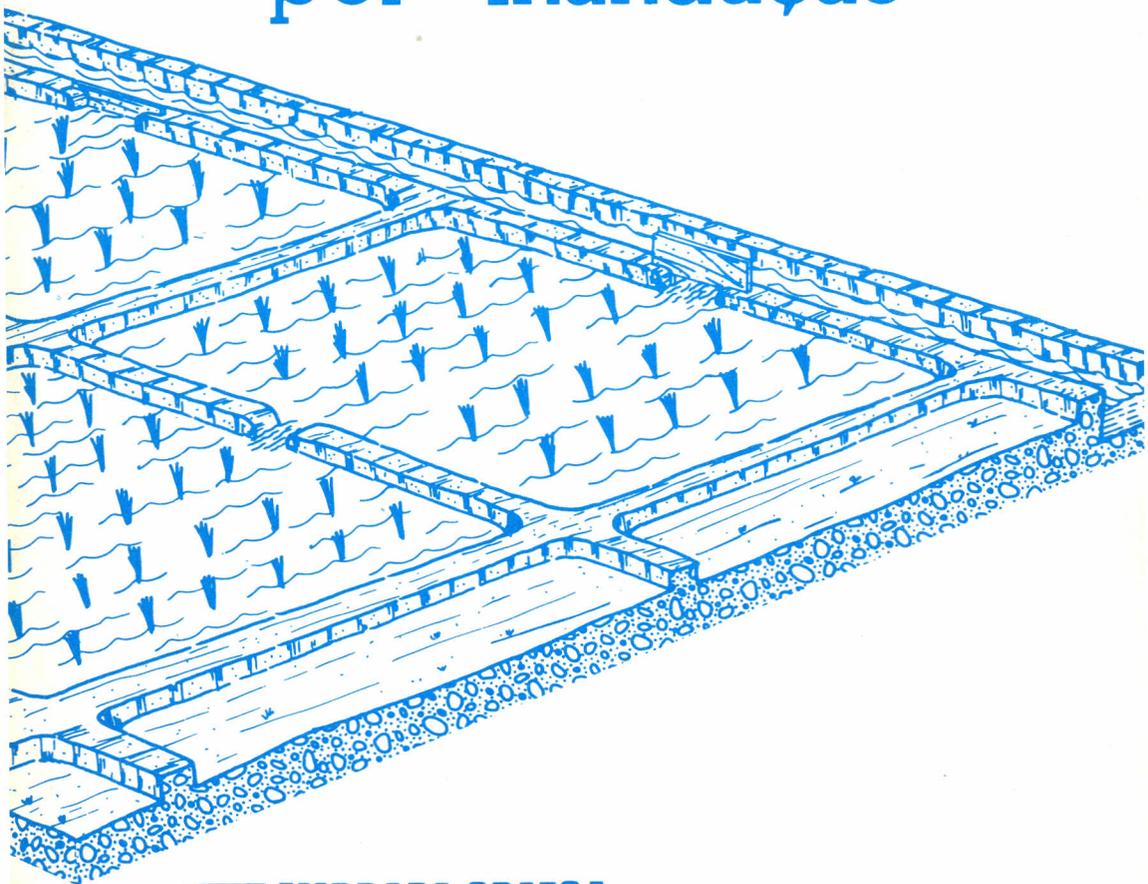


11247  
1988  
FL-PP-11247

ISSN 0100-9729  
setembro, 1988

# Sistema de Irrigação por Inundação



 **EMBRAPA-CPATSA**

Sistema de irrigação por ...  
1988 FL-PP-11247



CPATSA-8217-1

FOL  
11247

ISSN 0100-9729



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Vinculada ao Ministério da Agricultura  
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico  
Semi-Árido - CPATSA

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO  
POR INUNDAÇÃO

José Monteiro Soares

Petrolina, PE  
1988.



## SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	5
DEFINIÇÃO	6
CONSIDERAÇÕES GERAIS	6
APLICABILIDADE E ALTERNATIVAS DE USO	7
DESCRIÇÃO	8
ROTEIRO PARA O DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	12
EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

## SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO

José Monteiro Soares<sup>1</sup>

RESUMO - A irrigação por inundação é uma prática utilizada tanto para a exploração de terrenos cuja declividade não exceda 1%, e para pequenas manchas de solos situadas nas baixadas ao longo das margens dos rios, cuja topografia se apresenta bastante irregular. As diversas modalidades de irrigação por inundação, podem ser empregadas para a exploração da rizicultura, fruticultura, pastagens ou cereais, dependendo dos tipos de solos (argiloso ou arenoso). O sucesso da irrigação por inundação depende do dimensionamento correto e do manejo eficiente do sistema projetado. As informações básicas referentes ao solo, suprimento de água, culturas a serem exploradas e o clima podem proporcionar o dimensionamento técnico e econômico desse método de irrigação.

Termos para indexação: Irrigação, inundação, dimensionamento, **manejo**.

### FLOODING IRRIGATION SYSTEM

ABSTRACT - Flooding irrigation is a system used in areas with declivity not exceeding 1% and in small soil spots located in lowlands along the river banks, with very irregular topography. Several variations of flooding irrigation can be adopted for the cultivation of rice,

---

<sup>1</sup> Eng. Agr. M.Sc., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, 56300 Petrolina, PE.

fruit crops, pastures or cereals, depending on the soil type (clayey or sandy). The success of floodings irrigation depends on the correct desing and on the efficient management of the system. The basic information about soil, water supply, crop(s) to be grown, and climate can lead to the technical and economical desing on this irrigation system.

Index terms: Flooding irrigation, design, management.

### DEFINIÇÃO

A irrigação por inundação caracteriza-se pela aplicação de água ao solo, em forma de lâmina de água estagnada ou contínua, cobrindo totalmente a superfície do terreno.

### CONSIDERAÇÕES GERAIS

Existem muitas variações dentre os sistemas de irrigação, mas todas envolvendo a divisão do terreno em unidades menores, limitadas por pequenos diques ou taipas, de modo que cada uma, de superfície quase plana denominada tabuleiro, forme um compartimento onde é aplicada uma lâmina de água para infiltrar-se no solo. Quanto ao tipo do tabuleiro pode classificar-se em retangulares e em contorno; quanto ao manejo da irrigação pode ser intermitente e contínua, utilizando-se uma lâmina de água estagnada ou em circulação. Um dos fatores que podem restringir o uso da irrigação por inundação é a necessidade de grandes vazões. Quando a vazão é adequada, a área do tabuleiro será limitada pelas condições de solo e de topografia. Assim, a área do tabuleiro deve ser ajustada ao tamanho da vazão, declividade do terreno e velocidade de infiltração do solo.

Para as condições do Trópico Semi-Árido, onde predomina a ocorrência de pontos de água com pequena vazão ou volume, pequenas manchas de solos irrigáveis (em sua maioria aluviões) situadas nas baixadas ao longo das margens dos riachos e rios, cuja topografia se apresenta bastante irregular, a irrigação intermitente em tabuleiros individuais retos ou em contorno, apresenta-se como o sistema mais recomendado, principalmente para a exploração da cultura do arroz.

#### APLICABILIDADE E ALTERNATIVAS DE USO

O sistema de tabuleiros em contorno com irrigação contínua é indicado para a exploração de terrenos argilosos ou terrenos arenosos mas que apresentem um subsolo impermeável, e cuja declividade não exceda 1%, sendo empregado para o cultivo do arroz. Por sua vez, o sistema de tabuleiros em contorno com irrigação intermitente é utilizado para a exploração de quase todos os tipos de solos, cuja declividade não exceda 1%, podendo ser empregado para o cultivo de fruteiras, pastagens e cereais. O sistema com tabuleiros retangulares em nível e com irrigação intermitente pode ser empregado em quase todos os tipos de solo. Este sistema mostra-se viável tanto para a exploração de arroz quanto de fruteiras, pastagens e de alguns cereais.

No Trópico Semi-Árido, devem-se utilizar tabuleiros individuais com irrigação intermitente, principalmente para a exploração da cultura do arroz.

O manejo da água de irrigação deve atender às perdas por evapotranspiração e por percolação, sem que haja o aquecimento da água no tabuleiro, quando se trata da ex

ploração da cultura do arroz. A formação intensa de algas nos tabuleiros, pode condicionar o uso da intermitência no manejo de água de irrigação. Na recuperação de solos salinos, o manejo de água pode ser de forma contínua ou intermitente, dependendo do custo da água de irrigação e da capacidade de drenagem do solo.

## DESCRIÇÃO

Em geral, este sistema de irrigação compõe-se das seguintes partes: conjunto motobomba, linha principal, canais secundários e parcelares.

**Conjunto motobomba** - Normalmente são utilizadas bombas centrífugas de eixo horizontal ou vertical acopladas a motores elétricos ou diesel. Porém, não se deve descartar o uso de outros tipos de bombas como as do tipo helicoidal. Estas devem apresentar uma combinação de rotação, potência e vazão, em que sua operação é mais eficiente, sendo de fundamental importância a seleção correta de um conjunto motobomba para uma determinada condição de funcionamento.

**Linha principal** - O material empregado na linha principal depende do tamanho da área irrigada. Nos sistemas de pequena dimensão, nessa tubulação, podem se utilizar tubos de alumínio, aço galvanizado ou PVC rígido, dotados de engate rápido. Porém, nos projetos de grande escala, podem-se utilizar tubos de cimento, amianto ou mesmo canais abertos.

**Canais secundários e parcelares** - Normalmente, esses canais são de terra, visando a redução dos custos de investimento. Os canais secundários e parcelares podem fornecer água aos tabuleiros através de comportas

ou sifões, sendo a alimentação dos tabuleiros individual, coletiva ou com circulação contínua.

**Tabuleiros** - Os tabuleiros são basicamente de dois tipos de construção, segundo suas formas geométricas, ou seja, tabuleiros em contorno e retangulares.

- 1) Tabuleiros em contorno - São formados por um sistema de diques em curvas de nível e diques retilíneos, transversais às curvas de nível (Fig. 1).

Em geral, os tabuleiros em contorno são maiores do que os tabuleiros retangulares e exigem menor movimentação de terra na sistematização do terreno, pois ela apenas elimina algumas saliências e depressões mais pronunciadas.

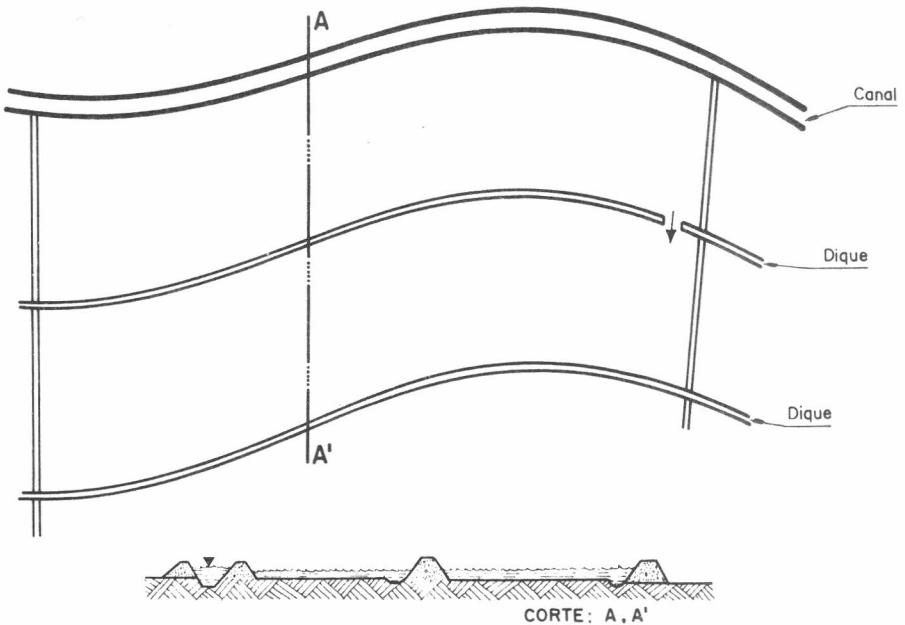


Fig. 1. Tabuleiros em curva de nível.

Existem basicamente dois tipos de tabuleiros em contorno: Tabuleiros cujos diques em contorno são paralelos entre si e tabuleiros em que os diques seguem exatamente a curva de nível do terreno. Para a construção do primeiro tipo de tabuleiro, o terreno tem que ser bem sistematizado, mas as operações de cultivo e colheita mecanizadas serão mais facilitadas (Fig. 2). No outro caso, a largura do tabuleiro varia ao longo do tabuleiro, em função da declividade do terreno, em cada ponto, e é irrigado individualmente. Ele não exige propriamente uma sistematização, mas simplesmente a passagem de um pranchão destorreador para tornar a superfície do solo mais uniforme (Fig. 3).

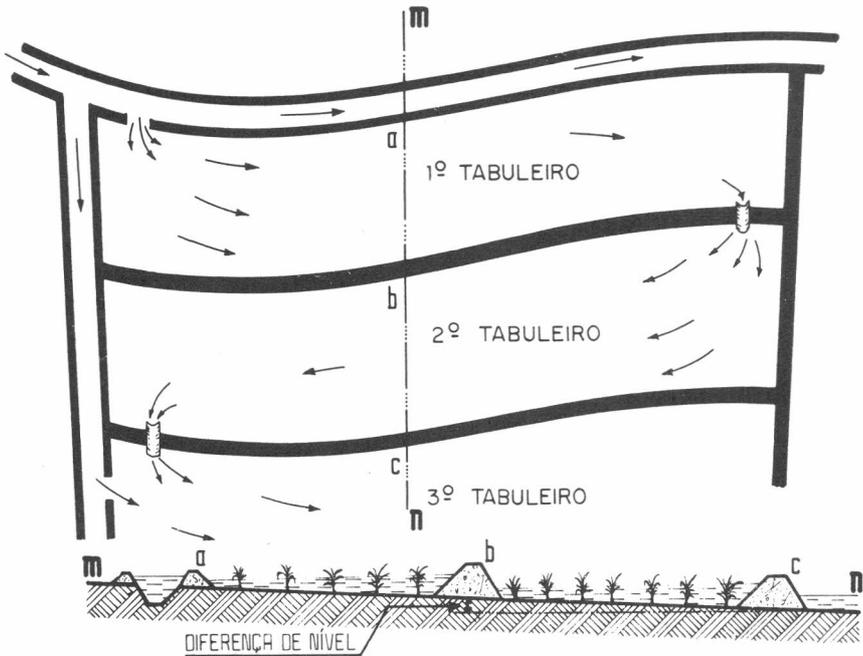


Fig. 2. Tabuleiros em contorno com circulação de água.

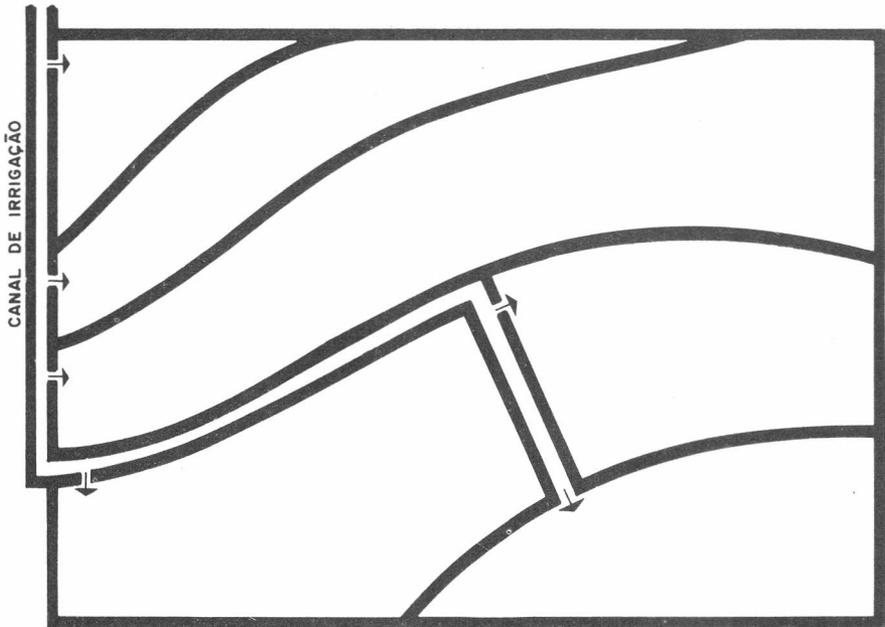


Fig. 3. Tabuleiros em contorno irrigados individualmente.

Largura do tabuleiro - É expresso pela distância em linha reta entre dois camalhões consecutivos. Geralmente, esta diferença varia entre 5 e 10 cm. A largura mínima de cada tabuleiro não deve ser inferior a 10 m. (Fig. 4).

Comprimento do tabuleiro - Determina-se a área de cada tabuleiro em função da vazão disponível no canal e da velocidade de infiltração básica do solo. Em seguida, determina-se o comprimento do tabuleiro, dividindo-se a área do mesmo pela largura pré-estabelecida.

Altura e largura dos diques ou taipas - A altura dos diques ou taipas, normalmente, oscila entre 30

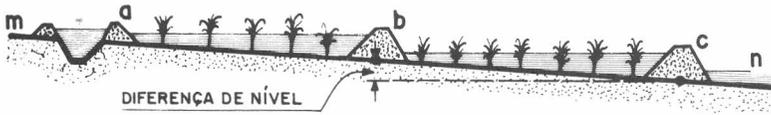


Fig. 4. Largura do tabuleiro

e 40 cm. A altura dos diques feitos com terra solta (removida) deve ser corrigida em 30%, devido ao posterior abatimento do terreno. A largura dos diques deve ser, pelo menos três vezes a sua altura ou mais. Normalmente varia de 0,60 e 1,00 m (Fig. 5).

- 2) Tabuleiros retangulares – São constituídos de áreas planas, limitados por diques retilíneos, formando bacias retangulares (Fig. 6A e 6B). Em geral, exigem terrenos sistematizados, com pequena declividade. Em terrenos, com declividade natural inferior a 2%, não exigem muita movimentação de terra, durante a sistematização (Fig. 6A). Mas em terrenos com declividade acima de 2%, ou os tamanhos dos tabuleiros tornam-se muito pequenos ou exigem muita movimentação de terra na sistematização (Fig. 6B). Em tabuleiros retangulares nivelados, o desnível longitudinal deve ser nulo, enquanto o transversal não deve ultrapassar o limite de 6 cm entre camalhões transversais. O dimensionamento deste sistema é similar ao tabuleiro em contorno.

## ROTEIRO PARA O DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO.

O dimensionamento de um sistema de irrigação por inundação deve ser baseado em dados tais como: cultura,

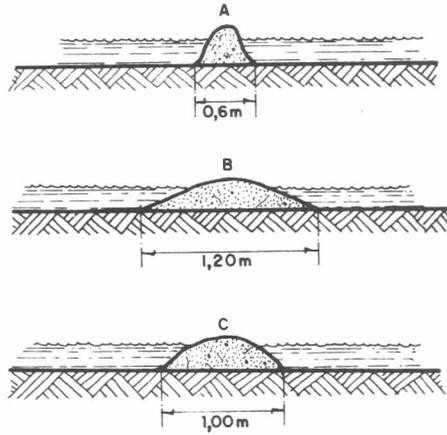


Fig. 5. Tipos de diques: temporários (A) e permanentes (B e C).

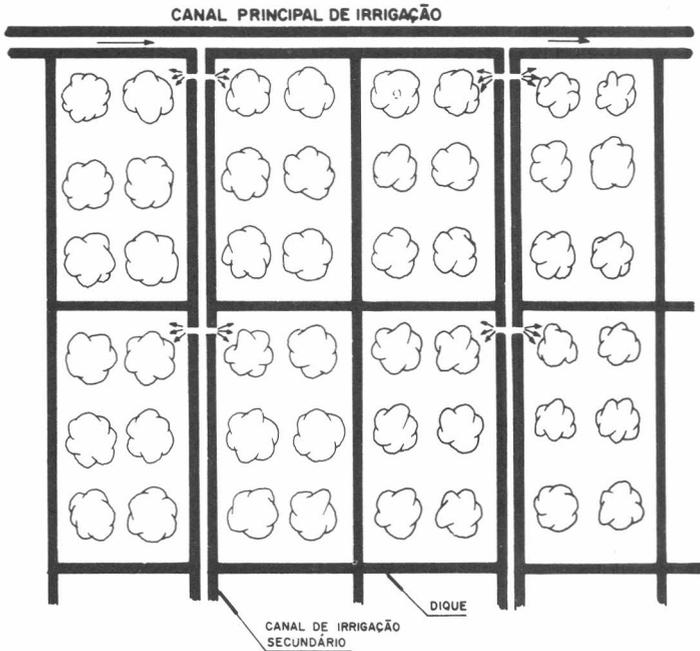


Fig. 6A. Tabuleiros retangulares irrigados individualmente.

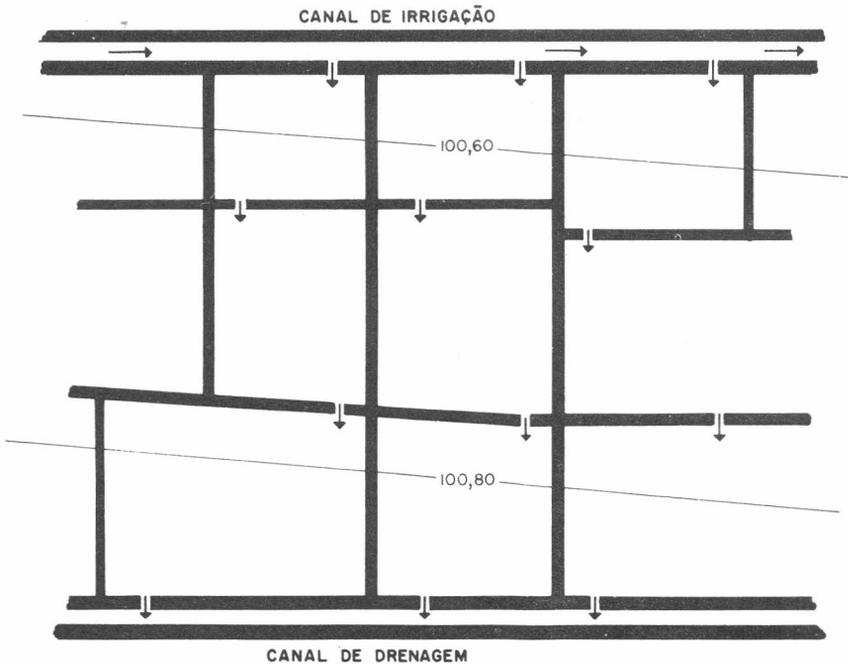


Fig. 6B. Tabuleiros retangulares com circulação de água.

características físico-hídricas do solo, quantidade e qualidade da água disponível para irrigação, clima e topografia. Do mesmo modo devem-se considerar fatores econômicos e de manejo como: eficiência de aplicação, práticas culturais, tipos de culturas, tempo disponível para a irrigação, etc.

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

- A) Identificação e caracterização da propriedade - Elementos para estabelecer critérios e reunir informações básicas necessárias para definir as alternativas preliminares e, posteriormente fazer

o dimensionamento e esquematizar o funcionamento e manejo do sistema proposto.

- B) **Planejamento agrônômico de irrigação** - Esta etapa compreende a determinação das necessidades de água para irrigação, assim como o dimensionamento dos tabuleiros.

#### Estimativa da necessidade de água para irrigação

A estimativa da necessidade de água de irrigação 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 do projeto.

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: diretamente com dados de evapotranspiração 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  $K_T = 0,75$ , assim:

$$ETP = Et \times 0,75$$

em que:

ETP = evapotranspiração potencial (mm/mês)

Et = evaporação do tanque (mm/mês)

b) Uso de fórmulas empíricas

b.1. Fórmula de Hargreaves - A partir de dados mensais de temperatura e de umidade relativa do ar, determina-se a evapotranspiração potencial mensal como segue:

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

em que:

ETP = Evapotranspiração potencial (mm/mês)

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

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

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

UR = umidade relativa média do ar (%)

A fórmula de Hargreaves apresenta uma correlação de 0,68 em relação a evapotranspiração potencial medida. Mas apresenta como vantagem, valores da evapotranspiração mensal em tabelas para uma série de municípios do Nordeste.

b.2. Fórmula de Benevides e Lopez - A partir de dados mensais de temperatura e de umidade relativa do ar, determina-se a evapotranspiração potencial mensal como segue:

TABELA 1. Fator de evapotranspiração Potencial em mm/mês (FET).

LAT 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	1,19	2,25	2,57	2,26	2,30
03	2,35	2,15	2,36	2,17	2,08	1,92	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	2,23	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	2,40
07	2,48	2,22	2,36	2,10	1,96	1,78	1,89	2,02	2,22	2,43	2,40	2,40
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	2,83
18	2,79	2,30	2,31	1,87	1,66	1,33	1,50	1,78	1,09	2,51	2,63	2,85
19	2,81	2,37	2,30	1,84	1,56	1,33	1,47	1,75	2,07	2,51	2,67	2,86
20	2,84	1,38	2,33	1,82	1,50	1,31	1,43	1,72	2,06	2,51	2,63	2,83

Fonte: Hargreaves, 1974

$$ETP = 1,21 \times 10^{\frac{7,45T}{234,7 + T}} \times (1 - 0,01 UR) + 0,21T - 2,30$$

em que:

ETP = evapotranspiração potencial (mm/mês)

T = temperatura média do ar ( $^{\circ}\text{C}$ )

UR = umidade relativa média do ar (%)

A fórmula de Benevides e Lopez apresenta a melhor correlação (0,86) em relação a evapotranspiração potencial medida, quando comparada com as demais fórmulas empíricas. Porém, para o seu uso é necessário recorrer a uma série de dados climatológicos da região em que se pretende determinar os valores de ETP.

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 de ciclo fenológico de culturas temporárias, podem ser obtidos de Tabelas (Doorenbos e Pruitt 1975). 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 (Tabela 2).

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

TABELA 2. Coeficientes médios da Cultura (kc), para algumas culturas irrigadas das TSA, segundo metodologia de Doorenbos e Pruitt, 1975.

Culturas	Frequência de irrigação no Período inicial	kc Médio Mensal					
		1º	2º	3º	4º	5º	6º
Cebola	2	0,90	0,95	1,00	0,90		
	4	0,70	0,90	1,00	0,90		
Cenoura	2	0,90	1,00	1,05	0,95		
	4	0,70	0,90	1,05	0,95		
Feijão Phaseolus	2	0,85	1,10	0,90			
	4	0,60	1,10	0,90			
Feijão Vigna	7	0,55	1,10				
Tomate Industrial	2	0,90	1,00	1,15	0,80		
	4	0,65	0,90	1,15	0,90		
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			
Pimentão	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
Milho	2	0,85	1,05	1,10	0,80		
	4	0,65	1,00	1,10	0,80		
Repolho	2	0,85	0,95	1,00			
	4	0,60	0,90	1,00			
Pepino	2	0,85	0,90	0,95	0,85		
	4	0,60	0,85	0,95	0,85		
Algodão	7	0,50	0,70	1,05	1,20	1,10	0,80
Arroz		1,10	1,10	1,05	1,05	0,95	
Banana		1,00	todo o ano*				
Citrus		0,75	todo o ano*				
Cirigoelas e Nozes		0,70	todo o ano*				
Uva		0,60	todo o ano*				

\* Hargreaves, 1975.

Portanto, o valor de  $K_c$  inicial pode ser obtido, através da Figura 7, 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 7, 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 vegetal (Fig. 8).

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

$$ETR = ETP \times K_c$$

em que:

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

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

$$UC = ETR_d = ETR : D$$

em que:

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

$$D = \text{número de dias do mês}$$

5. Determina-se os valores de precipitação provável - A precipitação provável (PP) é geralmente usada durante o processo de elaboração de projetos de irrigação. Durante o manejo e operação da irrigação, a chuva atual observada deve ser considerada para a tomada de decisão sobre quando e quanto irrigar.

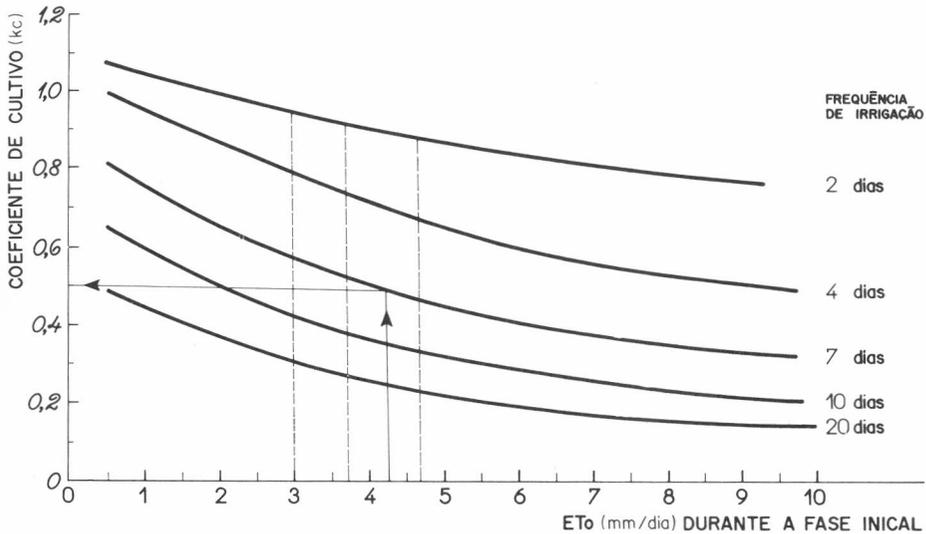


FIG. 7. Kc médio na fase inicial em função do nível médio da ETR (durante a fase inicial) e a frequência de irrigação. (Doorenbos e Pruitt 1975).

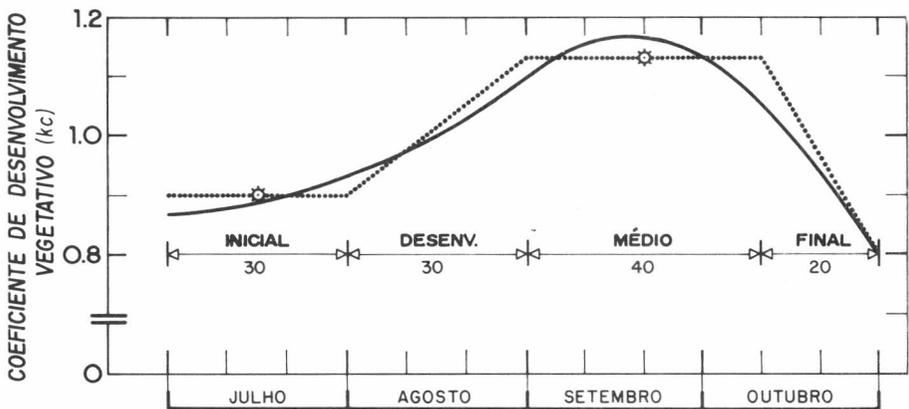


Fig. 8. Curva de desenvolvimento vegetativo da cultura do tomate Industrial.

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 de valores de precipitação provável em tabelas, pode-se determiná-las pelo método de Weibull, como segue:

- a) Obter dados mensais de precipitação com mais de dez 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 total (Blaney e Criddle 1962). Assim a precipitação efetiva é calculada com base na seguinte fórmula:

$$PE = PP \times f$$

em que:

PE = precipitação efetiva (mm/mês)

f = coeficiente de aproveitamento decrescente (Tabela 3).

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

Precipitação mensal* (mm)	Coeficiente de Aproveitamento Decrescente (CA)	Precipitação Efetiva (mm)
10	1,00	10
25	0,95	24
50	0,90	45
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 com o aporte significativo para a irrigação, portanto não são indicados na Tabela.

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:

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

em que:

NIB = necessidade de irrigação bruta (mm/mês)

Ea = eficiência de aplicação (decimais)

OBS: Este parâmetro somente deve ser calculado após a estimativa da eficiência de aplicação obtida no item C.7.

9. Os valores de gasto mensal de água são obtidos pela fórmula:

$$Gm = NIB \times 10$$

em que:

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

10. A vazão unitária de irrigação é dada por:

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

em que:

$Q_u$  = vazão unitária de irrigação (ℓ/s x ha)

$G_m$  = gasto mensal (m<sup>3</sup>/ha x mês)

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

$D$  = número de dias de trabalho no mês considerado.

#### Parâmetros para o manejo e operação de irrigação

O manejo da irrigação ou operação do sistema de irrigação ao longo do ciclo de cultivos é obtido como segue:

1. Calcula-se a lâmina líquida que o solo pode armazenar em função da profundidade efetiva da raiz, como segue:

$$L_l = 10 \frac{CC - U_a}{100} \times D_{ap} \times Pr$$

em que:

$L_l$  = lâmina líquida (mm)

$CC$  = capacidade de campo em base seca (%)

$U_a$  = umidade atual em base seca (%)

$D_{ap}$  = densidade aparente (g/cm<sup>3</sup>)

$Pr$  = profundidade efetiva da raiz (cm)

OBS: Este parâmetro deve ser utilizado apenas para a primeira irrigação, para elevar a umidade do solo ao nível de capacidade de campo.

2. A lâmina líquida de irrigação (Li) deve ser representada pela altura da água no tabuleiro no final da irrigação, a partir da primeira irrigação, a qual é em função do tipo de cultura.
3. Determina-se a velocidade de infiltração básica diária do solo para servir de controle do intervalo de rega.

$$\text{VIBd} = 24 \times \text{VIB}$$

em que:

VIBd = velocidade básica de infiltração diária (mm/dia).

VIB = velocidade de infiltração básica (mm/h)

4. A frequência de irrigação é dada por:

$$\text{Fr} = \frac{\text{Li}}{\text{UC} + \text{VIBd}}$$

em que:

Fr = frequência de irrigação (dias)

UC = uso consuntivo (mm/dia)

Li = lâmina de irrigação (mm)

5. Calcula-se o número de irrigação por mês ao longo do ciclo do cultivo considerado.

$$\text{Ni} = \frac{\text{D}}{\text{Fr}}$$

em que:

Ni = número de irrigações mensais

D = número de dias do mês

6. Calcula-se o número total de irrigação do ciclo do cultivo considerado.

$$N_{ti} = \sum_{i=1}^n N_i + 1$$

em que:

$N_{ti}$  = número total de irrigação ao longo do ciclo do cultivo.

$D$  = número de dias do mês considerado

7. Determina-se a eficiência de aplicação teórica média do sistema.

$$E_a = \frac{\sum NIL}{LI \times N_{ti} + L\ell} \times 100$$

em que:

$E_a$  = eficiência de aplicação do sistema (%)  
 $\sum NIL$  = somatória da necessidade de irrigação líquida de todo o ciclo do cultivo (mm).

8. A vazão total do sistema de irrigação é calculada como segue:

$$Q_t = Q_u \times AT = 3600 \times Q_u \times AT$$

em que:

$Q_t$  = vazão total do sistema de irrigação (l/s ou m<sup>3</sup>/h).

$Q_u$  = vazão unitária de irrigação (l/s x ha)

$AT$  = área total irrigada (ha)

9. O dimensionamento do tabuleiro é função do tipo de tabuleiro e do manejo da irrigação.

$$A_t = 1000 \times \frac{Q_t}{VIB}$$

em que:

$A_t$  = área do tabuleiro ( $m^2$ )

$Q_t$  = vazão total ( $m^3/h$ )

VIB = velocidade de infiltração básica (mm/h)

10. O volume de água a ser aplicado por tabuleiro é dado por:

$$V_a = A_t \times L_i$$

em que:

$V_a$  = volume de água a ser aplicado por tabuleiro em litros ( $\ell$ ).

$A_t$  = área do tabuleiro ( $m^2$ )

11. Determina-se o tempo de irrigação por tabuleiro

$$T_{it} = \frac{V_a}{Q_t}$$

em que:

$T_{it}$  = tempo de irrigação por tabuleiro (h)

$Q_t$  = vazão disponível no canal ou vazão total ( $m^3/h$ ).

12. O número total de tabuleiro do projeto é dado por:

$$NT = AT : \bar{A}_t$$

em que:

NT = número total de tabuleiro do projeto

$\overline{AT}$  = área total do projeto ( $m^2$ )

$\overline{At}$  = área média do tabuleiro ( $m^2$ )

13. Determina-se o número de tabuleiros irrigados por dia como segue:

$$N_{td} = \frac{h}{T_{it}}$$

em que:

$N_{td}$  = número total de tabuleiro irrigado por dia.

$h$  = horas de trabalho por dia.

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

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

em que:

$H_{bd}$  = horas de bombeamento diário

$Q_u$  = vazão unitária (I/s x ha)

$Q_{u\max}$  = vazão unitária máxima (I/s x ha)

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

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

em que:

$H_{bm}$  = horas de bombeamento mensal

$\overline{H_{bd}}$  = horas de bombeamento média diária

$D$  = número de dias do mês

### C) Dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação

1. Dimensionamento dos canais secundários e terciários - Consiste na determinação da seção transversal e declividade desses canais, que satisfazam a vazão máxima necessária.
2. 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. A velocidade da água na tubulação não deve ultrapassar o limite de 2 m/s.

Perda de carga total na linha principal

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

em que:

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

$J_p$  = perda de carga relativa (m/100 m).  
(Fig. 9).

$L_p$  = comprimento da linha principal

3. Dimensionamento da altura manométrica - A altura manométrica necessária ao funcionamento do sistema de irrigação apresenta-se como segue:

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

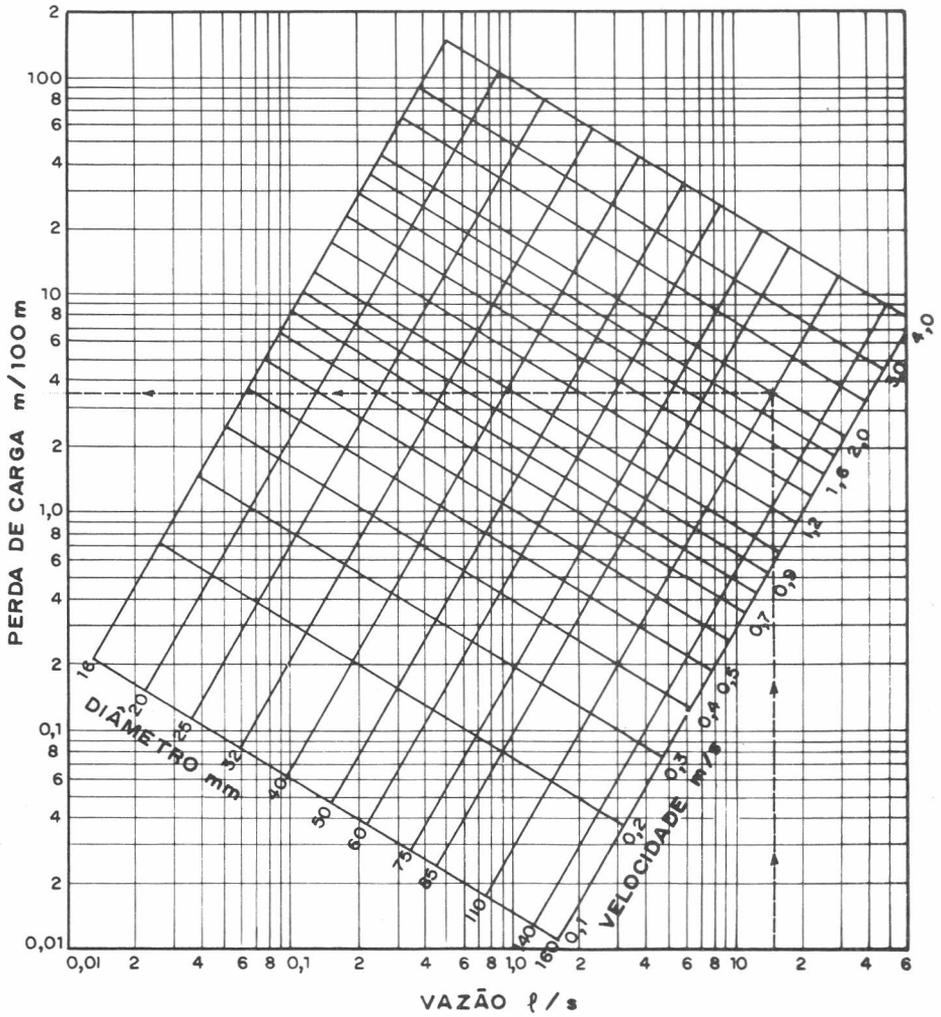


Fig. 9. Perda de carga em tubos de PVC rígido.

em que:

$H_m$  = altura manométrica necessária (m)

$f$  = fator de correção das perdas localizadas  
( $f = 1.05$ ).

$h_r$  = altura de recalque (m)

$h_s$  = altura de sucção (m)

$h_r$  = altura de recalque (m) expresso pela fórmula:

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

em que:

$S$  = declividade longitudinal do terreno (%)

$L$  = comprimento da tubulação no sentido longitudinal (m).

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

4. Cálculo da potência no eixo da bomba - Deve-se selecionar uma bomba, que apresente a maior eficiência possível. Após a seleção da bomba para uma dada condição, determina-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 no eixo da bomba (cv)

$E_b$  = eficiência da bomba selecionada (%)

5. Cálculo da potência no motor - Este parâmetro deve ser determinado de conformidade com a equação seguinte:

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

em que:

$P_m$  = potência do motor (cv)

$E_m$  = eficiência do motor (%) (Tabela 4)

Os tipos de chaves elétricas variam em função da potência dos motores (Tabela 5).

6. Cálculo da potência do transformador.

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; 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.

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.

TABELA 4. 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		

Fonte: Santos (1977)

TABELA 5. 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 da partida manual ou mecânica ou série paralela

Fonte: Santos (1977)

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 moto bombas, por cv/hora é produzido e apresentado na Tabela 6. (Santos, 1977).

D) **Construção dos tabuleiros** - A construção dos tabuleiros compreende os seguintes passos:

1. Localização das curvas de nível, cuja a diferença vertical seja de 10 cm.
2. Construção dos diques ou taipas, levando-se em consideração o seu tipo: temporário ou permanente (Fig. 5).
3. Sistematização individual de cada tabuleiro esta sistematização pode ser normal com cortes e aterros realizados por máquinas ou em áreas com menor declividade, um simples nivelamento com o tabuleiro coberto com uma lâmina d'água, por meio de um pranchão puxado a tração animal.

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

Fonte: Santos (1977)

4. Construção dos canais e drenos, leva-se em consideração o tipo de distribuição de água para os tabuleiros. Normalmente, esta pode ser feita por sifões, comportas, spiles, etc.
5. No final de cada tabuleiro, deve-se instalar manilhas (bambu, vertedores, etc) na altura máxima da lâmina d'água, visando o escoamento do excesso de água, no caso de chuvas excessivas (Fig. 10).

**EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO** - Projeto de irrigação por inundação em tabuleiros retangulares e nivelados.

A) Identificação e caracterização da propriedade

Este é o primeiro procedimento para o dimensionamento de um sistema de irrigação, cujo resumo é apresentado na Tabela 7.

B) Planejamento agrônômico da irrigação

Estimativa da necessidade de água para irrigação

A Tabela 8 mostra as necessidades de água de irrigação, calculada de acordo com a metodologia anteriormente mostrada. 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 janeiro como exemplo.



Fig. 10. Corte longitudinal do tabuleiro.

TABELA 7. Identificação e Caracterização da Propriedade e dados Técnicos.

Produtor: Manoel Vicente Campelo Projeto nº: 09  
 Propriedade: Fazenda Boa Vista Data: 30.05.84  
 Município: Souza Estado: PB

## Solo

Tipo: Aluvião Classe 1 Textura: argilosa  
 Profundidade: 100 cm Declividade longitudinal: 0,50%  
 Capacidade da Campo: 24%\* Umidade atual: 14%  
 Ponto de muchamento: 14% Velocidade de infiltração básica: 0,5 mm/h  
 Densidade aparente: 1,6 g/cm<sup>3</sup>

## Água

Fonte de água: Rio Vazão disponível: 200 m<sup>3</sup>/h  
 Classe: C<sub>1</sub> S<sub>1</sub>

## Outros dados

Altura de sucção: 3,00 m Horas de trabalho por dia: 10 h  
 Altura de recalque: 2,00 m Dias de trabalho por semana: 7 d.  
 Fonte de energia: Diesel  
 Área irrigável: 2,40 ha

## Cultura:

	Profundidade efetiva da raiz - cm				
	1º mês	2º mês	3º mês	4º mês	5º mês
Arroz	30	60	80	80	80

\* Em base seca

TABELA 8. Necessidades de Água de Irrigação

Mês	Cultura	ETP		ETR	UC	PP	PEFET.	N. Irrig. Líquida	N. Irrig. Bruta	Gasto mensal (m <sup>3</sup> /ha/mês)	Vazão unitária* (l/s x ha)
		(mm)	Kc								
JAN	Arroz	197	1,10	217	7,00	4	4	213	819	8,190	7,34
FEV	"	152	1,10	167	5,96	47	44	123	473	4,730	4,69
MAR	"	135	1,05	142	4,58	110	87	55	212	2,120	1,90
ABR	"	129	1,05	135	4,50	43	40	95	365	3,650	3,38
MAI	"	125	0,95	119	3,83	10	9	110	423	4,230	3,79
JUN		121	-	-	-	3	0	-	-	-	-
JUL	Arroz	135	1,10	140	4,79	0	0	148	569	5,690	5,10
AGO	"	164	1,10	180	5,80	0	0	180	692	6,920	6,20
SET	"	181	1,05	190	6,33	0	0	190	731	7,310	6,77
OUT	"	200	1,05	210	6,77	0	0	210	808	8,080	7,24
NOV	"	196	0,95	186	6,20	0	0	186	715	7,150	6,62
DEZ		206	-	-	-	0	0	-	-	-	-

ETR = Evaporação potencial (mm)

Kc = Coeficiente de cultivo

ETR = Evapotranspiração real (mm)

UC = Uso consuntivo (mm/dia)

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)

\* Para 10 horas de trabalho por dia

Eficiência de irrigação = 26%

\*\* Mês de maior consumo, janeiro com 7,34 l/s x ha.

Área do projeto 2,40 ha

Vazão do projeto 17,62 l/s ou 63,43 m<sup>3</sup>/h

1. O valor de ETP é 197mm (Hargreaves 1974).
2. O valor de kc em janeiro é de 1,10 (Tabela 2).
3. O valor de ETR é obtido pela fórmula.

$$ETR = kc \times ETP = 1,10 \times 197 = 217\text{mm}$$

4. O valor de uso consuntivo para janeiro é dado por:

$$UC = ETR : D = 217 : 31 = 7,00\text{mm/dia}$$

5. O valor de PP é 4mm a um nível de probabilidade de 75% (Hargreaves 1973).

6. A precipitação efetiva calculada em base a metodologia apresentada anteriormente é 4mm.

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

$$NIL = ETR - P \text{ efetiva} = 217 - 4 = 213\text{mm}$$

8. A necessidade de irrigação bruta é calculada como segue:

O valor da eficiência de aplicação ( $E_a$ ) obtida no item b.7 é de 26%.

$$NIB = NIL : E_a = 213 : 0,26 = 819\text{mm}.$$

9. O valor do gasto mensal é obtido pela fórmula:

$$G_m = NIB \times 10 = 819 \times 10 = 8.190\text{m}^3/\text{ha} \times \text{mês}$$

10. A vazão unitária de irrigação é dada por:

$$Q_u = \frac{G_m}{3,6 \times h \times D} = \frac{8190}{3,6 \times 10 \times 31} = 7,34 \text{ l/s} \times \text{ha}$$

Manejo da irrigação ou operação do projeto

A Tabela 9 apresenta o manejo da água de irrigação ou operação do sistema de irrigação. A seguir exemplifica-se o preenchimento desta tabela em base aos cálculos para a cultura do arroz, referente ao mês de maior demanda (janeiro) obtidos da Tabela 8.

1. Calcula-se a lâmina que o solo pode armazenar na profundidade efetiva da raiz.

$$Ll = 10 \frac{CC - Ua}{100} \times Dap \times Pr = 10 \frac{24 - 14}{100} \times 1,6 \times 80 = 128 \text{mm}$$

2. Lâmina líquida de irrigação

A lâmina líquida de irrigação ( $Li$ ) aplicada nos tabuleiros é de 100mm.

3. Determina-se a velocidade de infiltração básica diária.

$$VIBd = 24 \times VIB = 24 \times 0,50 = 12,00 \text{ mm/dia}$$

4. Determina-se a frequência de irrigação.

$$Fr = \frac{Li}{UC + VIBd} = \frac{100}{7,00 + 12,0} = 5 \text{ dias}$$

5. Calcula-se o número de irrigação por mês

$$Ni = \frac{D}{Fr} = \frac{31}{5} \approx 6$$

6. O número total de irrigações para o período janeiro/maio é dado por:

TABELA 9. Manejo de Água de Irrigação ou Operação do Sistema de Irrigação.

Mês	Lâmina líquida (mm)	Uso consuntivo (mm/dia)	Frequência de irrigação (dias)	Número de irrigação	Tempo de irrigação por tabuleiro (horas)	Horas de bombeamento	
						Diário (h)	Mensal (h)
JAN	100	7	5	6	7,28	10,00	310,00
FEV	100	5,96	6	5	7,28	6,38	178,64
MAR	100	4,58	6	5	7,28	2,58	79,98
ABR	100	4,50	6	5	7,28	4,59	137,98
MAI	100	3,83	6	5	7,28	5,14	159,34
JUN	-	-	-	-	-	-	-
JUL	100	4,79	6	5	7,28	4,41	136,71
AGO	100	5,80	6	5	7,28	8,44	274,04
SET	100	6,33	5	6	7,28	9,21	276,30
OUT	100	6,77	5	6	7,28	9,85	305,35
NOV	100	6,20	5	6	7,28	9,03	270,90
DEZ	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	-	-	-	-	-	-	-

$$Nti_1 = (\Sigma Ni) + 1 = (6 + 5 + 5 + 5 + 5) + 1 = 27 \text{ irrigações}$$

Para o período julho/novembro, tem-se:

$$Nti_2 = 29 \text{ irrigações}$$

Portanto, o número médio de irrigações para os dois ciclos do cultivo é dado por:

$$Nti = \frac{Nti_1 + Nti_2}{2} = \frac{27 + 29}{2} = 28$$

7. Determina-se a eficiência de aplicação

$$Ea = \frac{\Sigma NIL_1 + \Sigma NIL_2}{2 \times Nti \times Li + 2LI} \times 100 = \frac{596 + 914}{2 \times 28 \times 100 + 2 \times 128} \times 100 = 26\%$$

8. Calcula-se a vazão total do sistema

$$Qt = Qu \times At = 7,34 \times 2,40 = 17,62 \text{ l/s} = 63,43 \text{ m}^3/\text{h}$$

9. O dimensionamento do tabuleiro é dado por:

$$A_t = 100 \times \frac{Q_t}{VIB} = 100 \frac{63,43}{0,5} = 12.686 \text{ m}^2$$

Esta é a área máxima do tabuleiro. Porém, este parâmetro depende da topografia do terreno e do formato da área a ser irrigada. Assim, esta área pode ser reduzida a valores menores, visando a redução dos custos de sistematização do terreno. Portanto a área do tabuleiro deste projeto foi considerada em 4.000 m<sup>2</sup>. Sendo 40 m de largura por 100 m de comprimento (Fig. 11).

10. O volume de água aplicado por tabuleiro é dado por:

$$V_a = A_t \times L_i = 4.000 \times 100 = 400.000 \text{ l} = 400 \text{ m}^3$$

11. Determina-se o tempo de irrigação por tabuleiro

$$T_{it} = \frac{V_a}{Q_t} = \frac{400}{63,43} = 6,30 \text{ h}$$

12. O número total de tabuleiros do projeto é dado por:

$$N_T = A_T : A_t = 24.000 : 4.000 = 6 \text{ tabuleiros}$$

13.  $N_{td} = \frac{h}{T_i} = \frac{10}{6,30} = 1,6 \text{ tabuleiro/dia}$

Deste modo, o total de tabuleiros do projeto deve ser menor ou igual ao produto do número de tabuleiros irrigados por dia pela frequência de irrigação.

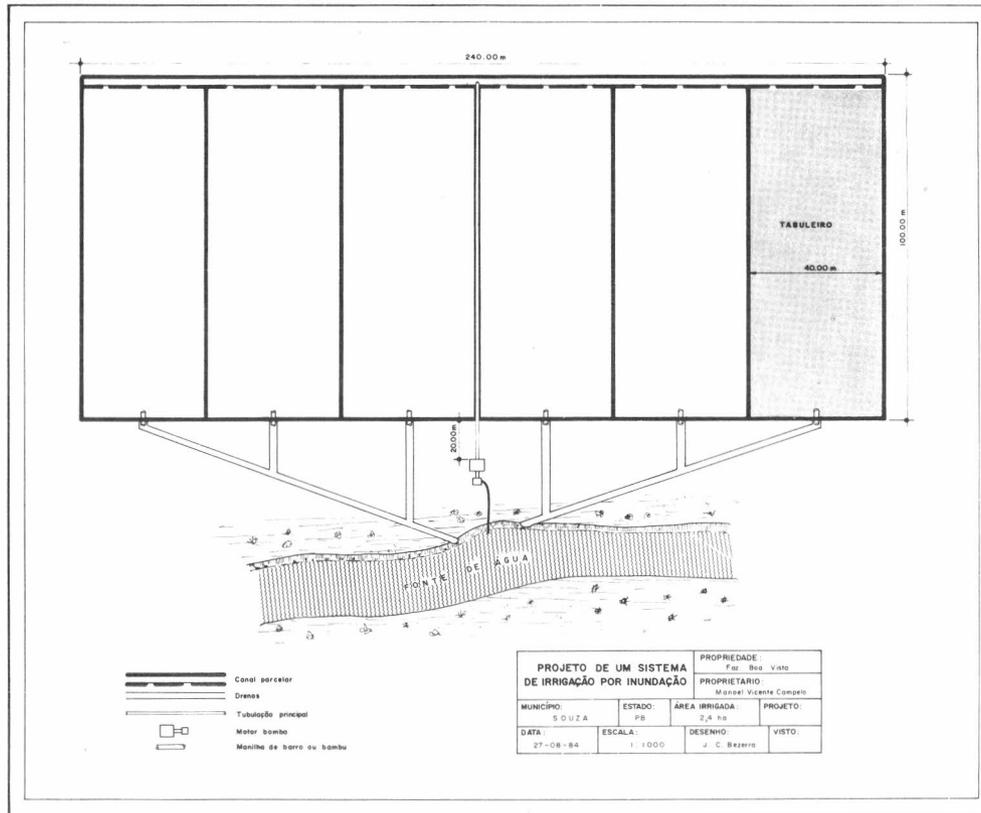


Fig. 11. Sistema de irrigação por inundação em tabuleiros retangulares e nivelados.

OBS: Como o sistema foi dimensionado em base a uma semana com sete dias úteis, deve-se aumentar a jornada de trabalho por dia, principalmente, durante o período de máximo consumo, o que pode condicionar as folgas aos domingos.

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

$$H_{bd} = \frac{Q_u}{Q_{max}} \times 10 = \frac{7,34}{7,34} \times 10 = 10 \text{ horas}$$

15. O número de horas de bombeamento mensal é obtido como segue:

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

OBS: No quadro de operação do sistema, considerou-se a precipitação efetiva, apenas na estimativa dos cálculos das horas de bombeamento. O ajuste real nas horas de bombeamento, lâminas e frequências de irrigação deve ser feita em base a precipitação feita real, por ocasião da operação do sistema de irrigação.

Dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação

### 1. Dimensionamento do canal parcelar.

Pela Figura 11, tem-se que o canal parcelar é alimentado na sua parte central através de bombeamento. O seu comprimento em relação ao ponto de alimentação é de 120 m. O canal é de terra compactada, com declividade nula, seção

transversal semicircular com 30 cm de raio.

2. Dimensionamento da linha principal - Esta tubulação não apresenta pontos de derivação, sendo dimensionada como segue:

Pela Figura 11, tem-se que o comprimento da linha principal (L) é igual a 120 m (102 + 18). Em base a vazão total do sistema de irrigação ( $Q_t = 17,62 \text{ l/s}$ ) e a Figura 9, selecionou-se uma tubulação com 110 mm de diâmetro externo (bitola 100 mm) tipo esgoto. Para esta condição a velocidade da água na tubulação foi de 2,0 m/s e a perda de carga unitária (J) de 3,60 m/100 m. Assim tem-se que a perda de carga total da linha principal é dada por:

$$h_{fp} = \frac{J \times L}{100} = \frac{3,60}{100} \times 120 = 4,32 \text{ m}$$

### 3. Cálculo da altura manométrica

$$H_m = f(h_{fp} + h_r + h_s) = 1,05(4,32 + 2,00 + 3,00) = 9,79 \text{ m}$$

### 4. Cálculo da potência absorvida no eixo da bomba

Selecionou-se uma bomba centrífuga de eixo horizontal marca Worthington, modelo: D-1000(4x3x6), com rotação 1750 rpm, rotor 5,90" de  $\phi$ , e eficiência = 78% para atender a condição  $Q_t = 63,43 \text{ m}^3/\text{h}$  x  $H_m = 9,79 \text{ m}$  (Fig. 12).

$$P_a = \frac{Q_t \times H_m}{2,7 \times E_b} = \frac{63,43 \times 9,79}{2,7 \times 78} = 2,95 \text{ cv}$$

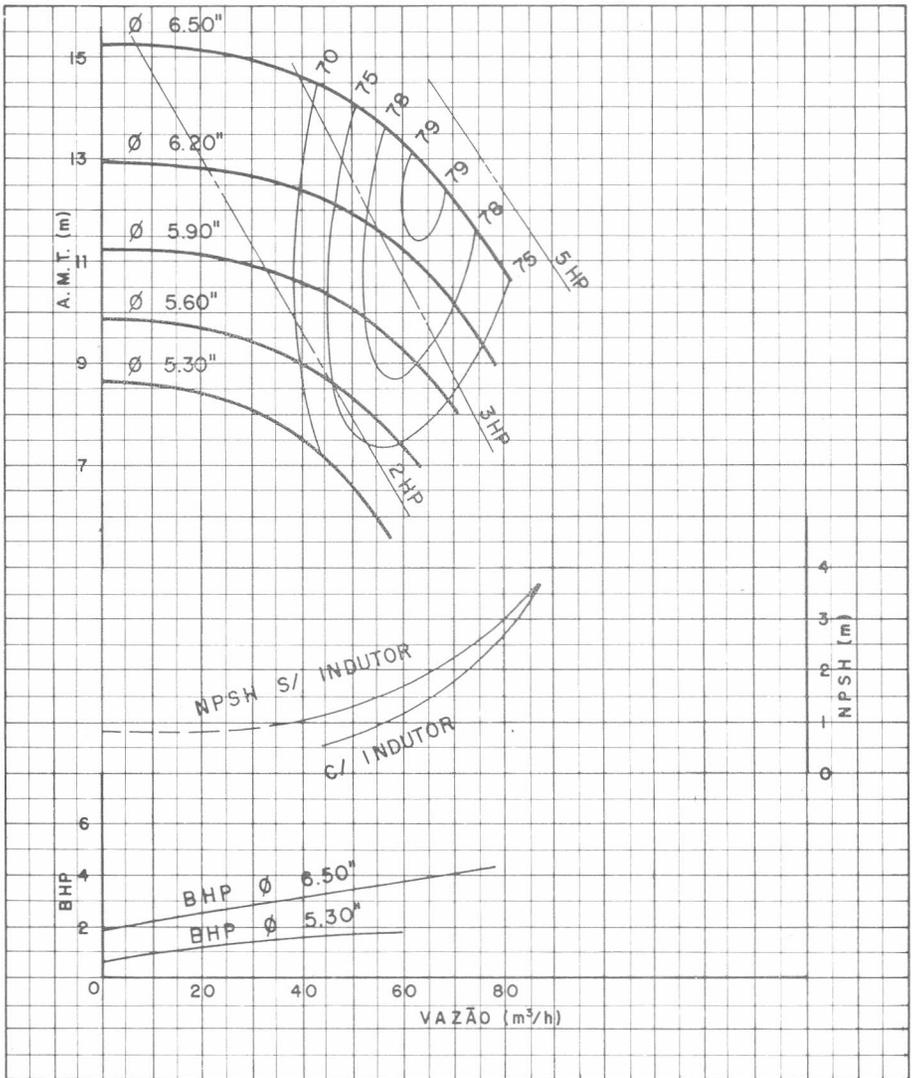


Fig. 12. Curva característica de uma bomba centrífuga worthington modelo D-1.000, 4 x 3 x 6 com 1750 rpm.

### 5. Cálculo da potência do motor:

Como a propriedade não é eletrificada, o motor deve ser do tipo diesel. Eficiência do motor diesel = 80%.

$$P_m = \frac{P_a}{E_m} = \frac{2,95}{0,80} = 3,69 \text{ cv.}$$

### Descrição do conjunto motobomba

Conjunto motobomba, composto de uma bomba centrífuga, eixo horizontal, marca Worthington, D-1000 (4x3x6), vazão 63,43 m<sup>3</sup>/h x 9,79 m de altura manométrica total, com 1750 rpm, rotor 5,9" de Ø, eficiência de 78% consumindo no eixo da bomba 2,95 cv e acoplada por meio de luva elástica a um motor diesel Yanmar modelo NSB-50 (ou similar) de 4,0 cv, 1800 rpm montado em base fixa.

### Orçamentação e equipamentos

A Tabela 10, apresenta a discriminação, quantificação e orçamentação de materiais e equipamentos necessários a implementação de um sistema de irrigação por inundação em tabuleiros retangulares e nivelados para módulos médios irrigáveis de 2,4 ha.

Observa-se pela Tabela 10, que o custo médio de implantação deste sistema de irrigação, para as condições apresentadas, é de 199 OTN/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.

TABELA 10. Custo de implementação de um sistema de irrigação por inundação em tabuleiros retangulares e nivelados com bombeamento para módulos médios irrigáveis de 2,4 ha. Julho/88. (Petrolina-PE).

Discriminação	Unid.	Quant.	Valor	
			OTN	US*
- Cano de PVC rígido com 3 m de comprimento, tipo esgoto com 100 mm de $\phi$	unid.	40	21,54	464,80
- Níple de PVC rígido com engate rápido fêmea e rosca c/100 mm de $\phi$	"	01	0,37	2,74
- Anéis de vedação de borracha para cano de PVC rígido tipo esgoto e 100 mm de $\phi$	"	50	1,02	7,55
- Ligação de pressão c/registro flange, vedações c/4" de $\phi$	"	01	12,82	90,19
- Canal principal em terra	m	180	17,59	129,50
- Canal parcelar em terra	m	1000	97,70	719,42
- Dreno coletor em terra	m	200	19,54	143,88
- Dreno parcelar em terra	m	100	9,77	71,94
- Mangote de sucção com 5 m de comprimento e 4" de $\phi$ , válvula de pé e braçadeiras.	unid.	01	12,26	92,41
- Conjunto motobomba composta de uma bomba centrífuga, de eixo horizontal, marca worthington modelo D-1000 (4 x 3 x 6), com 1750 rpm, rotor 5,9" de $\phi$ acoplado através de luva elástica a um motor marca Yanmar modelo NSB 50 com potência de 4,0 cv, 1800 rpm, montado em base fixa de cantoneira.	unid.	01	229,80	1.629,09
- Limpeza da área	h/t	03	12,57	30,72
- Regularização ou sistematização do tabuleiro	h/t	10	41,70	307,19
- Instalação do sistema	H/D <sup>**</sup>	04	0,98	7,19
<b>TOTAL</b>			<b>447,60</b>	<b>3.604,21</b>

\*1 dólar = Cz\$ 188,38

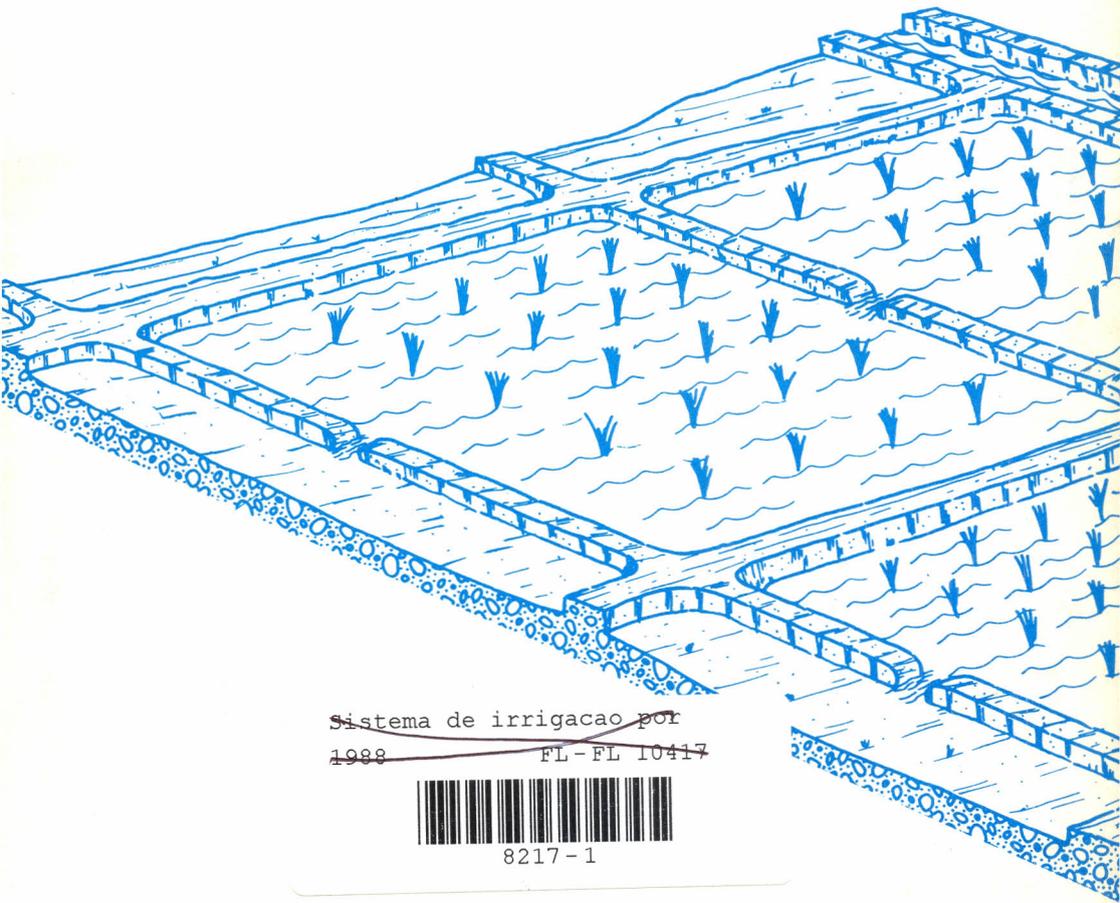
OTN = Cz\$ 1.598,26

\*\*H/D = Homem/dia

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa, Imprensa Universitária, 1982. 463p. il.
- DAKER, A. **A água na agricultura: manual de hidráulica agrícola; irrigação e drenagem**. Rio de Janeiro, F. Bastos, 1973. v.3, 453p.
- DOORENBOS, J. & W.O. PRUIT. **Crop water requirements**. (*FAO, Irrigation and Drainage. Paper, 24*), 1975. 179p.
- HARGREAVES, G.H. **Monthly precipitation probabilities for Northeast Brazil**. s.l., Utah State University, 1973. 423p.
- HARGREAVES, G.H. **Potential evapotranspiration and irrigation requirements for Northeast Brazil**. s.l., Utah State University, 1974. 55p.
- LOPEZ, J.E. **Riego por inundación**. Petrolina, PE, GEIDA/SUDENE, 1973. 23p.
- OLITTA, A.F.L. **Os métodos de irrigação**. São Paulo, Nobel, 1977. 267p.
- SANTOS, E.D. **Necessidades de água de irrigação para algumas culturas do Sub-médio São Francisco**. Recife-PE, EMATER-PE, s.d. 17p.

Revisão Editorial: Maria do Socorro Amorim Gomes  
Composição: Jani Cleide Pereira da Cruz  
Arte-final: José Cletis Bezerra  
Normatização bibliográfica: SID/CPATSA



~~Sistema de irrigacao por~~  
~~1988~~ FL-FL 10417



8217-1