

Doações
Encadernar
SID

CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO - CPATSA

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

José Monteiro Soares

Petrolina, 1984

Sistema de irrigação por
1984 LV - 1987.00128



SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

José Monteiro Soares

RESUMO

A irrigação por aspersão é uma maneira versátil de aplicação de água no solo para qualquer cultura ou solo. Um sistema de irrigação por aspersão pode aplicar água no solo em intensidades iguais ou menores que a sua velocidade de infiltração; podendo ser manejado automática ou manualmente. Em geral, a irrigação por aspersão pode ser empregada em muitas condições de solo e topografia e em áreas onde a irrigação por superfície pode apresentar-se ineficiente e dispendiosa.

O aspersor é a parte mais importante do sistema de irrigação por aspersão. Uma ampla classificação em tipos de aspersores e bocais, usualmente permite ao projetista selecionar o aspersor apropriado e a pressão de serviço para satisfazer um solo específico e/ou o requerimento da cultura.

Os fatores importantes para o sucesso do sistema de irrigação por aspersão, são em primeiro lugar, o dimensionamento correto e em segundo o manejo eficiente do sistema projetado. As informações básicas necessárias para o dimensionamento do sistema de irrigação são: solo, suprimento de água, a cultura a ser irrigada e o clima.

O conhecimento da capacidade do sistema e as condições de operação, pode permitir a seleção da intensidade de aplicação do aspersor e espaçamento entre aspersores e linhas laterais. A potência requerida e o dimensionamento econômico da tubulação deve ser determinada pelo estudo de várias combinações. Isto possibilita a escolha da bomba e da potência do conjunto motobomba.

HOSE PIPE IRRIGATION SYSTEM WITH
MANUAL SPRINKLER

José Monteiro Soares

The conventional irrigation systems have limited use on farms with scanty water resources and/or steep slope. The hose pipe irrigation system with manual sprinkler, presented in this paper, can be successfully used in those farms due the following characteristics: i. the water is conveyed through pipes; ii. local application of water through flexible hose pipes; iii. the system works under low and medium pressure; iv. possibility of using water sources of low flow and small reservoirs; v. it can be used by family hand labour; vi. it is of simple use and management; vii. it avoids water losses through runoff and presents high irrigation efficiency. This irrigation system is well adapted to vegetable crops.

The cost of this irrigation system under low pressure (i. e. without pumping), is 62% cheaper than the conventional sprinkler irrigation. If pumping is involved the costs of investment are similar. However, in this case, it is possible to irrigate areas with steep slope, which is not the case of the conventional irrigation systems.

SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA COM ASPERSOR MANUAL

José Monteiro Soares¹

DEFINIÇÃO

Este sistema de irrigação, caracteriza-se pela condução da água através de tubulação e de sua distribuição através de mangueiras flexíveis e pela aplicação localizada da água, com lâminas bastante reduzidas numa alta frequência de irrigação. É um sistema que pode funcionar sob baixa e média pressão, tendendo a aproveitar, na propriedade, de pontos de tomada de água com energia gravitacional, bem como fontes de água com pequenas vazões e pequenos volumes.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

O sistema de irrigação por mangueira com aspersor manual apresenta-se bastante diversificado quanto ao tamanho dos módulos irrigáveis, mobilidade do sistema de condução e alternativas de bombeamento de água. O baixo custo de investimento inicial, a simplicidade de instalação e de manejo e a elevada eficiência de irrigação deste sistema, podem permitir a sua adoção por parte do pequeno produtor.

APLICABILIDADE E ALTERNATIVAS DE USO

Este sistema de irrigação pode ser utilizado em todo Trópico e Semi-Árido, principalmente em propriedades que apresentem escassez de água. O sistema de irrigação do tipo móvel utilizando tubos de PVC rígido com engate rápido, permite a redução dos custos de investimento inicial. Este sistema de irrigação destina-se a exploração de culturas temporárias de pequeno porte, principalmente, às olerícolas, usando-se o sistema de plantio em leirões ou dentro do sulco.

¹ Eng. Agr. M.Sc., Irrigação e Drenagem - EMBRAPA/CPATSA, Petrolina - PE, Brasil.

As irrigações são feitas em base a pequenas lâminas de água numa alta frequência de irrigação. O baixo custo de investimento inicial, a simplicidade de instalação e de manejo, o aproveitamento da mão-de-obra familiar, são vantagens que condicionam o agricultor na adoção desta tecnologia.

DESCRIÇÃO

A composição de um sistema de irrigação por mangueira com aspersão manual está em função do sistema de captação d'água. De um modo geral, pode ser apresentado da seguinte maneira: conjunto motobomba e/ou reservatório, linha principal, linha secundária, mangueira de distribuição e aspersor terminal.

Conjunto motobomba é apresentado por uma bomba centrífuga acoplada a um motor diesel ou elétrico. Desde que existia na propriedade um ponto de tomada de água com energia gravitacional, suficiente para o funcionamento do sistema de irrigação projetado, o conjunto de bombeamento pode ser excluído do sistema.

Linha principal - a seleção da tubulação principal está em função da perda de carga, velocidade, vazão e mobilidade do sistema. Para um sistema móvel dimensionado funcionar sob baixa e média pressão, é aconselhado tubos de PVC rígido com engate rápido, visando a redução dos custos devido a mudança da tubulação. Para um sistema semi-móvel que funcione sob baixa pressão, é recomendado tubos de PVC rígido, tipo esgoto, no trecho em que a tubulação é fixa, de modo a proporcionar a redução dos custos de investimento inicial. O diâmetro da tubulação deverá satisfazer dentro do aspecto econômico e requerimento de desempenho do sistema de irrigação.

Linha secundária - os tipos destas tubulações devem ser selecionadas em função da mobilidade do sistema de irrigação. Para o sistema móvel ou semi-móvel, é aconselhado tubos de PVC rígido dotados de engate rápido. Já para o sistema fixo que requer baixa pressão estas tubulações podem ser de PVC rígido tipo "esgoto".

Mangueira de distribuição - é recomendável uma mangueira de PVC flexível. O comprimento e o diâmetro da mangueira associados à sua flexibilidade, concorrem para uma maior funcionabilidade na aplicação da água de irrigação. No sistema de irrigação, em que a água é aplicada por aspersão, são aconselháveis mangueiras com 50m de comprimento e 1" ou 1 1/4" de \emptyset .

Ponto de derivação - dependendo dos comprimentos da parcela e da mangueira de distribuição, a linha secundária pode ter um ou mais pontos de derivação de água. Fig. 1.

Aspersor terminal - o aspersor pode ser um bico de regador de material plástico ou zinco e peças em Tê de PVC rígido com 1" de \emptyset dotados de pequenos furos Figs. 2A e 2B.

As figuras 3 e 4 mostram esquemas de sistemas de irrigação por aspersão manual para módulos médios irrigáveis de 2,0 ha, para diferentes alternativas de bombeamento de água.

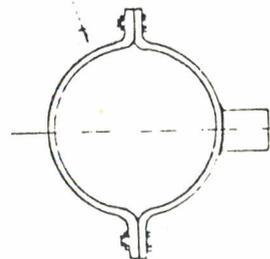
Sistema de plantio - neste sistema de irrigação o sistema de plantio pode variar com o tipo de cultura a ser explorado ou com a topografia do terreno. Para culturas como alface, cebolinha, repolho, coentro, etc., o sistema de plantio em leirões apresentam-se como o mais adequado. Fig. 5A. Para culturas como tomate de mesa, pimentão, pepino, etc., o sistema de plantio dentro do sulco, destaca-se como o mais indicado, principalmente, quando se trata de terrenos com declividades bastantes elevadas. Fig. 5B.

O processo para o dimensionamento de um sistema de irrigação envolve três fases bem distintas.

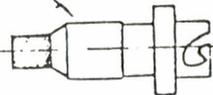
Dimensionamento de um sistema de irrigação: o roteiro para o dimensionamento de um sistema de irrigação por mangueira com aspersor manual é função das condições locais das características das culturas a serem exploradas, obedecendo as seguintes etapas:

a) Identificação e caracterização da propriedade - A identificação e caracterização da propriedade são elementos básicos, utilizados na escolha, dimensionamento e manejo dos sistemas de irrigação.

braçadeira com rosca interna para engate rápido



engate rápido com válvula automática



mangueira de distribuição com adaptador

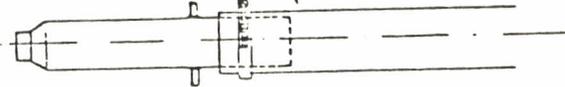


Fig. 1 Ponto de derivação com válvula automática e engate rápido para mangueira de distribuição.

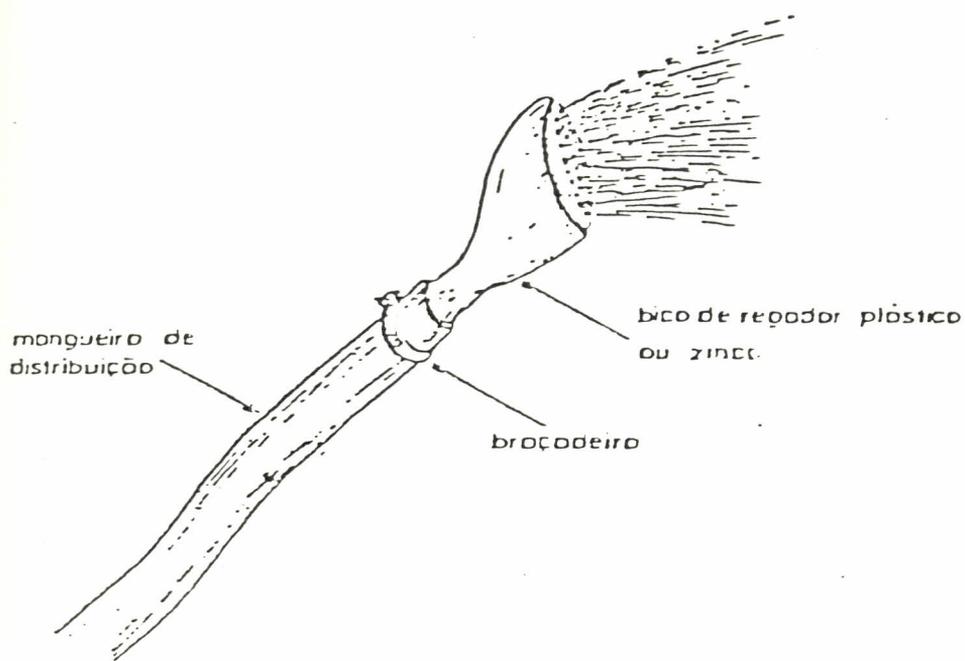


FIG. 2A. Aspensor terminal com bico de regador de material plástico.

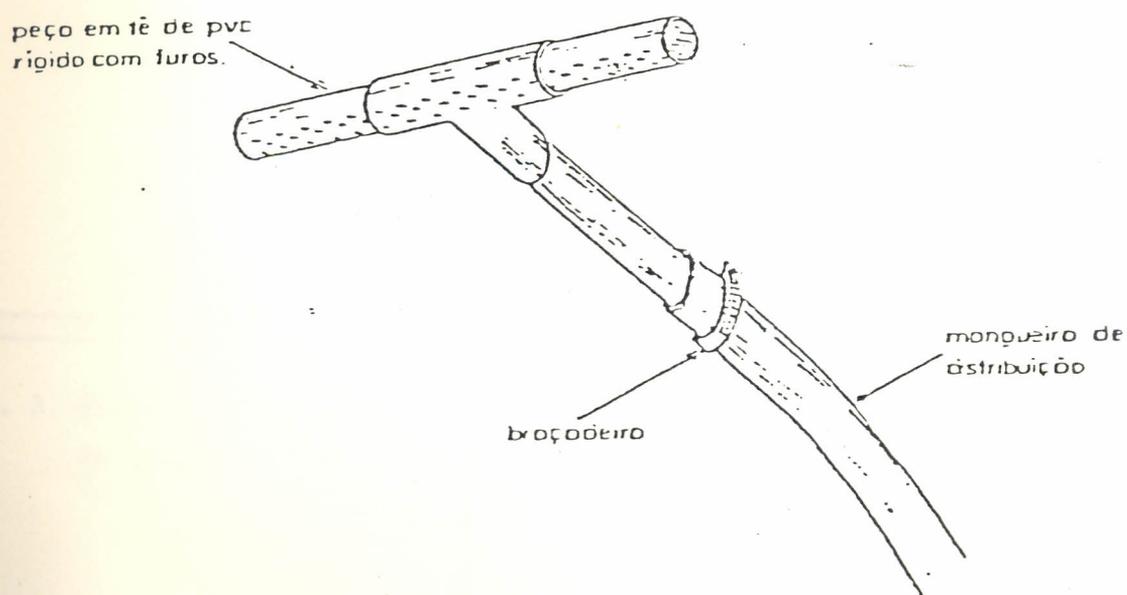
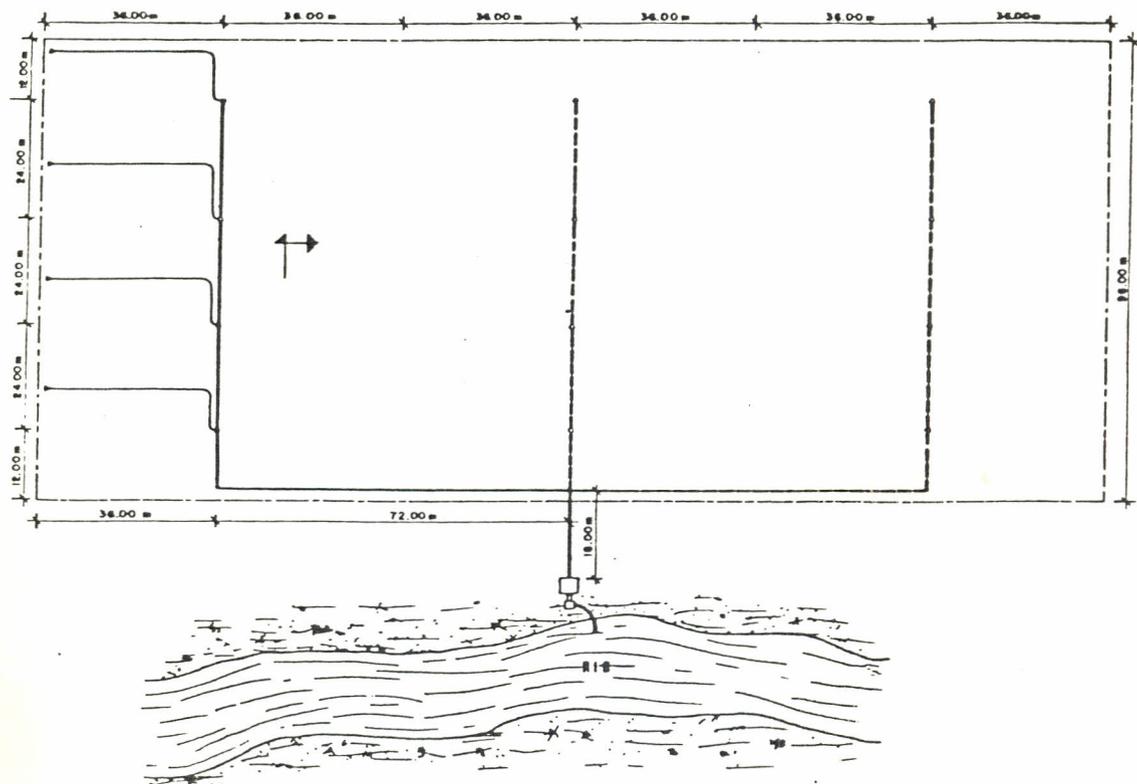


FIG. 2B. Aspensor terminal com peça em tẽ de PVC rígado.

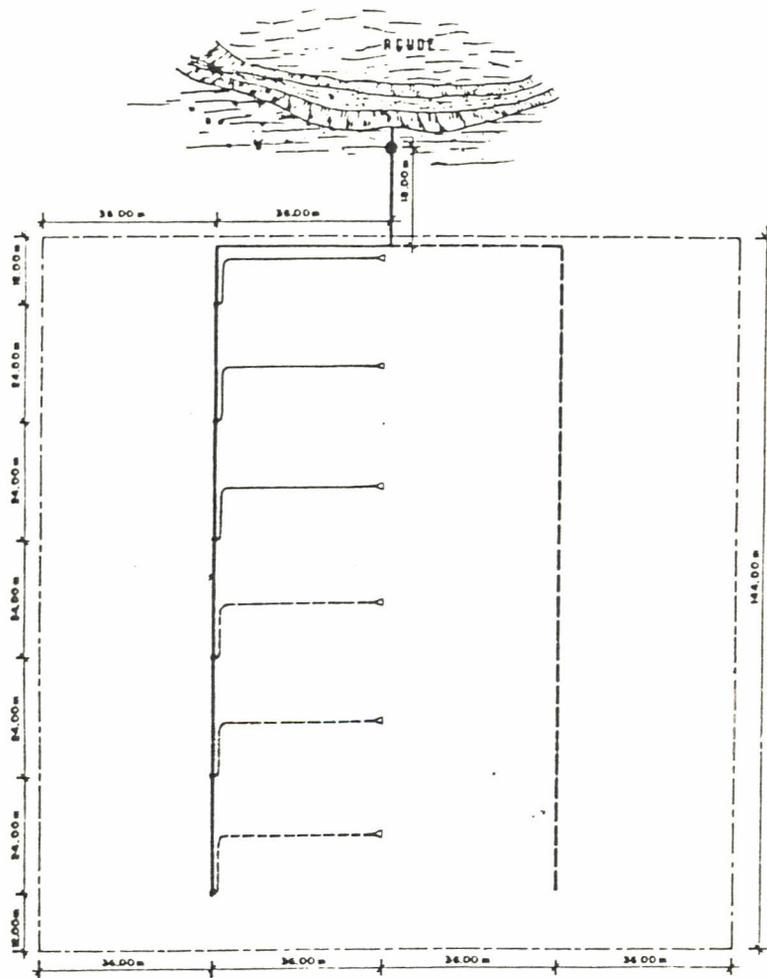


LEGENDA

- Linha de área irrigada
- Mangueira de distribuição com aspersor manual
- Linha secundária a pontos de derivação
- ☐ Motor bombe
- Linha principal perpendicular à área

PROJETO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA COM ASPERSOR MANUAL E COM BOMBAMENTO.			PROPRIEDADE: Foz. Oite D'água PROPRIETÁRIO: José Antonio dos Santos	
MUNICÍPIO:	ESTADO:	ÁREA IRRIGADA:	PROJETO:	
PETROLINA	PE	2,0 ha		
DATA:	ESCALA:	DESENHO:	VETOR.	
22-05-84	1:1000	J. C. Soares		

Fig. 3. Sistema de irrigação por mangueira com aspersor manual e com bombeamento de água.



LEGENDA

- Linha de área irrigada
- Mangueira de derivação: aspersor manual
- Linha secundária no ponto de derivação
- ⊗ Registro
- Linha principal perpendicular ao canal

PROJETO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA COM ASPERSOR MANUAL E SEMI-BOMBEAMENTO			PROPRIEDADE Faz. Santa Helena
			PROPRIETÁRIO: José Maria do Cunha
MUNICÍPIO PETROLINA	ESTADO PE	ÁREA IRRIGADA 8,0 ha	PROJETO
DATA: 22-05-84	ESCALA: 1:1.000	DESENHO: J. C. Bezerra	VISTO:

Fig. 4. Sistema de irrigação por mangueira com aspersor manual e sem bombeamento de água.

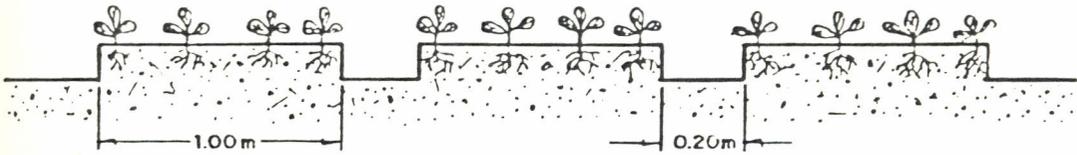
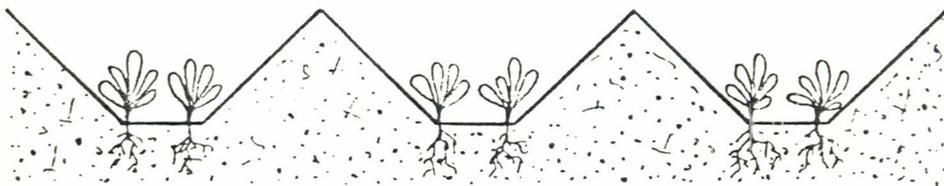


FIG. 5 A. Sistema de plantio em leirões.



DES. J. C. REZERRA

FIG. 5B. Sistema de plantio no fundo do sulco.

b) Planejamento agrônômico da irrigação - Esta etapa compreende a determinação das necessidades de água para irrigação, assim como o manejo da irrigação.

A disponibilidade de uma boa estimativa da necessidade de água de irrigação, é imprescindível para o projeto de qualquer sistema de irrigação. Portanto, uma estimativa a nível mensal é importante para determinar-se o período de máxima demanda de água. Pois o sistema de irrigação deve ser dimensionado para satisfazer a demanda máxima de água.

O procedimento básico para estimar-se essa necessidade de água é feito da seguinte maneira:

1. Determina-se a evapotranspiração potencial - este parâmetro pode ser determinado por dois processos distintos: evaporação do tanque Classe A ou por fórmulas empíricas.

a) Uso do tanque de evaporação Classe A - A evaporação do tanque multiplicada por um coeficiente K_T , cujo valor depende principalmente das condições do meio em que o tanque é instalado, permite obter a evapotranspiração potencial. Considerando a enorme variação dos coeficientes de tanque, com fins simplista e prático, recomenda-se usar $K_T = 0,80$, Assim:

$$ETP = EV \times 0,80$$

em que:

ETP = evapotranspiração potencial (mm/mês)

EV = evaporação do tanque (mm/mês)

b) Uso da fórmula de Hargreaves - A partir de dados mensais de temperatura e de umidade relativa do ar, determina-se a evapotranspiração potencial mensal através da seguinte relação:

$$ETP = FET (32 + 1,8 T) (0,158) (100 - UR)^{1/2}$$

em que:

FET = fator de evapotranspiração (mm/mês), obtido a partir da latitude da região em questão. Tabela 1.

1 - Índice de Evapotranspiração Potencial em mm/mês (PET)

JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2,29	2,12	2,35	2,20	2,14	1,99	2,09	2,22	2,26	2,36	2,23	2,27
2,32	2,14	2,36	2,18	2,11	1,96	2,06	2,19	2,25	2,57	2,26	2,30
2,35	2,15	2,36	2,17	2,08	1,92	2,03	2,17	2,25	2,39	2,29	2,34
2,39	2,17	2,36	2,15	2,05	1,89	1,99	2,15	2,34	2,40	2,32	2,37
2,42	2,19	2,36	2,13	2,02	1,85	1,96	2,13	2,23	2,41	2,34	2,41
2,45	2,21	2,36	2,12	1,99	1,82	1,93	2,10	2,23	2,47	2,37	2,41
2,48	2,22	2,36	2,10	1,96	1,78	1,89	2,02	2,22	2,43	2,40	2,44
2,51	2,24	2,36	2,08	1,93	1,75	1,86	2,05	2,21	2,44	2,42	2,51
2,54	2,25	2,36	2,06	1,90	1,71	1,82	2,03	2,20	2,45	2,45	2,54
2,57	2,27	2,36	2,04	1,86	1,68	1,70	2,00	2,19	2,46	2,47	2,56
2,60	2,28	2,35	2,02	1,83	1,64	1,75	1,98	2,18	2,47	2,50	2,61
2,62	2,29	2,35	2,00	1,80	1,61	1,72	1,95	2,17	2,48	2,52	2,64
2,65	2,31	2,35	1,98	1,77	1,57	1,68	1,92	2,16	2,48	2,54	2,67
2,68	2,32	2,34	1,96	1,73	1,54	1,65	1,89	2,14	2,49	2,57	2,71
2,71	2,33	2,33	1,94	1,70	1,50	1,61	1,87	2,13	2,50	2,59	2,74
2,73	2,34	2,33	1,91	1,67	1,46	1,58	1,84	2,12	2,50	2,61	2,77
2,76	2,35	2,32	1,89	1,63	1,43	1,54	1,81	2,10	2,50	2,63	2,80
2,79	2,36	2,31	1,87	1,60	1,39	1,50	1,78	2,09	2,51	2,65	2,83
2,81	2,37	2,30	1,84	1,56	1,35	1,47	1,75	2,07	2,51	2,67	2,86
2,84	2,38	2,28	1,82	1,53	1,31	1,43	1,72	2,06	2,51	2,69	2,89

T = temperatura média mensal ($^{\circ}\text{C}$), obtida pela seguinte fórmula:

$$T = \frac{t \text{ as } 12 \text{ hs} + 2t \text{ as } 24 \text{ hs} + t \text{ máxima} + t \text{ mínima}}{5}$$

UR = umidade relativa média do ar (%)

Valores de evapotranspiração potencial mensais, calculados através da fórmula acima, já encontram-se em Tabelas para uma série de locais do Nordeste. (HARGREAVES, 1974).

2. Os coeficientes de cultivo devem ser obtidos mensalmente, como segue: valores de coeficientes de cultivo (K_c) para culturas permanentes e para as fases intermediárias e final do ciclo fenológico de culturas temporárias, podem ser obtidos de Tabelas (DORENBOS e PRUIT, 1975). Tabela 2. Assim, os valores de K_c para as fases iniciais de culturas temporárias, devem ser determinados, para que se obtenha o balanço hídrico completo da cultura considerada.

Portanto, para a obtenção destes valores de K_c , devem-se construir a curva correspondente ao ciclo fenológico da cultura considerada, em base ao valor de ETP referente ao mês de plantio da cultura.

Portanto, o valor de K_c inicial pode ser obtido, através da Figura 6, em base ao valor de ETP referente ao mês de plantio da cultura escolhida e da frequência de irrigação inicial.

Com o valor de K_c obtido através da Figura 6, e com os valores de K_c tabelados, grafica-se o ciclo fenológico completo da cultura, para obter-se o valor de K_c correspondente a fase de desenvolvimento vegetativo. Figura 7.

3. Determina-se a evapotranspiração real, como segue:

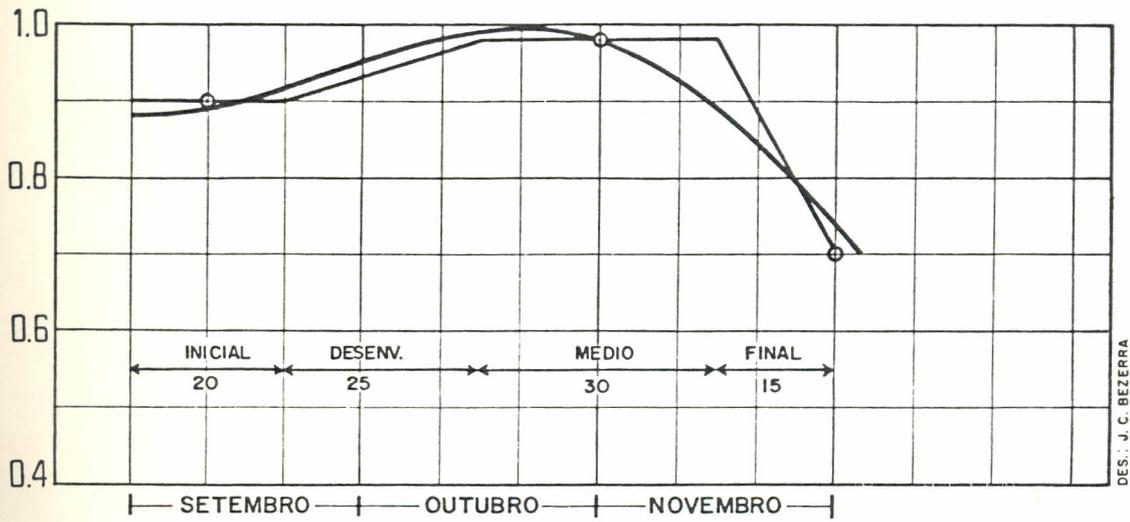
$$\text{ETR} = \text{ETP} \times K_c$$

em que:

$$\text{ETR} = \text{evapotranspiração real (mm/mês)}$$

2. Coeficientes médios da Cultura (Kc, para algumas culturas, irrigadas no TSA, segundo metodologia de Doorenbos e Pruitt, 1973.

Cultura	Frequência de irrigação no período inicial	Kc Médio Mensal					
		1º	2º	3º	4º	5º	6º
	2	0,90	0,95	1,00	0,90		
	4	0,70	0,90	1,00	0,90		
	2	0,90	1,00	1,05	0,95		
	4	0,70	0,90	1,05	0,95		
Phaseolus	2	0,85	1,10	0,90			
	4	0,60	1,10	0,90			
Vigna	7	0,55	1,10				
Industrial	2	0,90	1,00	1,15	1,00		
	4	0,65	0,90	1,15	1,00		
de Mesa	2	0,85	0,95	1,05	1,20	0,90	
	4	0,65	0,80	1,05	1,20	0,90	
Melancia	2	0,90	1,00	0,90			
	4	0,65	1,00	0,90			
ão	2	0,80	0,90	1,00	1,05	1,00	0,90
	4	0,55	0,75	0,95	1,05	1,00	0,90
	2	0,85	1,05	1,10			
	4	0,65	1,05	1,10			
	2	0,85	0,95	1,00	1,05	0,90	
	4	0,55	0,80	1,00	1,05	0,90	
	2	0,85	0,95				
	4	0,70	0,95				
das e nozes		1,10	1,10	1,05	1,05	0,95	
		1,00	todo o ano				
		0,75	todo o ano				
		0,70	todo o ano				
		0,60	todo o ano				



DES.: J. C. BEZERRA

Fig. 6 - Curva de coeficientes de cultivo (Kc) para o ciclo fenológico das culturas do melão e melancia.

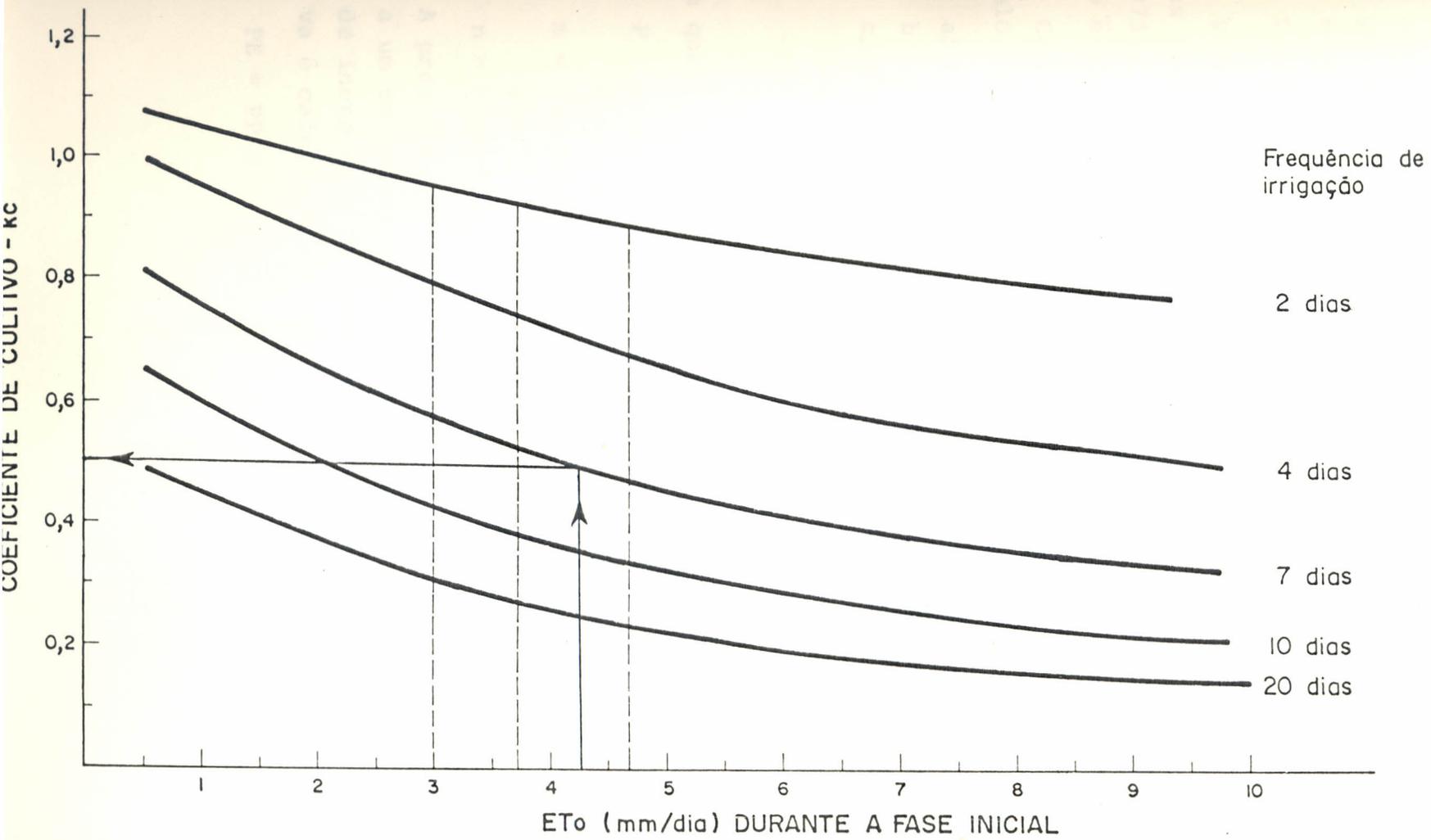


FIGURA 7 kc médio na fase inicial em função do nível médio da ETR (durante a fase inicial) e a frequência de irrigação.

4. Os valores de uso consuntivo diário pela fórmula:

$$UC = ETR : D$$

em que:

UC = uso consuntivo diário (mm/dia)

D = número de dias do mês

5. Determina-se os valores de precipitação provável - A precipitação provável (PP) é geralmente usada durante o processo de elaboração de projetos de irrigação. No processo de manejo e operação de áreas irrigadas o que interessa mais é a chuva observada.

Valores de precipitação provável podem ser encontrados em tabelas para uma série muito grande de locais do Nordeste (HARGREAVES, 1973). Para áreas irrigadas, o nível de probabilidade mais utilizado é de 75%.

Caso, não se disponha desses em tabelas, pode-se determiná-las pelo método de Weibull, como segue:

- a) Obter dados mensais de precipitação de pelo menos 9 anos
- b) Ordenar os dados em ordem decrescente
- c) Determinar as probabilidades de chuva através da seguinte equação:

$$P (\%) = \frac{m}{n + 1} \times 100$$

em que:

P = probabilidade de ocorrência de uma determinada quantidade de chuva em porcentagem. Para áreas irrigadas P = 75%

m = número de ordem (ordenado da maior para a menor precipitação)

n = número de observações.

6. A precipitação efetiva é calculada pelo método seguinte, em base a um coeficiente de aproveitamento decrescente (CA) a cada 25 mm de incremento de chuva mensal total. Assim a precipitação efetiva é calculada da seguinte fórmula:

$$PE = PP \times f$$

em que:

PE = precipitação efetiva (mm/mês)

f = coeficiente de aproveitamento decrescente. Tabela 3.

TABELA 3. Coeficientes de aproveitamento decrescente e precipitações totais e efetivas mensais.

Precipitação Mensal* (mm)	Coeficiente de Aproveitamento Decrescente (CA)	Precipitação Efetiva (mm)
25	0,95	24
50	0,90	46
75	0,82	66
100	0,65	82
125	0,45	93
150	0,25	99
175	0,05	-

* Precipitações menores de 10 mm não são consideradas.
Fonte: Blaney e Criddle 1962.

7. A necessidade de irrigação líquida é obtida como segue:

$$NIL = ETR - PE$$

em que:

NIL = necessidade de irrigação líquida (mm/mês)

ETR = evapotranspiração real (mm/mês)

PE = precipitação efetiva (mm/mês)

8. Calcula-se a necessidade de irrigação bruta pela equação:

$$NIB = \frac{NIL}{Ei}$$

em que:

NIB = necessidade de irrigação bruta (mm/mês)

Ei = eficiência de irrigação (decimais)

9. Os valores de gasto mensal de água é obtido pela fórmula:

$$Gm = Nib \times 10$$

em que:

$$Gm = \text{gasto mensal de água (m}^3/\text{ha x mês)}$$

10. A vazão unitária ou módulo de irrigação é dado por:

$$Qu = \frac{Gm}{3,6 \times h \times D}$$

em que:

$$Qu = \text{vazão unitária ou módulo de irrigação (l/s x ha)}$$

$$Gm = \text{gasto mensal (m}^3/\text{ha x mês)}$$

$$h = \text{horas de trabalho por dia do mês de máxima demanda}$$

$$D = \text{número de dias de trabalho no mês considerado.}$$

O manejo da irrigação ou operação do sistema de irrigação compreende a determinação de parâmetros importantes, para o manejo da irrigação, ao longo do ciclo fenológico da cultura, como segue:

1. A frequência de irrigação (F_i) deve ser pré-estabelecido. Normalmente para culturas temporárias utiliza-se dois dias, com exceção do feijão caupi, enquanto para fruticultura quatro dias.

2. A lâmina líquida deve ser calculada em base a fórmula:

$$Ll = UC \times F_i$$

. O manejo da irrigação ou operação do sistema de irrigação compreende a determinação de parâmetros importantes para o manejo da água de irrigação ao longo do ciclo fenológico dos cultivos, como segue:

1. A frequência de irrigação deve ser pré-estabelecida. Normalmente para culturas temporárias varia de dois a três dias, enquanto para culturas perenes é de quatro dias.
2. A lâmina líquida deve ser calculada em base a fórmula:

$$Ll = UC \times Fi$$

em que:

Ll = lâmina líquida de irrigação (mm)

UC = Uso consuntivo dia (mm/dia)

Fi = frequência de irrigação (dia)

No entanto, há necessidade de determinar-se a lâmina líquida que o solo pode armazenar para a cultura considerada. Ou seja:

$$Lls = 10 \frac{CC - PM}{100} \times Dap \times K \times Pr$$

em que:

Lls = lâmina líquida que o solo pode armazenar (mm)

CC = capacidade de campo (%)

PM = ponto de murchamento (%)

Dap = densidade aparente (g/cm³)

K = nível de água disponível no solo (%)

Pr = profundidade efetiva das raízes (cm)

Caso a lâmina líquida do mês de maior demanda calculada em base a frequência de irrigação seja maior que a lâmina líquida que o solo pode armazenar, deve-se reduzir a frequência de irrigação.

3. A lâmina bruta é obtida pela fórmula seguinte:

$$L_b = \frac{L_l}{E_i}$$

em que:

L_b = lâmina bruta (mm)

E_i = eficiência de irrigação (decimais)

4. O volume de água aplicado por leirão ou sulco é dado pela fórmula:

$$V_{al} = L_b \times A_{il}$$

em que:

V_{al} = volume de água aplicado por leirão ou sulco (l)

A_{il} = área irrigada por leirão ou sulco (m^2).

5. Vazão total do sistema de irrigação é dado por:

$$Q_t = Q_u \times A_t$$

em que:

Q_t = vazão total do sistema de irrigação (l/s)

Q_u = vazão unitária (l/s x ha)

A_t = área total irrigada (ha)

6. Calcula-se o número de mangueira necessárias em funcionamento simultâneo:

Em função do esquema do sistema de irrigação seleciona-se o comprimento e o diâmetro da mangueira. Enquanto a vazão da mangueira é escolhida de modo a encontrar-se um número exato de mangueiras com funcionamento simultâneo. A pressão no início da mangueira é obtida em consequência da vazão escolhida. Estes dados são encontrados na Tabela 4.

TABELA 4. Vazão (l/s) em mangueira de PVC flexível em função do diâmetro e comprimento da mangueira, pressão de serviço (hm) no início da mangueira e com dissipador de energia (bico reator).

Diâmetro	Comprimento	Pressão de serviço no início da mangueira (hm) - (m)																							
		1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2	6,6	7,0	7,4	7,8	8,2	8,6	9,0	9,4	9,8	10,2
1"	20	0,41	0,45	0,49	0,53	0,57	0,61	0,65	0,69	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96	1,00	1,04	1,07	1,11	1,15	1,19	1,23	1,27	1,31
	30	0,31	0,35	0,39	0,43	0,48	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,93	0,97	1,01	1,05	1,09	1,13	1,17	1,21	1,25
	40	0,31	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,54	0,57	0,61	0,64	0,67	0,70	0,74	0,77	0,80	0,83	0,86	0,90	0,93	0,96	0,99	1,02	1,06
	50	0,22	0,32	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63	0,67	0,70	0,73	0,76	0,79	0,82	0,86	0,89	0,92	0,95	0,98	1,01
1 1/4"	20	0,94	0,99	1,04	1,08	1,14	1,19	1,24	1,29	1,34	1,39	1,43	1,48	1,53	1,58	1,63	1,68	1,73	1,78	1,83	1,88	1,93	1,98	2,03	2,08
	30	0,85	0,89	0,94	0,98	1,02	1,07	1,11	1,15	1,20	1,24	1,28	1,33	1,37	1,42	1,46	1,50	1,55	1,59	1,63	1,68	1,72	1,76	1,81	1,85
	40	0,85	0,89	0,93	0,96	1,00	1,04	1,08	1,11	1,15	1,19	1,23	1,26	1,30	1,34	1,37	1,41	1,45	1,49	1,52	1,56	1,60	1,64	1,67	1,71
	50	0,72	0,78	0,82	0,85	0,89	0,93	0,96	1,00	1,04	1,07	1,11	1,14	1,18	1,22	1,25	1,29	1,33	1,36	1,40	1,43	1,47	1,51	1,54	1,58

O número de mangueiras necessárias em funcionamento simultâneo é dado por:

$$NMF = \frac{Qt}{Qm}$$

NMF = Número de mangueira necessária em funcionamento simultâneo.

Qt = Vazão total do sistema de irrigação (l/s)

Qm = Vazão da mangueira (l/s). Tabela 4.

7. O tempo de irrigação por leirão ou sulco é função do volume de água aplicado por leirão ou sulco, bem como da vazão da mangueira. Assim tem-se que:

$$Tip = \frac{Val}{60 Qm}$$

Em que:

Tip = Tempo de irrigação por leirão ou sulco (min.)

Qm = Vazão da mangueira (l/s)

8. O número de horas de bombeamento diário é dado por:

$$Hbd = \frac{Qu}{Qum} \times h$$

em que:

Hbd = Horas de bombeamento diário (h)

Qu = Vazão unitária do mês considerado (l/s x ha)

Qum = Vazão unitária do mês de máxima demanda (l/s x ha)

h = Horas de trabalho por dia para o mês de máxima demanda.

9. O número de horas de bombeamento mensal é calculado pela expressão:

$$Hbm = Hbd \times D$$

em que:

Hbm = Horas de bombeamento mensal (h)

D = Número de dias do mês.

10. A área irrigada por dia é calculada pela fórmula seguinte:

$$A_{id} = \frac{A_t}{F}$$

em que:

A_{id} = Área irrigada por dia (ha)

A_t = Área total do sistema de irrigação (ha)

F = Frequência de irrigação do mês considerado (d)

c) Dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação - Compreende a determinação de parâmetros, visando o dimensionamento ótimo econômico do sistema.

1. Dimensionamento da mangueira - O comprimento da mangueira é função do esquema do sistema de irrigação, bem como do espaçamento entre dois pontos de derivação consecutivos. Mangueiras com 1 e 1 1/4" de diâmetro apresentam-se como as mais usadas.

2. Dimensionamento da linha secundária - O dimensionamento da linha secundária compreende: determinação do diâmetro e comprimento dos tubos e perdas de carga ao longo da tubulação devido ao atrito. Figs. 3 e 4.

Perda de carga total - Para o cálculo da perda de carga ao longo da linha secundária sugere-se a divisão da tubulação em trechos, dependendo da vazão e do número de mangueiras em funcionamento simultâneo na mesma linha. Neste caso, a perda de carga total é dada por:

$$h_{fs} = h_{fs} + h_{fs_1} + h_{fs_2} + \dots + h_{fs_n} = (J_{s_1} L_{s_1} + J_{s_2} + \dots +$$

$$J_{s_n} \cdot L_{s_n}) \frac{1}{100}$$

em que:

h_{fs} = Perda de carga total na linha secundária (m)

$h_{fs_1}, h_{fs_2} \dots h_{fs_n}$ = Perdas de cargas parciais devido ao atrito em cada trecho da linha secundária (m)

$J_{s_1}, J_{s_2} \dots J_{s_n}$ = Perdas de cargas relativas em cada trecho da linha (m/100 m). Fig. 8.

$L_{s_1}, L_{s_2} \dots L_{s_n}$ = Comprimento de cada trecho da linha secundária (m).

3. Dimensionamento da linha principal - O dimensionamento da linha principal abrange a determinação do diâmetro e comprimento da respectiva linha e perdas de carga devido ao atrito, Figs. 3 e 4.

Perda de carga total

$$H_{fp} = \frac{J_p}{100} \cdot L_p$$

em que:

H_{fp} = Perda de carga total ao longo da linha principal (m)

J_p = Perda de carga relativa (m/100 m). Fig. 8.

L_p = Comprimento da linha principal

Dimensionamento da altura manométrica - A altura manométrica necessária ao funcionamento do sistema de irrigação apresenta-se de forma distinta em função da alternativa de bombeamento.

a) Sem bombeamento - Neste caso, o cálculo da altura manométrica é apresentado pela seguinte fórmula:

$$H_m = f (h_m + h_{fs} + h_{fp}) - \Delta St$$

em que:

H_m = Altura manométrica necessária (m)

f = Fator de correção das perdas localizadas ($f = 1,05$)

ΔSt = Desnível do terreno (m) no sentido das linhas secundária e principal expresso pela fórmula seguinte:

$$\Delta St = \frac{1}{100} \times L$$

S = Declividade longitudinal do terreno (%)

L = Comprimento da tubulação entre o ponto de tomada de água e o final da tubulação secundária (m).

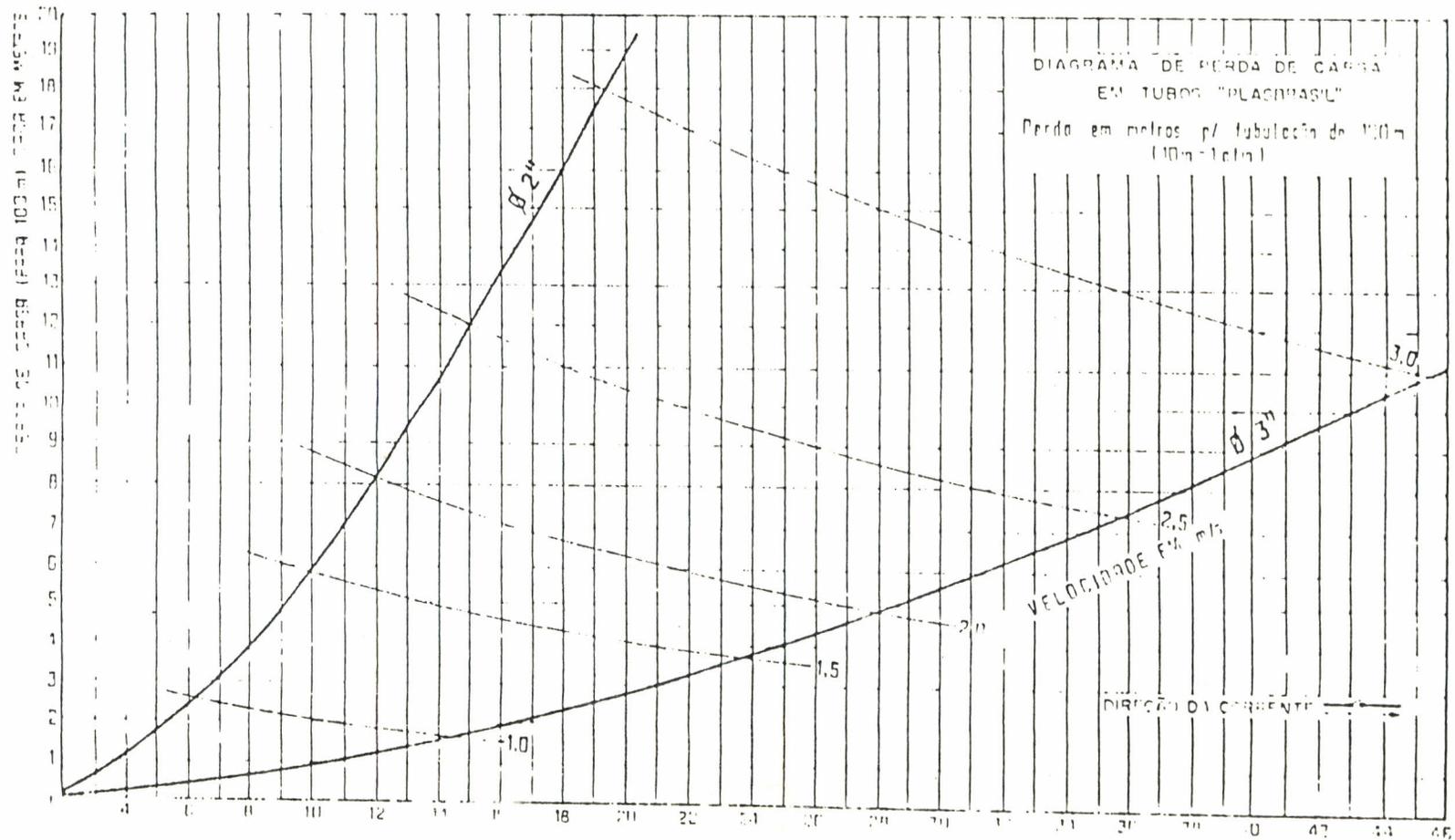


FIG. 8 - Curvas de perdas de carga relativa em tubulação de PVC rígido com engate rápido.

Neste caso, a altura manométrica necessária deve ser menor ou igual a carga hidráulica disponível no ponto de tomada de água.

b) Com bombeamento - Neste caso, o cálculo da altura manométrica necessária é dado pela fórmula:

$$H_m = f (h_m + h_{fs} + h_{fp} + h_r + h_s)$$

em que:

H_m = Altura manométrica necessária (m)

f = Fator de correção das perdas localizadas ($f = 1,05$)

h_s = Altura de sucção (m)

h_r = Altura de recalque (m) expresso pela fórmula:

$$h_r = \frac{1}{100} \times L$$

S = Declividade longitudinal do terreno (%)

L = Comprimento da tubulação no sentido longitudinal (m)

Obs.: A altura de recalque também pode ser obtida diretamente no campo pela diferença de cotas entre eixo da bomba e o ponto mais elevado do terreno.

Dimensionamento do conjunto motobomba - Deve-se selecionar uma bomba que apresente o maior rendimento possível. Após a seleção da bomba para uma dada condição, determinaram-se os parâmetros como segue:

Potência absorvida no eixo da bomba

$$P_a = \frac{H_m \times Q_t}{2,7 \times E_b}$$

em que:

P_a = Potência absorvida no eixo da bomba (cv)

E_b = Eficiência da bomba selecionada (%)

Q_t = Vazão total do sistema (m^3/h)

Potência do motor - Este parâmetro deve ser determinado como segue:

$$P_m = \frac{P_a}{E_m}$$

em que:

P_m = potência do motor em (cv)

E_m = eficiência do motor (decimais). Tabela 5.

TABELA 5. Eficiência para motores diesel, elétrico e a gasolina.

Potência (cv)	Eficiência - decimais		
	motores elétricos	motores diesel	motores a gasolina
< 2	0,70		
2 a 5	0,75		
5 a 10	0,80	0,80	0,60
10 a 20	0,85		
> 20	0,90		

Os motores elétricos nacionais são normalmente fabricados com as seguintes potências em cv: 1/2; 3/4; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 7,5; 10; 12,5; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 75; 100; 125; 150; 200.

Os mais utilizados em irrigação no Nordeste são os de 3.600 rpm (2 polos) e 1.800 rpm (4 polos).

O consumo médio de energia, em conjuntos motobombas, por cv/hora produzido é apresentado na Tabela 6.

TABELA 6. Consumo médio de energia para motores elétricos, diesel e a gasolina.

Fonte de energia	Unidades	Consumo por cv - hora
óleo diesel	litro	0,25 - 0,35
gasolina	litro	0,30 - 0,40
eletricidade	Kilowatt - hora	0,95 - 1,05

Os tipos de chaves elétricas variam em função da potência dos motores. Tabela 7.

TABELA 7. Tipos de chaves elétricas em função da potência dos motores.

Potência do motor (cv)	Tipo de chave elétrica
< 7,5	magnética de proteção
7,5 a 75	estrela triângulo
> 75	compensadora de partida manual ou mecânica, ou série paralela

A potência do transformador é dada por:

$$P_t = 0,97 \times P_m$$

em que:

$$P_t = \text{potência do transformador (KVA)}$$

Os transformadores trifásicos são normalmente fabricados com as seguintes potências em KVA: 10; 12,5; 20; 25; 30; 45; 50; 60; 75; 112,5; 150; 225; 330.

No dimensionamento do transformador deve-se levar em consideração outros consumos de energia existentes tais como: forrageiras; consumo doméstico, etc.

Necessidades de água de irrigação

A Tabela 9 mostra as necessidades de água de irrigação, calculada de acordo com a metodologia apresentada anteriormente. Porém apresentamos de forma resumida a metodologia de cálculo, utilizando-se o mês de fevereiro, como exemplo:

1. Os valores de ETP são dados já calculados obtidos de (HARGREAVES, 1974).

2. Os valores de Kc também são dados estimados.

3. Os valores de ETR são obtidos pela fórmula:

$$ETR = Kc \times ETP = 0,90 \times 179 = 161 \text{ mm}$$

4. Os valores de UC são obtidos dividindo-se a ETP pelo número de dias do mês considerado:

$$UC = ETR \div N = 161 : 28 = 5,75 \text{ mm/dia}$$

5. Os valores de PP são encontrados em (HARGREAVES, 1973) a um nível de 75% de probabilidade.

6. A precipitação efetiva é calculada em base a metodologia apresentada:

$$PE = PP \times f = 8 \times 0,95 = 0$$

Obs: Precipitação com valor inferior a 10 mm deve ser desprezado.

7. A necessidade de irrigação líquida é obtida como segue:

$$NIL = ETR \times PE_{\text{efetiva}} = 161 - 0 = 161 \text{ mm}$$

8. A necessidade de irrigação bruta é calculada em base a eficiência de irrigação do sistema de irrigação escolhido.

$$NIb = NIL : Ei = 161 : 0,7 = 230 \text{ mm}$$

9. Os valores do gasto mensal é obtido pela fórmula:

$$Gm = NIb \times 10 = 230 \times 10 = 2.300 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{mês}$$

PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA COM ASPERSOR MANUAL E COM BOMBEAMENTO

Identificação e Caracterização da Propriedade

Este é o primeiro procedimento para o dimensionamento de um sistema de irrigação, cujo resumo é apresentado na Tabela 8.

TABELA 8. Identificação e Caracterização da Propriedade e Dados Técnicos.

Produtos: José Antonio dos Santos	Projeto nº 05				
Propriedade: Faz. olho D'Água	Data: 26.02.84				
Município: Petrolina	Estado: PE				
-Solo					
Tipo: Latossolo	Classe: 2 Textura: areno sa				
Profundidade: 1,5 m	Declividade longitudinal: 3%				
Capacidade de Campo: 13%	Ponto de murchamento: 6%				
Densidade aparente: 1,56 g/cm ³	Velocidade de infiltração básica: 20 mm				
Água					
Fonte: Rio	Capacidade: m ³ Vazão: 25 m ³ /h				
Volume anual disponível: m ³	Classe: C ₂ S ₁				
Outros Dados:					
Altura de sucção: 2,0 m	Horas de trabalho/dia: 10 h				
Altura de recalque: 3,42 m	Dias de trabalho/semana: 6 d				
Tipo de energia: elétrica	Eficiência de irrigação: 70%				
Cultura	área-ha	Profundidade efetiva da raiz-cm			
		1º mês	2º mês	3º mês	4º mês
Cebola	2,07	20	40	40	40
Cenoura	2,07	20	40	40	40
Espaçamento para cebola: 15cm x 8cm com 5 fileiras de plantas por leirão, espaçamento para cenoura: cm x cm com fileiras de plantas por leirão.					

ABELA 9 . Necessidades de Água de Irrigação.

M Ê S	CULTURA	ETP (mm)	KC	ETR (mm)	UC (mm/dia)	P.P. (mm)	P.EFET. (mm)	N.IRRIG. LÍQUIDA (mm)	N.IRRIG. BRUTA (mm)	GASTO MENSAL m ³ /ha/mês	VAZÃO UNI- TÁRIA (ℓ/s x ha)
JAN	—	206	—	-	—	6	0	-	-	-	—
FEV	Cebola	179	0,90	161	5,75	8	0	161	230	2.300	2,28
MAR	Cebola	181	0,95	172	5,55	11	10	162	231	2.310	2,07
ABR	Cebola	150	1,00	150	5,00	1	0	150	214	2.140	1,98
MAI	Cebola	145	0,90	130	4,19	0	0	130	186	1.860	1,67
JUN	Cebola	132	—	-	—	0	0	-	-	-	—
JUL	Cenoura	138	0,90	124	4,00	0	0	124	177	1.770	1,59
AGO	Cenoura	150	1,00	156	5,03	0	0	156	223	2.230	2,00
SET	Cenoura	174	1,05	183	6,10	0	0	183	261	2.610	2,42
OUT	Cenoura	204	0,95	194	6,26	0	0	194	277	2.770	2,48*
NOV	—	209	—	-	—	2	0	-	-	-	—
DEZ	—	206	—	-	—	6	0	-	-	-	—
TOTAL		2080	—	1270	—	34	10	1260	1800	18.000	—

ETP = Evapotranspiração potencial (mm)
 KC = Coeficiente de cultivo
 ETR = Evapotranspiração real ou uso consuntivo (mm)
 PP = Precipitação provável a 75% de probabilidade (mm)
 P.EFET. = Precipitação efetiva (mm)
 N.IRRIG. LÍQUIDA = Necessidade de irrigação líquida (mm)
 N.IRRIG. BRUTA = Necessidade de irrigação bruta (mm)
 UC = Uso consuntivo (mm/dia)

Eficiência de irrigação = 70%
 Mês de maior consumo = Outubro - 2,48 ℓ/s/ha
 Área irrigável = 2,07 ha
 Vazão do projeto = 5,11 ℓ/s ou 18,40 m³/h

10. A vazão unitária ou módulo de irrigação é obtido em base ao número de horas de trabalho por dia e ao número de dias do mês.

$$Q_u = \frac{G_m}{2,6 \times h \times D} = \frac{2300}{3,6 \times 10 \times 28} = 2,28 \text{ l/s} \times \text{ha.}$$

Manejo da água de irrigação.

O manejo da água de irrigação ou operação do sistema de irrigação, para o projeto é mostrado na Tabela 10. A seguir exemplifica-se o preenchimento desta tabela, em base nos cálculos para a cultura da cenoura, referente ao mês de maior demanda (outubro) obtido da Tabela 9.

1. A frequência de irrigação foi pré-estabelecida em 2 dias.
2. Calcula-se a lâmina líquida em base a frequência e ao uso consuntivo.

$$L_l = F_i \times UC = 2 \times 6,26 = 12,52 \text{ mm}$$

3. Calcula-se a lâmina líquida que o solo pode armazenar para a cultura considerada no mês de máxima demanda. Ou seja:

$$L_{ls} = 10 \frac{CC - PM}{100} \times D_{ap} \times K \times Pr = 10 \frac{13 - 6}{100} \times 1,56 \times 0,40 \times 40 = 17,47 \text{ mm}$$

4. Verifica-se que L_l é menor que L_{ls} .

5. Determina-se a lâmina bruta

$$L_b = \frac{L_l}{E_i} = \frac{12,52}{0,7} = 17,89 \text{ mm}$$

6. Calcula-se o volume de água a ser aplicado por leirão.

$$Val = L_b \times A_{il} = 17,89 \times 36 = 644 \text{ l}$$

7. A vazão total do sistema de irrigação é dado por:

$$Q_t = Q_u \times A_t = 2,48 \times 2,06 = 5,11 \text{ l/s} = 18,4 \text{ m}^3/\text{h.}$$

TABELA 10. Manejo da irrigação da operação do sistema de irrigação.

M E S E S	Frequência de irrigação	Uso Consun- tivo	Lâmina líquida	Lâmina bruta	Vol. de água aplic. por leirão/irrig	Tempo de irrigação por leirão	Horas de bombeamento		Área irrigada por célula (ha)
	(dias)	(mm/dia)	(mm)	(mm)	(ℓ)	(min)	Diário (horas)	mensal (horas)	
JAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEV	2,0	5,75	11,50	16,43	591	7,70	9,19	257	1,09
MAR	2,0	5,55	10,44	14,91	537	7,09	8,35	259	1,09
ABR	2,0	5,00	10,00	14,29	514	6,62	7,98	239	1,09
MAI	2,0	4,29	8,38	11,97	431	5,61	6,73	209	1,09
JUN	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-
JUL	2,0	4,00	8,00	11,43	412	5,36	6,41	199	1,03
AGO	2,0	5,03	10,06	14,37	517	6,73	8,06	250	1,03
SET	2,0	6,10	12,20	17,43	627	8,16	9,76	293	1,03
OUT	2,0	6,26	12,52	17,89	644	8,38	10,00	310	1,03
NOV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEZ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	2.016	-

19 de mangueira: 4

Vazão por mangueiras, = 1,28 ℓ/s.

Cultura: Cebola, espaçamento entre leirões = 1,20 m, comprimento = 36 m

Espaçamento entre plantas: 15 cm x 8 cm com cinco fileiras por leirão

Cultura = Cenoura, espaçamento entre leirões = 1,20 m, comprimento = 36 m

Espaçamento entre plantas = cm x cm com fileiras por leirão

6. Calcula-se o número de mangueiras necessárias em funcionamento simultâneo.

Em função do esquema do sistema de irrigação selecionou-se uma mangueira com 50 m de comprimento 1 1/4" de diâmetro e com chuveiro terminal. Deve-se selecionar na Tabela 4, uma vazão que condicione a obtenção de um número exato de mangueiras. Neste caso, pode-se verificar que uma vazão de 1,29 l/s, apresenta-se como um valor ideal. Ou seja:

$$NMF = \frac{Qt}{Qm} = \frac{5,11}{1,29} = 4 \text{ mangueiras.}$$

Para $Qm = 1,29 \text{ l/s}$, tem-se uma pressão de 7,00 m no início da mangueira.

7. O tempo de irrigação por leirão é dado por:

$$tip = \frac{Val}{60 \times Qm} = \frac{644}{60 \times 1,28} = 8,38 \text{ min.}$$

8. Calcula-se o número de horas de bombeamento diário.

$$hbd = \frac{Qu}{Qum} \times h = \frac{2,48}{2,48} \times 10 = 10 \text{ h.}$$

9. Determina-se o número de horas de bombeamento mensal.

$$Hbm = Hbd \times D = 10 \times 31 = 310 \text{ h.}$$

Para o mês de outubro $D = 31$ dias.

10. Calcula-se a área irrigada por dia.

$$Aid = \frac{At}{Fi} = \frac{2,16}{2} = 1,08 \text{ ha.}$$

Dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação.

O sistema de irrigação é do tipo móvel e a área irrigada encontra-se a montante do açude.

1. Dimensionamento da mangueira de distribuição.

Para uma mangueira com 50 m de comprimento, 1 1/4" de diâmetro, com chuveiro terminal e uma pressão no início da mangueira igual a 7,00 m, tem-se uma vazão de 1,29 l/s. Tabela 4. Ou seja:

Para $L_m = 50$ m, $\varnothing = 1 \frac{1}{4}$ ", com chuveiro terminal e $h_m = 7,00$ m
→ $Q_m = 1,29$ l/s. Tabela 1.

2. Dimensionamento da linha secundária.

. Considerando que a tubulação é de PVC rígido com engate rápido, obtem-se pela Fig. 8, os valores de perda de carga relativa.

. Pode-se verificar pelo esquema do sistema de irrigação da Fig. 3, detalhes referentes ao comprimento da tubulação, número e espaçamento entre pontos de derivação. Diante disto, bem como do número de mangueira em funcionamento simultâneo, tem-se:

- Para o primeiro trecho da tubulação com 3" de diâmetro e uma vazão de 18,58 m³/h, obtem-se pela Fig. 6, uma perda de carga relativa de 12,40 m/100. Ou seja:

Para $\varnothing = 3$ " e $Q_{s1} = 18,58$ m³/h ⇒ $J_1 = 2,4$ m/100 m

- Pode-se observar pela Fig. 8, que a velocidade da água na tubulação não ultrapassa o limite permissível de 2,0 m/s.

- As perdas de cargas relativas para os demais trechos dessa tubulação são obtidos de modo similar, descontando-se as vazões das mangueiras em cada ponto de derivação. Ou seja:

Para $\varnothing = 3$ " e $Q_{s2} = 13,94$ m³/h ⇒ $J_2 = 1,60$ m/100 m

Para $\varnothing = 3$ " e $Q_{s3} = 9,29$ m³/h ⇒ $J_3 = 0,80$ m/100 m

Para $\varnothing = 3$ " e $Q_{s4} = 4,64$ m³/h ⇒ $J_4 = 0,30$ m/100 m

. Cálculo da perda de carga total na linha secundária

$$h_{fs} = \frac{1}{100} (J_1 L_1 + J_2 L_2 + J_3 L_3 + J_4 L_4) = \frac{2,40}{100} \times 12 + \frac{1,60}{100} \times 24 + \frac{0,80}{100} \times 24 + \frac{0,30}{100} \times 24 = 0,93 \text{ m.}$$

3. Dimensionamento da linha principal.

. Esta tubulação não apresenta pontos de derivação, sendo dimensionada como segue:

. Pela Fig. 8, tem-se que para $\phi = 3''$ e $Q_t = 18,58 \text{ m}^3/\text{h}$

$$\implies J = 2,40 \text{ m}/100 \text{ m.}$$

. Pela Fig. 3, tem-se que o comprimento da linha principal (L) é igual a 90 m (72 + 18).

. Cálculo da perda de carga por atrito

$$h_{fp} = \frac{J L}{100} = \frac{2,40}{100} \times 90 = 2,16 \text{ m.}$$

4. Cálculo da altura manométrica

$$\begin{aligned} H_m &= f (h_m + h_{fs} + h_{fp} + h_r + h_s) = 1,05 (7,00 + 0,93 + 2,16 + 3,42 + 2,00) \\ &= 16,29 \text{ m} \end{aligned}$$

5. Escolha da bomba

. Deve-se escolher uma bomba centrífuga que apresente o melhor rendimento possível, ao atender a condição:

$$Q_t = 18,58 \text{ m}^3/\text{h} \times H_m = 16,37 \text{ m}$$

. Selecionou-se uma bomba com as seguintes características:

Marca: Worthington, modelo: D-800, rotação: 1740 rpm, rotor: 7,40" de ϕ e eficiência = 59%. Fig. 9.

. Cálculo da potência absorvida no eixo da bomba.

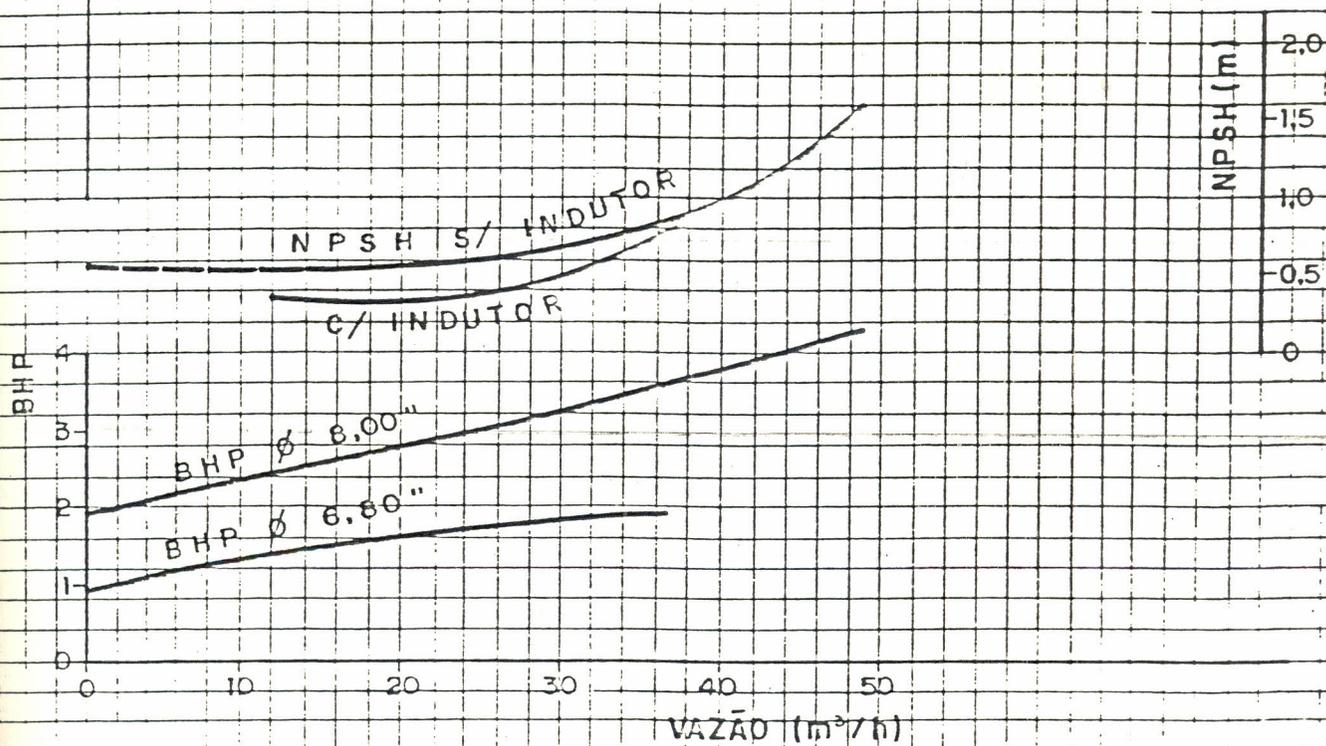
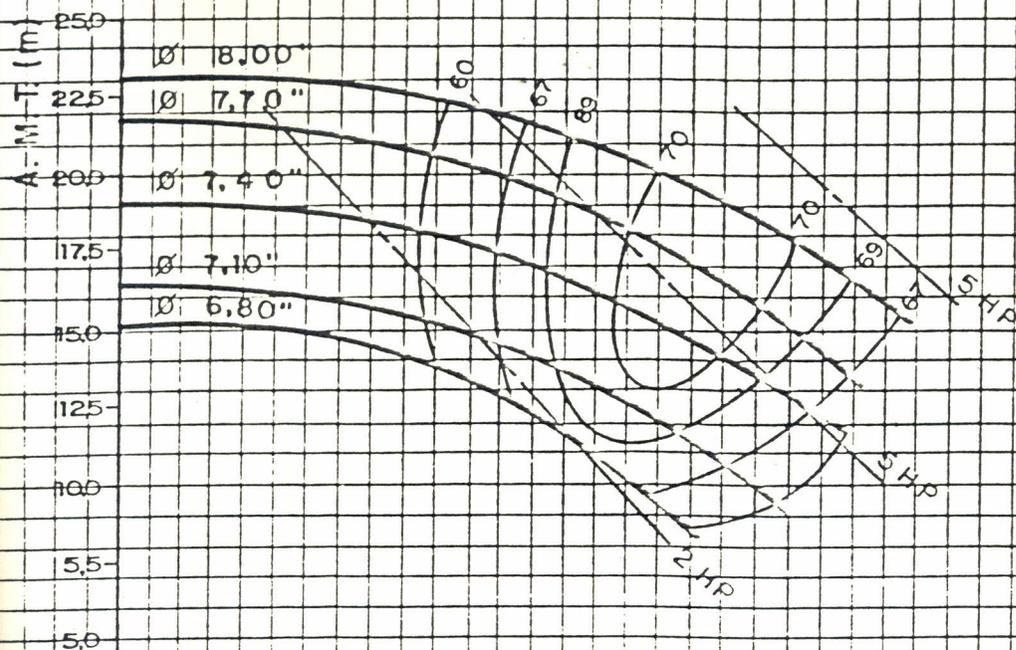
$$P_a = \frac{Q_m \times H_m}{2,7 \times E_b} = \frac{18,58 \times 16,29}{2,7 \times 59} = 1,90 \text{ cv.}$$

6. Dimensionamento do motor.

. Como a propriedade é eletrificada, o motor deve ser do tipo elétrico.

. Eficiência do motor elétrico menor que 2 cv = 70%. Tabela 5.

1740 RPM



Suções Ø 3"	76,2 mm	Descarga Ø 2"	50,8 mm	Diâmetro Máximo de sólidos	mm
-------------	---------	---------------	---------	----------------------------	----

FIG 9 Curvas de rendimento da bomba centrifuga marca worthington modelo D-800.

. Cálculo da potência do motor

$$P_m = \frac{P_a}{E_m} = \frac{1,90}{0,70} = 2,70 \text{ CV}$$

7. Seleciona-se os equipamentos e acessórios elétricos do conjunto eletrobomba.

. Chave elétrica - selecionou-se uma chave magnética de proteção, porque a potência do motor é inferior a 7,5 CV.

. A potência do transformador é dado pela fórmula:

$$PT = 0,97 \times P_m = 0,97 \times 2,7 = 2,62 \text{ KVA}$$

Portanto, a potência do transformador selecionado e existente no mercado será de 10 KVA.

8. A descrição do conjunto eletrobomba poderá ser feita da seguinte forma:

Conjunto motobomba composto de uma bomba centrífuga, eixo horizontal, marca Worthington, modelo D-800, vazão = $18,58 \text{ m}^3/\text{h}$ x $H_m = 16,29 \text{ m}$, com 1740 rpm, rotor com 7,40" de diâmetro com um passo, eficiência de 59%, absorvendo no eixo da bomba 1,90 CV, acoplado por meio de luva elástica a um motor elétrico WEG (ou similar) trifásico de 3 CV, tensão 380/660 V, IV polos (1.740 rpm) 60 Hz, montado em base fixa de cantoneiras de ferro.

A Tabela 11 apresenta a discriminação, quantificação e orçamentação de materiais e equipamentos necessários a implantação de um sistema de irrigação por mangueira, com aspersor manual e com bombeamento, para módulos médios, irrigados de 2,0 ha.

Observa-se pela Tabela 11, que o custo médio de implantação deste sistema de irrigação para as condições apresentadas, é de U\$. 1.382,56/ha. O aumento da área irrigada por módulo quando se utiliza, tende a reduzir o custo de implantação por hectare, tendo em vista a ociosidade de potência dos motores diesel para um tamanho de módulo irrigável de 2,0 ha.

TABELA 11 . Custo de implantação de um sistema de irrigação por mangueira com aspersor manual e com bombeamento para módulos médios irrigáveis de 2.0 ha. Abril/84. (Petrolina-PE).

Discriminação	Unid.	Quant.	VALOR	
			ORTN	US*
- Tampão final de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	Unid.	01	0,04	2,96
- Cano de PVC rígido com 6 m de comprimento, engate rápido de 3" de Ø.	Unid.	31	97,84	720,45
- Curva de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	Unid.	02	1,65	12,12
- Nipel de PVC rígido com engate rápido, rosca/fêmea de 3" de Ø.	Unid.	01	0,37	2,74
- Anéis de vedação de borracha para cano de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	Unid.	40	1,63	12,08
- Mangueira de PVC flexível com 1 1/4" de Ø.	m	200	43,97	323,74
- Engate rápido para aspersor com válvula automática tipo erva.	Unid.	04	2,78	20,47
- Braçadeira sem pé-de-suporte e rosca interna de 1" de Ø para cano de 3" de Ø.	Unid.	04	1,30	9,57
- Braçadeira para mangueira de PVC flexível com 1 1/4" de Ø.	Unid.	08	1,77	13,04
- Bico de regador de plástico	Unid.	01	0,04	0,36
- Mangote de sucção com 5 m de comprimento, 3" de Ø, válvula de pé, nipel e braçadeira.	Unid.	01	45,58	342,26
- Válvula de retenção em bronze c/rosca de 3" de Ø.	Unid.	01	9,58	70,55
- Conjunto motobomba, constituído por uma bomba centrífuga, de eixo horizontal, marca Worthington modelo D-800, com 1740 rpm, rotor com 7,40" de Ø, acoplado através de luva elástica a um motor elétrico marca WEG com potência de 3,0 cv, com 1740 rpm, montado em fixa.	Unid.	01	157,56	1.160,17
- Ligação de pressão c/registo, flange, vedações de 3" de Ø.	Unid.		9,16	67,42
- Instalação do sistema	H/D**	04	0,99	7,15
TOTAL	-	-	375,44	2.765,12

* 1 dólar = Cr\$ 1.390,00

ORTN = Cr\$ 10.235,00

** H/D = Homem/dia

Projeto de Irrigação por Mangueira com Aspensor Manual e Sem Bomba - mento

Identificação e Caracterização da Propriedade

Este é o primeiro procedimento para o dimensionamento de um sistema de irrigação, cujo resumo é apresentado na Tabela 12.

TABELA 12. Identificação e Caracterização da Propriedade e Dados Técnicos.

Produtor: José Maria da Cunha	Projeto Nº 6
Propriedade: Faz. Santa Helena	Data: 27.02.84
Município: Petrolina	Estado: PE

Solo

Tipo: Latossolo	Classe: 2	Textura: Arenosa
Profundidade: 1,5 m	Declividade Longitudinal: 2%	
Capacidade de campo = 10%	Ponto de murchamento = 4%	
Densidade aparente = 1,52 g/cm ³		
Velocidade de infiltração básica: 20 mm/h		

Água

Fonte: Açude	Capacidade: 130.000 m ³	Vazão: m ³ /h
Volume anual disponível: 39.000 m ³		Classe: C ₂ S ₁

Outros dados:

Carga hidráulica = 4,00 m	Horas de trabalho/dia = 10 h
Desnível do terreno =	Dias de trabalho/semana = 7 dias
	Eficiência de irrigação = 70%

Cultura	Área-ha	Profundidade efetiva da raiz - em			
		1º mês	2º mês	3º mês	4º mês
Cebola	2,07	20	40	40	40
Cenoura	2,07	20	40	40	40

Espaçamento para Cebola = 15 cm x 8 cm com 5 fileiras de plantas por leirão.

Espaçamento para Cenoura = cm x cm com fileiras de planta por leirão.

Projeto de Irrigação por Mangueira com Aspersion Manual e Sem Bomba - mento

Identificação e Caracterização da Propriedade

Este é o primeiro procedimento para o dimensionamento de um sistema de irrigação, cujo resumo é apresentado na Tabela 12.

TABELA 12. Identificação e Caracterização da Propriedade e Dados Técnicos.

Produtor: José Maria da Cunha
Propriedade: Faz. Santa Helena
Município: Petrolina

Projeto Nº 6
Data: 27.02.84
Estado: PE

Solo

Tipo: Latossolo Classe: 2 Textura: Arenosa
Profundidade: 1,5 m Declividade Longitudinal: 2%

Capacidade de campo = 10% Ponto de murchamento = 4%

Densidade aparente = 1,52 g/cm³

Velocidade de infiltração básica: 20 mm/h

Água

Fonte: Açude Capacidade: 130.000 m³ Vazão: m³/h
Volume anual disponível: 39.000 m³ Classe: C₂S₁

Outros dados:

Carga hidráulica = 4,00 m Horas de trabalho/dia = 10 h
Desnível do terreno = Dias de trabalho/semana = 7 dias
Eficiência de irrigação = 70%

Cultura	Área-ha	Profundidade efetiva da raiz - em			
		1º mês	2º mês	3º mês	4º mês
Cebola	2,07	20	40	40	40
Cenoura	2,07	20	40	40	40

Espaçamento para Cebola = 15 cm x 8 cm com 5 fileiras de plantas por leirão.

Espaçamento para Cenoura = cm x cm com fileiras de planta por leirão.

Necessidades de água de irrigação

A Tabela 13 mostra as necessidades de água de irrigação, calculada de acordo com a metodologia apresentada anteriormente. Apresentamos de forma resumida a metodologia de cálculo, utilizando-se o mês de janeiro como exemplo.

1. Os valores de ETP são dados já calculados obtidos de (HARGREAVES, 1974).

2. Os valores de Kc também são obtidos de acordo com a metodologia apresentada.

3. Os valores de ETR são obtidos pela fórmula:

$$ETR = Kc \times ETP = 0,90 \times 179 = 161 \text{ mm}$$

4. Os valores de UC são obtidos dividindo-se a ETP pelo número de dias do mês considerado.

$$UC = ETP : N = 161 : 28 = 5,75 \text{ mm/dia}$$

5. Os valores de PP são encontrados em (HARGREAVES, 1973), a um nível de 75% de probabilidade.

6. A precipitação efetiva é calculada em base a metodologia apresentada.

$$PE = PP \times f = 6 \times 0,95 = 0$$

Obs: Precipitação com valor inferior a 10 mm deve ser desprezado.

7. A necessidade de irrigação líquida é obtida como seguir:

$$NIL = ETR - PE_{\text{efetiva}} = 161 - 0 = 161 \text{ m}$$

8. A necessidade de irrigação bruta é calculada em base a eficiência de irrigação do sistema de irrigação escolhido.

$$NIB = NIL : E_i = 161 : 0,7 = 230 \text{ mm}$$

9. Os valores do gasto mensal é obtido pela fórmula:

$$G_m = NIB \times 10 = 230 \times 10 = 2.300 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{mês}$$

TABELA 13 Necessidades de Água de Irrigação

M E S	CULTURA	ETP (mm)	KC.	ETR (mm)	P.P. (mm)	P.EFET. (mm)	N. IRRIG. LÍQUIDA (mm)	Uso Con- suntivo (mm/dia)	N. IRRIG. BRUTA (mm)	GASTO MENSAL m ³ /ha/mês	VAZÃO UNI- TÁRIA (l/s x ha)
JAN	-	206	-	-	6	0	-	-	-	-	-
FEV	Cebola	179	0,90	161	8	0	161	5,75	230	2.300	2,28
MAR	Cebola	181	0,95	172	11	10	162	5,55	231	2.310	2,07
ABR	Cebola	150	1,00	150	1	0	150	5,00	214	2.140	1,98
MAI	Cebola	145	0,90	130	0	0	130	4,19	186	1.860	1,67
JUN	Cebola	132	-	-	0	0	-	-	-	-	-
JUL	Cenoura	138	0,90	124	0	0	124	4,00	177	1.770	1,59
AGO	Cenoura	150	1,00	156	0	0	156	5,03	223	2.230	2,00
SET	Cenoura	174	1,05	183	0	0	183	6,10	261	2.610	2,42
OUT	Cenoura	204	0,95	194	0	0	194	6,26	277	2.770	3,48*
NOV	-	209	-	-	2	0	-	-	-	-	-
DEZ	-	206	-	-	6	0	-	-	-	-	-
T O T A L		2080	-	1.270	34	10	1.260	-	1.800	18.000	-

.ETP = Evapotranspiração potencial (mm)

.KC = Coeficiente de cultivo

.ETR = Evapotranspiração real ou uso consuntivo (mm)

.PP = Precipitação Provável a 75% de probabilidade (mm)

.P.EFET. = Precipitação efetiva (mm)

.N.IRRIG.LÍQUIDA = Necessidade de irrigação líquida (mm)

.N.IRRIG.BRUTA = Necessidade de irrigação bruta (mm)

.UC = Uso consuntivo dia (mm/dia)

.Eficiência de irrigação 70%.Mês de maior consumo outubro, 2,48 l/s/ha.Área irrigável = 2,07 ha. Vazão do projeto 5,13 l/s ou 18,50 m³/h

OBS.

10. A vazão unitária ou módulo de irrigação é obtido em base ao número de horas de trabalho por dia e ao número de dias do mês.

$$Q_u = \frac{G_m}{3,6 \times h \times D} = \frac{2300}{3,6 \times 10 \times 28} = 2,28 \text{ l/s} \times \text{ha.}$$

Manejo da água de irrigação

O manejo da água de irrigação ou operação do sistema de irrigação, para o projeto é mostrado na Tabela 14. A seguir exemplifica-se preenchimento desta tabela, em base aos cálculos para a cultura da cenoura, referente no mês de maior demanda (outubro) obtido da Tabela 11.

1. A frequência de irrigação foi pré-estabelecida em 2 dias com dez horas de trabalho por dia.
2. Calcula-se a lâmina líquida em base a frequência e ao uso consuntivo.

$$L_l = F_i \times UC = 2 \times 6,26 = 12,52$$

3. Calcula-se a lâmina líquida que o solo pode armazenar para a cultura considerada no mês de máxima demanda. Ou seja.

$$L_{ls} = 10 \frac{CC - PM}{100} \times D_{ap} \times K \times Pr = 10 \frac{10 - 4}{100} \times 1,52 \times 0,40 \times 40 = 14,59 \text{ mm}$$

4. Verifica-se que L_l é praticamente igual a L_{ls} .

3. Determina-se a lâmina bruta

$$L_b = \frac{L_l}{E_i} = \frac{12,52}{0,7} = 17,89 \text{ mm}$$

4. Calcula-se o volume de água a ser aplicado por leirão

$$Val = L_b \times A_{il} = 17,89 \times 36 = 644 \text{ l.}$$

TABELA 14 Manejo da irrigação da operação do sistema de irrigação.

M E S E S	Frequência de irrigação (dias)	Uso consuntivo (mm/dia)	Lâmina líquida (mm)	Lâmina bruta (mm)	Vol. de água aplic. por leirão/irrig (ℓ)	Tempo de irrigação por leirão (min)	Horas de bombeamento		Área irrigada por dia (ha)
							Diário (horas)	mensal (horas)	
JAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEV	2,0	5,75	11,50	16,43	591	7,70	9,19	257	1,09
MAR	2,0	5,55	10,44	14,91	537	7,09	8,35	255	1,09
ABR	2,0	5,00	10,00	14,29	514	6,62	7,98	239	1,09
MAI	2,0	4,29	8,38	11,97	431	5,61	6,73	209	1,09
JUN	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-
JUL	2,0	4,00	8,00	11,43	412	5,36	6,41	199	1,03
AGO	2,0	5,03	10,06	14,37	517	6,73	8,06	250	1,03
SET	2,0	6,10	12,20	17,43	627	8,16	9,76	293	1,03
OUT	2,0	6,26	12,52	17,89	644	8,38	10,00	310	1,03
NOV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEZ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T O T A L	-	-	-	-	-	-	-	2.016	-

Nº de mangueira: 4

Vazão por mangueiras, = 1,28 ℓ/s.

Cultura: Cebola, espaçamento entre leirões = 1,20 m, comprimento = 36 m

Espaçamento entre plantas: 15 cm x 8 cm com cinco fileiras por leirão

Cultura = Cenoura, espaçamento entre leirões = 1,20 m, comprimento = 36 m

Espaçamento entre plantas = cm x cm com fileiras por leirão

5. A vazão total do sistema de irrigação é dado por:

$$Q_t = Q_u \times A_t = 2,48 \times 2,06 = 5,11 \text{ l/s} = 18,40 \text{ m}^3/\text{h}.$$

6. Calcula-se o número de mangueiras necessárias em funcionamento simultâneo.

Em função do esquema do sistema de irrigação selecionou - se uma mangueira com 50 m de comprimento e 1 1/4" de diâmetro e com chuveiro terminal. Deve-se selecionar na Tabela 4, uma vazão que condicione a obtenção de um número exato de mangueira. Neste caso, pode-se verificar que uma vazão de 0,86 l/s, apresenta-se como um valor ideal. Ou seja:

$$NMF = \frac{Q_t}{Q_m} = \frac{5,17}{0,86} = 6 \text{ mangueiras}$$

Para $Q_m = 0,86 \text{ l/s}$ tem-se uma pressão de 4,00 m no início da mangueira.

7. O tempo de irrigação por leirão é dado por:

$$T_{ip} = \frac{Val}{60 \times Q_m} = \frac{644}{60 \times 0,86} = 12,48 \text{ min.}$$

8. Calcula-se o número de horas de irrigação diária.

$$H_{bd} = \frac{Q_u}{Q_{um}} \times h = \frac{2,48}{2,48} \times 10 = 10 \text{ h.}$$

9. Determina-se o número de horas de irrigação mensal.

$$H_{bm} = H_{bd} \times D = 10 \times 31 = 310 \text{ h.}$$

Para o mês de outubro $D = 31$ dias.

10. Calcula-se a área irrigada por dia

$$A_{id} = \frac{A_t}{F_i} = \frac{2,06}{2} = 1,03 \text{ ha.}$$

Dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação.

Considerando que a área irrigada encontra-se a jusante do açude o sistema de irrigação deve ser dimensionado, visando o aproveitamento da carga hidráulica do ponto de tomada de água.

o sistema de irrigação é do tipo móvel.

1. Determinação da carga hidráulica mínima no ponto de tomada de água.

A carga hidráulica mínima em base ao volume de água disponível para irrigação é de 2,2 m ($h_d = 2,2$ m).

2. Dimensionamento da mangueira de distribuição.

Para uma mangueira com 50 m de comprimento, 1 1/4" de diâmetro, com chuveiro terminal e uma pressão no início da mangueira igual a 2,20 m tem-se uma vazão de 0,85 l/s, Tabela 4. Ou seja:

Para $L_m = 50$ m, $\varnothing = 1\ 1/4"$, com chuveiro terminal e $h_m = 2,20$ m
 $Q_m = 0,85$ l/s.

3. Dimensionamento da linha secundária considerando que a tubulação é de PVC rígido com engate rápido (sistema móvel), obtém-se pela Fig. 8. Os valores de perda de carga relativa.

Pode-se verificar pelo esquema do sistema de irrigação da Figura 4, detalhes referentes ao comprimento entre pontos de derivação. Diante disto, bem como do número de mangueiras em funcionamento simultâneo, tem-se:

Para o primeiro trecho da tubulação com 3" de diâmetro e uma vazão de 18,36 m³/h, obtém-se pela Figura 8, uma perda de carga relativa de 2,40 m/100 m, ou seja,

Para $\varnothing = 3"$ e $Q_t = 18,36$ m³/h $\rightarrow J_1 = 2,40/100$ m.

Pode-se observar pela Fig. 8, que a velocidade da água na tubulação não ultrapassa o limite permissível de 2,0 m/s.

As perdas de cargas relativas para os demais trechos dessa tubulação são obtidos de modo similar. Ou seja:

Para $\varnothing = 3"$ e $Q_{s2} = 15,30$ m³/h $\rightarrow J_2 = 1,80$ m/100 m

Para $\varnothing = 3"$ e $Q_{s3} = 12,24$ m³/h $\rightarrow J_3 = 1,30$ m/100 m

Para $\varnothing = 3"$ e $Q_{s4} = 9,18$ m³/4 $\rightarrow J_4 = 0,80$ m/100 m

Para $\varnothing = 3''$ e $Q_{s5} = 6,12 \text{ m}^3/\text{h} \implies J_5 = 0,40 \text{ m}/100 \text{ m}$

Para $\varnothing = 3''$ e $Q_{s6} = 3,06 \text{ m}^3/\text{h} \implies J_6 = 0,20 \text{ m}/100 \text{ m}$

. Calcula-se a perda de carga total na linha secundária.

$$h_{fs} = \frac{1}{100} (J_1 L_1 + J_2 L_2 + J_3 L_3 + J_4 L_4 + J_5 L_5 + J_6 L_6) = \frac{1}{100} (2,40 \times 12 + 1,30 \times 24 + 0,80 \times 24 + 2,40 \times 24 + 0,20 \times 24) = 0,94 \text{ m.}$$

4. Dimensionamento da linha principal

. Esta tubulação pôde ser dimensionada como segue:

. Pela Fig. 4, tem-se que o comprimento da linha principal é igual a 54 m (36 + 18)

. Pela Fig. 8, tem-se que para $\varnothing = 3''$ e $Q_t = 18,36 \text{ m}^3/\text{h} \implies J = 2,40 \text{ m}/100 \text{ m}$.

. Calcula-se a perda de carga total na linha

$$h_{fp} = \frac{J L}{100} = \frac{2,40}{100} \times 54 = 1,30 \text{ m.}$$

5. Calcula-se o desnível do terreno

$$\Delta St = \frac{S L}{100} = \frac{2}{100} \times (144 + 18) + \frac{0}{100} 36 = 3,24 \text{ m.}$$

6. Determina-se a altura manométrica

$$H_m = f(h_m + h_{fs} + h_{fp} - \Delta St) = 1,05 (2,20 + 0,94 + 1,30) - 3,24 = 1,42 \text{ m}$$

7. Relaciona-se a carga hidráulica disponível na ponto de tomada de água com altura manométrica.

Verifica-se que $H_d > H_m$. Logo, aceita-se a condição imposta.

A Tabela 15 mostra a discriminação, quantificação e orçamentação de materiais e equipamentos necessários a implantação de um sistema de irrigação por mangueira com aspersor manual e sem bombeamento, para módulos médios irrigáveis de 2,0 ha.

TABELA 15 . Custo de implantação de um sistema de irrigação por mangueira com aspersor manual e sem bombeamento para módulos médios irrigáveis de 2,0 ha. Abril/84. (Petrolina-PE).

Discriminação	Unid.	Quant.	VALOR	
			ORTN	US*
- Tampão final de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	Unid.	01	0,04	2,96
- Cano de PVC rígido com 6 m de comprimento, engate rápido de 3" de Ø.	Unid.	31	97,84	720,45
- Curva de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	Unid.	02	1,65	12,12
- Nipel de PVC rígido com engate rápido, rosca/fêmea de 3" de Ø.	Unid.	02	0,74	5,48
- Anéis de vedação de borracha para cano de PVC rígido com engate rápido de 3" de Ø.	Unid.	40	1,63	12,08
- Mangueira de PVC flexível com 1 1/4" de Ø.	m	200	43,97	323,74
- Engate rápido para aspersor com válvula automática tipo erva.	Unid.	04	2,78	20,47
- Braçadeira sem pé-de-suporte e rosca interna de 1" de Ø para cano de 3" de Ø.	Unid.	04	1,30	9,57
- Braçadeira para mangueira de PVC flexível com 1 1/4" de Ø.	Unid.	08	1,77	13,04
- Bico de regador de plástico	Unid.	01	0,04	0,36
- Registro de gaveta em bronze com 3" de Ø.	Unid.	01	10,70	78,77
- Instalação de um sistema	H/D**			
TOTAL	-	-	162,46	1.199,04

* 1 dólar = Cr\$ 1.390,00

ORTN = Cr\$ 10.235,07

** H/D = Homem/dia

Pode-se constatar pela Tabela 15, que o custo médio de implantação deste sistema de irrigação, para as condições apresentadas, é de U\$ 599,52/ha. Neste caso, o aumento da área irrigada por módulo não condiciona uma redução, significativa no custo médio de implantação por hectare.

BIBLIOGRAFIA

BERNARDO, S. Manuál de irrigação. Viçosa, Imprensa Universitária da UFV, 1982. 463p. il.

DORENBOS, J. & W.O. PRUITT. Crop water requirements. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24, 1975. Rome 179p.

HARGREAVES, G.H. Monthly Precipitation Probabilities for Northeast Brazil. Utah State University. September, 1973. 423p.

HARGREAVES, G.H. Potential Evapotranspiration and Irrigation Requirements for Northeast Brazil. Utah State University. February, 1974. 56p.

SANTOS, E.D. Necessidades de Água de Irrigação para algumas culturas do Sub-médio S. Francisco. EMATER-PE. Recife-PE, 1977. 17p.