi feita uma simulação do aumento das vazão aduzida com a aumento da população. Este quadro está apresentado no ANEXO I

O resultado encontrado foi: R\$ 3.856,59

#### 6.7 - RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO

Os resultados final das simulações para a determinação do diâmetro econômico para Aquiraz estão apresentados no QUADRO 8.4

Analisando os resultados do QUADRO 8.4, verifica-se que as alternativas 2 e 3, respectivamente diâmetros 250 mm e 300 mm, apresentam uma diferença de custo total de 2,5%

Com esta diferença tão pequena, pode-se dizer que houve empate técnico nas duas alternativas, pois qualquer flutuação de preços que houver tanto em tubo quanto em energia, poderá alterar os custos totais de tal forma que uma ou outra alternativa venha a ter o custo total mais baixo

Neste caso optou-se pela alternativa com menor custo de investimento inicial (250 mm), já que isto proporciona ao investidor sobra de caixa gerando maior potencial de investimento em outro projetos similares.

<b>QUADRO 8.4 - RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO (RECALQUE)</b>			
<b>DIÂMETRO (mm)</b>	<b>CUSTO DE TUBO (R\$)</b>	<b>CUSTO DE ENERGIA (R\$)</b>	<b>CUSTO TOTAL (R\$)</b>
200	329 544,00	680 142,22	1 009 686,22
<b><u>250</u></b>	<b><u>216.807,12</u></b>	<b><u>252.084,35</u></b>	<b><u>468.891,47</u></b>
300	305.487,45	151 992,68	457 480,13
350	912 978,00	116 426,32	1 029.404,32

## 6.8 - EQUIPAMENTOS AUXILIARES DO SISTEMA ADUTOR

### 6.8.1 - 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 tríplice 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

<b>DIÂMETRO DA LINHA</b> (mm)	<b>DIÂMETRO DA VENTOSA</b> (mm)
75 - 250	50
300 - 450	75

Os detalhes de instalação das ventosas estão no desenho AQ-PE-HD-019-R0

### **6.8.2 - 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 das descargas de fundo estão no desenho AQ-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 AQ-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 AQ-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 AQ-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 AQ-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

O sistema se comporá por 5 unidades de filtros ascendentes com capacidade de 59 m<sup>3</sup>/h por unidade filtrante. O clorador terá capacidade até 48 Kg/dia

### 7.2 - RESERVATÓRIOS

A reserva necessária ao sistema será atendida com a construção de outro reservatório apoiado de forma que o volume total armazenado seja de 1/5 do consumo diário para final de plano (20 anos).

Desta forma temos

Vazão de final de plano (sem eficiência de condução): 73,71 l/s

Volume de armazenamento necessário (1/5 do abastecimento diário) 1.300 m<sup>3</sup>

Volume armazenado no reservatório elevado: 300 m<sup>3</sup>

Volume necessário do reservatório apoiado a ser construído: 1000 m<sup>3</sup>



## 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 127 da adutora de Aquiraz

Os detalhes arquitetônicos e a hidráulica do TAU se encontra<sup>m</sup> no desenho AQ-PE-HD-014-R0

O cálculo estrutural se encontra nos desenhos AQ-PE-ES-004-R0 à AQ-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 150KVA, que se destina ao suprimento de energia elétrica de uma ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO em AQUIRAZ

### 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 125CV 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

$\eta$  = rendimento do motor

FP = fator de potência do motor

$$I_n = \frac{125 \times 736}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,91 \times 0,87} = 176,56 \text{ [A]}$$

### 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]

$$S = \frac{\sqrt{3} \times 380 \times 176,56}{1000} + 5 = 121,21 \text{ [KVA]}$$

Logo, considerando os padrões de potência da ABNT, a subestação terá uma potência instalada de 150KVA

### 9.4 - DEMANDA DA SUBESTAÇÃO

A estação de bombeamento deverá operar com uma demanda máxima de aproximadamente 105Kw, 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 8K

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

A baixa tensão ligada ao transformador de 150KVA será protegida por disjuntores termomagnético, 750V, 250A de corrente nominal, com capacidade de interrupção simétrica de 10KA. As chaves compensadoras conforme DIAGRAMA UNIFILAR, terão fusíveis tipo NH de 250A com capacidade de interrupção de 100KA para proteção contra curto-circuito, e relé térmico com faixa de regulação 150-180A 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 50A, 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 250A, 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 25mm<sup>2</sup>, 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 120mm<sup>2</sup>, isolamento em EPR, 750V. O cabo neutro será também de cobre porém de 70mm<sup>2</sup>,

isolamento em EPR 750V O barramento do QUADRO DE COMANDO DOS MOTORES será de cobre eletrolítico nas seguintes dimensões 19,00 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 125CV 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	$S = \frac{\sqrt{3} \times 380 \times 176,56}{1000} = 116,21[\text{KVA}]$
Potência ativa	$P = 116,21 \times 0,87 = 101,10 [\text{Kw}]$
Ângulo de potência	$Q = \cos^{-1}0,87 = 29,54^\circ$
Potência reativa	$Q = 116,21 \times \sin 29,54^\circ = 57,30[\text{KVAr}]$
Compensação	$C = 20[\text{KVAr}]$
Fator de potência corrigido	$FP = \cos[\text{tg}^{-1}(37,30/101,10)] = 0,94$

## 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 50mm<sup>2</sup>, 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

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

$\rho_a$  = 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

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

$\rho_a$  = 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 (150KVA)





## 10 - ANEXOS



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

## **ANEXO A - DETALHAMENTO DAS CONEXÕES PONTO A PONTO**

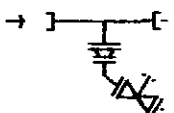
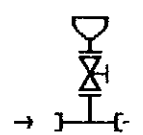
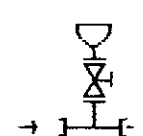
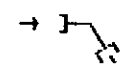
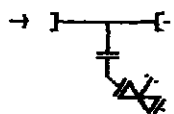
PUNTO A PUNTO

1 - 13 87

PROJETO: SQUIRAZ

EE. 1

ADUTORA: FP1

PUNTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.1	10	1 te bbf pvc 250 x 75 FN 10 1 c 45o pvc ff DN = 75 FN 10 1 rgfc DN = 75 FN 10 1 epf pvc DN = 75 FN 10	
0.2	15	1 te bbf pvc 250 x 50 FN 10 1 rgfv DN = 50 FN 10 1 vtf DN = 50 FN 10	
0.3	20	1 te bbf pvc 250 x 50 FN 10 1 rgfv DN = 50 FN 10 1 vtf DN = 50 FN 10	
0.4	27+3	1 c 11o pvc bb te DN = 250	
0.5	30	1 te bbf pvc 250 x 75 FN 10 1 c 45o pvc ff DN = 75 FN 10 1 rgfc DN = 75 FN 10 1 epf pvc DN = 75 FN 10	

000043

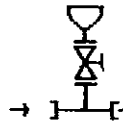
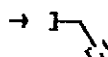
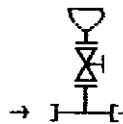
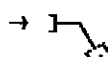
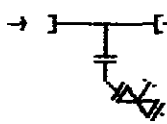
PUNTO A PUNTO

24 10 97

PROJETO - RDSIPAZ

EL. 1

ADUTORA: FF1

PUNTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.6	24	1 te bbf pvc 250 x 50 FN 10 1 rdtv DN = 50 FN 10 1 vtr DN = 50 FN 10	
0.7	38+16	1 c 110 pvc bb te DN = 250	
0.8	42+10	1 te bbf pvc 250 x 50 FN 10 1 rdtv DN = 50 FN 10 1 vtr DN = 50 FN 10	
0.9	42+16	1 c 210 pvc bb te DN = 250	
0.10	45+17	1 te bbf pvc 250 x 75 FN 10 1 c 430 pvc rdt DN = 75 FN 10 1 rdtv DN = 75 FN 10 1 ept pvc DN = 75 FN 10	

000044

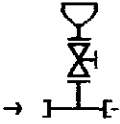
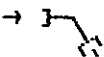
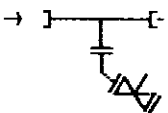
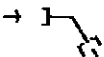
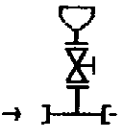
PONTO A PONTO

24.11.97

ADUTORIA ADIRAC

EB. 1

ADUTORA: FD1

PONTO	ESTACA	DESCRIÇÃO	ESQUEMA
0.11	31	1 te bbf pvc 250 x 50 FN 10 1 rnf DN = 50 FN 10 1 .tf DN = 50 FN 10	
0.12	51+17.80	1 c 11c pvc bb je DN = 250	
0.13	3019	1 te bbf pvc 250 x 75 FN 10 1 c 45c pvc ti DN = 75 FN 10 1 rnf DN = 75 FN 10 1 .tf DN = 75 FN 10	
0.14	39+18	1 c 11c pvc bb je DN = 250	
0.15	32	1 te bbf pvc 250 x 50 FN 10 1 rnf DN = 50 FN 10 1 .tf DN = 50 FN 10	

000045

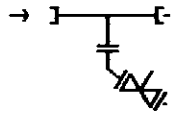
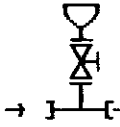
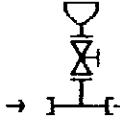
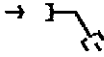
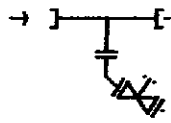
PONTO A PONTO

24.10/97

PROJETO: ABUJIA

EB: 1

ADUTORA: FP1

PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.16	100+12	1 te bbf pvc 250 x 75 PN 10 1 c 450 pvc ff DN = 75 PN 10 1 rafa DN = 75 PN 10 1 epf pvc DN = 75 PN 10	
0.17	128	1 te bbf pvc 250 x 50 PN 10 1 rafa DN = 50 PN 10 1 .tf DN = 50 PN 10	
0.18	142	1 te bbf pvc 250 x 50 PN 10 1 rafa DN = 50 PN 10 1 .tf DN = 50 PN 10	
0.19	152	1 c 110 pvc bl te DN = 250	
0.20	150+11	1 te bbf pvc 250 x 75 PN 10 1 c 450 pvc ff DN = 75 PN 10 1 rafa DN = 75 PN 10 1 epf pvc DN = 75 PN 10	

000046

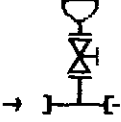
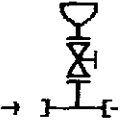
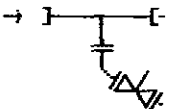
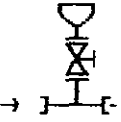
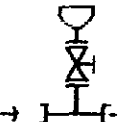
PONTO A PONTO

14 10 97

PROPOSTA DE OBRAS

LEVA 1

ADUTORIA: FF-1

PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0111	178+14	1 te bbf pvc 250 x 50 FN 10 1 rgfv DN = 50 FN 10 1 vtf DN = 50 FN 10	
0112	198+13	1 te bbf pvc 250 x 50 FN 10 1 rgfv DN = 50 FN 10 1 vtf DN = 50 FN 10	
0113	180+11	1 te bbf pvc 250 x 75 FN 10 1 c.450 pvc 75 DN = 75 FN 10 1 rgfv DN = 75 FN 10 1 vtf DN = 75 FN 10	
0114	216+10	1 te bbf pvc 250 x 50 FN 10 1 rgfv DN = 50 FN 10 1 vtf DN = 50 FN 10	
0115	227+11	1 te bbf pvc 250 x 50 FN 10 1 rgfv DN = 50 FN 10 1 vtf DN = 50 FN 10	

000047

FONTO A FONTO

24 10 97

PROJETO DE ABASTECIMENTO

EL. 1

ADUTORA: FF1

PONTO	ESTACA	DESCRICAO	ESQUEMA
0.26	232+10	1 te bbf pvc 250 x 75 FN 10 1 c 45o pvc ff DN = 75 FN 10 1 rgfc DN = 75 FN 10 1 epf pvc DN = 75 FN 10	
0.27	266+12	1 te bbf pvc 300 x 100 FN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 FN 10 1 rgfc DN = 100 FN 10 1 epf pvc DN = 100 FN 10	
0.28	27+15	1 te bbf pvc 300 x 100 FN 10 1 reducao ff rafa 100 x 75 FN 10 1 rgfc DN = 75 FN 10 1 epf DN = 75 FN 10	
0.29	28+	1 te bbf pvc 300 x 100 FN 10 1 c 45o pvc ff DN = 100 FN 10 1 rgfc DN = 100 FN 10 1 epf pvc DN = 100 FN 10	
0.30	28	1 c 45o pvc bb te DN = 300	

000048



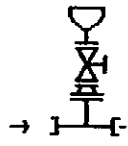
CONTÉ H FONTO

24 10/97

REQUERIDA

21: 1

ADUORA: FF1

FONTO	DETACA	DESCRICA	ESQUEMA
0.01	294	1 te bbf pvc 300 x 100 PN 10 1 reducao 11 foto 100 x 75 PN 10 1 rgfv DN = 75 PN 10 1 vtf DN = 75 PN 10	



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

## **ANEXO B - ESTUDO DE TRANSIENTES HIDRÁULICOS**

## 1 - MEMÓRIA DESCRITIVA

Este trabalho compreende o estudo dos Transientes Hidráulicos para a adutora de Aquiraz, localizada no município do Aquiraz, 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 consequência, 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.

$$gA \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{f}{2DA} Q \cdot |Q| = 0$$
$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{a'}{gA} \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

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

$$H_2 = C_P - B \cdot Q_P$$

$$H_2 = C_M + B \cdot Q_P$$

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)
Aquiraz	2 730	2,50	50	250	8,00	29,50	39,50	11,00

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.

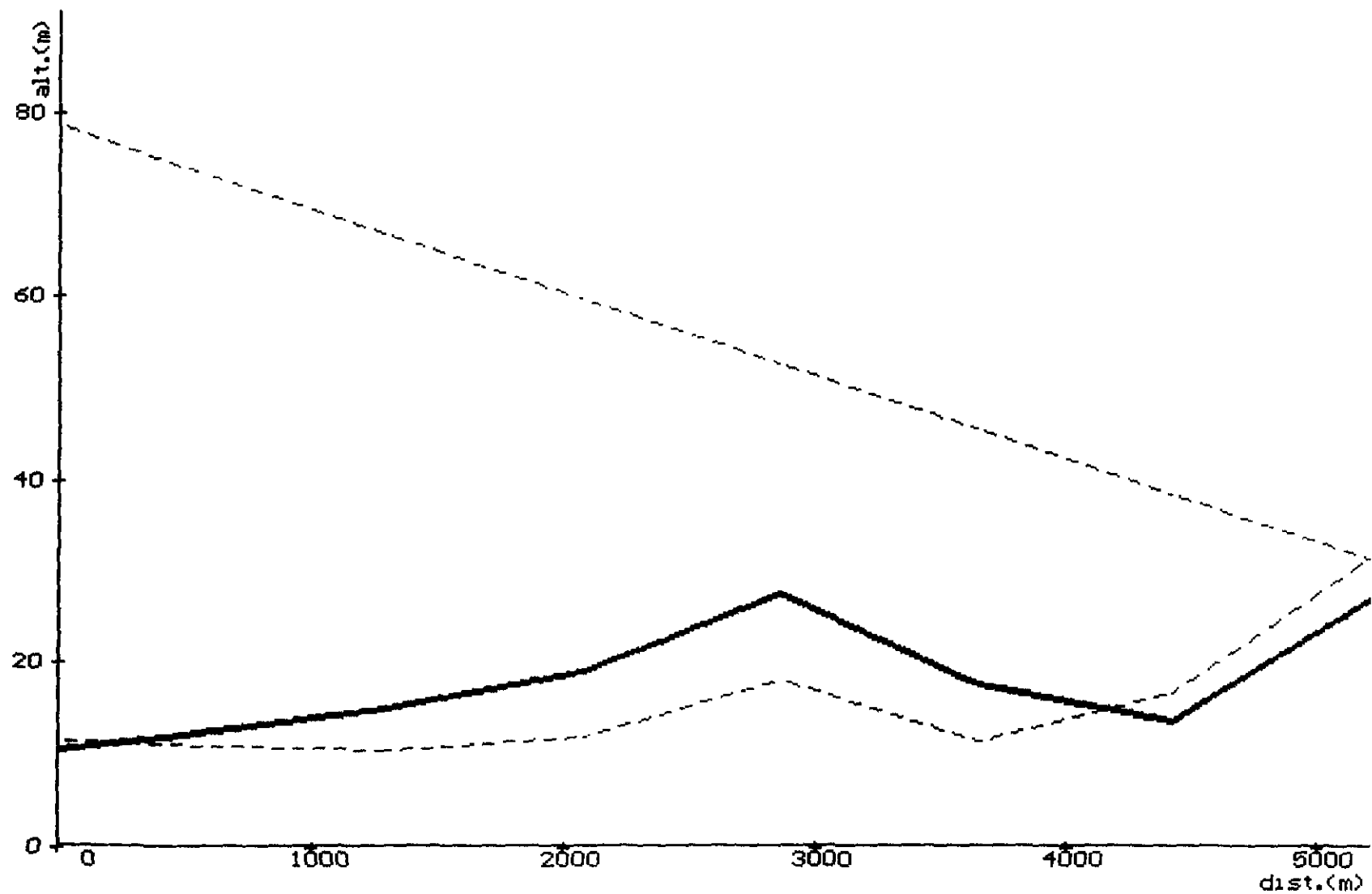
ADUTORA DE AQUIRAZ  
Linha sem proteção

000056



100 -

### ANALISE DE TRANSIENTES HIDRAULICOS Envoltorias das Pressoes sem Protecao



ADUTORA DE AQUIRAZ  
Linha com proteção

000058

=====

CALCULO DE TRANSIENTES EM CONDUTOS FORCADOS

=====

NUMERO DE TRECHOS = 3  
 No. DE TRECHOS DA LINHA PRINCIPAL = 3  
 NUMERO DE SECOES DO ULTIMO TRECHO = 3  
 NUMERO DE BOMBAS EM PARALELO = 1  
 VAZAO DE PROJETO (m<sup>3</sup>/s) = .077  
 VAZAO DA LINHA SECUNDARIA = .000  
 ROTACAO NOMINAL DO MOTOR (r.p.m.) = 1775.0  
 TEMPO MAXIMO DE CALCULO (s) = 30.0  
 VAZAO POR BOMBA (m<sup>3</sup>/s) = .077  
 ALTURA MANOMETRICA (m) = 68.40  
 MOMENTO DE INERCIA (kg.m<sup>2</sup>) = 3.56  
 COTA DO N.A. DA SUCCAO = 10.52  
 PERDAS LOCALIZADAS (m.c.a.) = .50

DADOS DAS CURVAS DAS BOMBAS:

Q(m <sup>3</sup> /s)	HM(m)	P(CV)
.000	122.1	33.77
.042	93.6	34.98
.077	68.4	36.56

DADOS DOS TRECHOS

TRECHO	NOS		EXTENSAO	DIAMETRO	CELERIDADE	VAZAO
	MONT	JUS	(m)	(m)	(m/s)	(l/s)
1	1	2	1300.0	.25	557.3	77.40
2	2	3	1430.0	.25	306.5	77.40
3	3	4	2490.0	.25	355.8	77.40

DADOS DOS TAUs

TAU	DIAMETRO (m)	DIAMETRO LIGACAO (m)	COTA N.A. MAXIMO	COTA TERRENO
3	2.50	.25	39.50	29.50

000060

ESCOAMENTO NO REGIME PERMANENTE - T = 0.0

TRECHO 1

SECAO	DISTANCIA (m)	VAZAO (m <sup>3</sup> /s)	ALT. DE PRESSAO (m)	PRESSAO (m)
1	.0	.077	78.42	67.90
2	1300.0	.077	66.69	51.69

ESCOAMENTO NO REGIME PERMANENTE - T = 0.0

TRECHO 2

SECAO	DISTANCIA (m)	VAZAO (m <sup>3</sup> /s)	ALT. DE PRESSAO (m)	PRESSAO (m)
1	1300.0	.077	66.69	51.69
2	2015.0	.077	60.23	40.23
3	2730.0	.077	53.78	24.28

ESCOAMENTO NO REGIME PERMANENTE - T = 0.0

TRECHO 3

SECAO	DISTANCIA (m)	VAZAO (m <sup>3</sup> /s)	ALT. DE PRESSAO (m)	PRESSAO (m)
1	2730.0	.077	53.78	24.28
2	3560.0	.077	46.29	29.79
3	4390.0	.077	38.80	25.30
4	5220.0	.077	31.30	4.60

000063

FUNCIONAMENTO DA BOMBA APOS O DESLIGAMENTO

TEMPO (s)	ROTACAO (rpm)	VAZAO (m <sup>3</sup> /s)	ALT.DE PRESSAO (m)	PRESSAO (m)
.0	1775.0	.077	78.42	67.90
2.3	1236.1	.049	45.81	35.29
4.7	931.0	.036	30.83	20.31
7.0	740.9	.023	25.03	14.51
9.3	612.7	.015	21.44	10.92
11.7	520.2	.013	18.40	7.88
14.0	451.1	.010	16.64	6.12
16.3	397.5	.008	15.40	4.88
18.7	356.4	.000	25.63	15.11
21.0	356.4	.000	42.85	32.33
23.3	356.4	.000	52.55	42.03
25.7	356.4	.000	52.22	41.70
28.0	356.4	.000	48.37	37.85



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	15.40	4.88	78.42	67.90
2	1300.0	19.41	4.41	66.69	51.69

INVOLTORIA DE PRESSOES DO TRECHO 2

SECAO	DIST. (m)	ALT.PRES.MIN. (m)	PRES.MIN. (m)	ALT.PRES.MAX (m)	PRES.MAX (m)
1	1300.0	19.41	4.41	66.69	51.69
2	2015.0	25.52	5.52	60.23	40.23
3	2730.0	38.84	9.34	53.78	24.28

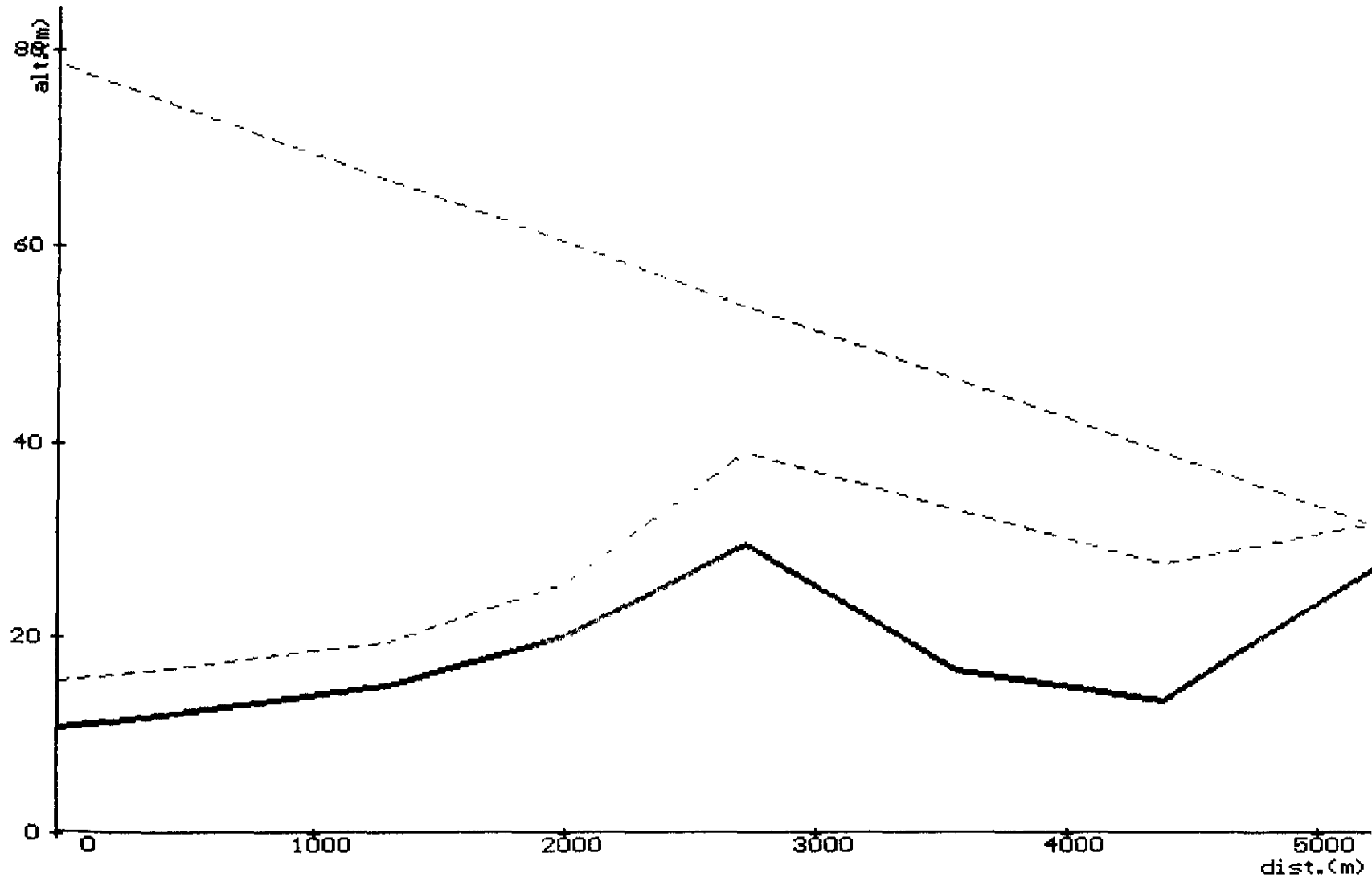
.INVOLTORIA DE PRESSOES DO TRECHO 3

SECAO	DIST. (m)	ALT.PRES.MIN. (m)	PRES.MIN. (m)	ALT.PRES.MAX (m)	PRES.MAX (m)
1	2730.0	38.84	9.34	53.78	24.28
2	3560.0	32.98	16.48	46.29	29.79
3	4390.0	27.41	13.91	38.80	25.30
4	5220.0	31.30	4.60	31.30	4.60

c - Program terminated.

.ORTRAN>

**ANALISE DE TRANSIENTES HIDRAULICOS**  
**Envoltorias das Pressoes com Protecao**



000068

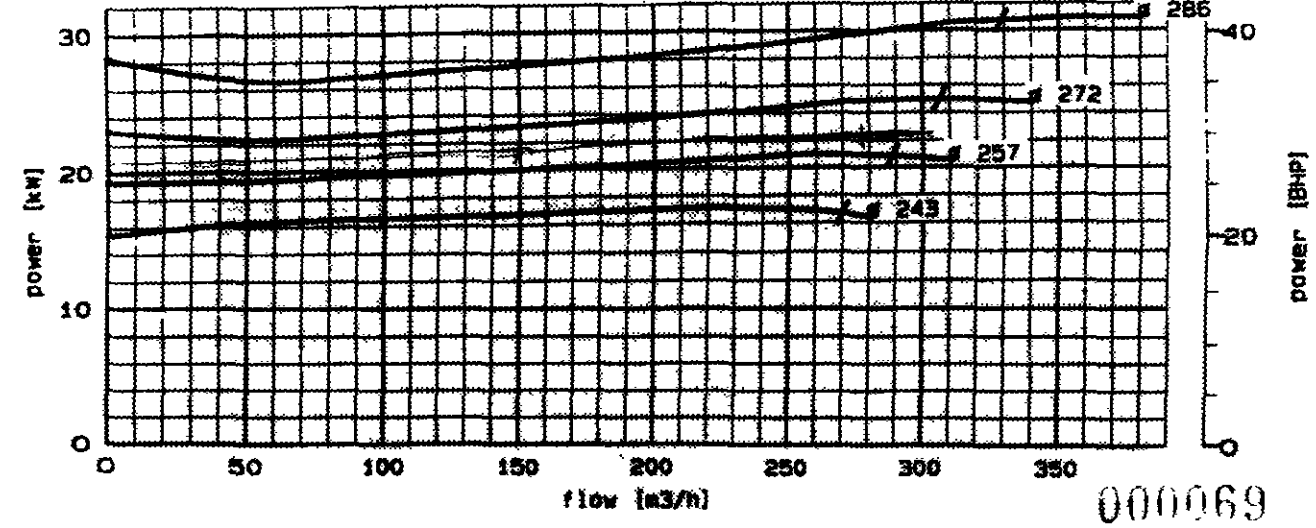
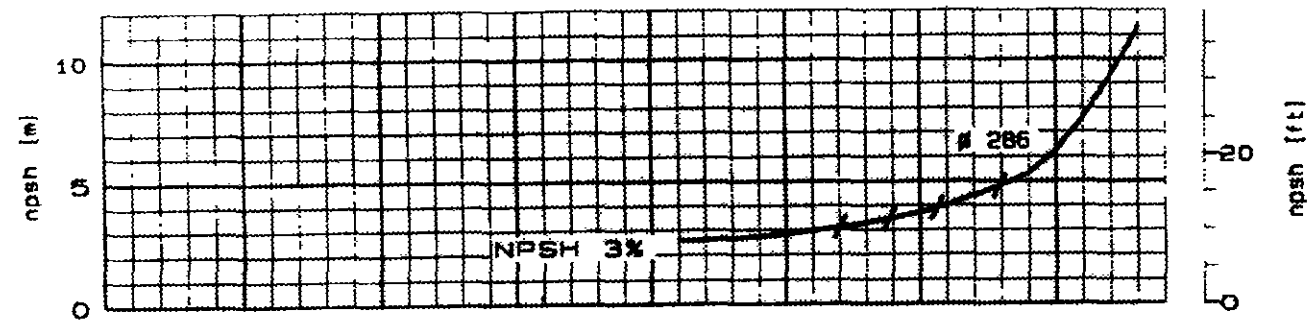
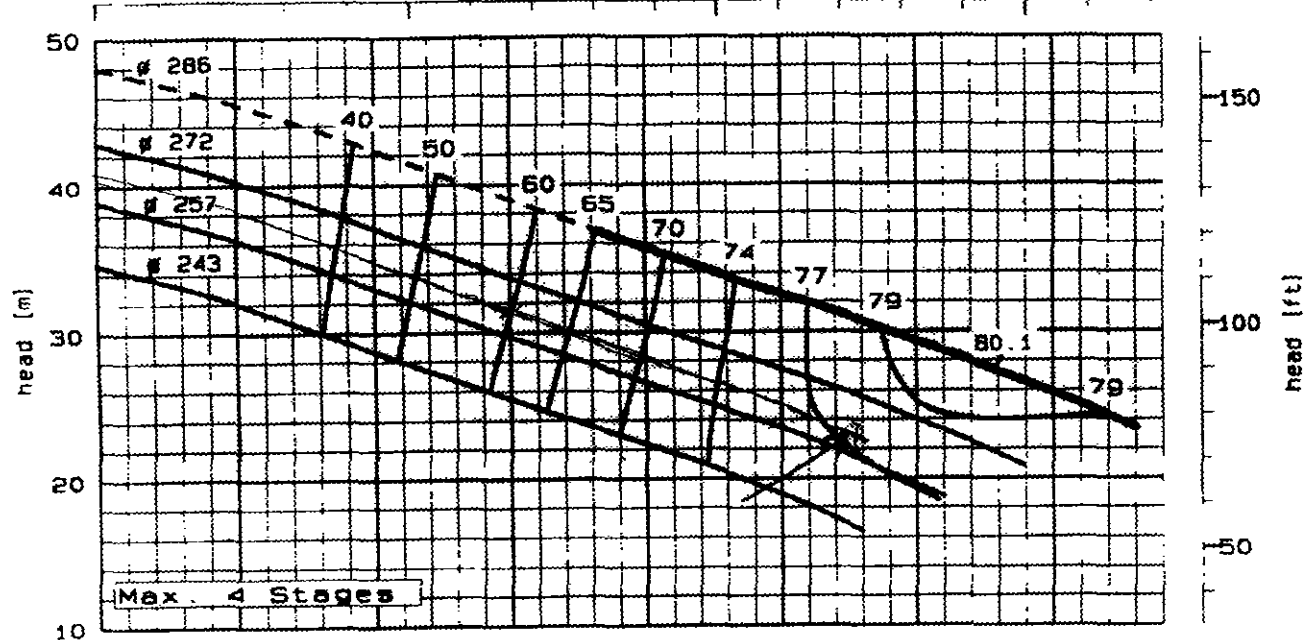
20 286 (S 286/286)

SULZER PUMPS	NO	47	ZEICHNUNGS-NR		NO. K 6.9950.164/1	
			LEITSCHAUFELGEN	LE 047 001	GRANDEUR - BAUGROESSE - SIZE	
			LAUFRAD	LA 047 009		
FREQ	60	HZ	BPC 047.107	MODELL NR. 1X	MODELL NR. 2X	BK 290-1s/018 (S)
DIA DE GRAIN MAXI MAX KORNGROESSE MAX GRAIN SIZE	8 MM		LEITSCHAUFELGEN, LAUFRAD			BRIDE ASPIRATION SAUGSTUTZEN SUCTION BRANCH
VITESSE DREHZAHL SPEED	1775 1/MIN		SENS DE ROTATION DREHRICHTUNG ROTATION	A DROITE VUE COTE ACCOUP. RECHTS VON ANTRIEB CLOCKWISE FACING COUPLING	BRIDE REFOULEMENT DRUCKSTUTZEN DN 200 DISCHARGE BRANCH	

DICHTE = 1000 KG/M3  
DENSITY = 1000 KG/M3

flow [USGPM] 500 1000

KURVE FUER EINE STUFE  
BOWL CURVE FOR ONE STAGE 1500



(b)

(a)

SK - 27-MAR-88

000069