

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
RELATÓRIO FINAL DE ESTÁGIO
SUPERVISIONADO

PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO
CONVENCIONAL PARA A CULTURA DO CAPIM
ELEFANTE NO MUNICÍPIO DE POMBAL - PB.

KÁTIA GONÇALVES DE FREITAS


CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
SETEMBRO DE 1996


**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

AUTORA: KÁTIA GONÇALVES DE FREITAS

ORIENTADOR: HAMILTON MEDEIROS DE AZEVEDO

EXAMINADOR: 
Hamilton Medeiros de Azevedo

EXAMINADOR: 
José Dantas Neto

EXAMINADOR: 
Carlos Alberto Vieira de Azevedo

**DEAg
Setembro de 1996**



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

A minha filha, Beatriz.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de mencionar o fundamental apoio de minha filha que, com sua chegada ao mundo e a minha vida, trouxe serenidade e alegria para o meu dia-a-dia, o que me deu forças para seguir em frente na dura luta que é a vida e garra para perseguir os meus objetivos, em particular a conclusão deste curso.

Ao meu orientador, prof. Hamilton M. de Azevedo, por sua presteza e compreensão, sempre pronto a esclarecer minhas inúmeras dúvidas, o que muito contribuiu para o amadurecimento deste trabalho.

Aos meus colegas de trabalho, funcionários do Banco do Brasil, principalmente os que, direta ou indiretamente, empenharam-se na minha permanência no horário noturno, sem o que a conclusão deste curso no mínimo seria muito mais árdua e adiada.

Ao funcionário do LEID - Laboratório de Engenharia de Irrigação e Drenagem, Demóstenes Cardoso Taveira Neto, pelo desenho da planta deste projeto.

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo a elaboração de um projeto de irrigação por aspersão convencional, para a cultura do capim elefante, em uma área de 10 ha. A metodologia utilizada, proposta por Azevedo, H. M. (1991), compreende as seguintes etapas: Dados Básicos, Projeto Agronômico, Engenharia e Orçamento.

Como resultado, obteve-se um sistema cujos componentes básicos são: conjunto motobomba com potência de 28,5 cv para a bomba e 31,3 para o motor, tubulação adutora com 60 m de comprimento, tubulação principal com comprimento de 288 m, composta por dois trechos, e duas laterais, também compostas, cada uma por dois trechos, com 174 m de comprimento total.

Índice

1. Introdução	1
2. Objetivo	3
3. Materiais e Método	3
3.1. Dados Básicos	3
3.2. Projeto Agronômico	3
3.3. Engenharia	5
3.3.1. Concepção do Sistema	5
3.3.2. Manejo	5
3.3.3. Dimensionamento	9
Tubulação lateral	9
Tubulação principal	13
Tubulação adutora	17
Tubulação de sucção	18
Bomba	19
Motor	20
4. Resultados e discussão	21
4.1. Análise dos Dados Básicos e Projeto Agronômico	21
4.2. Projeto Técnico	23
4.2.1. Concepção do Sistema	23
4.2.2. Manejo do Sistema	23
4.2.3. Dimensionamento do Sistema	24
5. Conclusões	25
Bibliografia	26
Apêndice 1 - Resultados	27
1. Dados Cadastrais	28
2. Projeto Agronômico	29
3. Engenharia	32
3.1. Concepção do Sistema	32
3.2. Manejo do Sistema	34
3.3. Dimensionamento do Sistema	36
3.3.1. Lateral	36
3.3.2. Principal	37
3.3.3. Adutora	37
3.3.4. Sucção	38
3.3.5. Conjunto motobomba	38
4. Orçamento	
4.1. Relação do material	38

1. Introdução

A irrigação é uma prática agrícola através da qual se fornece o suprimento de água necessário às culturas, em locais ou períodos em que o abastecimento natural não é suficiente, proporcionando ao produtor a certeza do retorno de seu investimento. Atualmente, trata-se de uma prática imprescindível que, aliada às demais técnicas modernas de condução das culturas, faz da agricultura uma atividade rentável.

Os métodos de irrigação dividem-se em duas categorias, de acordo com a forma de aplicação da água às plantas: a irrigação por superfície ou gravidade e a irrigação por pressão ou pressurizada, Gomes (1994).

Na irrigação por superfície, a água escoou sobre a superfície do solo, impulsionada pela força da gravidade. Como principais vantagens tem-se a economia de energia e o baixo custo de implantação, porém seu uso se limita a áreas cuja topografia e tipo de solo sejam favoráveis. Nessa categoria enquadram-se os sistemas de irrigação por sulcos, por faixas e por inundação.

Na irrigação pressurizada, a água geralmente é impulsionada por estações de bombeamento e a sua condução até a área de cultivo se faz através de condutos forçados. A distribuição é feita por meio de estruturas especiais, os emissores, que podem ser aspersores, gotejadores, microaspersores, etc. Como vantagens dessa categoria tem-se a melhor adequação aos diversos tipos de solo, cultura, clima e topografia do terreno, menor necessidade de mão-de-obra, maior uniformidade de distribuição, melhor operacionalidade e menor consumo d'água (maior eficiência). Alguns sistemas que se enquadram nessa modalidade são: a irrigação por aspersão, microaspersão, gotejamento, canhão hidráulico, etc.

A irrigação por aspersão surgiu na metade deste século, com o advento dos tubos metálicos leves, viabilizando os primeiros sistemas portáteis de irrigação. No Brasil, a sua utilização teve início na década de 50, quando foram importados os primeiros equipamentos destinados à cultura do café. Com a necessidade de se reduzir a utilização de mão-de-obra, esses sistemas foram sendo substituídos por sistemas fixos ou permanentes, que empregam maior quantidade de tubulações e aspersores. Posteriormente, na década de sessenta, diferentes sistemas de aspersão mecanizados começaram a surgir e atualmente faz-se uso inclusive da automação para controle das aplicações, em sistemas especiais, Gomes (1994).

Na irrigação por aspersão, a água é aplicada ao solo em forma de chuva artificial, por meio de aspersores, cuja função é pulverizar o jato d'água que sai da tubulação, proporcionando uma adequada distribuição da precipitação sobre a área de cultivo. Essa pulverização é obtida pela passagem da água sob pressão através de pequenos orifícios ou bocais.

Por sua versatilidade, fácil manejo e adequação à quase totalidade dos tipos de solo, cultura e topografia, a irrigação por aspersão é hoje um dos métodos mais utilizados no mundo. Entretanto, o seu uso é discutível em regiões onde ocorrem ventos excessivamente fortes e altas temperaturas, como também no caso da água de irrigação conter alto teor de sais.

Os sistemas de irrigação por aspersão podem ser classificados em portáteis, permanentes e mecanizados, sendo que, dentro de cada uma dessas categorias, há uma grande variedade de tipos especiais, conforme as adaptações que geralmente são feitas em função de situações particulares, Ollita (1984).

2. Objetivo

Este estágio teve como objetivo a elaboração de projeto de um sistema de irrigação por aspersão convencional para a cultura do capim elefante, numa área de 10 ha, localizada no município de Pombal (Pb).

3. Materiais e Método

Para elaboração do projeto adotou-se o roteiro proposto por Azevedo, H. M. (1995), cujas etapas são abaixo descritas:

3.1. Dados Básicos

Através de trabalho prévio de reconhecimento da área a ser irrigada, são obtidos os dados mínimos necessários à elaboração do projeto, dados esses referentes a solo, clima, água e topografia. Os dados referentes à cultura a irrigar também são essenciais ao dimensionamento do sistema. No apêndice 1, itens 1 e 2 são apresentados os dados básicos do projeto em questão.

3.2. Projeto Agronômico

No projeto agronômico calcula-se o requerimento d'água do sistema, em função das características do solo, clima, água e da cultura a ser irrigada, através das equações descritas na sequência abaixo:

- **uso consuntivo (UC), em mm:** consumo de água do conjunto solo-planta.

$$UC = ETR \times K_c$$

onde: ETR - evapotranspiração de referência, em mm (média mensal)
K_c - coeficiente de cultivo

- **necessidade de irrigação líquida (NIL), em mm:** déficit d'água mensal do projeto que será suprido pela irrigação.

$$NIL = UC - PP$$

onde: PP - precipitação esperada, em mm

- **demanda mensal líquida (DML), em m³/ha:** necessidade de irrigação líquida mensal.

$$DML = 10 \times NIL$$

- **lâmina líquida inicial (LL), em mm:** lâmina necessária para elevar a umidade inicial do solo à capacidade de campo.

$$LL = (CC - PMP) \times Da \times P_c / 100$$

onde: CC - capacidade de campo, em %

PMP - ponto de murcha permanente, em %

Da - densidade aparente do solo, em g/cm³

P_c - profundidade da camada de solo correspondente à profundidade efetiva das raízes, em mm

- **lâmina líquida de reposição (LRL), em mm:** lâmina necessária para repor a água consumida pelo conjunto solo-planta durante o turno de rega.

$$LRL = LL \times Y/100$$

onde: Y - água de reposição, em %

- **frequência de irrigação (FI), em dias:** ou turno de rega, é o intervalo entre duas irrigações sucessivas.

$$FI \leq LRL / UC_d$$

onde: UC_d - uso consuntivo diário, em mm

- **lâmina de irrigação líquida (LIL), em mm:** lâmina a ser aplicada em cada irrigação, em função da necessidade do conjunto solo-planta e da frequência de irrigação.

$$LIL = UC_d \times FI$$

- **necessidade de lixiviação (NL):** fração da água de irrigação, destinada à lavagem dos sais acumulados no solo.

$$NL = CE_{ai} / (5 \times CE_{es} - CE_{ai})$$

onde: CE_{ai} - condutividade elétrica da água de irrigação, em mmhos/cm a 25^o C

CE_{es} - condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, em mmhos/cm a 25^o C

- **lâmina de lixiviação (LV), em mm:** lâmina a ser acrescida à LIL, destinada à lavagem de sais do solo.

$$LV = LIL \times NL$$

3.3. Engenharia

Esta etapa é composta pelos itens **concepção do sistema, manejo e dimensionamento**, os quais são descritos abaixo:

3.3.1. Concepção do Sistema

Neste item, com base em um conjunto de regras gerais, define-se o lay-out do sistema e o(s) tipo(s) de aspersor(es) a ser(em) utilizado(s). Aqui também define-se o manejo das laterais e o tipo de material das tubulações.

Na definição do lay-out, os aspectos considerados são os seguintes:

- localização da fonte d'água e do conjunto motobomba;
- tamanho e forma da área;
- topografia;
- direção do vento.

Na seleção do aspersor são determinados os seguintes parâmetros:

- precipitação do aspersor máxima (função do tipo de solo) e mínima (função do clima);
- relação bico/pressão: função da velocidade do vento e da sensibilidade mecânica da cultura ao grau de pulverização;
- espaçamento do aspersor: função da direção e velocidade do vento e do diâmetro molhado pelo aspersor.

3.3.2. Manejo

Neste item estima-se a eficiência do sistema, com auxílio do quadro I, em função da lâmina de irrigação líquida a aplicar, da evapotranspiração de referência e da velocidade do vento. Em seguida, são calculados os demais parâmetros de manejo, de acordo com a sequência abaixo apresentada:

- **necessidade de irrigação bruta (NIB), em mm/mês**

$$NIB = (NIL / EF) \times 100$$

onde: EF - eficiência de irrigação, em %, retirada do quadro I:

Quadro I - Valores em porcentagem da eficiência de aplicação da irrigação por aspersão convencional*

Lâmina de irrigação líquida (mm)	Evapotranspiração de referência (mm/dia)		
	< 5	5 a 7,5	> 7,5
	Velocidade do vento < 6,5 km/h		
25	68	65	62
50	70	68	65
100	75	70	68
150	80	75	70
	Velocidade do vento de 6,5 a 16 km/h		
25	65	62	60
50	68	65	62
100	70	68	65
150	75	70	68
	Velocidade do vento > 16 km/h		
25	62	60	58
50	65	62	60
100	68	65	62
150	70	68	65

* Fonte: McCulloch e outros (1967)

- **demanda mensal bruta (DMB), em m³/ha/mês**

$$DMB = NIB \times 10$$

- **vazão unitária mensal (QU), em l/s/ha**

$$QU = DMB / (HD \times JM \times 3,6)$$

onde: HD - tempo de funcionamento diário, em h
JM - jornada mensal de trabalho, em dias

- **lâmina de irrigação bruta (LIB), em mm**

$$LIB = [(LIL + LV) \times 100 / EF]$$

- lâmina bruta inicial (LBI), em mm

$$LBI = LL \times (1 + NL) \times 100/EF$$

- precipitação do aspersor (PA), em mm/h

$$PA = (qa \times 1000)/(EA1 \times EA2)$$

onde: qa - vazão do aspersor, m^3/h

$EA1$ - espaçamento entre laterais de aspersores, em m

$EA2$ - espaçamento entre aspersores na lateral, em m

- tempo de irrigação (T), em h

$$T = LBI/PA$$

- número de mudanças por dia (NM)

$$NM = HD/(T + TM)$$

onde: TM - tempo para mudança de posição de uma lateral, em h

- número total de mudanças no turno de rega (NMT)

$$NMT = NM \times FI$$

- tempo de funcionamento diário (TD), em h

$$TD = NM \times (T + TM)$$

- número de aspersores

a) número de aspersores por lateral (NAL)

$$NAL = L/(NLP \times EA2)$$

onde: L - largura da área, em m

NLP - número de lados da principal

b) número máximo em função da vazão disponível (ND)

$$ND = (Qd \times Efc) / 100 \times qa$$

onde: Qd - vazão disponível, em l/s

Efc - eficiência de condução, em %

c) número mínimo em função da área a irrigar (NA)

$$NA = (A / [(FI \times NM) / a])$$

onde: A - área total a ser irrigada, em m²
a - área irrigada por aspersor, em m²

- número de laterais com funcionamento simultâneo (NL)

$$NL = NA / NAL$$

- área irrigada por mudança (AM), em m²

$$AM = (NAL \times EA1 \times EA2) \times NL$$

- área irrigável pelo sistema (AI), em ha

$$AI = (NMT \times AM) / 10.000$$

- vazão média do projeto (QM), em m³/h

$$QM = NAL \times NL \times qa$$

- volume mensal bombeado (VMB), em m³

$$VMB = DMB \times AI$$

- horas de bombeamento mensal (HBM), em h

$$HBM = (DMB \times AI) / QM$$

3.3.3. Dimensionamento

Neste item são dimensionados os diâmetros das tubulações lateral e de condução e seleciona-se o conjunto motobomba.

Tubulação lateral

Para o dimensionamento da tubulação lateral foi utilizado o método da máxima variação de pressão, sendo necessários para tanto os seguintes dados:

- sobre o aspersor:
pressão de serviço (PS);
vazão do aspersor (QA);
espaçamento entre aspersores e entre laterais (EE2 e EE1);
altura do aspersor (AA).
- declividade do terreno (s)
- velocidade máxima admissível da água na tubulação ($V_{m\acute{a}x}$)
- variação de pressão máxima (DP)
- comprimento da área irrigada pela lateral (CAIL)

Sequência de cálculos

- número de aspersores (NA)

$$NA = CAIL / EE2$$

- fator de Christiansen (F) - função do número de aspersores e do expoente m da velocidade na equação de perda de carga adotada, que no caso foi a de Hazen-Williams

$$hf = [(10,67 / D^{4,87}) \times (Q / C)^{1,852}]$$

onde: Q - vazão, em m^3 / s

D - diâmetro interno da tubulação, em m

C - coeficiente de atrito que depende do tipo de material dos tubos

- Comprimento da tubulação lateral (CTL), em m

$$CTL = [(NA - 1) \times EE2] + EE'$$

onde: EE' - distância do primeiro aspersor ao início da lateral

- **Desnível (DZL), em m**

$$DZL = CTL \times s / 100$$

- **perda de carga localizada na conexão do tubo de elevação do aspersor com a lateral (HFL), em m**

$$HFL = (NAL \times KL \times VL^2) / 2g$$

onde: KL - coeficiente de perda de carga localizada da conexão do tubo de elevação do aspersor com a lateral

VL - velocidade do fluxo na lateral, em m / s

- **perda de carga admissível (hf_a), em mca**

$$hf_a = [(20 \times PS) / 100] \pm DZ$$

onde determina-se que a máxima variação de pressão admissível é 20%.

- **perda de carga unitária (J_{au}), em mca/m**

$$J_{au} = hf_a / (F \times CTL)$$

- **vazão da lateral (QA), em m³/s**

$$QL = (NA \times QA) / 3.600$$

- **diâmetro da tubulação calculado (D), em m**

$$D = [QL / (0,2785 \times C \times (J_{au})^{0,54})]^{1/2,83}$$

onde: C - coeficiente de rugosidade da tubulação .

Seleção do diâmetro

Deve-se selecionar o diâmetro comercial maior ou igual ao diâmetro calculado, após o que procede-se à verificação da velocidade da água na tubulação e da perda de carga real (hf). Em seguida faz-se a análise dos resultados, com base na qual decide-se sobre a necessidade ou não de se reduzir o diâmetro. Se hf for igual ou tiver valor muito próximo de hf_a não haverá necessidade de redução, caso contrário, ou seja, se $hf \ll hf_a$ serão adotados dois diâmetros, o maior sendo o anteriormente selecionado e o menor a ser determinado pela sequência de cálculos apresentada a seguir.

Redução do diâmetro

Na determinação do diâmetro reduzido utiliza-se o Método de Christiansen, que parte da premissa

$$hf = hf_1' - hf_1'' + hf_2$$

onde: $hf_1' = f [QL ; DL_1 ; L ; F (NA)]$
 $hf_1'' = f [QL_2 ; DL_1 ; L_2 ; F (NA_2)]$
 $hf_2 = f [QL_2 ; DL_2 ; L_2 ; F (NA_2)]$

sendo: DL_1 - diâmetro maior
 DL_2 - diâmetro menor
 L - comprimento da lateral
 L_2 - comprimento do trecho de menor diâmetro
 QL_2 - vazão do trecho de menor diâmetro
 NA_2 - número de aspersores do trecho de menor diâmetro

e cujos passos são mostrados a seguir:

1) Definição dos diâmetros

- $DL_1 = D$
- $DL_2 =$ diâmetro comercial imediatamente inferior a DL_1 .

2) Determinação dos comprimentos dos tubos por diâmetro

Essa determinação é feita por tentativa. Na primeira tentativa DL_1 é reduzido para DL_2 na metade do comprimento da lateral, após o aspersor onde a vazão da tubulação seja a metade da vazão da lateral, sendo então os comprimentos determinados da seguinte forma:

- para DL_1 , $L_1 = [(NA_1 - 1) \times EE2] + EE'$

onde L_1 é o comprimento do trecho de maior diâmetro

- para DL_2 , $L_2 = NA_2 \times EE2$

3) Cálculo da perda de carga hf, em mca, a partir da equação de Hazen-Williams

4) Análise dos resultados

Se hf for igual ou muito próxima de hf_a , adota-se os comprimentos anteriormente determinados. Caso contrário, faz-se novas tentativas, sabendo-se de antemão que

- a) se $hf < hf_a$, deve-se aumentar L_2 ;
- b) se $hf > hf_a$, deve-se diminuir L_2 .

5) Cálculo da variação de pressão na lateral

Definidos os comprimentos dos trechos, calcula-se então as pressões no início (PIL) e no final (PFL) da lateral e a variação de pressão (DP) na mesma, através das equações:

$$PIL = PS + 0,75.hf \pm 0,5.DZ + AA$$

$$PFL = PS - 0,25.hf \pm 0,5.DZ + AA$$

$$DP = [(P_{in} - P_f) / PS] \times 100$$

6) Determinação do número de tubos a serem adquiridos.

Tubulação principal

O dimensionamento da tubulação principal foi feito com base na velocidade máxima admissível, de 2,0 m/s, sendo para tanto necessários os seguintes dados:

- **área irrigável pelo sistema durante o turno de rega (AT), em m²**

$$AT = CAIL \times EE1 \times NL \times NM \times FI$$

onde: CAIL - comprimento da área irrigada por uma lateral, em m

EE1 - espaçamento entre laterais, em m

NL - número de laterais

NM - número de mudanças por dia

FI - frequência de irrigação, em dias

- **desnível (DZ), em m, ou declividade (s), em %**

- **comprimento da área irrigada na direção da principal (CAIP) - calculado da seguinte maneira:**

$$CAIP = AT / (CAIL \times NLP)$$

onde: NLP - número de lados da principal

- **sobre o aspersor:**

pressão de serviço (PS), em mca

vazão (QA), em m³ / h

espaçamento entre aspersores (EE2), em m

número de aspersores na lateral (NAL)

- **sobre a lateral:**

pressão no início (PI), em mca

vazão (QL), em m³ / h

espaçamento entre laterais (EE1), em m

distância da primeira lateral ao início da área (EE'), em m

número de laterais (NL)

- **velocidade máxima admissível (V_{máx}), em m/s**

Sequência de cálculos

- número de válvulas de derivação (NVD)

$$NVD = CAIP / EE1$$

- comprimento da tubulação principal (CTP), em m

$$CTP = [(NVD - 1) \times EE1] + EE1 / 2$$

- desnível da principal (DZP), em m

$$DZP = CTP \times s / 100$$

- perda de carga admissível (hfa), em mca

$$hfa = [(30 \times PS) / 100] \pm DZP$$

Quando o valor de DZP é próximo ou superior à variação de pressão admissível $DP = 0,3 PS$, necessário se faz o uso de reguladores de pressão nas saídas das laterais, ficando hfa igual ou superior à DP, o que garante uma pressão igual em todas as tomadas de água das laterais. A seleção do diâmetro nestes casos é função da velocidade máxima admissível e da capacidade do regulador de pressão.

- perda de carga unitária (Ja), em mca/m

$$Ja = hfa / CTP$$

- vazão da principal (QP), em m^3 / s

$$QP = NL \times QL$$

- diâmetro calculado (Dc), em m

$$D_1 = \left\{ QP / [0,2785 \times C \times (Ja)^{0,54}] \right\}^{2,63}$$

Quando se usa o método da velocidade máxima, adotado neste projeto, o diâmetro é calculado pela seguinte equação, aplicada a cada trecho da tubulação:

$$D = 1.000 [(1,273 \times QP) / VA]^{0,5}$$

onde: VA - velocidade máxima da água no tubo

Seleção do diâmetro

O procedimento para seleção do diâmetro é idêntico ao adotado para a lateral e, se após a análise concluir-se pela necessidade de se usar dois diâmetros, o segundo diâmetro é determinado de acordo com a sequência de redução apresentada a seguir.

Redução do diâmetro

A equação geral desta metodologia é

$$x_2 = \{ [hfa - (CTP \times J_1)] / (J_2 - J_1) \}$$

onde: x_2 - comprimento do trecho de menor diâmetro, em m
 J_1 - perda de carga unitária do diâmetro maior, em mca/m
 J_2 - perda de carga unitária do diâmetro menor, em mca/m

Após a definição do diâmetro comercial imediatamente inferior (D_2) ao diâmetro acima calculado (D_1), efetua-se a seguinte sequência de cálculos:

1) velocidade da água no diâmetro menor, em m/s

$$V_2 = 1,2739 \times QL / (D_2)^2$$

2) perda de carga unitária, em mca/m

$$J = [10,67 / (D_1)^{4,87}] \times (QP / C)^{1,852}$$

Calcula-se J_1 e J_2 através da equação acima.

onde: C - coeficiente de rugosidade do tubo

3) comprimentos das tubulações por diâmetro (x_1 e x_2), em m

Calculados através da equação geral, o valor de x_2 devendo ser aproximado para o múltiplo de seis imediatamente inferior. O valor de x_1 é obtido pela subtração de x_2 do CTP.

4) número de tubos a serem adquiridos

5) perda de carga (h_f), em mca

$$h_f = (x_1 \times J_1) + (x_2 \times J_2)$$

6) pressão no início da principal (PIP), em mca

$$PIP = PIL + h_f \pm DZP$$

7) pressão disponível nas válvulas de derivação (PD), em mca

$$PD_i = PIP - (DZ_i + HF_i)$$

onde: PD_i - pressão disponível na tomada i da lateral, em mca

DZ_i - desnível entre o início da principal e a tomada i da lateral, em m

HF_i - perda de carga do início da principal até a tomada i , em m

8) excesso de pressão nas válvulas de derivação (EP), em mca

$$EP_i = PD_i - PIL$$

onde: EP_i - excesso de pressão na tomada i da lateral, em mca

Tubulação adutora

O método de dimensionamento da adutora baseia-se na velocidade máxima admissível de 2,0 m/s.

Sequência de cálculos

- **vazão da adutora (QA), em m³/s**

QA = soma das vazões das principais que funcionam simultaneamente

- **comprimento da adutora (LA), em m**

LA = distância entre o início da principal e a saída da bomba

- **diâmetro da adutora (DA), em mm**

$$DA = 1.000 \times [(1,273 \times QA) / VA]^{0,5}$$

onde: VA - velocidade máxima da água no tubo

- **seleção do diâmetro:** seleciona-se o diâmetro comercial imediatamente superior ao diâmetro acima calculado.

- **perda de carga na adutora (HA), em mca**

$$HA = [10,67 \times LA \times (QA / C)^{1,852}] / DA^{4,87}$$

onde: C - coeficiente de rugosidade do tubo

- **pressão no início da adutora (PIA), em mca**

$$PIA = PIP + HA \pm DZA$$

Tubulação de sucção

O diâmetro da sucção (DSC) é o mesmo selecionado para a adutora e a perda de carga na sucção (HSC) é calculada pela equação

$$HSC = [10,67 \times LSC \times (QSC / C)^{1,852}] / DSC^{4,87}$$

onde: LSC - comprimento da tubulação de sucção, em m
QSC - vazão da sucção = QA

Bomba

A seleção da bomba é feita conforme a sequência abaixo apresentada:

- **vazão da bomba (QB), em m³ / h**

QB = somatório das vazões das adutoras

- **altura manométrica (HM), em mca**

HM = (PIA + HSC + DZSC) x 1,05

onde: DZSC - altura de sucção, em m, positivo se o nível da água situa-se abaixo do eixo da bomba e negativo caso contrário, ou seja, quando se trata de bomba afogada.

- **NPSH disponível (NPSHd), em m**

NPSHd = P_o - (Pv + HSC + DZSC)

onde: P_o - pressão atmosférica local, em mca

Pv - equivalente de pressão de vapor de água à temperatura de 30° C, em mca

- **seleção da bomba** - seleciona-se a bomba que atenda os parâmetros acima calculados, após o que calcula-se a sua potência (PB) e a altura de sucção máxima (DZSCM), conforme mostrado nos itens seguintes.

- **potência da bomba (PB), em cv**

PB = (QBR x HMR) / (2,7 x R)

- **altura de sucção (DZSCM), em m**

DZSCM = P_o - (Pv + HSC + NPSHr)

onde: NPSHr - NPSH requerido pela bomba

Motor

A potência do motor é determinada de acordo com o quadro abaixo:

Quadro II - Capacidade de acionamento do motor

Consumo da bomba (cv)	capacidade mínima do motor (cv)
0,10 a 0,40	0,75
0,41 a 0,70	1,00
0,71 a 1,20	1,50
1,21 a 1,60	2,00
1,61 a 15,0	1,20 x PB
> 15,0	1,15 x PB

3.4. Cálculos

Todos os cálculos do projeto foram efetuados com o auxílio do software **PSI - Projeto de Sistemas de Irrigação**, Araújo et alii (1989), o qual se destina à realização dos cálculos referentes a projetos de irrigação, seja para o método de aspersão convencional, como também para os métodos de irrigação por sulcos e localizada (microaspersão e gotejamento).

4. Resultados e discussão

O resumo dos resultados do projeto é apresentado no apêndice 1.

4.1. Análise dos dados básicos e projeto agrônômico

Clima

A área a ser irrigada está localizada em região de clima semi-árido, cuja evapotranspiração mensal varia entre 122 mm e 201 mm, nos meses de junho e dezembro, respectivamente. A precipitação se distribui entre os meses de janeiro e junho, com valores prováveis que variam de 2,0 mm, em junho, e 103,mm, em março. Entretanto, para efeito de suprimento d'água à cultura, as precipitações prováveis de 8,0 mm, 13,0 mm e 2,0 mm nos meses de janeiro, maio e junho, respectivamente, são insignificantes. Há, portanto, ocorrência de déficit hídrico ao longo de todo o ano, sendo necessário o emprego de irrigação integral durante 9 meses do ano e complementar nos demais meses.

O uso consuntivo varia de 122,0 mm/mês a 201,0 mm/mês, nos meses de junho e dezembro, respectivamente. A lâmina líquida inicial é de 133,9 mm e a necessidade de irrigação líquida tem seu menor valor em março (35,0 mm/mês) e maior em dezembro (201,0 mm/mês). A variação da lâmina de irrigação líquida é de 32,85 mm, em junho, a 54,12 mm, em dezembro. Já a lâmina de lixiviação varia de 1,13 mm a 1,87 mm, nos meses de junho e dezembro respectivamente. Os dados referentes ao balanço hídrico encontram-se no quadro 2.1 do apêndice 1.

Outro fator climático a ser considerado nesta análise é o vento, cuja velocidade média na região é de 1,8 m/s, o que não afeta o emprego da aspersão, uma vez que sua influência sobre a uniformidade de distribuição da água pelos aspersores e sobre as perdas d'água por evaporação é moderada, Pillsbury (1976).

Solo e água

A textura franco-arenosa do solo proporciona uma baixa capacidade de retenção de umidade e elevada velocidade de penetração da água, o que exige regas relativamente frequentes e de pouca duração, Pillsbury (1976), ao que a irrigação por aspersão se presta muito bem, sendo, portanto, o método mais indicado.

Em virtude do sistema radicular da cultura a ser implantada (capim elefante) ter profundidade efetiva de 1,0 m, foi realizada análise do solo até essa profundidade, cujos resultados são apresentados no quadro 2.2 do apêndice 1.

A proximidade da área ao Rio Piranhas proporciona economia de custos com a condução de água e sua vazão média, da ordem de $1.200 \text{ m}^3 / \text{h}$, garante o suprimento d'água necessário ao funcionamento do sistema, possibilitando, inclusive, futuras expansões de área.

A água é de boa qualidade, classificação C1S1 e condutividade elétrica de $0,3 \text{ mmhos} / \text{cm}$ a 25° C , o que possibilita a exploração de outras culturas, caso seja de interesse do proprietário.

Cultura

Escolheu-se o capim elefante como cultura a ser irrigada, tendo em vista que a propriedade tem como principal atividade a exploração de bovinocultura de corte, necessitando, portanto, de um adequado suprimento de forragens durante todo o ano, principalmente no período de estiagem.

O capim elefante é uma forrageira perene que possui sistema radicular com profundidade efetiva de $1,0 \text{ m}$, coeficiente de cultivo igual a $1,0$ e requer uma reposição de 45% de água.

A altura das plantas, em torno de $2,0 \text{ m}$, exige que os aspersores sejam instalados em tubos de elevação altos, o que dificulta o deslocamento das laterais, quando das mudanças de posição e favorece as perdas d'água por evaporação em virtude da ação dos ventos, o que não constitui grave problema neste caso particular, visto ser moderada a velocidade média dos ventos, como já foi discutido no item clima acima.

Topografia

O relevo plano, com suave declividade ascendente desde o conjunto motobomba até a área a irrigar, assim como o pequeno desnível no perfil de sucção, proporcionam economia de custos com energia para elevação e condução da água.

Informações complementares

A disponibilidade de energia elétrica na propriedade facilita a implantação e operacionalização do sistema, reduzindo os custos com bombeamento e mão-de-obra.

4.2. Projeto Técnico

4.2.1. Concepção do sistema

O formato regular e localização da área com relação à fonte d'água, às curvas de nível e direção dos ventos predominantes, facilitaram a definição do lay-out do sistema, possibilitando a localização da tubulação principal no centro da área, com laterais de mesmo comprimento, paralelas às curvas de nível e fazendo um ângulo de 45° com a direção do vento.

O material selecionado para as tubulações laterais, principal, adutora e sucção é o aço zincado, cujas especificações são apresentadas no item 3.3 do apêndice 1.

O aspersor selecionado foi o de marca PERROT , modelo ZED30, cujas características são apresentadas no item 3.1 do apêndice 1.

4.2.2. Manejo do sistema

A eficiência do sistema foi estimada em 70%, e a área ocupada pelo sistema apresenta 288 m de comprimento e 360 m de largura e funcionará durante as 24 h do dia, com jornada mensal de trabalho de 26 dias, ou seja, uma folga semanal para manutenção dos equipamentos e obras.

Haverá duas laterais funcionando simultaneamente, distanciadas 288 m entre si, cujo manejo será rotativo. Cada lateral é composta por 10 aspersores, instalados em tubos de elevação com 2,0 m de altura.

A cada mudança de posição das laterais é irrigado 0,86 ha e a área total irrigável pelo sistema é de 12,1 ha. Entretanto, como a área destinada ao projeto é de apenas 10 ha, ajustou-se o comprimento da principal para 288 m, eliminando-se com isso duas tomadas para laterais.

A frequência de irrigação adotada foi de 7 dias, com duas mudanças diárias, o que dá um total de 14 mudanças durante o turno de rega. Porém, em virtude do ajuste no comprimento da principal, o número total de mudanças no turno de rega é de apenas 12, o que significa que a área será irrigada em seis dias, com um dia de folga para os serviços de manutenção.

A lâmina bruta inicial é de 197,88 mm, aplicável num tempo total de 21 horas e 45 minutos.

A vazão média do sistema será de $78,60 \text{ m}^3 / \text{h}$.

Os parâmetros de manejo são detalhados no quadro 3.1 do apêndice 1.

4.2.3. Dimensionamento do sistema

a) Laterais

As laterais são compostas por dois trechos: o primeiro, de maior vazão, terá 3 aspersores e diâmetro interno de 87 mm e o segundo, de menor vazão, terá 7 aspersores e diâmetro interno de 68 mm, totalizando um comprimento de 174 m. As velocidades de circulação da água terão valores de 1,8 e 2,1 m / s no primeiro e segundo trecho, respectivamente. As vazões serão de 39,3 m³ / h no primeiro trecho e 27,51 m³ / h no segundo. Os quadros 3.2 e 3.3 do apêndice 1 apresentam o resumo dos parâmetros hidráulicos das laterais.

b) Principal

A tubulação principal terá um comprimento total de 288 m, dividido em dois trechos: o trecho 1 terá comprimento de 120 m, vazão de 39,3 m³ / h, diâmetro interno de 87 mm, 5 tomadas para laterais e a velocidade de circulação da água será de 1,8 m/s; o trecho 2 terá comprimento de 168 m, vazão de 78,6 m³ / h, diâmetro interno de 130 mm, 7 tomadas para laterais e a velocidade de circulação da água será de 1,6 m/s. O quadro 3.4 do apêndice 1 apresenta o resumo dos parâmetros hidráulicos da principal.

c) Adutora

O comprimento da tubulação adutora será de 60 m, com diâmetro interno de 130 mm, vazão de 78,6 m³ / h e velocidade do fluxo d'água de 1,64 m / s. Os demais parâmetros hidráulicos da adutora são apresentados no quadro 3.5 do apêndice 1.

d) Sucção

A tubulação de sucção terá comprimento de 10 m, com diâmetro interno de 130 mm, vazão de 78,6 m³ / h e velocidade do fluxo d'água de 1,64 m / s. Os demais parâmetros hidráulicos da sucção são apresentados no quadro 3.6 do apêndice 1.

e) Conjunto moto-bomba

A bomba selecionada tem potência de 28,5 cv, vazão de 84 m³ / h, altura manométrica de 65 m e rotor de 195 mm. A potência do motor é de 31,3 cv e seu rendimento é de 71%. Os demais parâmetros hidráulicos do conjunto moto-bomba são apresentados no quadro 3.7 do apêndice 1.

5. Conclusões

Do trabalho apresentado podemos tirar as seguintes conclusões:

- a ocorrência de déficit hídrico ao longo de todo o ano indica que há necessidade de irrigação para a área em questão, em regime integral durante nove meses e complementar nos demais meses;

- o método de irrigação por aspersão convencional adequa-se muito bem às condições existentes, principalmente no que concerne às características do clima, do solo e da cultura a ser implantada;

- a tubulação principal do sistema de irrigação se localiza no centro da área e as laterais lhes são perpendiculares, paralelas às curvas de nível do terreno, fazendo um ângulo de 45° com a direção dos ventos predominantes;

- o turno de rega de sete dias possibilita que o sistema funcione com apenas duas laterais, com duas mudanças diárias, e irrigue uma área de 10,36 ha em seis dias, destinando-se o sétimo dia aos serviços de manutenção de equipamentos e obras;

- as laterais são compostas por dois trechos de diferentes diâmetros, cada uma com um comprimento total de 174 m, abastecendo 10 aspersores;

- a tubulação principal também é constituída por dois trechos de diferentes diâmetros e seu comprimento é de 288 m;

- a estação de bombeamento é composta por uma bomba e um motor que demandam potência da ordem de 28,5 cv e 31,3 cv, respectivamente;

- o tempo de funcionamento diário do sistema varia de 11 horas e 40 minutos, em junho, a 18 horas e 34 minutos, em dezembro.

5. BIBLIOGRAFIA

AZEVEDO, H. M. - Projeto de Irrigação por Aspersão. Laboratório de Engenharia de Irrigação e Drenagem DEAG/CCT/UFPB - Campina Grande - PB, 1991. 108 p.

GOMES, H. P. - Engenharia de Irrigação. Hidráulica dos Sistemas Pressurizados, Aspersão e Gotejamento. Ed. Universitária/UFPB - João Pessoa - PB, 1994. 334 p.

OLLITA, A. F. L. - Os Métodos de Irrigação. Nobel - São Paulo, 1984. 267 p.

PILLSBURY, A. F. - El Empleo del Riego por Aspersión. Organización de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma - Itália. 1976.

ARAÚJO, V. P. A; AZEVEDO, H. M; GALVÃO, C. O; PEDROSA, E. A. and PEREIRA, S. A. Projeto de Sistemas de Irrigação - PSI. Campina Grande - PB, TECNAL, 1989. 116 p.

APÊNDICE 1

PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

1. DADOS CADASTRAIS

1.1. IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

PROPRIETÁRIO: CLARA MARIA TRUEBA
PROPRIEDADE: SÍTIO TRÊS MARIAS
MUNICÍPIO/LOCALIZAÇÃO: POMBAL (PB)
AGENTE FINANCEIRO: BNB
AGENCIA BANCÁRIA: POMBAL (PB)

1.2. FONTE D'ÁGUA

NOME: RIO PIRANHAS
TIPO: RIO
QUALIDADE: C1S1
QUANTIDADE: 1.200 m³/h

1.3. SOLO

TEXTURA: FRANCO-ARENOSO
CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO TEOR DE SAIS: NORMAL

1.4. TOPOGRAFIA

RELEVO: PLANO

1.5. CLIMA

CLASSIFICAÇÃO: SEMI-ÁRIDO

1.6. INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

FONTE DE ENERGIA: ELÉTRICA

2. PROJETO AGRONÔMICO

2.1. DADOS

CLIMA

MUNICÍPIO: PB-POMBAL

VELOCIDADE DO VENTO: 1.8 m/s

EVAPOTRANSPIRAÇÃO E PRECIPITAÇÃO: ver quadro 2.1

Quadro 2.1 - Evapotranspiração e precipitação

MÊS	EVAPOTRANSPIRAÇÃO (mm/mês)	PRECIPITAÇÃO (mm/mês)
JAN	194.0	8.0
FEV	154.0	21.0
MAR	138.0	103.0
ABR	128.0	33.0
MAI	125.0	13.0
JUN	122.0	2.0
JUL	136.0	0.0
AGO	164.0	0.0
SET	174.0	0.0
OUT	196.0	0.0
NOV	194.0	0.0
DEZ	201.0	0.0

SOLO E ÁGUA

PARÂMETROS FÍSICO-HÍDRICOS DO SOLO: ver quadro 2.2

Quadro 2.2 - Parâmetros físico-hídricos do solo

MÓDULO	ÁREA (ha)	CAMADA	ESPESSURA (mm)	CC (%)	PMP (%)	Da g/cm ³	COND. ELÉTRICA (mmhos/cm a 25C)	
							ÁGUA	SOLO
1	10	1	300	21	10	1.3	0.3	1.8
		2	700	20	10	1.3		

CULTURAS

CARACTERÍSTICAS DA CULTURA

CULTURA: CAPIM ELEFANTE
PROFUNDIDADE DA RAIZ: 1000 mm
ÁGUA DE REPOSIÇÃO: 45%
ESPAÇAMENTO ENTRE FILEIRAS: 1,0 m
ESPAÇAMENTO ENTRE PLANTAS: 0,1 m
PERÍODO VEGETATIVO: 12 meses

Quadro 2.3 - Plano de Exploração

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

2.2. RESULTADOS

PARÂMETROS AGRONÔMICOS DE IRRIGAÇÃO

NECESSIDADE DE ÁGUA DE IRRIGAÇÃO: ver quadro 2.4
LÂMINA INICIAL LÍQUIDA: 133.9 mm
JORNADA DE TRABALHO MENSAL: 26 dias
FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO ADOTADA: 7 dias

Quadro 2.4 - Necessidade de Água de Irrigação

MÊS	ETP mm/mês	Kc	UC mm/mês	PP mm/mê	NIL mm/mê	DML m3/ha/mê	LIL (mm)	LV (mm)
JAN	194.0	1.00	194.0	8.0	186.0	1860.0	52.23	1.80
FEV	154.0	1.00	154.0	21.0	133.0	1330.0	41.46	1.43
MAR	138.0	1.00	138.0	103.0	35.0	350.0	37.15	1.28
ABR	128.0	1.00	128.0	33.0	95.0	950.0	34.46	1.19
MAI	125.0	1.00	125.0	13.0	112.0	1120.0	33.65	1.16
JUN	122.0	1.00	122.0	2.0	120.0	1200.0	32.85	1.13
JUL	136.0	1.00	136.0	0.0	136.0	1360.0	36.62	1.26
AGO	164.0	1.00	164.0	0.0	164.0	1640.0	44.15	1.52
SET	174.0	1.00	174.0	0.0	174.0	1740.0	46.85	1.62
OUT	196.0	1.00	196.0	0.0	196.0	1960.0	52.77	1.82
NOV	194.0	1.00	194.0	0.0	194.0	1940.0	52.23	1.80
DEZ	201.0	1.00	201.0	0.0	201.0	2010.0	54.12	1.87

SIMBOLOGIA:

ETP - EVAPOTRANSPIRAÇÃO
Kc - COEFICIENTE DE CULTIVO
UC - USO CONSUNTIVO
PE - PRECIPITAÇÃO
NIL - NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO LIQUIDA
DML - DEMANDA MENSAL LIQUIDA
LIL - LAMINA DE IRRIGAÇÃO LIQUIDA
LV - LAMINA DE LAVAGEM

3. ENGENHARIA

3.1. CONCEPÇÃO DO SISTEMA

DEFINIÇÃO DO LAY-OUT

Na definição do lay-out deste projeto decidiu-se que a localização da principal seria no centro da área, direcionada perpendicularmente às curvas de nível. Consequentemente, as laterais serão paralelas às curvas de nível, direção essa que faz um ângulo de 45° com a direção do vento. Tal disposição das tubulações pode ser vista na figura constante do anexo 1.

ESCOLHA DO MATERIAL DAS TUBULAÇÕES

O material selecionado para as tubulações laterais, principal, adutora e de sucção é o aço zincado, cujas especificações são dadas no item 3 deste apêndice.

SELEÇÃO DO ASPERSOR

Na seleção do aspersor, foram levados em consideração os seguintes aspectos:

a) Precipitação do aspersor

- mínima: função do clima (semiárido);
- máxima: função do tipo de solo (franco-arenoso).

b) Relação bico/pressão

- função da velocidade do vento: 6.5 km/h
- função do grau de pulverização: cultura pouco sensível

c) Espaçamento do aspersor

- função da direção, leste-oeste, e velocidade do vento, 6.5 km/h.

DADOS TÉCNICOS DO ASPERSOR SELECIONADO:

VAZÃO: 3.93 m³/h

PRESSÃO DE SERVIÇO: 35 mca

DIÂMETRO DOS BOCAIS: 5.0 X 5.5 mm

RAIO DE ALCANCE: 16.6 m

ESPAÇAMENTO ENTRE ASPERSORES NA LATERAL: 18.00 m

ESPAÇAMENTO ENTRE LATERAIS: 24.00 m

MARCA/FABRICANTE: PERROT

MODELO: ZED30

3.2. MANEJO

3.2.1. DADOS

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

EFICIÊNCIA DO SISTEMA: 70.0 %
HORAS DE FUNCIONAMENTO DIÁRIO: 24 h
TEMPO NECESSÁRIO PARA A MUDANÇA DA LATERAL: 00:30 hh:m m
NÚMERO DE LADOS DA PRINCIPAL: 2
COMPRIMENTO DO SUB-MÓDULO: 288.0 m
LARGURA DO SUB-MÓDULO: 360.0 m
MANEJO DAS LATERAIS: ROTATIVO
DISTÂNCIA ENTRE LATERAIS: 336.0 m
NÚMERO DE TRECHOS DA TUBULAÇÃO DE ABASTECIMENTO: 2
COMPRIMENTO DOS TRECHOS DA TUBULAÇÃO DE ABASTECIMENTO:

TRECHO	COMPRIMENTO (m)
1	168.0
2	168.0

3.2.2. RESULTADOS

PARÂMETROS DE MANEJO: ver quadro 3.1

LÂMINA BRUTA INICIAL: 197.88 mm
TEMPO DE IRRIGAÇÃO P/ LÂMINA BRUTA INICIAL: 21:45 hh:mm
PRECIPITAÇÃO DO ASPERSOR: 9.10 mm/h
NÚMERO DE MUDANÇAS POR DIA: 2
NÚMERO TOTAL DE MUDANÇAS NO TURNO DE REGA: 14
NÚMERO TOTAL DE ASPERSORES EM FUNCIONAMENTO NO MÓDULO: 20
VAZÃO MÉDIA DO SISTEMA: 78.60 m³/h
ÁREA TOTAL IRRIGÁVEL: 12.10 ha
NÚMERO DE ASPERSORES POR LATERAL: 10
NÚMERO DE LATERAIS: 2
ÁREA POR MUDANÇA: 0.86 ha
ÁREA TOTAL IRRIGÁVEL: 12.10 ha

Quadro 3.1 - Parâmetros de manejo

MÊS	NIB mm/mês	DMB m3/ha/mês	QU l/s/ha	LIB mm	T hh:m	TD hh:m	HBM hh:mm	VM m3x1000
JAN	265.7	2657.1	1.18	77.19	8:29	17:58	423:00	33.249
FEV	190.0	1900.0	0.85	61.27	6:44	14:28	302:28	23.775
MAR	50.0	500.0	0.22	54.91	6:02	13:04	79:35	6.257
ABR	135.7	1357.1	0.60	50.93	5:35	12:11	216:03	16.982
MAI	160.0	1600.0	0.71	49.73	5:28	11:56	254:43	20.021
JUN	171.4	1714.3	0.76	48.54	5:20	11:40	272:54	21.451
JUL	194.3	1942.9	0.86	54.11	5:56	12:53	309:18	24.311
AGO	234.3	2342.9	1.04	65.25	7:10	15:20	372:58	29.316
SET	248.6	2485.7	1.11	69.23	7:36	16:13	395:43	31.104
OUT	280.0	2800.0	1.25	77.98	8:34	18:08	445:45	35.037
NOV	277.1	2771.4	1.23	77.19	8:29	17:58	441:12	34.679
DEZ	287.1	2871.4	1.28	79.97	8:47	18:34	457:07	35.930

SIMBOLOGIA:**NIB - NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO BRUTA****DMB - DEMANDA MENSAL BRUTA****QU - VAZÃO UNITÁRIA****LIB - LÂMINA DE IRRIGAÇÃO BRUTA****T - TEMPO DE IRRIGAÇÃO POR UNIDADE DE REGA****TD - TEMPO DE FUNCIONAMENTO DIÁRIO****HBM - HORAS DE BOMBEAMENTO MENSAL****VM - VOLUME MENSAL**

3.3. DIMENSIONAMENTO

3.3.1. LATERAL

TIPO DE MATERIAL: Aço Zincado

Quadro 3.2 - Parâmetros hidráulicos da lateral

MVP (%)	NA	AA (m)	DATB (m)	CP (mca)	L (m)	DNV (m)	H (mca)	P (mca)	HA (mca)
20.0	10	2.0	12.0	150	174.0	0.00	6.9	42.18	7.0

Quadro 3.3 - Parâmetros hidráulicos da lateral por trecho

TRECHO	NA	L (m)	Q (m ³ /h)	DE (mm)	DI (mm)	V (m/s)	NR
MAIOR VAZÃO	3	54.0	39.30	89.0	87.0	1.8	1789023
MENOR VAZÃO	7	120.0	27.51	70.0	68.0	2.1	1602228

SIMBOLOGIA:

- MVP - MÁXIMA VARIAÇÃO DE PRESSÃO
- NA - NÚMERO DE ASPERSORES
- AA - ALTURA DO ASPERSOR
- DATB - DISTÂNCIA DO PRIMEIRO ASPERSOR À TUBULAÇÃO DE ABASTECIMENTO
- CP - CLASSE DE PRESSÃO
- L - COMPRIMENTO
- DNV - DESNÍVEL (+ACLIVE / -DECLIVE)
- Q - VAZÃO
- DE - DIÂMETRO EXTERNO
- DI - DIÂMETRO INTERNO
- V - VELOCIDADE
- NR - NÚMERO DE REYNOLDS
- H - PERDA DE CARGA
- PI - PRESSÃO NO INÍCIO
- HA - PERDA DE CARGA ADMISSÍVEL

3.3.2. PRINCIPAL

TIPO DE MATERIAL: Aço Zincado

Quadro 3.4 - Parâmetros hidráulicos da Principal

TRECHO	NL	CP (mca)	L (m)	DNV (m)	Q (m ³ /h)	DE (mm)	DI (mm)	V (m/s)	NR	H (mca)	PI (mca)
1	1	150	168.0	1.0	39.3	89.0	87.0	1.8	1789023	5.08	48.26
2	2	150	168.0	2.0	78.6	133.0	130.0	1.6	2394538	2.51	52.77

SIMBOLOGIA:

- NL - NÚMERO DE LATERAIS
- CP - CLASSE DE PRESSÃO
- L - COMPRIMENTO
- DNV - DESNÍVEL (+ACLIVE/ -DECLIVE)
- Q - VAZÃO
- DE - DIÂMETRO EXTERNO
- DI - DIÂMETRO INTERNO
- V - VELOCIDADE
- NR - NÚMERO DE REYNOLDS
- H - PERDA DE CARGA
- PI - PRESSÃO NO INÍCIO

3.3.3. ADUTORA

TIPO DE MATERIAL: Aço Zincado

Quadro 3.5 - Parâmetros hidráulicos da Adutora

CP (mca)	L (m)	DNV (m)	Q (m ³ /h)	DE (mm)	DI (mm)	V (m/s)	NR	H (mca)	PI (mca)
150	60	2.4	78.6	133.0	130.0	1.64	2394538	1.41	56.57

SIMBOLOGIA:

- CP - CLASSE DE PRESSÃO
- L - COMPRIMENTO
- DNV - DESNÍVEL (+ACLIVE / -DECLIVE)
- Q - VAZÃO
- DE - DIÂMETRO EXTERNO
- DI - DIÂMETRO INTERNO
- V - VELOCIDADE
- NR - NÚMERO DE REYNOLDS
- H - PERDA DE CARGA
- PI - PRESSÃO NO INÍCIO

3.3.4. SUCÇÃO

TIPO DE MATERIAL: Aço Zincado
NPSH DISPONÍVEL: 5.85

Quadro 3.6 - Parâmetros hidráulicos da sucção

CP (mca)	L (m)	AS (m)	PA (mca)	Q (m ³ /h)	DE (mm)	DI (mm)	V (m/s)	NR	H (mca)
150	10.0	3.6	10.0	78.6	133.0	130.0	1.64	2394538	0.23

SIMBOLOGIA:

CP - CLASSE DE PRESSÃO
L - COMPRIMENTO
AS - ALTURA DE SUCÇÃO (-AFOGADA / NÃO AFOGADA)
PA - PRESSÃO ATMOSFÉRICA
Q - VAZÃO
DE - DIÂMETRO EXTERNO
DI - DIÂMETRO INTERNO
V - VELOCIDADE
NR - NÚMERO DE REYNOLDS
H - PERDA DE CARGA
HM - ALTURA MANOMÉTRICA

3.3.5. CONJUNTO MOTO-BOMBA

MARCA: KSB
MODELO: ETANORM 50.200
VAZÃO: 78.6 m³/h
ALTURA MANOMÉTRICA: 63.25 mca

Quadro 3.7 - Parâmetros hidráulicos do conjunto moto-bomba

ALT.MANOMET. (m)	ROTOR (mm)	VAZÃO (m ³ /h)	RPM	REND. (%)	NPSH	POT. BOMBA (cv)	POT. MOTOR (cv)
65.0	195.0	84.0	3500.0	71	3.0	28.5	31.3

3.3.6. PRESSÃO NO INÍCIO DE CADA TRECHO DA LINHA CRÍTICA

Quadro 3.8 - Pressão no início de cada trecho

SUCÇÃO (mca)	ADUTORA (mca)	PRINCIPAL (mca)		LATERAL (mca)
		TRECHO 1	TRECHO 2	
63.25	56.57	48.26	52.77	42.18

4. ORÇAMENTO

4.1. RELAÇÃO DO MATERIAL

Quadro 4.1 - Relação do material*

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
01	Conjunto motobomba elétrico completo com chave de ligação, para vazão de 84,0 m ³ /h e altura manométrica de 65m, montado em chassi com rodas pneumáticas	un.	1
02	Tubulação de sucção completa 133mm x 10,0m (com válvula de pé)	un.	1
03	Curva 90° de saída da bomba de 2 1/2" c/ rosca e luva de enchimento com bujão para escovar a bomba	un.	1
04	Ligação de pressão composta de: registro, engate rápido fêmea 2 1/2" x F133.0mm com duas alavancas	un.	1
05	Curva dupla para ligação da bomba à linha adutora com altura de 0,9 m e engate rápido M133mm x F133mm	un.	1
06	Válvula de retenção com bypass e engate rápido M133mm x F133mm	un.	1
07	Tubos para adutora, principal e laterais em aço zincado: 133mm s/ furos 89mm s/ furos 89mm c/ furos 70mm c/ furos 70mm s/ furos	6 m 6 m 6 m 6 m 6 m	38 32 6 26 14
08	Derivação com niple de rosca, um engate macho e um fêmea tipo TDN MF 89 mm x N 2 1/2" MF 133 mm x N 2 1/2"	un.	5 7
09	Válvulas de derivação com rosca interna tipo VDR 2.1/2"	un.	12
10	Reduções macho maior fêmea menor: M 133 mm - F 89 mm M 89mm - F 70 mm	un.	1 2

* em aço zincado.

Quadro 4.1 - Relação do material* (continuação)

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
11	Cotovelo de derivação com chave para válvula VHR, tipo CDC de 2 1/2" x F 89 mm	un.	2
12	Aspersor tipo ZED30, bocal 5,5 mm x 5,0 mm	un.	20
13	Tubo de subida para aspersor com engate rápido, de 1" x 2m com tripé	un.	20
14	Engate rápido com válvula automática tipo ERVA, de 1" para aspersor	un.	20
15	Braçadeira com pé-de-suporte e rosca interna tipo BPSR para engate rápido com válvula tipo ERVA, nas dimensões: 1" x 89mm 1" x 70mm	un.	6 14
16	Tampões finais: 89 mm 70 mm	un.	1 2

* em aço zincado.