

Doacas FL
06860

CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO - CPATSA

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA
UTILIZANDO SULCOS CURTOS, FECHADOS E NIVELADOS

José Monteiro Soares

~~Sistema de irrigação por~~
1984 FL-07816



32476-1

Petrolina, 1984



SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA UTILIZANDO
SULCOS CURTOS, FECHADOS E NIVELADOS

José Monteiro Soares.

RESUMO

Em propriedades com recursos hídricos escassos e/ou com topografia muito ondulada, os sistemas de irrigação convencionais tem seu emprego limitado. Com adaptações feitas pelo CPATSA/EMBRAPA, essas propriedades poderão ser exploradas pelo sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados. Este sistema apresenta as seguintes características: Condução da água através de tubulações; aplicação localizada da água através de mangueiras flexíveis; funciona sob condições de baixa e média pressão; aproveitamento de fontes de água com pequenas vazões ou pequenos volumes; não requer a filtragem da água de irrigação; aproveita a mão-de-obra familiar; simples quanto a instalação e ao manejo; evita perdas de água por escoamento superficial e apresenta uma alta eficiência de irrigação. Este sistema de irrigação destina-se a exploração de culturas anuais ou perenes.

O custo de investimento deste sistema de irrigação, sob condições de baixa pressão (sem necessidade de bombeamento) representa em média 38% do custo de investimento do sistema de irrigação por aspersão. Sob condição de bombeamento, o custo de investimento desse sistema se equivale ao do sistema de irrigação por aspersão, mas que permite a irrigação em terrenos com declividades bastante elevadas, que normalmente, limitam o emprego dos sistemas de irrigação convencionais.

HOSE PIPE IRRIGATION SYSTEM USING
SHORT, CLOSED AND LEVELED FURROWS

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 using short, closed and leveled furrows, presented in this paper, can be successfully used in those farms due to 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.

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA UTILIZANDO SULCOS CURTOS, FECHADOS E NIVELADOS

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. É um sistema que pode funcionar sob baixa e média pressões, tendendo a aproveitar, na propriedade, de pontos de tomada de água com energia gravitacional, bem como fontes de água com pequenas vazões, ou pequenos volumes.

CONSIDERAÇÕES GERAIS:

O sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos fechados e nivelados, apresenta-se bastante diversificado quanto ao tamanho dos módulos irrigáveis, mobilidade do sistema de condução e alternativas de bombeamento. 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. Este sistema de irrigação presta-se para a exploração tanto de culturas temporárias quanto perenes, bem como para o cultivo em terrenos que apresentam limitações topográficas.

APLICABILIDADE E ALTERNATIVAS DE USO:

O sistema de irrigação por mangueiras utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados, pode ser aplicado em todo trópico semi-árido, principalmente em propriedades que apresentam escassez de água. A tubulação do sistema de irrigação do tipo móvel, deve ser dotado de engate rápido, para reduzir o tempo na mudança das tubulações. Para

¹Engº Agrº, M.Sc., Irrigação e Drenagem - EMBRAPA/CPATSA, Petrolina-PE, Brasil.

os sistemas do tipo fixo que funcione a baixa pressão, esta tubulação pode ser de PVC rígido tipo esgoto. Para valores maiores de carga hidráulica, esta tubulação deve ser de PVC azul com engate rápido. Para culturas anuais ou perenes de pequeno espaçamento, deve-se optar pelo método de irrigação por sulcos curtos, fechados e nivelados, ou sulcos em contorno. O bombeamento da água pode ser feito diretamente para a parcela irrigada ou para um reservatório que apresente uma carga hidráulica aceitável. Neste sistema de irrigação, as culturas devem ser plantadas na linha d'água, ao longo do sulco.

DESCRIÇÃO:

A composição de um sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados, está em função do sistema de captação d'água, pois as áreas irrigadas podem estar situadas a jusante ou a montante da fonte de água. De um modo geral, pode ser apresentado da seguinte maneira: conjunto motobomba e/ou reservatório, linha principal, linha secundária, linha lateral, e mangueira de distribuição.

Conjunto Motobomba - é representado por uma bomba centrífuga acoplada a um motor diesel ou elétrico. Desde que exista 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 das perdas de carga, velocidade, vazão e mobilidade do sistema. Para um sistema móvel dimensionado para funcionar sob baixa e média pressão, é aconselhado tubos de PVC rígido azul com engate rápido, de modo a reduzir ao mínimo o tempo gasto para a mudança da tubulação. Para um sistema semi-fixo que funciona sob baixa pressão (20 m), 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, o requerimento de desempenho do sistema de irrigação

Linha Secundária - os tipos dessa tubulação devem ser selecionados em função da mobilidade do sistema de irrigação. Para o sistema móvel ou semi-fixo, é aconselhado tubos de PVC rígido dotados de engate rápido. Já para o sistema que requer baixa pressão essas tubulações poderão ser de PVC rígido tipo "esgoto".

Mangueira de Distribuição - é recomendável uma mangueira de plástico transparente, por ser um material muito flexível. O comprimento e o diâmetro da mangueira associados à sua flexibilidade, concorrem para uma maior funcionalidade na aplicação da água de irrigação. No sistema de irrigação, em que a água é aplicada na extremidade do sulco, a mangueira com 25 m de comprimento e 1 1/4" de diâmetro, tem se apresentado como a mais funcional.

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

As Figuras 2 e 3, mostram esquemas de sistemas de irrigação por sulcos utilizando mangueira para módulos irrigáveis de 2,0 ha, para duas alternativas de bombeamento.

Sistema de Plantio - neste sistema de irrigação, o plantio deve ser feito na linha d'água ao longo do sulco, de um ou ambos os lados do sulco, dependendo do espaçamento da cultura. Figs. 4A e 4B.

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 utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados, é função das condições locais e 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.

b) Planejamento Agronômico da Irrigação - Esta etapa compreende a determinação das necessidades de água para irrigação, assim como

braçadeira com rosca interna para engate rápido

engate rápido com válvula automática

mangueiro de distribuição com adaptador

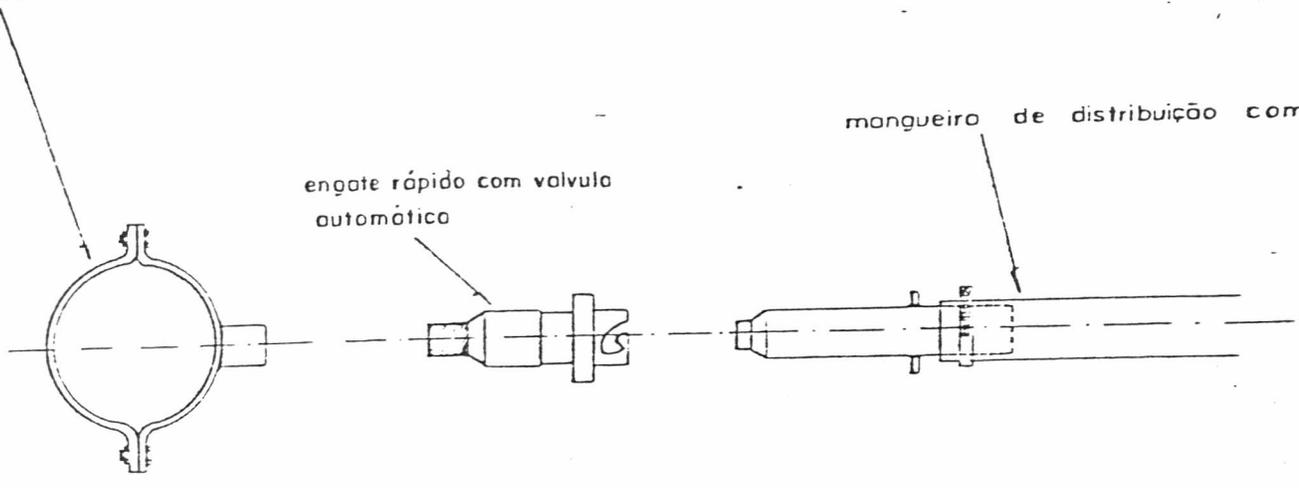


Fig. 1. - Ponto de derivação com válvula automática e engate rápido para mangueira de distribuição.

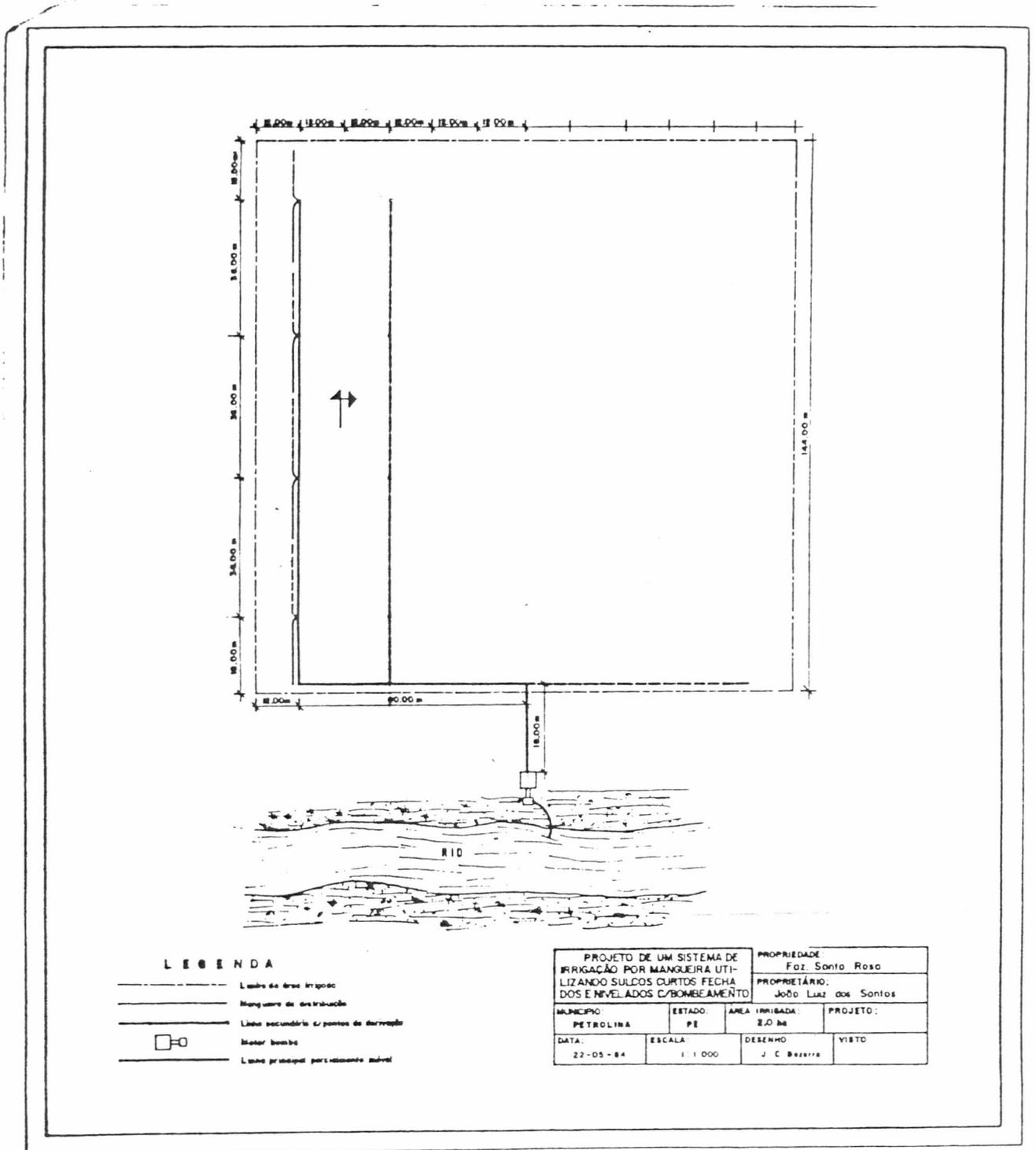


Fig. 2. Sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos fechados e nivelados com bombeamento de água.

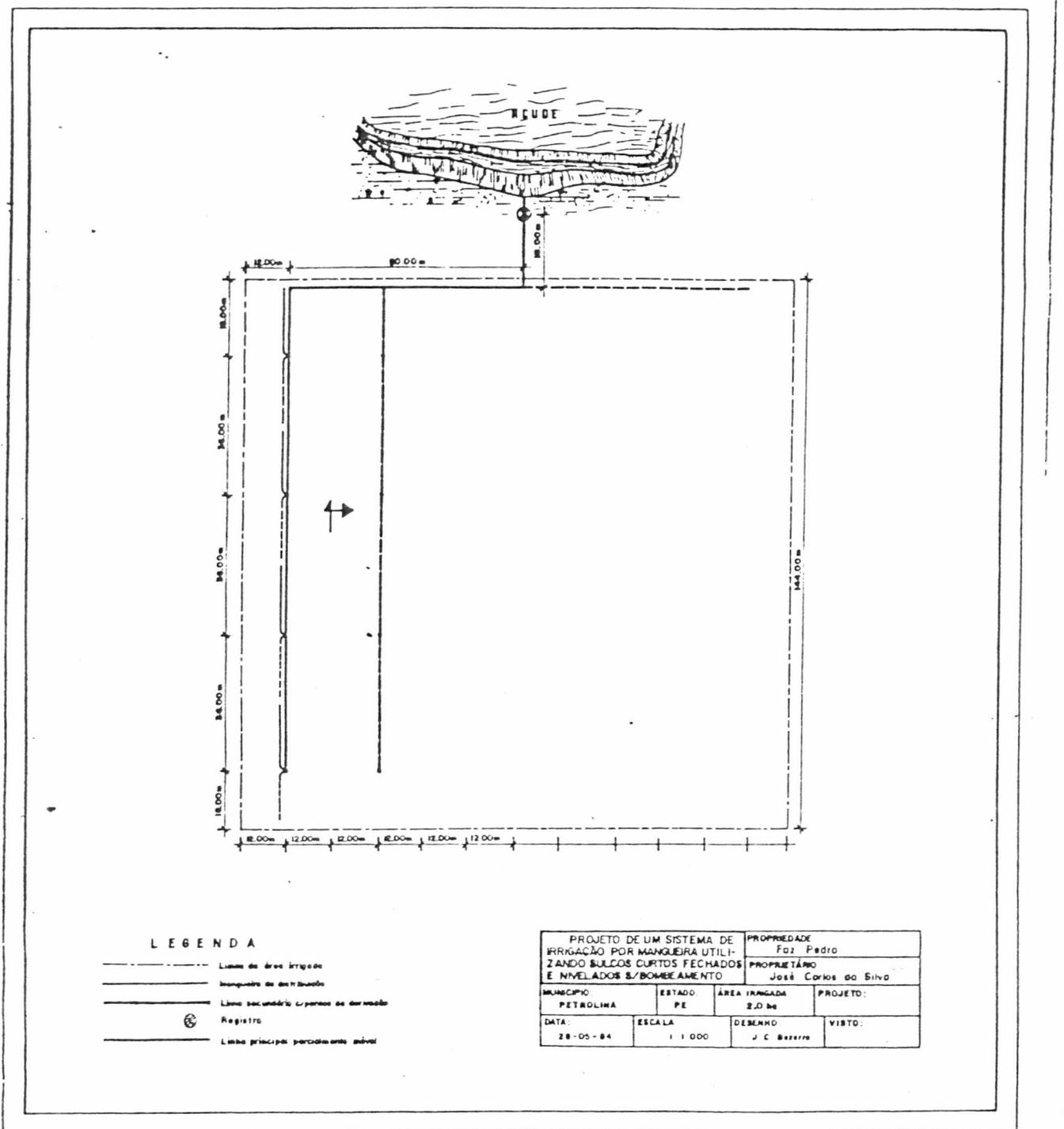


Fig. 3. Sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos fechados e nivelados sem bombeamento de água.

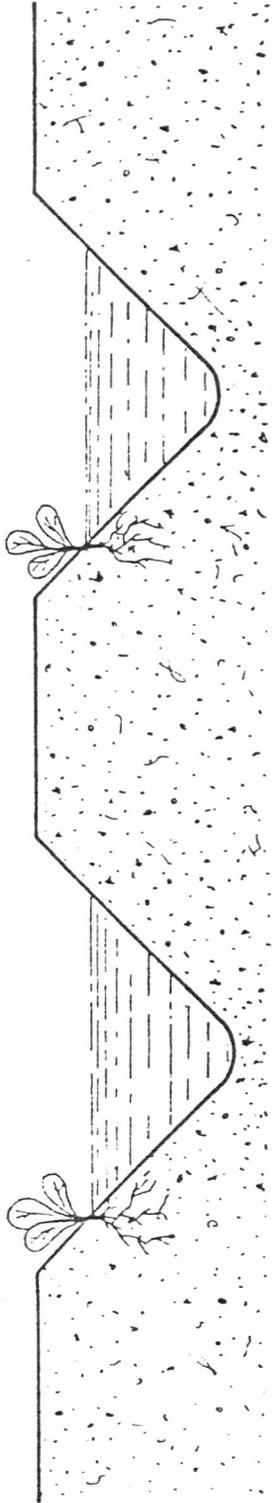


FIG. 4A. Sistema de plantio na linha d'água com uma fileira de plantas por sulco.

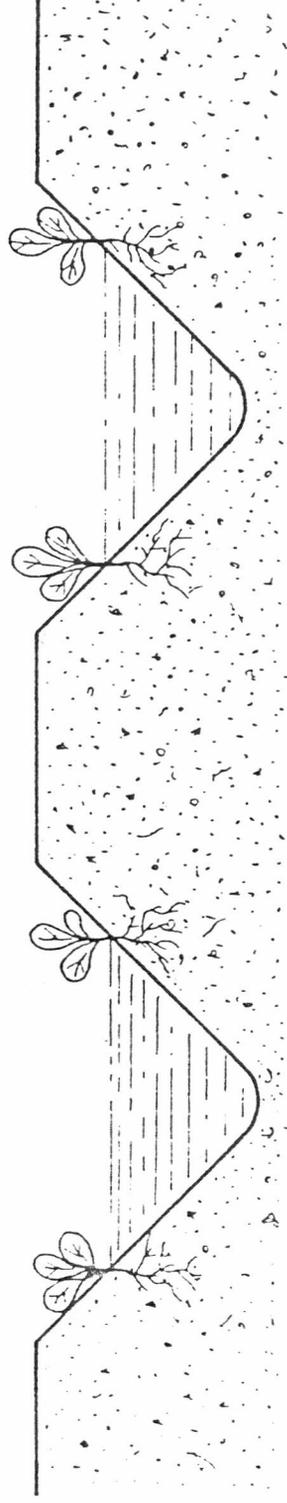


FIG. 4B. Sistema de plantio na linha d'água com duas fileiras de plantas por sulco.

DES. J.C. BEZERRA

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. Determinar-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 $K_T = 0,80$. 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 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.

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

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

ABELA 1 - Fator de Evapotranspiração Potencial em mm/dia (PET)

JAN S	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
01	2,29	2,12	2,35	2,20	2,14	1,99	2,09	2,22	2,26	2,36	2,23	2,27
02	2,32	2,14	2,36	2,18	2,11	1,96	2,06	2,19	2,25	2,57	2,26	2,30
03	2,35	2,15	2,36	2,17	2,08	1,95	2,03	2,17	2,25	2,39	2,29	2,34
04	2,39	2,17	2,36	2,15	2,05	1,89	1,99	2,15	2,34	2,40	2,32	2,37
05	2,42	2,19	2,36	2,13	2,02	1,85	1,96	2,13	2,25	2,41	2,34	2,41
06	2,45	2,21	2,36	2,12	1,99	1,82	1,93	2,10	2,23	2,47	2,37	2,41
07	2,48	2,22	2,36	2,10	1,96	1,78	1,89	2,02	2,22	2,43	2,40	2,41
08	2,51	2,24	2,36	2,08	1,93	1,75	1,86	2,05	2,21	2,44	2,42	2,51
09	2,54	2,25	2,36	2,06	1,90	1,71	1,82	2,03	2,20	2,45	2,45	2,54
10	2,57	2,27	2,36	2,04	1,86	1,68	1,70	2,00	2,19	2,46	2,47	2,58
11	2,60	2,28	2,35	2,02	1,83	1,64	1,75	1,98	2,18	2,47	2,50	2,61
12	2,62	2,29	2,35	2,00	1,80	1,61	1,72	1,95	2,17	2,48	2,52	2,64
13	2,65	2,31	2,35	1,98	1,77	1,57	1,68	1,92	2,16	2,48	2,54	2,67
14	2,68	2,32	2,34	1,96	1,73	1,54	1,65	1,89	2,14	2,49	2,57	2,71
15	2,71	2,33	2,33	1,94	1,70	1,50	1,61	1,87	2,13	2,50	2,59	2,74
16	2,73	2,34	2,33	1,91	1,67	1,46	1,58	1,84	2,12	2,50	2,61	2,77
17	2,76	2,35	2,32	1,89	1,63	1,43	1,54	1,81	2,10	2,50	2,63	2,80
18	2,79	2,36	2,31	1,87	1,60	1,39	1,50	1,78	2,09	2,51	2,65	2,83
19	2,81	2,37	2,30	1,84	1,56	1,35	1,47	1,75	2,07	2,51	2,67	2,86
20	2,84	2,38	2,29	1,82	1,53	1,31	1,44	1,72	2,06	2,51	2,69	2,89

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 (Kc) para culturas permanentes e para as fases intermediárias e final do ciclo fenológico de culturas temporárias, podem ser obtidos em Tabelas (DORENBOS e PRUITT, 1975). Tabela 2 mostra os valores de Kc 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 Kc, 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 Kc inicial pode ser obtido, através da Figura 5, em base ao valor de ETP referente ao mês de plantio da cultura escolhida e da frequência de irrigação inicial.

Com o valor de Kc obtido através da Figura 5, e com os valores de Kc tabelados, grafica-se o ciclo fenológico completo da cultura, para obter-se o valor de Kc correspondente a fase de desenvolvimento vegetativo. Figura 6.

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

$$ETR = ETP \times Kc$$

em que:

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

4. Os valores de uso consuntivo diário são obtidos pela fórmula:

$$UC = ETR : D$$

em que:

$$UC = \text{uso consuntivo diário (mm/dia)}$$

$$D = \text{número de dias do mês}$$

TABELA 2. Coeficientes médios da Cultura (Kc, para algumas culturas, irrigadas no TSA, segundo metodologia de Doorenbos e Pruitt, 1971.

Cultura	Frequência de irrigação no período inicial	Kc Médio Mensal					
		1º	2º	3º	4º	5º	6º
Abóbora	2	0,90	0,95	1,00	0,90		
	4	0,70	0,90	1,00	0,90		
Abóbora	2	0,90	1,00	1,05	0,95		
	4	0,70	0,90	1,05	0,95		
Ameijoira Phaseolus	2	0,85	1,10	0,90			
	4	0,60	1,10	0,90			
Ameijoira Vigna	7	0,55	1,10				
Tomate Industrial	2	0,90	1,00	1,15	1,00		
	4	0,65	0,90	1,15	1,00		
Tomate de Mesa	2	0,85	0,95	1,05	1,20	0,90	
	4	0,65	0,80	1,05	1,20	0,90	
Melão/Melancia	2	0,90	1,00	0,90			
	4	0,65	1,00	0,90			
Alimentar	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
Alfafa	2	0,85	1,05	1,10			
	4	0,65	1,05	1,10			
Espinaço	2	0,85	0,95	1,00	1,05	0,90	
	4	0,55	0,80	1,00	1,05	0,90	
Espinaço	2	0,85	0,95				
	4	0,70	0,95				
Alfafa		1,10	1,10	1,05	1,05	0,95	
Alfafa		1,00	todo o ano				
Alfafa		0,75	todo o ano				
Alfafa e legumes		0,70	todo o ano				
Alfafa		0,60	todo o ano				

Arcoverde, 1971.

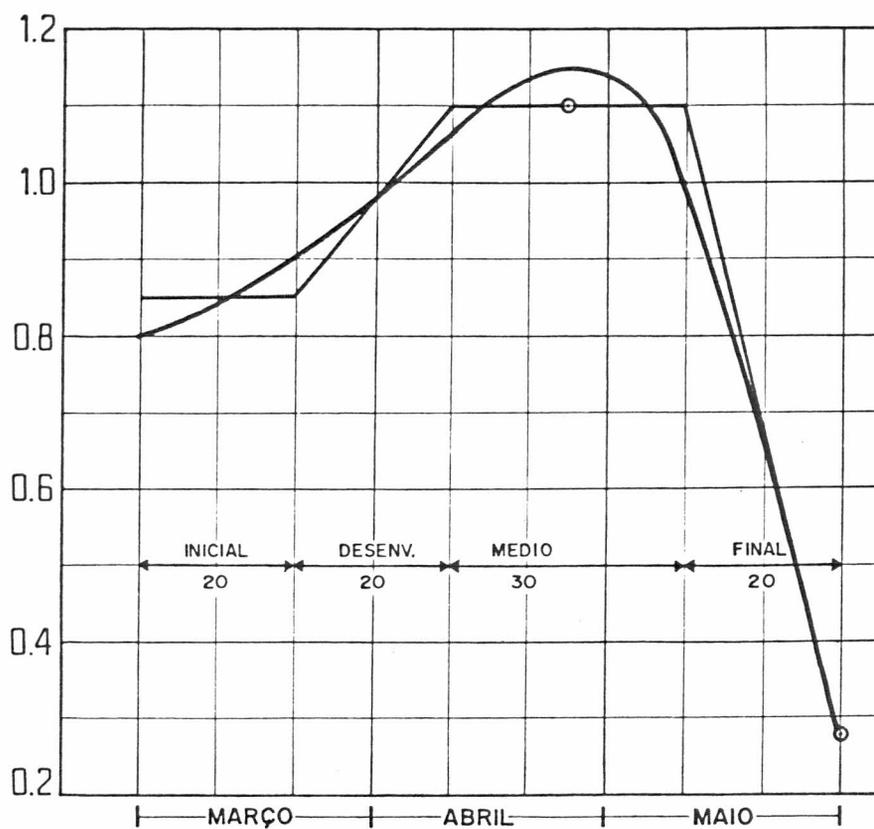


Fig. 5 - Curva de coeficientes de cultivo (Kc) para o ciclo fenológico da cultura do feijão Phaseolus.

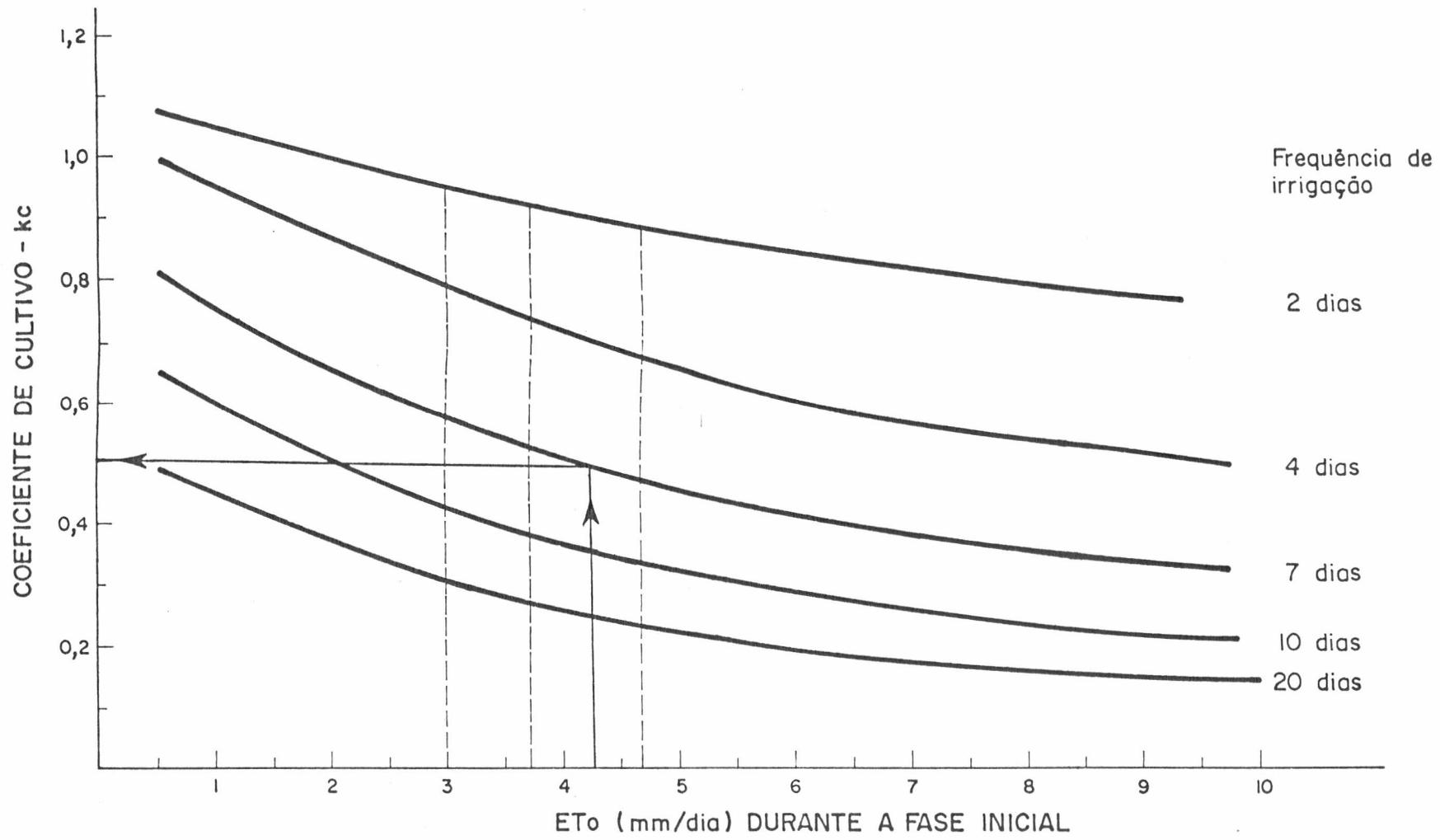


FIGURA 6 kc médio na fase inicial em função do nível médio da ETR (durante a fase inicial) e a frequência de irrigação.

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 dessas 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:

$$N_{Ib} = \frac{NIL}{E_i}$$

em que:

N_{Ib} = necessidade de irrigação bruta (mm/mês)

E_i = eficiência de irrigação (decimais)

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

$$Q_u = \frac{G_m}{3,6 \times h \times D}$$

em que:

Qu = vazão unitária ou módulo de irrigação (l/s x ha)

Gm = gasto mensal (m³/ha/mês)

h = horas de trabalho por dia do mês de máxima demanda

D = 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 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 (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:

$$Lb = \frac{Ll}{Ei}$$

em que:

Lb = Lâmina bruta (mm)

Ei = Eficiência de irrigação (decimais)

4. Volume de água aplicado por sulco é dado pela fórmula:

$$Vas = Lb \times As$$

em que:

Vas = Volume de água aplicado por sulco (l)

As = Área irrigada por sulco (m²)

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

$$Qt = Qu \times At$$

em que:

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

Qu = Vazão unitária (l/s x ha)

At = Área total irrigada (ha)

6. O número de mangueiras necessárias em funcionamento simultâneo é obtido pela fórmula:

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 em funcionamento simultâneo. A pressão no início da mangueira é obtida em consequência da vazão escolhida. Estes dados são encontrados na Tabela 4.

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

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

em que:

NMF = Número de mangueiras necessárias em funcionamento simultâneo.

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 sem dissipador de energia na saída.

Diâmetro	Comprimento (m)	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	0,66	0,72	0,78	0,84	0,90	0,96	1,02	1,08	1,14	1,20	1,26	1,32	1,38	1,43	1,49	1,55	1,61	1,67	1,73	1,79	1,85	1,91	1,97	2,03
	30	0,55	0,59	0,63	0,68	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,93	0,97	1,01	1,05	1,09	1,14	1,18	1,22	1,26	1,30	1,34	1,39	1,43	1,47	1,51
	40	0,46	0,50	0,53	0,57	0,60	0,64	0,67	0,71	0,75	0,78	0,82	0,85	0,89	0,92	0,95	1,00	1,03	1,07	1,10	1,14	1,17	1,21	1,25	1,28
	50	0,39	0,42	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,68	0,71	0,74	0,77	0,80	0,83	0,86	0,90	0,93	0,96	0,99	1,02	1,05	1,08	1,12
1 1/4"	20	1,67	1,74	1,82	1,89	1,96	2,03	2,10	2,17	2,24	2,31	2,38	2,45	2,52	2,60	2,67	2,74	2,81	2,88	2,95	3,02	3,09	3,16	3,23	3,30
	30	1,13	1,20	1,28	1,35	1,42	1,50	1,57	1,65	1,72	1,80	1,87	1,94	2,02	2,09	2,17	2,24	2,32	2,39	2,46	2,54	2,61	2,69	2,76	2,84
	40	1,07	1,13	1,19	1,24	1,29	1,34	1,40	1,45	1,51	1,56	1,62	1,67	1,73	1,78	1,84	1,89	1,94	2,00	2,05	2,11	2,16	2,22	2,27	2,33
	50	1,04	1,08	1,12	1,16	1,20	1,25	1,29	1,33	1,37	1,42	1,46	1,50	1,54	1,58	1,62	1,67	1,71	1,75	1,79	1,84	1,88	1,92	1,96	2,00

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

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

$$T_{is} = \frac{V_{as}}{Q_m}$$

em que:

T_{is} = Tempo de irrigação por sulco (min)

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

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

$$H_{bd} = \frac{Q_u}{Q_{um}} \times h$$

em que:

H_{bd} = Horas de bombeamento diário (h)

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

Q_{um} = Vazão unitária do mês de máxima demanda (l/s x ha)

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

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

$$H_{bm} = H_{bd} \times D$$

em que:

H_{bm} = Horas de bombeamento mensal (h)

D = Número de dias do mês

9. A área irrigada por dia é dada 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" ϕ de diâmetro apresentam-se como as mais usadas. A Tabela 4 mostra valores de vazão em função do comprimento e diâmetro da mangueira, bem como da pressão no início da mangueira (hm).

Dimensionamento da Linha Secundária - O dimensionamento da linha secundária compreende: determinação do diâmetro e comprimento dos tubos e perda de carga ao longo da tubulação. Figs. 2 e 3.

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 por atrito é dada por:

$$h_{fs} = h_{fs_1} + h_{fs_2} + \dots + h_{fs_n} = (J_{s_1} L_{s_1} + J_{s_2} L_{s_2} + \dots + J_{s_n} L_{s_n}) \frac{1}{100}$$

em que:

h_{fs} = Perda de carga total devido ao atrito (m)

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

$J_{s_1}, J_{s_2} \dots J_{s_n}$ = Perdas de cargas relativas em cada trecho da linha (m/100 m). Fig. 7.

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

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. Fig. 2 e 3.

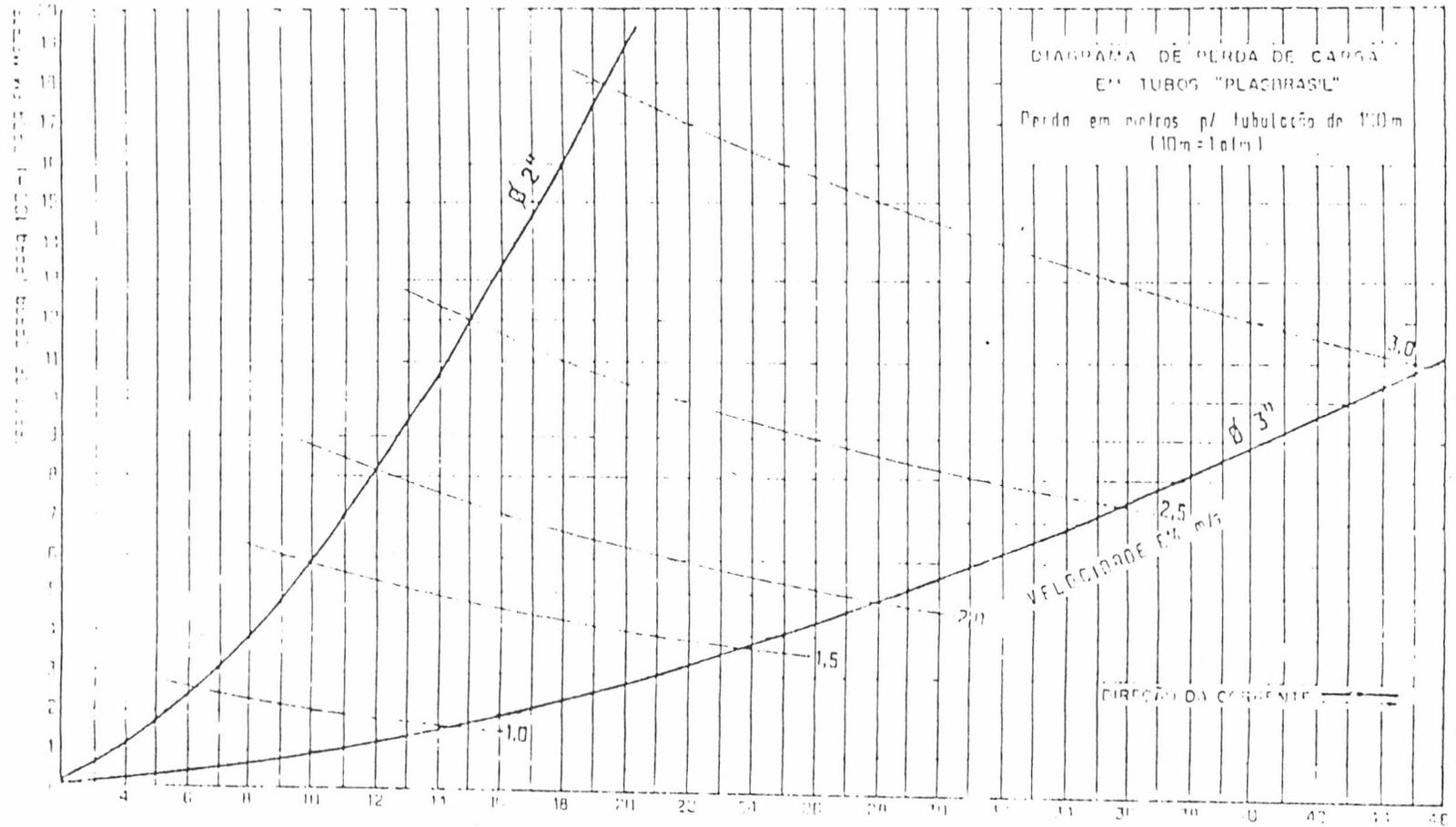


FIG. 7 - Curvas de perdas de carga relativa em tubulação de PVC rígido com engate rápido.

Perda de Carga na Linha Principal -

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

em que:

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

J_p = Perda de carga relativa (m/100 m). Fig. 7.

L_p = Comprimento da linha principal (m).

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 da linha secundária e principal expresso pela fórmula seguinte:

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

em que:

S = Declividade longitudinal do terreno (%)

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

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)

hr = altura de recalque (m) expresso pela fórmula:

$$hr = \frac{S}{100} \times L$$

em que:

S = declividade longitudinal do terreno (%)

h = comprimento da tubulação no sentido longitudinal (m)

Obs.: A altura de recalque também pode ser obtida diretamente no campo pela diferença de cota entre o 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, determinam-se os parâmetros como segue:

Potência absorvida no eixo da bomba

$$Pa = \frac{Hm \times Qt}{2,7 \times Eb}$$

em que:

Pa = potência absorvida no eixo da bomba (cv)

Eb = eficiência da bomba selecionada (%)

Qt = vazão total do sistema (m³/h)

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

$$Pm = \frac{Pa}{Em}$$

em que:

Pm = potência do motor em (cv)

Em = 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 (4 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	Unidade	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 = potência do transformador (KVA)

Os transformadores trifásicos são normalmente fabricados com as seguintes potências em KVA: 10; 12,5; 15; 20; 30; 45; 50; 60; 75; 112,5; 150; 225; 300.

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

PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA COM BOMBEAMENTO
UTILIZANDO SULCOS CURTOS, FECHADOS E NIVELADOS

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.

Produtor: João Luiz dos Santos	Projeto nº 03/84
Propriedade: Faz. Santa Rosa	Data: 26.02.84
Município: Petrolina	Estado: PE.

Solo:

Tipo: Latossolo	Classe: 2	Textura = arenosa
Profundidade: 1,5 m	Declividade longitudinal = 3%	
Capacidade de campo: 15%	Ponto de murchamento = 7%	
Densidade aparente: 1,56 g/cm ³	Veloc. de infilt. básica = 18 mm/h	

Água

Fonte: rio	Capacidade: m ³	Vazão = 30 m ³ /h
Vol. anual disponível: m ³	Classificação = C ₂ S ₁	

Outros dados:

Altura de sucção: 2,00 m	Horas de trabalho/dia = 10 h
Altura de recalque: 4,86 m	Dias de trabalho/semana = 7 d
Tipo de energia: Diesel	Efic. de irrigação = 70%

Cultura - Área-profundidade efetiva da raiz - (cm)

	ha	1º mês	2º mês	3º mês	4º mês
Feijão					
Phaseolus	2,16	20	40	40	
Tomate	2,16	20	40	40	40
industrial					

Espaçamento p/ feijão: 0,50 m x 0,20 m, com duas fileiras por sulco
Espaçamento p/ tomate: 1,20 m x 0,50 m com uma fileira por sulco.

Necessidade de Água de Irrigação

A Tabela 9 mostra as necessidades de água de irrigação, calculada de acordo com a metodologia apresentada. Neste segmento, a maioria dos dados são encontrados em Tabelas, para facilidade dos cálculos. Porém apresentamos de forma resumida a metodologia de cálculo, utilizando-se o mês de março como exemplo.

1. Valores de ETP são dados já calculados obtidos de Hargreaves , (1974).
2. Os valores de Kc também são dados tabelados obtidos da Tabela 2.
3. Os valores de ETR são obtidos pela fórmula:

$$ETR = Kc \times ETP = 181 \times 0,60 = 109 \text{ mm}$$

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

$$UC = ETR : D = 109 : 31 = 3,5 \text{ mm/dia}$$

5. Os valores de PP são encontrados, de acordo com a metodologia apresentada a um nível de 75% de probabilidade de ocorrência.
6. A precipitação efetiva é calculada em base a metodologia apresentada anteriormente. Tabela 3.

$$PE = PP \times f = 11 \times 0,95 = 10 \text{ mm}$$

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

$$NIL = ETR - PE_{\text{efetiva}} = 109 - 10 = 99 \text{ mm}$$

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

$$NIb = NIL : E_i = 99 : 0,7 = 1.410 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{mês}$$

9. 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:

$$Qu = \frac{Gm}{3,6 \times h \times D} = \frac{1.410}{3,6 \times 10 \times 31} = 1,26 \text{ l/s} \times \text{ha}$$

TABELA 9. Necessidades de água de irrigação.

Mês	Cultura	ETP (mm)	Kc	ETR (mm)	UC	P.P. (mm)	P. EFET. (mm)	N. IRRIG. LÍQUIDA (mm)	N. IRRIG. BRUTA (mm)	GASTO MENSAL m ³ /ha/mês	VAZÃO UNITÁRIA (l/s x ha)
JAN		206	--	-	--	6	0	-	-	-	--
FEV		179	--	-	--	8	0	-	-	-	--
MAR	Feijão	281	0,60	109	5,51	11	10	099	141	1.410	1,26
ABR	Phaseolus	150	1,10	165	5,50	1	0	165	236	2.360	2,19
MAI		145	0,90	130	4,19	0	0	130	186	1.860	1,67
JUN		132	--	-	--	0	0	-	-	-	--
JUL	Tomate Ind.	138	0,65	90	2,90	0	0	90	129	1.290	1,16
AGO		156	0,90	140	4,52	0	0	140	200	2.000	1,79
SET		174	1,15	200	6,67	0	0	200	286	2.860	2,69*
OUT		204	1,00	204	6,58	0	0	204	291	2.910	2,61
NOV		209	--	-	--	2	0	-	-	-	--
DEZ		206	--	-	--	6	0	-	-	-	--
TOTAL		2080	--	1019	--	34	10	1009	1469	14.690	--

ETP = Evapotranspiração potencial (mm)

Kc = Coeficiente de cultivo

ETR = Evapotranspiração real ou uso consuntivo (mm)

ETA POND = Evapotranspiração atual ponderada (mm)

PP = Precipitação provável a 75% de probabilidade (mm)

P.EFET. = Precipitação efetiva (mm)

N.IRRIG.LÍQUIDA = Necessidade de irrig. líq. (mm)

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

Eficiência de irrigação = 70

Mês de maior consumo = setembro - 2,69 l/s/ha

Área irrigada = 2,07 ha

Vazão do sistema = 5,57 l/s = 20,04 m³/h

Manejo de Água de Irrigação - O manejo da água de irrigação ou o o peração do sistema de irrigação, para o projeto, é mostrado na Tabel a 10. A seguir exemplifica-se o preenchimento desta Tabela, em base aos cálculos para a cultura do tomate industrial, referente ao mês de maior demanda (setembro) obtido da Tabela 9.

1. A frequência de irrigação foi pré-estabelecida em quatro dias com dez horas de trabalho por dia.

2. Calcula-se a lâmina líquida em base a frequência e ao uso con sutivo.

$$Ll = Fi \times UC = 4 \times 6,67 = 26,68 \text{ mm}$$

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

$$Lls = 10 \frac{CC - PM}{100} \times Dap \times K \times Pr = 10 \frac{15-7}{100} \times 1,56 \times 0,50 \times 40 = 24,96 \text{ mm}$$

. Verifica-se que Ll é praticamente igual a Lls .

3. Determina-se a lâmina bruta

$$Lb = \frac{Ll}{Ei} = \frac{26,68}{0,7} = 38,11 \text{ mm}$$

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

$$Vap = Lb \times Ab = 38,11 \times 13,20 = 503 \text{ l}$$

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

$$Qt = Qu \times At = 2,69 \times 2,07 = 5,57 \text{ l/s} = 20,04 \text{ m}^3/\text{h}$$

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

Em função do esquema do sistema de irrigação, selecionou-se uma mangueira com 20 m de comprimento e 1.1/4" de diâmetro. 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 1,67 l/s, apresenta-se como um valor ideal. Ou seja:

$$NMF = \frac{Qt}{Qm} = \frac{5,57}{1,67} = 4 \text{ mangueiras}$$

Para $Q_m = 1,67 \text{ l/s}$ tem-se uma pressão de 1,00 m no início da mangueira.

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

$$T_{is} = \frac{V_{as}}{60 Q_m} = \frac{503}{60 \times 1,67} = 5,02 \text{ min}$$

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

$$H_{bd} = \frac{Q_u}{Q_{um}} \times h = \frac{2,69}{2,69} \times 10 = 10 \text{ h}$$

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

$$H_{bm} = H_{bd} \times D = 10 \times 30 = 300 \text{ h}$$

Para o mês de setembro $D = 30$ dias.

10. Calcula-se a área irrigada por dia

$$A_{id} = \frac{A_t}{F_i} = \frac{2,16}{4} = 0,54 \text{ ha}$$

Obs.: Este projeto foi dimensionado para trabalhar sete dias por semana com dez horas de trabalho por dia. verifica-se que na maioria do período de cultivo, o número de horas de trabalho por dia, varia de 5 a 6 horas. Neste caso, o agricultor, pode trabalhar mais horas por dia, o que condiciona as folgas aos domingos. Durante o período de máxima demanda, pode irrigar doze ou mais horas por dia, o que pode também, condicionar as folgas aos domingos.

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 20 m de comprimento, 1 1/4" de diâmetro, saída livre e uma pressão no início da mangueira igual a 1,00m, tem-se uma vazão de 1,67 l/s. Tabela 4. Ou seja:

Para $L_m = 20 \text{ m}$, $\phi = 1 \text{ 1/4"}$, saída livre
e $h_m = 1,00 \text{ m} \Rightarrow Q_m = 1,67 \text{ l/s}$. Tabela 4.

2. Dimensionamento da linha secundária

. Considerando que a tubulação é de PVC rígido com engate rápido, obtém-se pela Fig. 7, os valores de perda de carga relati

va.

. Pode-se verificar pelo esquema do sistema de irrigação da Fig. 2, detalhes referentes ao comprimento da tubulação, número e espaçamento 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 $24,04 \text{ m}^3/\text{h}$, obtém-se pela Fig. 7, uma perda de carga relativa de $3,80 \text{ m}/100 \text{ m}$. Ou seja:

$$\text{Para } \varnothing = 3" \text{ e } Q_{s_1} = 24,04 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_1 = 3,80 \text{ m}/100 \text{ m}$$

. Pode-se observar pela Fig. 7, que a velocidade da água na tubulação não ultrapassa o limite permissível de $2,0 \text{ m/s}$.

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

$$\text{Para } \varnothing = 3" \text{ e } Q_{s_2} = 18,04 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_1 = 2,40 \text{ m}/100 \text{ m}$$

$$\text{Para } \varnothing = 3" \text{ e } Q_{s_3} = 12,02 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_2 = 1,20 \text{ m}/100 \text{ m}$$

$$\text{Para } \varnothing = 3" \text{ e } Q_{s_4} = 6,01 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_3 = 0,40 \text{ m}/100 \text{ m}$$

. O cálculo da perda de carga total nesta linha é dado por:

$$\begin{aligned} h_{fs} &= \frac{1}{100} (J_1 L_1 + J_2 L_2 + J_3 L_3 + J_4 L_4) = \frac{3,80}{100} \times 18 + \frac{2,40}{100} \times \\ & 36 + \frac{1,20}{100} \times 36 + \frac{0,40}{100} \times 36) = 2,49 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Dimensionamento da linha principal

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

. Pela Fig. 7, tem-se que para $\varnothing = 3"$ e $Q_t = 24,04 \text{ m}^3/\text{h}$
 $\Rightarrow J = 3,80 \text{ m}/100 \text{ m}$.

. Pela Fig. 2, tem-se que o comprimento da linha principal (L) é igual a 78 m ($60 + 18$).

. Cálculo da perda de carga total ao longo da linha

$$h_{fp} = \frac{JL}{100} = \frac{3,80}{100} \times 78 = 2,96 \text{ m}$$

4. Calcula-se a altura manométrica pela fórmula:

$$H_m = f(h_m + h_{fs} + h_{fp} + h_r + h_s) = 1,05 (1,00 + 2,49 + 2,96 + 4,86 + 2,00) = 13,98 \text{ m}$$

5. Escolha da bomba

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

$$Q_t = 24,04 \text{ m}^3/\text{h} \times H_m = 13,98 \text{ m}$$

. Selecionou-se uma bomba com as seguintes características: marca = Worthington - modelo - D-800 - rotação = 1740 rpm - rotor = 6,80" de \varnothing e eficiência = 60% Fig. 8.

. Calcula-se a potência absorvida no eixo da bomba, pela fórmula:

$$P_a = \frac{Q_l \times H_m}{2,7 \times E_b} = \frac{24,04 \times 13,98}{2,7 \times 60} = 2,07 \text{ cv}$$

6. Dimensionamento do motor

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

. Eficiência do motor diesel = 80%

. Cálculo da potência do motor

$$P_m = \frac{P_a}{E_m} = \frac{2,07}{0,80} = 2,59 \text{ cv}$$

7. A descrição do conjunto motobomba no projeto deve ser feita da seguinte forma:

. Conjunto motobomba, composto de uma bomba centrífuga, eixo horizontal, marca Worthington, modelo D-800, vazão 24,04 m³/h x 13,98 m de altura manométrica total, com 1740 rpm, rotor 6,80" de \varnothing , eficiência 60%, consumindo no eixo da bomba 2,07 cv e acoplada por meio da luva elástica e um motor diesel Yanmar modelo NSB 50 (ou similar) de 4,0 cv, com 1800 rpm, montado em base fixa de cantoneiras de ferro.

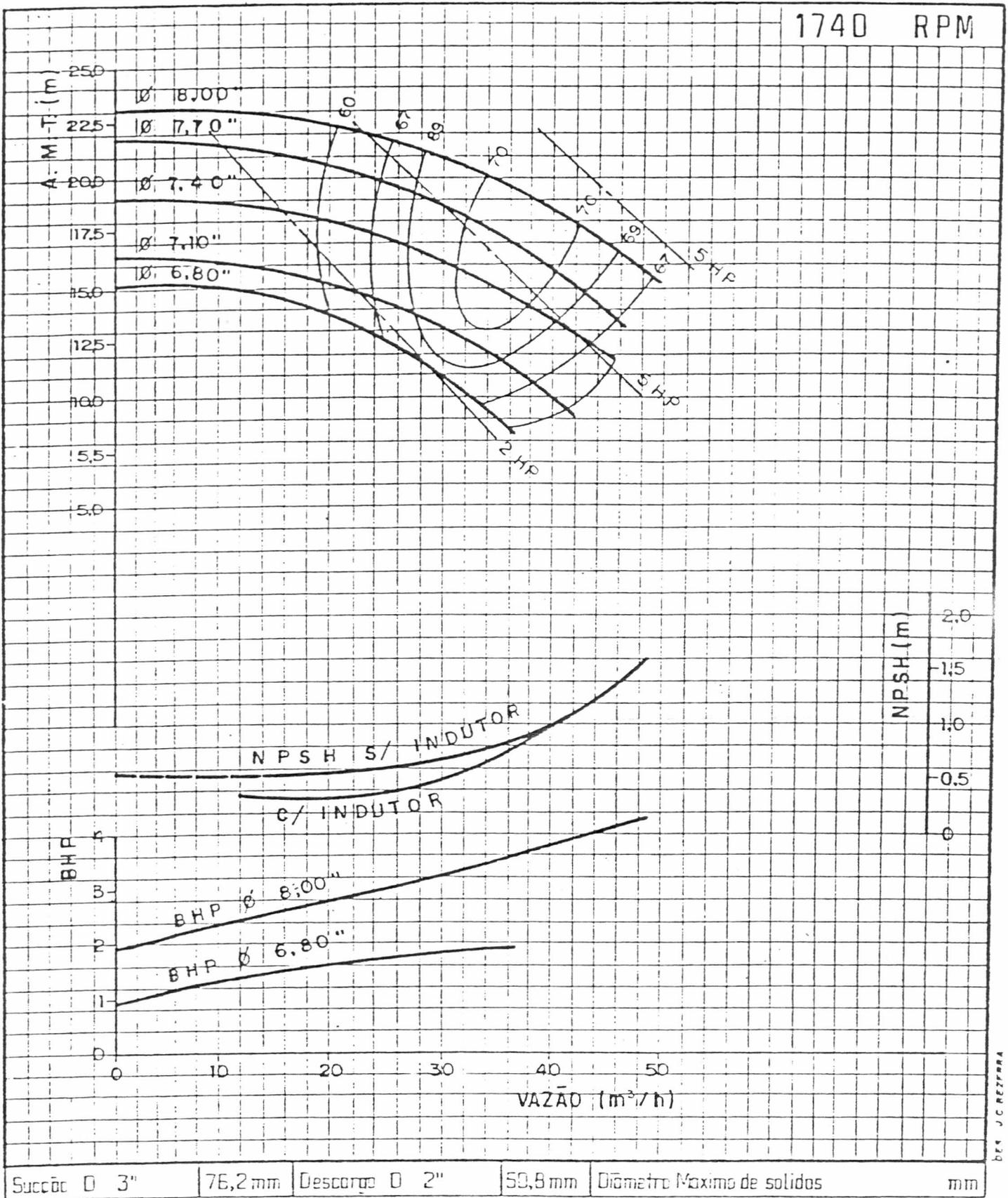


FIG 8 Curvas de rendimento do bomba centrífuga marca worthington modelo D-800.

A Tabela 11 apresenta a discriminação, quantificação e orçamentação de materiais e equipamentos necessários implantação de um sistema de irrigação por mangueira, utilizando sulcos curtos fechados e nivelados com bombeamento para módulos médios irrigáveis 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\$ 1.582,82/ha. O aumento da área irrigada por módulo quando se utiliza conjunto de bombeamento tende a reduzir o custo de implantação por hectare, tendo em vista a ociosidade de potência dos motores diesel, principalmente para um tamanho de módulo irrigável de 2,0 ha.

TABELA 11. Custo de implantação de um sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados 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.	34	107,31	790,16
- 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	80	17,59	129,52
- 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.	04	0,88	6,52
- 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 6,80" de Ø, acoplado através de luva elástica a um motor yanmar marca NSB 50 com potência de 4,0 cv, com 1800 rpm, montado em fixa.	Unid.	01	229,80	1.692,09
- Ligação de pressão c/registro, flange, vedações de 2" de Ø.	Unid.	01	9,16	67,42
- Instalação do sistema	H/D**	04	0,98	7,19
TOTAL			428,65	3.165,65

* 1 dólar = Cr\$ 1.390,00

ORTN = Cr\$ 10.235,07

** H/D = Homem/dia.

PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA SEM BOMBEAMENTO
UTILIZANDO SULCOS CURTOS, FECHADOS E NIVELADOS

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 Carlos da Silva	Projeto nº 02
Propriedade: Faz. Pedra	Data: 22/02/84
Município: Petrolina	Estado: PE

Solo:

Tipo: Latossolo	Classe: 2	Textura: arenosa
Profundidade: 1,5 m		Declividade longitudinal: 2%
Capacidade de campo: 15%		Ponto de murchamento: 7%
Densidade aparente: 1,58 g/cm ³		Veloc. de infil. básica: 20 mm/h

Água:

Fonte: açude	Capacidade: 10.000 m ³	Vazão: m ³ /h
Volume anual disponível: 31.000 m ³		Classe: C ₂ S ₁

Outros dados:

Carga hidráulica: 4,00 mm	Horas de trabalho/dia: 10 h
Desnível do terreno: 3,24 m	Eficiência de irrigação: 70%

Cultura	Área ha	Profundidade efetiva da raiz			
		1º mês	2º mês	3º mês	4º mês
Feijão Phaseolus	2,16	20	40	40	40
Tomate Industrial	2,16	20	40	40	40

Espaçamento p/ feijão: 0,50 x 0,20 m com duas fileiras de plantas por sulco.

Espaçamento p/ Tomate: 1,20 x 0,50 m.

Manejo da Água de Irrigação - O manejo da água de irrigação ou operação do sistema de irrigação, para o projeto, é mostrado na Tabela 13. A seguir exemplifica-se o preenchimento desta Tabela, em base aos cálculos para a cultura do tomate industrial, referente ao mês de maior demanda (setembro) obtido da Tabela 9.

1. A frequência de irrigação foi pré-estabelecida em quatro dias com dez horas de trabalho por dia.

2. Calcula-se a lâmina líquida em base a frequência e ao uso consuntivo.

$$Ll = Fi \times UC = 4 \times 6,67 = 26,68 \text{ mm}$$

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

$$Lls = 10 \frac{CC - PM}{100} \times Dap \times K \times Pr = 10 \frac{15 - 7}{100} \times 1,56 \times 0,50 \times 40 = 24,96 \text{ mm}$$

4. Verifica-se que Ll é praticamente igual a Lls .

5. Determina-se a lâmina bruta

$$Lb = \frac{Ll}{Ei} = \frac{26,68}{0,7} = 38,11 \text{ mm}$$

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

$$Vas = Lb \times As = 38,11 \times 13,2 = 503 \text{ l}$$

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

$$Qt = Qu \times At = 2,69 \times 2,07 = 5,57 \text{ l/s} = 20,04 \text{ m}^3/\text{h}$$

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

Em função do esquema do sistema de irrigação selecionou-se uma mangueira com 20 m de comprimento e 1 1/4" de diâmetro. 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 1,67 l/s, apresenta-se como um valor ideal. Ou seja:

$$NMF = \frac{Qt}{Qm} = \frac{5,57}{1,67} = 4 \text{ mangueiras}$$

TABELA 13. Manejo da irrigação ou operação do sistema de irrigação.

Meses	Cultura	Freq. de irrig. (dias)	Uso consuntivo (mm/dia)	Lâmina líquida (mm)	Lâmina bruta (mm)	Vol. de água apl. p/sulco p/ irrigação (ℓ)	Tempo de irrigação por sulco (min)	Horas de Irrig.		Área irrig. p/ dia (ha)
								Diário (h)	Mensal (h)	
JAN		-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEV		-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAR	Feijão	4	5,51	22,04	31,49	416	4,95	4,68	145	0,54
ABR	Phaseolus	4	5,50	22,00	31,43	346	4,12	8,14	244	"
MAI		4	4,19	16,76	23,94	263	3,13	6,21	193	"
JUN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JUL	Tomate	4	2,90	11,60	16,57	219	2,61	4,31	134	0,54
AGO	industrial	4	4,52	18,00	25,83	341	4,06	6,65	206	"
SET		4	6,67	26,68	38,11	503	5,99	10,00	300	"
OUT		4	6,58	26,32	37,60	496	5,90	9,70	301	"
NOV		-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEZ		-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL		-	-	-	-	-	-	-	1.523	-

Nº de mangueiras: 4

Vazão por mangueira: 1,45 ℓ/s

Cultura: Feijão Phaseolus, comprimento do sulco: 11 m, Espaçamento: 0,50 x 0,20 m,

Área por sulco com duas fileiras de plantas: 11,0 m²

Cultura: Tomate Industrial, Comprimento do sulco: 11 m, Espaçamento: 1,20 x 0,50 m, Área por sulco: 13,2 m²

Para $Q_m = 1,67 \text{ l/s}$, tem-se uma pressão de 1,00 m no início da mangueira.

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

$$t_{ip} = \frac{V_{as}}{60 \times Q_m} = \frac{503}{60 \times 1,67} = 5,02 \text{ min}$$

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

$$H_{bd} = \frac{Q_u}{Q_{um}} \times h = \frac{2,69}{2,69} \times 10 = 10 \text{ h}$$

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

$$H_{bm} = H_{bd} \times D = 10 \times 30 = 300 \text{ h}$$

Para o mês de novembro $D = 30$ dias.

10. Calcula-se a área irrigada por dia

$$A_{id} = \frac{A_t}{F_i} = \frac{2,16}{4} = 0,54 \text{ ha}$$

Obs.: Este projeto foi dimensionado para trabalhar sete dias por semana com dez horas de trabalho por dia. Verifica-se que na maioria do período de cultivo, o número de horas de trabalho por dia, varia de 5 a 6 horas. Neste caso, o agricultor pode trabalhar mais horas por dia, o que condiciona a folga aos domingos. Durante o período de máxima demanda, pode trabalhar doze ou mais horas por dia, o que pode também, condicionar as folgas aos domingos.

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 média no ponto de tomada de água - A carga hidráulica média em base ao volume de água disponível para irrigação é de 4,0 m ($H_d = 4,00$ m).
2. Dimensionamento da mangueira de distribuição - Para uma mangueira com 20 m de comprimento, 1 1/4" de diâmetro, saída livre e uma pressão no início da mangueira igual a 1,00 m, tem-se uma vazão de 1,67 l/s, Tabela 4, ou seja:

Para $L_m = 20$ m, $\varnothing = 1\frac{1}{4}$ ", saída livre e $h_m = 1,00$ m \Rightarrow
 $Q_m = 1,67$ l/s.

3. Dimensionamento da linha secundária - Considerando que a tubulação é de PVC rígido com engate rápido (sistema móvel), obtêm-se pela Fig. 7, 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 mangueiras em funcionamento simultâneo, tem-se:

. Para o primeiro trecho da tubulação com 3" de diâmetro e uma vazão de $24,04$ m³/h, obtêm-se pela Fig. 7, uma perda de carga relativa de $3,80$ m/100 m. Ou seja:

$$\text{Para } \varnothing = 3" \text{ e } Q_{s_1} = 24,04 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_1 = 3,80 \text{ m}/100 \text{ m}$$

Pode-se observar pela Fig. 7, 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:

$$\text{Para } \varnothing = 3" \text{ e } Q_{s_2} = 13,04 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_2 = 2,40 \text{ m}/100 \text{ m}$$

$$\text{Para } \varnothing = 3" \text{ e } Q_{s_3} = 12,02 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_3 = 1,20 \text{ m}/100 \text{ m}$$

$$\text{Para } \varnothing = 3" \text{ e } Q_{s_4} = 6,01 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_4 = 0,40 \text{ m}/100 \text{ m}$$

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

$$h_{fs} = \frac{1}{100}(J_1 L_1 + J_2 L_2 + J_3 L_3 + J_4 L_4) = \frac{3,80}{100} \times 18 + \frac{2,40}{100} \times 36 + \frac{1,20}{100} \times 36 + \frac{0,40}{100} \times 36 = 2,49 \text{ m}$$

4. Dimensionamento da linha principal

. Esta tubulação não apresenta pe dimensionada como segue:

. Pela Fig. 3, tem-se que o comprimento da linha principal é igual a 78 m ($60 + 18$).

. Pela Fig. 7, tem-se que para pe $\varnothing = 3"$ e $Q_t = 24,04$ m³/h
 $\Rightarrow J = 3,80$ m

. Calcula-se a perda de carga

$$h_{fp} = \frac{JL}{100} = \frac{3,80}{100} \times 78 = 2,96 \text{ mm}$$

5. Calcula-se o desnível do terreno

$$\Delta St = S \cdot L = \frac{2}{100} \times (144 + 18) + \frac{0}{100} \cdot 60 = 3,56 \text{ m}$$

6. Determina-se a altura manométrica

$$H_m = f(h_m + h_{fs} + h_{fp} - \Delta St) = 1,05(1,00 + 2,49 + 2,96 - 3,24) = 3,53$$

7. Seleciona-se a carga hidráulica disponível no ponto de tomada de água com a altura manométrica.

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

A tabela 14 mostra a discriminação, quantificação e orçamentação de materiais e equipamentos necessários a implantação de um sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados e sem bombeamento, para módulos médios irrigáveis de 2,0 ha.

Pode-se constatar pela tabela 14, que o custo médio de implantação deste sistema de irrigação, para as condições apresentadas, é de U\$ 535,63/ha. Neste caso, o aumento da área irrigada por módulo não condiciona uma redução significativa no custo médio de implantação por hectare.

TABELA 14. Custo de implantação de um sistema de irrigação por mangueira utilizando sulcos curtos, fechados e nivelados 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.	34	107,31	790,16
- 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	80	17,59	129,52
- 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.	04	0,88	6,52
- Registro de gaveta em bronze com 3" de Ø.	Unid.	01	10,70	78,77
- Instalação de um sistema	H/D**	02	0,49	3,60
TOTAL	-	-	145,11	1.071,25

* 1 dólar = Cr\$ 1.390,00

ORTN = Cr\$ 10.235,07

** H/D = Homem/dia

BIBLIOGRAFIA

- BERNARDO, S. Manual 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.