



MEMORIAL DE CÁLCULO
SISTEMA DE BOMBEAMENTO CONTRA ENCHENTES -
DIQUINHA

AGOSTO DE 2022

REFERÊNCIAS CADASTRAIS

Cliente	Prefeitura Municipal de Pouso Alegre
Localização	Pouso Alegre, MG
Título	Memorial de Cálculo – Sistema de Bombeamento Contra Enchentes - Diquinha
Contato	Renato Annoni Garcia
E-mail	obras@pousoalegre.mg.gov.br
Líder do projeto	Igor Paiva Lopes
Coordenador	Denis de Souza Silva
Projeto/centro de custo	ATA 194/2020
Data do documento	24/08/2022

Elaborador/Autor	Aloísio Caetano Ferreira	Engenheiro Hídrico
Verificador/Aprovador	Denis de Souza Silva	Coordenador de Projeto

Isenção de Responsabilidade:

Este documento é confidencial, destinando-se ao uso exclusivo do cliente, não podendo ser reproduzido por qualquer meio (impresso, eletrônico e afins) ainda que em parte, sem a prévia autorização escrita do cliente.

EQUIPE TÉCNICA

Responsável Técnico – Coordenação

Denis de Sousa Silva Engenheiro Hídrico	
Nº CREA: MG 127.216 /D	Nº ART:

Responsável Técnico – Projeto Hídrico

Aloísio Caetano Ferreira Engenheiro Hídrico	
Nº CREA: MG-97.132 /D	Nº ART:

Elaboração

Gestão	Denis de Souza Silva	Diretor Comercial e Técnico
	Aloísio Caetano Ferreira	Diretor Comercial e Técnico
	Flávia Cristina Barbosa	Gerente de Projetos
	Davi Marques Machado	Gestor
	Jéssika Duarte dos Santos	Assistente Financeira
	Marcia Regina dos Santos Ribeiro	Assistente Financeira

Drenagem	Igor Paiva Lopes	Engenheiro Hídrico
	Thallis Eduardo Cabral	Auxiliar de Drenagem
	Janaína Costa Franco	Auxiliar de Drenagem

Topografia	Jonas Guerreiro Gonçalves	Engenheiro Civil
	Gabriel Pereira Carvalho	Engenheiro Civil
	Anselmo Rafael Wasem	Assistente de Topografia
	Renan Henrique Santos	Assistente de Topografia
	Renan Augusto da Silva	Assistente de Topografia
	Alana Romanelli	Auxiliar de Topografia

Infraestrutura	Felipe Guimarães Alexandre	Engenheiro Civil
	Abraão Lucas Ramos	Engenheiro Civil
	Ashelley Monique Barbosa	Engenheira Civil
	Rebeca Glauser	Engenheira Civil
	Ana Júlia Lamoglia de Melo	Auxiliar de Infraestrutura
	Ana Julia Rodrigues	Auxiliar de Infraestrutura
	Anna Caroliny Borges Messias	Auxiliar de Infraestrutura

Terraplenagem	Pedro Henrique Justiniano	Engenheiro Civil
	Érica de Souza Silva	Auxiliar de Terraplenagem
	Brenner Richard Silva Soares	Auxiliar de Terraplenagem
	Pablo Levi de Freitas Pinto	Auxiliar de Terraplenagem

Edificações	Thais Viviane Coimbra	Engenheira Civil
	Camila da Silva Andrade	Engenheira Civil
	Mara Lucy Aparecida da Silva	Engenheira Civil
	William Baradel Lari	Engenheiro Civil
	Flaviana Máris de Paiva e Silva	Engenheira Civil
	Daliani Carolina Pereira	Engenheira Civil
	Sara Gonçalves Vilas Bôas	Engenheira Civil
	Rodrigo Rennó Gonzaga	Engenheiro Mecânico
	Pedro Augusto Costa	Engenheiro Mecânico
	Henrique Gonçalves Pessoa	Auxiliar de Mecânica
	Adriano Marcelo de Campos	Engenheiro Eletricista
	Renan Souza Toledo	Auxiliar de Elétrica
	Leandro Henrique dos Santos	Auxiliar de Elétrica
	Gustavo Alvarenga Migon	Auxiliar de Elétrica
	Caroline Fernanda Alves	Auxiliar de Elétrica
	Júlio César Costa	Auxiliar de Hidrossanitário
	Joyce Eduarda Maia	Auxiliar de Hidrossanitário
	Suele Maria de Sousa	Auxiliar de Hidrossanitário
	Julia Goulart Vilas Boas	Auxiliar de Arquitetônico
	Camylla Giovana dos Santos	Auxiliar de Arquitetônico
Otávio Augusto Vilas Boas	Auxiliar de Arquitetônico	
Davi Augusto da Silva	Auxiliar de Arquitetônico	
Davi Veloso Alves	Auxiliar de Estrutural	

Orçamento	Bianca Baruk Nogueira Rosa	Engenheira Civil
	Lara Almeida Alves	Auxiliar de orçamento
	Elisa da Costa Xavier	Auxiliar de orçamento
	Alex Tadashi Takamiya	Auxiliar de orçamento

Loteamento	Letícia Sousa Noda	Engenheira Civil
	Marcela Petini Cabral	Auxiliar de loteamento
	Letícia da Silva Bernardo	Auxiliar de loteamento
	Alana Paula Silva de Lima	Auxiliar de loteamento
	Julia Santos Matos	Auxiliar de loteamento

Meio Ambiente	Luis Antônio dos Santos	Engenheiro Ambiental
	Giulia Avansi Camerini	Bióloga
	Laila Beatriz Andrade	Auxiliar de Eng. Ambiental
	Willian Costa	Auxiliar de Meio Ambiente

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Localização	1
2. ESTUDOS HIDROLÓGICOS	1
2.1. Método de Ven Te Chow.....	2
2.1.1. Fatores que Afetam o Deflúvio	3
2.1.2. Determinação do Número de Deflúvio N	4
2.1.3. Determinação do Excesso de Chuva R_e	5
2.1.4. Determinação do Fator de Deflúvio X.....	5
2.1.5. Determinação do Fator Climático Y	6
2.1.6. Determinação do Fator de Redução de Pico Z	6
2.1.7. Determinação do Tempo de Pico t_p	6
3. SISTEMA DE BOMBEAMENTO	6
3.1. Projeto Hidromecânico	7
3.1.1. Sistema de Adução ao Poço de Sucção.....	7
3.1.2. Limpeza e Manutenção	7
3.1.3. Sistema de Recalque.....	8
3.2. Informações Técnicas dos Conjuntos Moto-bomba	13
3.2.1. Bombas	13
3.2.2. Motor	13
3.2.3. Principais Informações dos Conjuntos.....	13
3.3. Características Operacionais Do Sistema De Bombeamento	14
3.3.1. Principais componentes do sistema:	14
3.4. Operação do sistema:	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
ANEXOS.....	17
ANEXO A.....	17
ANEXO B.....	17

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da Estação de Bombeamento de Águas Pluviais	1
Figura 2 – Ponte rolante com talha elétrica	8
Figura 3 – Carrinho hidráulico	8
Figura 4 – Curva característica da bomba selecionada.....	12

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores do número de deflúvio N.....	4
Tabela 2 – Perdas de cargas localizadas	10

1. INTRODUÇÃO

O Sistema de Bombeamento Contra Enchentes que será construído no bairro São Geraldo, no local denominado Dique IV (“Diquinha”), funcionará como um sistema de contenção de cheias, permitindo, por meio do bombeamento e de um sistema de comportas, o esvaziamento das águas pluviais que chegam ao bairro em questão, evitando a inundação de casas e outras edificações.

1.1. Localização

A estação de bombeamento será construída na Rua Maria Divina Soares, como pode ser visto na Figura 1. As águas bombeadas da várzea do Bairro São Geraldo serão encaminhadas pela linha de recalque para a calha do rio Mandu.



Figura 1 – Localização da Estação de Bombeamento de Águas Pluviais

Fonte: Google Earth Pro

2. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

O método adotado para o cálculo da vazão de projeto e que balizou os estudos para o dimensionamento do sistema de bombeamento foi o desenvolvido por Vem Te Chow.

2.1. Método de Ven Te Chow

A metodologia aplicada por Ven Te Chow utiliza o conceito de hidrogramas unitário e é baseado na síntese de hidrogramas unitário. Desta maneira, o seu desenvolvimento é dado de forma analítica pela equação a seguir.

$$Q = R_e \cdot q_p$$

Onde,

- R_e é o excesso de chuva em milímetros para uma dada duração de “t” horas;
- q_p é o pico do hidrograma unitário em litros por segundo de escoamento direto para a duração de “t” horas de excesso de chuva.

Para se obter o valor de q_p é aplicado o conceito de “fator de redução de pico”, que é definido pela seguinte expressão:

$$\frac{q_p}{Q}$$

Onde Q é o deflúvio direto. O valor desse deflúvio, supondo-se que o excesso de chuva seja uniforme sobre uma área A , em hectares, e tenha uma intensidade de chuva de 1 mm por “t” horas, é expresso por:

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Onde,

- C é 1,0 (deflúvio direto);
- $i = \frac{h}{t}$ milímetros por hora.

Com isto, fica:

$$Q = C \cdot i \cdot A = 1,0 \cdot \frac{1,0}{t} \cdot A \rightarrow Q = \frac{A}{t}$$

Tem-se, então, como definido anteriormente:

$$Z = q_p \cdot \frac{t}{A}$$

Da qual é obtido:

$$Z = 0,36 \cdot q_p \cdot \frac{t}{A}$$

Onde 0,36 é o fator de conversão de mm/h para l/s . ha.

Assim,

$$q_p = \frac{2,78 \cdot A \cdot Z}{t}$$

Substituindo-se na equação do deflúvio direto, obtém-se:

$$Q = \frac{2,78 \cdot R_e \cdot A \cdot Z}{t}$$

Nesta equação, $\frac{R_e}{t}$ pode ser substituído pelo produto de dois fatores X e Y. O fator X é um fator de deflúvio expresso por:

$$X = \frac{R_{e0}}{t}$$

Onde R_{e0} é o excesso de chuva em uma dada localidade geográfica, adotada como localidade base, aumentada de uma certa porcentagem para levar em conta o efeito da variação da distribuição da chuva durante o tempo t de duração da chuva.

O fator Y é um fator climático, dado por:

$$Y = \frac{R}{R_0}$$

Em que:

- R_0 é a altura de chuva em milímetros na localidade base;
- R é a altura de chuva em milímetros na localidade em estudo;
- Y é o fator de conversão para converter a altura de chuva na localidade base para a localidade em estudo.

Com isto, a equação da vazão pode ser reescrita da seguinte forma:

$$Q = 0,278 \cdot A \cdot X \cdot Y \cdot Z$$

Sendo A em quilômetros quadrados e X em milímetros.

2.1.1. Fatores que Afetam o Deflúvio

Os fatores que afetam o deflúvio podem ser divididos em dois grupos, sendo eles:

- **Que afetam diretamente a quantidade de excesso de chuva ou deflúvio direto:** uso e ocupação da terra, condição da superfície, tipo de solo, quantidade e duração da chuva;

- **Que afetam a distribuição do deflúvio direto:** tamanho e forma da bacia contribuinte, declividade do terreno e medida do efeito de detenção tal como o tempo de ascensão.

2.1.2. Determinação do Número de Deflúvio N

O número de deflúvio é obtido considerando-se tanto a cobertura do solo quanto o tipo de solo. A cobertura do solo, sob o ponto de vista hidrológico, é classificada em boa, regular ou pobre, dependendo de sua capacidade de infiltração. Os tipos de solo são classificados de acordo com sua capacidade hidráulica, desconsiderando-se os efeitos protetores da vegetação, variando entre A, B, C ou D. Os valores do número de deflúvio N , para uma condição de deflúvio composta, são obtidas como média ponderada. A Tabela 1 mostra os valores do número de deflúvio de acordo com o uso da terra.

Tabela 1 – Valores do número de deflúvio N

Utilização da Terra	Condições de Superfície	Tipos de Solo da Área			
		A	B	C	D
Terrenos Cultivados	Com sulcos retilíneos	77	86	91	94
	Em fileiras retas	70	80	87	90
Plantações regulares	Em curvas de nível	67	77	83	87
	Terraceado em nível	64	73	79	82
	Em fileiras retas	64	76	84	88
Plantações de cereais	Em curvas de nível	62	74	82	85
	Terraceado em nível	60	71	79	82
	Em fileiras retas	62	75	83	87
Plantações de legumes ou campos cultivados	Em curvas de nível	60	72	81	84
	Terraceado em nível	57	70	78	89
	Pobres	68	79	86	89
	Normais	49	69	79	94
	Boas	39	61	74	80
Pastagens	Pobres, em curvas de nível	47	67	81	88
	Normais, em curvas de nível	25	59	75	83
	Boas, em curvas de nível	6	35	70	79
Campos permanentes	Normais	30	58	71	78
	Esparsas, de baixa transpiração	45	66	77	83
	Normais	36	60	73	79
	Densas, de alta transpiração	25	55	70	77
Chácaras	Normais	59	74	82	86
Estradas de terra	Más	72	82	87	89
	De superfície dura	74	84	90	92

Utilização da Terra	Condições de Superfície	Tipos de Solo da Área			
		A	B	C	D
Florestas	Muito esparsas, baixa transpiração	46	68	78	84
	Esparsas	56	75	86	91
	Densas, de alta transpiração	26	52	62	69
	Normais	36	60	70	76
Superfícies impermeáveis	Áreas urbanizadas	100	100	100	100

Fonte: Engenharia de Drenagem Superficial (Paulo Sampaio Wilken, 1978)

Desta tabela, tem-se:

- O solo tipo A é o de mais baixo potencial de deflúvio, terrenos muito permeáveis, com pouco silte ou argila;
- O solo tipo B tem uma capacidade de infiltração acima da média após o completo umedecimento. Inclui solos arenosos;
- O solo tipo C tem uma capacidade de infiltração abaixo da média, após a pré-saturação. Contem porcentagem considerável de argila e coloide;
- O solo tipo D é o de mais alto potencial de deflúvio. Terrenos quase impermeáveis junto à superfície. Argiloso.

2.1.3. Determinação do Excesso de Chuva R_e

O excesso de chuva para uma dada altura de chuva R , é calculado pela expressão desenvolvida pelo "Soil Conservation Service":

$$R_e = \frac{\left(R - \frac{5080}{N} + 50,8\right)^2}{R + \frac{20320}{N} - 203,2}$$

Onde R e R_e são dados em milímetros.

2.1.4. Determinação do Fator de Deflúvio X

Estabelecidos o número de deflúvio N e o excesso de chuva R_e , ou o deflúvio direto para uma dada altura de chuva R , o fator de deflúvio X pode ser calculado pela seguinte expressão, já mostrada anteriormente:

$$X = \frac{R_{e0}}{t}$$

Deve-se destacar que foi assumido como localidade base a cidade de São Paulo.

2.1.5. Determinação do Fator Climático Y

Para se determinar o fator climático Y , converte-se a altura de chuva da cidade de São Paulo (localidade base) para a localidade em estudo, usando-se a seguinte expressão:

$$Y = \frac{R}{R_0}$$

Para a localidade base, $Y = 1$

2.1.6. Determinação do Fator de Redução de Pico Z

Para calcular o fator de redução de pico Z , utiliza-se a seguinte expressão:

$$Z = q_p \cdot \frac{t}{A}$$

2.1.7. Determinação do Tempo de Pico t_p

A tempo de pico t_p é determinado pela expressão a seguir, desenvolvida por Chow, que tem correlação com o comprimento e a declividade do curso d'água.

$$t_p = 0,005055 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{i_{\%}}} \right)^{0,64}$$

Onde L é em metros, $i_{\%}$ em porcentagem e t_p em hora.

Para o estudo em questão foi determinada uma vazão de projeto de 12,67 m³/s.

3. SISTEMA DE BOMBEAMENTO

O sistema em questão tem como função principal drenar a várzea do bairro São Geraldo, que sofre com inundações frequentes nos períodos chuvosos. O sistema atual presente no local é composto por uma comporta auto operante instalada a jusante de um bueiro celular de 1,5 m de largura por 1,5 m de altura. Tal sistema é ineficiente, tendo em vista que quando o Rio Mandu sobe o seu nível devido às chuvas que se precipitam a montante, a comporta auto operante deve ser fechada, o que impede que as águas que chegam à várzea do bairro São Geraldo sejam esgotadas. Com a instalação do sistema de bombeamento, é esperado que este problema seja resolvido.

3.1. Projeto Hidromecânico

O sistema de bombeamento é composto por:

- Sistema de recalque formado por 03 (três) conjuntos moto-bomba com vazão nominal de 1400 m³/h por conjunto, sendo que 02 (dois) conjuntos serão operantes e 01 (um) de reserva. A tubulação da linha de recalque será em ferro fundido com diâmetro nominal de 500 mm;
- Canal de aproximação em gabião tipo colchão e poço de sucção em concreto;
- Sistema de comportas: Uma comporta manual, a qual será instalada sobre o bueiro celular existente e uma comporta auto operante (válvula *flap*), localizada a jusante do bueiro celular;
- Além disso, serão instaladas grade de proteção para o poço de sucção, ponte rolante e carrinho de carga para manutenção dos conjuntos.

Tais sistemas e conjuntos serão detalhados adiante.

3.1.1. Sistema de Adução ao Poço de Sucção

O poço de sucção é o local em que será posicionada a tubulação de sucção que fará o recalque da água.

Antes do poço de sucção será feito um canal de aproximação em gabião tipo colchão com dimensões de 6,9 m de largura por 4,3 m de comprimento, que terá como função encaminhar as águas pluviais da várzea para o poço de sucção. Ele será construído na cota 809,45 m.

O poço de sucção propriamente dito, será de forma retangular com dimensões de 6,9 m de largura por 3,0 m de comprimento e altura de 1,2 m. Seu fundo estará na cota 809,45 m. Além disso, será instalada uma grade de proteção de barras redondas espaçadas de 4 cm para evitar a passagem de sólidos de grandes dimensões.

3.1.2. Limpeza e Manutenção

É recomendado que periodicamente seja realizada a limpeza do poço de sucção, para evitar a deposição excessiva de areia e outros tipos de materiais em seu fundo, o que pode prejudicar o funcionamento das bombas hidráulicas. Além disso,

para o manuseio e manutenção dos conjuntos moto-bomba está prevista a instalação de uma ponte rolante com talha elétrica com capacidade de carga de 3000 kg e um carrinho hidráulico também com capacidade de 3000 kg, conforme Figura 2 e Figura 3.



Figura 2 – Ponte rolante com talha elétrica

Fonte: Ciriex ABUS



Figura 3 – Carrinho hidráulico

Fonte: Northtec

3.1.3. Sistema de Recalque

O sistema de recalque será composto por tubulações de ferro fundido com diâmetro nominal de 500 mm, válvula de retenção e válvula de gaveta.

3.1.3.1. Dimensionamento da Tubulação de Recalque

Para a escolha do diâmetro da tubulação de recalque foi definida a vazão de 1400 m³/s para cada conjunto moto-bomba. Além disso, foi fixada uma velocidade máxima do fluxo no interior da tubulação com o valor de 1,98 m/s, o que está dentro do intervalo de 0,6 m/s a 3,0 m/s recomendado por Porto (2006). Com estes valores, é possível definir o diâmetro da tubulação por meio da equação a seguir.

$$D = \frac{\sqrt{4 \cdot Q}}{v \cdot \pi}$$

Onde:

- Q é a vazão de cada conjunto moto-bomba em m^3/s ; e
- v é a velocidade do fluido em m/s .

Desta forma,

$$D = \frac{\sqrt{4 \cdot 0,39}}{1,98 \cdot \pi} \rightarrow D = 0,500 \text{ m}$$

Portanto, adota-se o diâmetro comercial de 500 mm.

3.1.3.2. Perdas de Carga e Altura Manométrica

- **Perda de Carga Distribuída:**

Para o cálculo da perda de carga distribuída foi utilizada a abaixo, de Hazen-Williams.

$$J = \frac{10,643 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}}$$

Onde,

- J é a perda de carga linear (em m/m);
- Q é a vazão no trecho de recalque ($1400 \text{ m}^3/h$);
- D é o diâmetro interno do tubo (500 mm);
- C é o coeficiente de rugosidade Hazen-Williams (adotou-se 140 para o ferro fundido novo).

Com isto,

$$J = \frac{10,643 \cdot \left(\frac{1400}{3600}\right)^{1,85}}{140^{1,85} \cdot 0,5^{4,87}} \rightarrow J = 0,0058 \text{ m/m}$$

Isto posto, tem-se que o comprimento da maior linha de recalque é de $L = 23,6 \text{ m}$, o que resulta em uma perda de carga linear de:

$$\delta h_{distribuída} = L \cdot J = 23,6 \cdot 0,0058 \rightarrow \delta h = 0,137 \text{ m}$$

- **Perda de Carga Localizada**

O cálculo da perda de carga localizada deu-se pela utilização da expressão geral das perdas localizadas, dada pela equação a seguir.

$$\delta_{localizada} = \frac{K \cdot v^2}{2 \cdot g}$$

Em que,

- $\delta_{localizada}$ é a perda de carga localizada (em m);
- K é o coeficiente adimensional que depende da geometria da conexão;
- v é a velocidade média de referência (1,98 m/s);
- g é a aceleração da gravidade (9,81 m/s²).

As peças, suas respectivas quantidades, os valores de K , de acordo com Porto (2006), e as perdas localizadas são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 – Perdas de cargas localizadas

Peça	Quantidade	K	$\delta_{localizada}$
Curva 90°	2	0,9	0,360
Válvula de gaveta	1	0,2	0,04
Redução concêntrica	2	0,1	0,04
Válvula de retenção	1	3	0,599
Curva 22°30'	1	0,1	0,02
Curva 11°15'	1	0,05	0,01
Total (m)			1,07

Finalmente, a perda de carga total na linha de recalque é dada por:

$$\Delta H = \delta h_{distribuída} + \delta h_{localizada} = 0,137 + 1,07 \rightarrow \Delta H = 1,21 \text{ m}$$

- **Altura Manométrica**

Para se obter a altura manométrica é somada o desnível geométrico, dado pela diferença entre cotas do nível mínimo da água no poço de sucção e o eixo da tubulação no trecho mais alto. Assim, tem-se:

$$H_m = H_g + \Delta H = 4,45 + 1,21 \rightarrow H_m = 5,66 \text{ m}$$

3.1.3.3. Potência dos Conjuntos Moto-bomba

A potência do conjunto moto-bomba é dada pela equação abaixo.

$$P = \frac{1000 \cdot Q \cdot H_m}{75 \cdot \eta_{conjunto}}$$

Em que,

- P é a potência de cada conjunto (cv);
- Q é a vazão no trecho de recalque (m³/s);
- H_m é a altura manométrica;
- $\eta_{conjunto}$ é o rendimento do conjunto moto-bomba.

O rendimento do conjunto moto é dado pelo produto entre o rendimento da bomba e o rendimento do motor elétrico. Para a bomba foi adotado o rendimento de 82% e para o motor o rendimento de 95%. Com isso, tem-se:

$$\eta_{conjunto} = 0,82 \cdot 0,95 \rightarrow \eta_{conjunto} = 77,9\%$$

Com isso é possível calcular a potência do conjunto moto-bomba.

$$P = \frac{1000 \cdot 0,388 \cdot 5,66}{75 \cdot 0,779} \rightarrow P = 37,59 \text{ cv}$$

Desta forma, escolher-se uma potência do conjunto comercial, ou seja, que esteja disponível no mercado. Para tanto, admite-se uma potência máxima 30% maior do que a potência calculada. Portanto, as potências de cada conjunto moto-bomba deverá ser:

- Potência mínima comercial do conjunto: 40 cv ou 29,42 kW;
- Potência máxima comercial do conjunto: 50 cv ou 36,77 kW.

3.1.3.4. Curva característica da bomba selecionada

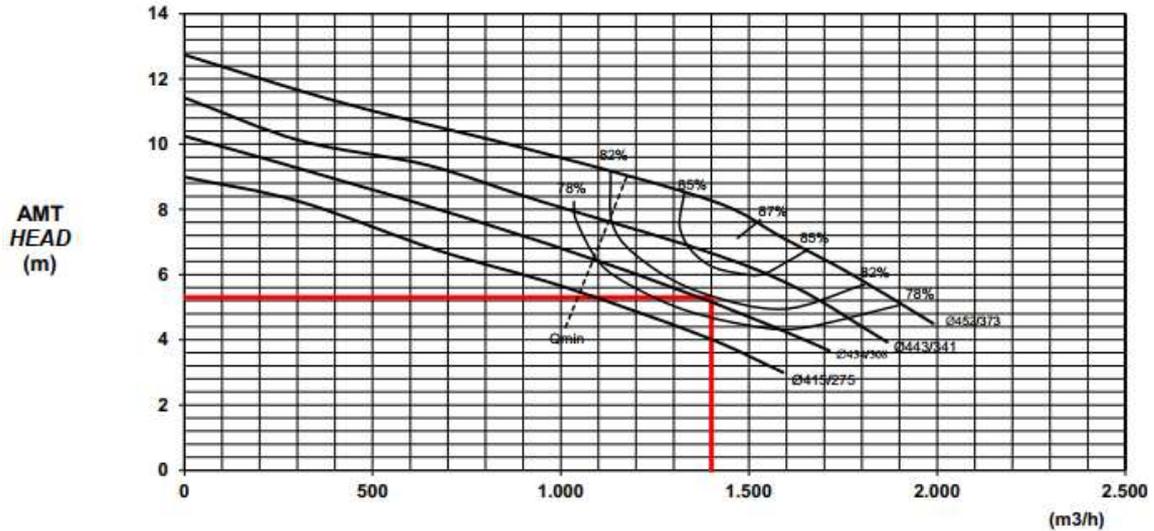


Figura 4 – Curva característica da bomba selecionada

Fonte: KSB

3.1.3.5. Cálculo do NPSH disponível e requerido pelo conjunto moto-bomba

O NPSH disponível é calculado pela equação a seguir.

$$NPSH_{disponível} = \frac{P_a - P_v}{\gamma} - Z - h_f$$

Onde,

- P_a é a pressão atmosférica;
- P_v é a pressão de vapor;
- Z é a altura de sucção, dado por $Z = h_{bomba} - h_{mín,sucção}$;
- γ é o peso específico da água;
- h_f é a perda de carga localizada na sucção;
- h_{bomba} é a cota do eixo da bomba;
- $h_{mín,sucção}$ é a cota do nível d'água - NA mínimo no poço de sucção.

O eixo da bomba está na cota 0,905 m e o NA mínimo no poço de sucção está na cota 1,63 m. Com isto, a altura de sucção será:

$$Z = 0,905 - 1,63 \rightarrow Z = -0,725 \text{ m}$$

Além disso, a pressão atmosférica é 10092,22 kg/m², a pressão de vapor é 752,17 kg/m², o peso específico da água é de 1000 kg/m³ e a perda de carga localizada na sucção é dada pela equação a seguir.

$$h_f = (0,9 + 0,2 + 0,1) \cdot \frac{1,98^2}{2 \cdot 9,81} \rightarrow h_f = 0,240 \text{ m}$$

Com estes valores calculados é possível determinar o NPSH disponível no sistema.

$$NPSH_{disponível} = \frac{10092,22 - 752,17}{1000} - (-0,725) - 0,240$$
$$NPSH_{disponível} = 9,83 \text{ m}$$

3.2. Informações Técnicas dos Conjuntos Moto-bomba

Para este projeto foram selecionados 03 (três) unidades de conjuntos moto-bomba cujas informações técnicas serão descritas a seguir.

3.2.1. Bombas

As bombas selecionadas serão do fornecedor *KSB Brasil LTDA*, modelo *Meganorm 400-440 A*, que se trata de uma bomba centrífuga horizontal, de sucção simples horizontal e descarga vertical, projeto *back pull-out*. As principais características da bomba são:

- Diâmetro de sucção: 400 mm;
- Diâmetro de descarga: 400 mm;
- Rotação nominal: 710 rpm;
- Massa: 800 kg.

3.2.2. Motor

Os motores elétricos para acionamento das bombas serão do fornecedor *WEG*, modelo *W22 Premium IE3 – Ipw55 – 220/380/440 V – isolamento F com Δt de 80K – B3D* com potência de 40 cv cada.

3.2.3. Principais Informações dos Conjuntos

- Base em aço estrutural soldado;
- Luva elástica Acionac sem espaçador – modelo AE;

- Proteção de acoplamento em chapa de aço carbono, conforme norma NR-12/OSHA;
- Eixo vedado por jogo de gaxetas;
- Plaqueta de identificação da bomba conforme modelo *KSB*.

3.3. Características Operacionais Do Sistema De Bombeamento

Neste item serão descritos os principais procedimentos a serem adotados para o correto acionamento do sistema de bombeamento.

3.3.1. Principais componentes do sistema:

- Válvula *flap* pivotante de seção retangular;
- Comporta manual;
- Poço de sucção;
- Grade de proteção do poço de sucção;
- 03 (três) conjuntos moto-bomba, sendo 02 operantes e 01 de *backup*.

3.4. Operação do sistema:

A operação do sistema de bombeamento será automatizada, com a utilização de sensores de nível que farão o acionamento dos conjuntos. Além disso, recomenda-se a presença de um profissional capacitado para o acompanhamento do sistema, caso ocorra algum tipo de falha no sistema de acionamento.

O sistema em questão contará com três conjuntos moto-bomba, sendo que dois destes serão operantes e um será reserva. O primeiro conjunto será acionado no nível 811,30 m. Caso o nível da várzea continue aumentando devido às chuvas e atinja a cota 811,50 m, o segundo conjunto será acionado. O conjunto reserva também será acionado de forma automática quando houver um evento chuvoso muito intenso que faça o nível da várzea atingir a cota 812,00 m. Desta forma, as três moto-bombas atuarão em conjunto.

Outro fator a ser considerado é o nível do Rio Mandu. Caso este nível suba a ponto de impedir o escoamento da água presente na várzea e o fluxo d'água comece a retornar, uma válvula *flap*, instalada à jusante do bueiro celular existente, atuará impedindo o refluxo.

O nível d'água mínimo de operação do sistema é de 1,63 m (cota 811,08 m), ou seja, operar os conjuntos moto-bomba abaixo deste nível pode diminuir a vida útil do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). Hidroweb: Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em < <http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 15 jul. 2022.

CDHU – Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano. Manual Técnico de Projetos. Agosto de 2008.

PORTO, R.M. Hidráulica básica. 2. ed. São Carlos: EESC-USP, 1999.

RAMOS., C.L; BARROS, M.T.L.; PALOS, J.C.F., COORD. (1999) – Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município De São Paulo. Prefeitura do Município de São Paulo e Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – CTH, São Paulo.

RIO DE JANEIRO (MUNICÍPIO). Instruções Técnicas para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico de Sistemas de Drenagem Urbana. p. 60. Dezembro de 2010.

SÃO PAULO (ESTADO). DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS. Equações de Chuvas Intensas do Estado de São Paulo. São Paulo: DAEE/CTH, 1999. 141p.

SANTOS, L. C. C. Estimativa de vazões máximas de projeto por métodos determinísticos e probabilísticos. 2010. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010.

TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, ABRH, 2009. 943 p.

ANEXOS
ANEXO A
ANEXO B