

## METODOLOGIA PARA DETERMINAR AS NECESSIDADES DE ÁGUA DAS CULTURAS IRRIGADAS

Moacir Alves da Silva<sup>1</sup>

Eliane Nogueira Choudhury<sup>2</sup>

Luiz Alberto Gurovich<sup>3</sup>

Agustín Antônio Millar<sup>4</sup>

### INTRODUÇÃO

O Programa de irrigação no Nordeste compreende 54 projetos, estando 34 localizados na zona Semi-Árida, sob a responsabilidade do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS); os 20 restantes, situados no Vale do São Francisco, sob a responsabilidade da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF) (IICA 1979).

Estudos realizados dão como potencial irrigável para a região do Vale do São Francisco cerca de 800.000 ha, levando-se em conta não somente o fator classe de solo, mas, também os recursos hídricos disponíveis. Para o Vale, até dezembro de 1979 sob a ação da CODEVASF, planejou-se uma área de 50.329 ha em implantação e 38.072 em operação; responsabilidade do DNOCS, 43.030 ha em implantação e 50.079 ha em operação (Millar 1978).

---

<sup>1</sup> Contribuição conjunta do Centro de Pesquisa Agropecuária do Tópico Semi-Árido (CPATSA-EMBRAPA), Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF) e Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).

<sup>2</sup> Engº Agrº, M.Sc., Pesquisador em Irrigação do CPATSA-EMBRAPA, Cx. Postal, 23 - 56.300 Petrolina-PE.

<sup>3</sup> Engº Agrº, Ph.D., Consultor do Convênio IICA/EMBRAPA/BANCO MUNDIAL.

<sup>4</sup> Engº Agrº, Ph.D. Especialista em Tecnologia de Irrigação do IICA, e Consultor Técnico do CPATSA-EMBRAPA.

Por problemas hidráulicos e operacionais esses projetos de irrigação deverão ser operados sob um conjunto de normas pré-estabelecidas do ponto de vista agrícola e operacional visando o uso de racionalização dos seguintes aspectos:

- a) Turno de rega para a distribuição de água às parcelas, ao longo do período de desenvolvimento de cada cultura.
- b) Lâmina de água aplicada fixa, ao longo do período de desenvolvimento da cultura.
- c) Métodos de irrigação de alta eficiência, de aplicação e operação fáceis e econômicas.

Estas normas têm por objetivo utilizar racionalmente os recursos de água, através de sistemas de irrigação superficial convencional, visando simplificar a operação de distribuição de água.

A determinação das lâminas de água a aplicar e da frequência de irrigação das culturas é de grande importância para evitar, quanto possível, que os rendimentos diminuam em curto prazo, por efeito de excessos ou de déficits de água e ao longo do tempo, ou seja, de um ano a outro, por efeito de drenagem deficiente, salinização dos solos e problemas mecânicos de compactação por excesso de umidade durante as operações de preparação do solo.

Normalmente, no manejo da irrigação a nível parcelar, as necessidades de água das culturas são definidas em função de dados de evapotranspiração potencial (ETP) e do coeficiente da cultura (Kc), definido de acordo com a equação 1 (Doorenbos & Pruitt 1975):

$$Kc = ETA/ETP \text{ (Equação 1)}$$

em que ETA = evapotranspiração atual ou real da cultura.

ETP = Evapotranspiração Potencial, estimada a partir de dados climáticos e definida como evapotranspiração de um cultivo com superfície totalmente coberta de vegetação verde, densa, rasteira, com ativo crescimento, não afetada por pragas e doenças e que não esteja em condições de deficiência hídrica (ET grama), (Hargreaves 1976).

No entanto, a estimativa da ETP a partir de dados climáticos nem sempre é possível ser obtida em lugar determinado, porque a informação requerida é variada, relativamente difícil de ser coletada em forma confiável e nem sempre se encontra disponível para um período de tempo adequado do ponto de vista estatístico. (Jensen 1973).

Por este motivo, têm-se desenvolvido vários processos meteorológicos para estimar a ETP quando os dados climáticos são escassos (Penman 1949), em função de dados de evaporação do tanque Classe A,  $E_t$  (Hounam 1973). Valores diários de  $E_t$  podem ser obtidos praticamente em qualquer localidade, com uma confiabilidade razoável, se as normas de operação do tanque de evaporação forem seguidas de forma rigorosa (Doorenbos & Pruitt 1975).

Vários estudos têm sugerido o uso de dados de evaporação do tanque para estimar a evapotranspiração potencial, usando a relação de probabilidade:

$$ETP = E_t \times C_t \text{ (Equação 2)}$$

em que  $C_t$  depende do cultivo de referência e do tipo de tanque usado, equação esta que tem a finalidade de dimensionar programas de ajuda aos produtores agrícolas no estabelecimento da irrigação em locais como Israel (Stanhill 1961/62, Fuchs & Stanhill 1963), Estado de Washington, USA (Pruitt & Jensen 1960/61), Havaí (Campbell et al. 1959) e África do Sul (Thompson et al. 1963). Linagre & Till (1969) publicaram extensos trabalhos de revisão sobre esta matéria, ressaltando que se devem tomar cuidados extremos na interpretação de dados de evaporação do tanque para serem obtidas estimativas adequadas da ETP. O valor  $C_t$ , na equação 2, é afetado muito significativamente pelo ambiente em que está localizado o tanque (clima, vegetação, construções, etc). Pruitt (1966) constatou evidência de uma redução significativa da evaporação do tanque Classe A (USWB), havendo incrementos na superfície cultivada e variação na direção do vento dominante. Doorenbos & Pruitt (1975) apresentam uma lista de valores de  $C_t$  para diferentes condições de vento, umidade relativa do ar e superfície cultivada em volta do tanque.

Quando existe informações a cerca da ETA, medida em



condições de campo em uma cultura de grama (ETG), é possível corrigir os coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) apresentados por Hargreaves (1976) de acordo com as equações 3, 4, 5 e 6.

$$ETP = ETG \text{ (Equação 3)}$$

$$K_c = ETA/ETG \text{ (Equação 4)}$$

$$K'_c = ETA/E_t \text{ (Equação 5)}$$

$$\frac{K'_c}{K_c} = \frac{ETA/E_t}{ETA/ETG} = \frac{ETG}{E_t} \text{ (Equação 6)}$$

Em trabalhos sobre evapotranspiração realizados no Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPATSA-EMBRAPA) (Millar et al. 1978 e Silva & Millar 1978), concluiu-se que os coeficientes de cultivo obtidos por Hargreaves (1976) e Doorenbos & Pruitt (1975) não podem ser utilizados diretamente no manejo da irrigação quando se usa a evaporação do tanque USWB, para definição das necessidades de água das culturas, sendo necessário corrigir estes coeficientes através de um "coeficiente de ajuste".

### MATERIAIS E MÉTODOS

Com base em dados de evaporação do tanque e evapotranspiração da grama, obtidos em lisímetros por Aragão e Araújo (1975) para a região do Sub-Médio São Francisco, determinou-se que a relação  $ETG/E_t = \alpha$  é uma constante ao longo dos meses do ano (Tabela 1).

$$ETG = -0,742 + 0,609 E_t \quad R^2 = 0,999$$

Como o valor de  $\alpha$  é constante pode-se definir o coeficiente de evapotranspiração real das culturas ( $K'_c$ ) a partir de dados da literatura obtidos em função da relação clima e evapotranspiração da grama (ETG), de maneira a poder relacionar diretamente a evaporação do tanque ( $E_t$ ) obtida na estação, com a evapotranspiração real das culturas (ETA) (equação 5).

Os coeficientes de cultivo, baseados na ETG e selecionados para este estudo, foram publicados por Hargreaves

(1976), para diferentes períodos de desenvolvimento de cada cultura.

A época de plantio e a  $E_t$  diária média durante o ciclo de desenvolvimento das culturas são apresentados na Tabela 2.

TABELA 1. Dados de evapotranspiração da grama, evaporação do tanque USWB e o coeficiente  $\alpha$ .

| Meses        | ETG (mm/dia) | $E_t$ (mm/dia) | $\alpha = ETG/E_t$ |
|--------------|--------------|----------------|--------------------|
| Janeiro      | 4,73         | 9,53           | 0,50               |
| Fevereiro    | 3,92         | 7,57           | 0,52               |
| Março        | 3,23         | 6,28           | 0,51               |
| Abril        | 3,42         | 6,57           | 0,52               |
| Maió         | 3,14         | 6,30           | 0,50               |
| Junho        | 4,57         | 8,23           | 0,55               |
| Julho        | 4,25         | 8,16           | 0,52               |
| Agosto       | 5,35         | 10,20          | 0,52               |
| Setembro     | 5,30         | 9,90           | 0,53               |
| Outubro      | 5,45         | 10,30          | 0,52               |
| Novembro     | 6,70         | 11,52          | 0,58               |
| Dezembro     | 5,05         | 10,23          | 0,51               |
| Média mensal | 4,59         | 8,73           | $0,52 \pm 0,02$    |

Na Tabela 3, são apresentados os métodos de irrigação propostos para as diferentes culturas que são utilizadas nos projetos de irrigação da CODEVASF, DNOCS e produtores particulares do Vale do São Francisco, com suas correspondentes eficiências de aplicação que inclui uma percentagem de perdas de água por percolação profunda, com a finalidade de assegurar-se uma eficiente lavagem dos sais que podem se acumular no perfil do solo.

Na Tabela 4, é apresentada, de forma resumida, a informação obtida em pesquisas realizadas no CPATSA-EMBRAPA e por Hargreaves (1976) sobre profundidade potencial das raízes e o critério de irrigação das diferentes culturas. O critério de irrigação foi definido em termos de quanto a cultura tem consumido (uma determinada percentagem) da água disponível no solo (Hargreaves 1976).

TABELA 2. Meses de cultivo e Et diária média no ciclo de desenvolvimento das culturas.

| Cultura         | Época          | Et (mm/dia) <sup>a</sup> |
|-----------------|----------------|--------------------------|
| Alfafa          | todo o ano     | 8,73                     |
| Feijão          | maio-outubro   | 8,84                     |
| Beterraba       | maio-outubro   | 8,84                     |
| Repolho         | maio-outubro   | 8,84                     |
| Cenoura         | todo o ano     | 8,73                     |
| Milho           | novembro-abril | 7,35                     |
| Algodão         | abril-novembro | 8,89                     |
| Pepino          | maio-outubro   | 8,84                     |
| Grão            | novembro-abril | 7,35                     |
| Uva             | todo o ano     | 8,73                     |
| Alface          | todo o ano     | 8,73                     |
| Melão           | maio-outubro   | 8,84                     |
| Cebola          | maio-setembro  | 8,61                     |
| Frutas de pomar | todo o ano     | 8,73                     |
| Pastagens       | todo o ano     | 8,73                     |
| Amendoim        | todo o ano     | 8,73                     |
| Ervilha         | todo o ano     | 8,73                     |
| Batata          | maio-outubro   | 8,84                     |
| Soja            | maio-outubro   | 8,84                     |
| Morango         | maio-outubro   | 8,84                     |
| Batata-doce     | maio-outubro   | 8,84                     |
| Fumo            | maio-outubro   | 8,84                     |
| Tomate          | maio-outubro   | 8,84                     |

<sup>a</sup> Estação Agrometeorológica de Mandacaru, média de cin co anos.

TABELA 3. Métodos de irrigação proposto e eficiência de aplicação estimada, incluindo lavagem de saís.

| Cultura         | Método de irrigação proposto | Eficiência de aplicação estimada (%) |
|-----------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Alfafa          | Faixas                       | 60                                   |
| Feijão          | Sulco fechado                | 80                                   |
| Beterraba       | Sulco fechado                | 75                                   |
| Repolho         | Sulco fechado                | 80                                   |
| Cenoura         | Bacias                       | 80                                   |
| Milho           | Sulco fechado                | 80 - 60                              |
| Algodão         | Sulco fechado                | 70 - 60                              |
| Pepino          | Sulco fechado                | 80 - 70                              |
| Grão (sorgo)    | Sulco fechado                | 70 - 60                              |
| Uva             | Sulco fechado                | 70 - 50                              |
| Alface          | Bacias                       | 80                                   |
| Melão           | Sulco fechado                | 80 - 70                              |
| Cebola          | Sulco fechado                | 80 - 75                              |
| Frutas de pomar | Sulco fechado                | 70 - 50                              |
| Pastagens       | Faixas                       | 40 - 30                              |
| Amendoim        | Sulco fechado                | 80                                   |
| Ervilha         | Sulco fechado                | 80 - 70                              |
| Batata          | Sulco fechado                | 80                                   |
| Soja            | Sulco fechado                | 80                                   |
| Morango         | Sulco fechado                | 80 - 75                              |
| Batata-doce     | Sulco fechado                | 80 - 75                              |
| Fumo            | Sulco fechado                | 70                                   |
| Tomate          | Sulco fechado                | 80 - 70                              |

TABELA 4. Profundidade de raízes e teores recomendados de utilização de umidade disponível antes do início da irrigação.

| Cultura                   | Profundidade efetiva em metros (Pr) | Irrigação necessária quando a seguinte percentagem da água for consumida (Ci) |
|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Alfafa                    | 1,20-1,80                           | 50%                                                                           |
| Feijão                    | 0,60                                | 30%                                                                           |
| Beterraba                 | 0,60-0,90                           | 40% - 50%                                                                     |
| Repolho                   | 0,60                                | 30%                                                                           |
| Cenoura                   | 0,45-0,60                           | 35% - 50%                                                                     |
| Milho                     | 0,60-1,20                           | 30%                                                                           |
| Algodão                   | 0,90-1,20                           | 50%                                                                           |
| Pepino                    | 0,45-0,60                           | 30%                                                                           |
| Grão<br>(incluindo sorgo) | 0,60-0,75                           | 50%                                                                           |
| Uva                       | 0,90-1,50                           | 50%                                                                           |
| Alface                    | 0,30                                | 30%                                                                           |
| Melão                     | 0,60-0,75                           | 30%                                                                           |
| Cebola                    | 0,30-0,45                           | 30%                                                                           |
| Frutas de pomar           | 0,90-1,80                           | 50%                                                                           |
| Pastagem                  | 0,45-0,75                           | 50%                                                                           |
| Amendoim                  | 0,45                                | 30% - 35%                                                                     |
| Ervilha                   | 0,60-0,75                           | 30% - 35%                                                                     |
| Batata                    | 0,60                                | 30% - 35%                                                                     |
| Soja                      | 0,60                                | 30% - 40%                                                                     |
| Morango                   | 0,30-0,45                           | 30%                                                                           |
| Batata-doce               | 0,75-0,90                           | 30%                                                                           |
| Fumo                      | 0,75                                | 50%                                                                           |
| Tomate                    | 0,30-0,60                           | 30% - 40%                                                                     |



As frequências de irrigação e as lâminas líquida e bruta a aplicar, em cada combinação solo-cultura, foram calculadas a partir das características físico-hídricas (dos solos), (Choudhury & Millar 1979) agrônômicas (das culturas) e climáticas (do ambiente) com base nas seguintes equações:

$$L_1 = \frac{CC - PM}{100} \times Da \times Pr \times Ci \text{ (Equação 7)}$$

$$L_r = L_1 / Ea \text{ (Equação 8)}$$

$$F_r = L_1 / ETA \text{ (Equação 9)}$$

$L_1$  = Lâmina líquida de reposição (cm)

$L_r$  = Lâmina bruta a aplicar (cm)

$F_r$  = Frequência de irrigação (dia)

CC = Capacidade de campo (%) em peso

PM = Ponto de murcha (%)

Da = Densidade aparente do solo ( $\text{g/cm}^3$ )

Pr = Profundidade efetiva das raízes

(Tabela 4) (cm)

Ea = Eficiência de aplicação

(Tabela 4) (fração decimal)

Ci = Critério de irrigação

(Tabela 3) (fração decimal)

$$ETA = \alpha \times Kc \times \bar{E}_t = K'c \cdot \bar{E}_t$$

(Tabelas 5, 6 e 7) ( $\text{cm dia}^{-1}$ ).

## RESULTADOS

Nas Tabelas 5, 6 e 7 são apresentados os coeficientes de cultivo corrigidos para os diversos estágios de crescimento das culturas.



TABELA 6. Coeficientes generalizados corrigidos,  $K'_c$ , para estimar ETA.

| Cultura                                                                                                                                                  | $K_c$ média com<br>cobertura<br>total | $K_c$ média<br>para todo o<br>ciclo |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Culturas extensivas e oleaginosas como feijão, mamona, milho, algodão, linho (fibra), amendoim, batata, açafrão, soja, sorgo, beterraba, tomate e trigo. | 0,60                                  | 0,47                                |
| Citros                                                                                                                                                   | 0,39                                  | 0,39                                |
| Frutas caducifólias (pêsseso, ameixa e noz)                                                                                                              | 0,49                                  | 0,36                                |
| Frutas caducifólias, invasoras                                                                                                                           | 0,65                                  | 0,52                                |
| Uva                                                                                                                                                      | 0,39                                  | 0,31                                |
| Alfafa                                                                                                                                                   | 0,70                                  | 0,52                                |
| Gramma                                                                                                                                                   | 0,52                                  | 0,52                                |
| Trevo                                                                                                                                                    | 0,60                                  | 0,52                                |
| Adubo verde                                                                                                                                              | 0,57                                  | 0,59                                |
| Cana-de-açúcar                                                                                                                                           | 0,65                                  | 0,52                                |
| Hortaliças                                                                                                                                               | 0,60                                  | 0,44                                |

TABELA 7. Coeficientes corrigidos da cultura,  $K_c'$  para culturas extensivas e hortaliças.

| Cultura                 | Meio-ciclo | Na colheita |
|-------------------------|------------|-------------|
| Cevada                  | 0,60       | 0,10        |
| Feijão                  | 0,60       | 0,13        |
| Cenoura                 | 0,57       | 0,42        |
| Mamona                  | 0,60       | 0,26        |
| Milho                   | 0,60       | 0,31        |
| Algodão                 | 0,62       | 0,34        |
| Crucíferas (couve, etc) | 0,55       | 0,47        |
| Beringela               | 0,55       | 0,44        |
| Linho                   | 0,57       | 0,10        |
| Alface                  | 0,52       | 0,47        |
| Melão                   | 0,52       | 0,39        |
| Milheto                 | 0,57       | 0,39        |
| Aveia                   | 0,60       | 0,10        |
| Cebola                  | 0,55       | 0,42        |
| Amendoim                | 0,55       | 0,31        |
| Ervilha                 | 0,60       | 0,57        |
| Pimentão                | 0,55       | 0,44        |
| Batata                  | 0,60       | 0,39        |
| Rabanete                | 0,44       | 0,42        |
| Açafrão                 | 0,60       | 0,10        |
| Sorgo                   | 0,57       | 0,29        |
| Soja                    | 0,57       | 0,23        |
| Espinafre               | 0,52       | 0,49        |
| Abóbora                 | 0,49       | 0,39        |
| Beterraba               | 0,60       | 0,31-0,52   |
| Girassol                | 0,60       | 0,18        |
| Tomate                  | 0,62       | 0,34        |
| Trigo                   | 0,60       | 0,10        |



As frequências de irrigação, lâminas líquidas de reposição e lâminas reais de aplicação calculadas para as combinações solo-cultura, a partir dos parâmetros edafo-climáticos e agronômicos, com base na metodologia descrita, são apresentados nas Tabelas 8, 9, 10 e 11.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os valores de frequência de irrigação apresentados nas Tabelas 8, 9, 10 e 11 para as diferentes combinações solo-culturas são coincidentes com os resultados de pesquisa realizadas por Choudhury & Millar (1970), para tomateiro industrial, Silva & Millar (1978), para o feijão, e com intervalos de irrigação normalmente utilizados por produtores com altos rendimentos, o que indica que a metodologia proposta permite estimar adequadamente a frequência de irrigação com base em dados edafo-climáticos e agronômicos das culturas.

Com relação às lâminas líquidas de reposição de água, também os resultados das estimativas obtidos com a metodologia proposta coincidem com as determinações realizadas em condições de campo, ao longo do ciclo vegetativo das diferentes culturas nas pesquisas antes mencionadas. No entanto, as lâminas brutas de aplicação não têm sido avaliadas em condições de campo até agora, porque os métodos de irrigação de alta eficiência (sulco fechado, faixas, bacias, etc) não são utilizados atualmente pelos produtores.

As eficiências de aplicação apresentadas na Tabela 3, onde estão inclusas considerações sobre lavagem de saís do perfil, devem ser ajustadas com maior precisão, com base em experimentação mais intensiva que inclua aspectos hidráulicos de aplicação de água, escoamento superficial e aspectos de drenagem e salinidade.

É necessário continuarem-se as pesquisas referentes à profundidade efetiva do sistema radicular de cada cultura, para cada tipo de solo, a relação E Tanque / ET grama, percentagem de água perdida por percolação profunda e necessária para uma boa lavagem dos saís e a definição das características operacionais para a irriga

TABELA 8. Lâminas de água e frequência de irrigação recomendadas para o latossolo, 38  
Unidade 37 AA (Bebedouro).

| Cultura     | Lâmina Líquida<br>de reposição<br>(cm) | $ETA = \bar{E}_t \times Kc$<br>(cm. dia <sup>-1</sup> ) | Frequência<br>(dias) | Lâmina Bruta<br>a aplicar<br>(cm) |
|-------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| Alfafa      | 4,34 - 6,27                            | 0,87 x 0,52                                             | 9,5 - 14             | 7,23 - 10,45                      |
| Feijão      | 2,01                                   | 0,88 x 0,47                                             | 5                    | 2,51                              |
| Beterraba   | 3,02 - 4,39                            | 0,88 x 0,44                                             | 3 - 11               | 2,27 - 5,85                       |
| Repolho     | 2,01                                   | 0,88 x 0,44                                             | 5                    | 2,51                              |
| Cenoura     | 2,01 - 2,69                            | 0,87 x 0,44                                             | 5 - 7                | 2,51 - 3,36                       |
| Milho       | 2,01 - 3,76                            | 0,74 x 0,60                                             | 4,5 - 8,5            | 2,51 - 6,27                       |
| Algodão     | 4,88 - 6,27                            | 0,89 x 0,60                                             | 9 - 12               | 6,97 - 10,45                      |
| Pepino      | 1,51 - 2,01                            | 0,88 x 0,44                                             | 4 - 5                | 1,89 - 2,67                       |
| Grãos       | 3,48 - 4,07                            | 0,74 x 0,47                                             | 10 - 12              | 4,97 - 6,78                       |
| Uva         | 4,88 - 6,27                            | 0,87 x 0,39                                             | 14 - 18              | 6,97 - 12,54                      |
| Alface      | 1,04                                   | 0,87 x 0,44                                             | 3                    | 1,30                              |
| Cebola      | 1,04 - 1,51                            | 0,86 x 0,44                                             | 3 - 4                | 1,30 - 2,01                       |
| Pomar       | 3,36 - 6,27                            | 0,87 x 0,49                                             | 6 - 15               | 4,80 - 12,54                      |
| Pastagem    | 2,52 - 4,07                            | 0,87 x 0,60                                             | 5 - 8                | 6,30 - 13,57                      |
| Amendoim    | 1,51                                   | 0,87 x 0,47                                             | 4                    | 1,89                              |
| Ervilha     | 2,01 - 2,44                            | 0,47 x 0,47                                             | 5 - 6                | 2,51 - 3,49                       |
| Batata      | 2,01                                   | 0,88 x 0,44                                             | 5                    | 2,51                              |
| Soja        | 2,35                                   | 0,88 x 0,47                                             | 6                    | 2,94                              |
| Morango     | 1,04 - 1,51                            | 0,88 x 0,44                                             | 2,5 - 4              | 1,30 - 2,01                       |
| Batata-doce | 2,44 - 2,93                            | 0,88 x 0,44                                             | 6 - 7,5              | 4,07 - 4,88                       |
| Fumo        | 4,07                                   | 0,88 x 0,44                                             | 10,5                 | 5,81                              |
| Tomate      | 1,21 - 2,35                            | 0,88 x 0,44                                             | 3 - 6                | 1,51 - 3,36                       |
| Melão       | 2,01 - 2,44                            | 0,84 x 0,44                                             | 5 - 7                | 2,51 - 3,49                       |

TABELA 9. Lâminas de água e frequência de irrigação recomendadas para o latosso 10, Unidade 37 AB (Bebedouro).

| Cultura     | Lâmina Líquida<br>de reposição<br>(cm) | ETA = $\bar{E} \times Kc$<br>(cm. dia <sup>-1</sup> ) | Frequência<br>(dias) | Lâmina Bruta<br>a aplicar<br>(cm) |
|-------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| Alfafa      | 1,83 - 7,43                            | 0,87 x 0,52                                           | 10,5 - 16,5          | 8,05 - 12,5                       |
| Feijão      | 2,04                                   | 0,88 x 0,47                                           | 5                    | 2,55                              |
| Beterraba   | 3,06 - 4,89                            | 0,88 x 0,44                                           | 3 - 12,5             | 4,07 - 6,5                        |
| Repolho     | 2,04                                   | 0,88 x 0,44                                           | 5,3                  | 2,55                              |
| Cenoura     | 2,04 - 2,71                            | 0,87 x 0,44                                           | 5,3 - 7              | 2,54 - 3,39                       |
| Milho       | 2,04 - 4,48                            | 0,74 x 0,60                                           | 4,5 - 10             | 2,54 - 7,46                       |
| Algodão     | 5,43 - 7,48                            | 0,89 x 0,60                                           | 10 - 14              | 7,76 - 12,46                      |
| Pepino      | 1,53 - 2,04                            | 0,88 x 0,44                                           | 4 - 5,3              | 1,90 - 2,90                       |
| Graos       | 3,39 - 4,53                            | 0,74 x 0,47                                           | 10 - 13              | 4,85 - 7,54                       |
| Uva         | 5,43 - 7,48                            | 0,87 x 0,39                                           | 16 - 22              | 7,76 - 14,95                      |
| Alface      | 1,13                                   | 0,87 x 0,44                                           | 3                    | 1,41                              |
| Cebola      | 1,13 - 1,53                            | 0,86 x 0,44                                           | 3 - 4                | 1,41 - 2,19                       |
| Pomar       | 3,39 - 7,48                            | 0,86 x 0,49                                           | 3 - 17               | 4,85 - 14,95                      |
| Pastagem    | 2,54 - 4,52                            | 0,87 x 0,60                                           | 5 - 9                | 6,36 - 15,09                      |
| Amendoim    | 1,53                                   | 0,87 x 0,47                                           | 4                    | 1,91                              |
| Ervilha     | 2,04 - 2,72                            | 0,87 x 0,47                                           | 5 - 7                | 2,55 - 3,88                       |
| Batata      | 2,04                                   | 0,88 x 0,44                                           | 5,3                  | 2,55                              |
| Soja        | 2,38                                   | 0,88 x 0,47                                           | 5,7                  | 2,98                              |
| Morango     | 1,13 - 1,53                            | 0,88 x 0,47                                           | 2,5 - 4              | 1,40 - 2,04                       |
| Batata-doce | 2,72 - 3,26                            | 0,88 x 0,44                                           | 7 - 3,5              | 3,88 - 5,43                       |
| Fumo        | 4,53                                   | 0,88 x 0,44                                           | 11 - 7               | 6,47                              |
| Tomate      | 1,31 - 2,38                            | 0,88 x 0,44                                           | 3,5 - 6,5            | 1,64 - 3,39                       |
| Melão       | 2,04 - 2,72                            | 0,84 x 0,44                                           | 5,5 - 7,5            | 2,55 - 3,89                       |

TABELA 10. Lâminas de água e frequência de irrigação para o latossolo, Unidade 37 BB (Bebedouro).

| Cultura     | Lâmina Líquida<br>de reposição<br>(cm) | ETA = $\bar{E}_t \times K_c$<br>(cm. dia <sup>-1</sup> ) | Frequência<br>(dia) | Lâmina Bruta de<br>reposição<br>(cm) |
|-------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|
| Alfafa      | 5,09 - 6,33                            | 0,87 x 0,52                                              | 11 - 14             | 8,46 - 10,55                         |
| Feijão      | 2,26                                   | 0,88 x 0,47                                              | 5,5                 | 2,83                                 |
| Beterraba   | 3,39 - 4,58                            | 0,88 x 0,44                                              | 9 - 12              | 4,52 - 6,10                          |
| Repolho     | 2,25                                   | 0,88 x 0,44                                              | 6                   | 2,83                                 |
| Cenoura     | 2,26 - 3,02                            | 0,87 x 0,44                                              | 6 - 8               | 2,83 - 3,78                          |
| Milho       | 2,26 - 3,80                            | 0,74 x 0,60                                              | 5 - 9               | 2,83 - 6,33                          |
| Algodão     | 5,09 - 6,33                            | 0,89 x 0,60                                              | 9,5 - 12            | 7,27 - 10,55                         |
| Pepino      | 1,70 - 2,26                            | 0,88 x 0,44                                              | 4 - 6               | 2,13 - 3,23                          |
| Grãos       | 3,77 - 4,25                            | 0,74 x 0,47                                              | 11 - 12             | 5,39 - 7,08                          |
| Uva         | 5,09 - 6,33                            | 0,87 x 0,39                                              | 15 - 19             | 7,27 - 12,66                         |
| Alface      | 1,24                                   | 0,87 x 0,44                                              | 3                   | 1,55                                 |
| Cebola      | 1,24 - 1,70                            | 0,86 x 0,44                                              | 2 - 4               | 1,55 - 2,27                          |
| Pomar       | 3,77 - 6,33                            | 0,87 x 0,49                                              | 9 - 15              | 5,39 - 12,66                         |
| Pastagem    | 2,83 - 4,25                            | 0,87 x 0,60                                              | 5,5 - 3             | 7,08 - 14,17                         |
| Amendoim    | 1,70                                   | 0,87 x 0,47                                              | 4                   | 2,13                                 |
| Ervilha     | 2,26 - 2,55                            | 0,87 x 0,44                                              | 6 - 7               | 2,83 - 3,64                          |
| Batata      | 2,26                                   | 0,88 x 0,47                                              | 5,5                 | 2,83                                 |
| Soja        | 2,64                                   | 0,88 x 0,47                                              | 6,5                 | 3,30                                 |
| Morango     | 1,24 - 1,70                            | 0,88 x 0,44                                              | 3 - 4               | 1,55 - 2,27                          |
| Batata-doce | 2,55 - 3,06                            | 0,88 x 0,44                                              | 7 - 8               | 3,65 - 5,10                          |
| Fumo        | 4,25                                   | 0,88 x 0,44                                              | 11                  | 6,07                                 |
| Tomate      | 1,45 - 2,64                            | 0,88 x 0,44                                              | 3,5 - 7             | 1,81 - 3,64                          |
| Melão       | 2,26 - 2,55                            | 0,84 x 0,44                                              | 6 - 7               | 2,83 - 3,64                          |



TABELA 11. Lâmina de água e frequência de irrigação recomendadas para os solos alu-  
viais do Vale do São Francisco.

| Cultura     | Lâmina Líquida<br>de reposição<br>(cm) | ETA = $\bar{E}_t \times K_c$<br>(cm. dia <sup>-1</sup> ) | Frequência<br>(cm) | Lâmina Bruta de<br>reposição<br>(cm) |
|-------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|
| Alfafa      | 4,92 - 6,57                            | 0,87 x 0,52                                              | 11 - 14,5          | 8,20 - 10,95                         |
| Feijão      | 1,79                                   | 0,88 x 0,47                                              | 5                  | 2,46                                 |
| Beterraba   | 2,96 - 4,44                            | 0,88 x 0,44                                              | 7,5 - 11,5         | 3,95 - 5,92                          |
| Repolho     | 1,97                                   | 0,88 x 0,44                                              | -                  | 2,46                                 |
| Cenoura     | 1,97 - 2,63                            | 0,87 x 0,44                                              | 5 - 7              | 2,46 - 3,29                          |
| Milho       | 1,97 - 3,94                            | 0,74 x 0,60                                              | 4,5 - 9            | 2,46 - 6,57                          |
| Algodão     | 4,93 - 6,57                            | 0,89 x 0,60                                              | 9 - 12             | 7,04 - 10,95                         |
| Pepino      | 1,48 - 1,97                            | 0,88 x 0,44                                              | 4 - 5              | 1,85 - 2,81                          |
| Graos       | 3,23 - 4,10                            | 0,73 x 0,47                                              | 9 - 12             | 4,61 - 6,83                          |
| Uva         | 4,93 - 5,57                            | 0,87 x 0,39                                              | 14,5 - 19          | 7,04 - 13,14                         |
| Alface      | 0,99                                   | 0,87 x 0,44                                              | 2,5                | 1,24                                 |
| Cebola      | 0,99 - 1,48                            | 0,86 x 0,44                                              | 2,5 - 4            | 1,24 - 1,97                          |
| Pomar       | 3,23 - 6,57                            | 0,87 x 0,49                                              | 7,5 - 15,5         | 4,60 - 13,14                         |
| Pastagem    | 2,46 - 4,10                            | 0,87 x 0,60                                              | 5 - 9,5            | 6,15 - 13,67                         |
| Amendoim    | 1,48                                   | 0,87 x 0,47                                              | 3,5                | 1,85                                 |
| Ervilha     | 1,97 - 2,46                            | 0,87 x 0,47                                              | 5 - 6              | 2,46 - 3,07                          |
| Batata      | 1,97                                   | 0,88 x 0,44                                              | 5                  | 2,46                                 |
| Soja        | 2,30                                   | 0,88 x 0,47                                              | 5,5                | 2,90                                 |
| Morango     | 0,99 - 1,48                            | 0,88 x 0,44                                              | 2,5 - 4            | 1,24 - 1,97                          |
| Batata-doce | 2,46 - 2,96                            | 0,88 x 0,44                                              | 6 - 7,5            | 3,51 - 4,93                          |
| Fumo        | 4,10                                   | 0,88 x 0,44                                              | 10,5               | 5,86                                 |
| Tomate      | 1,15 - 2,30                            | 0,88 x 0,44                                              | 3 - 6              | 1,44 - 3,29                          |
| Melão       | 1,95 - 2,46                            | 0,88 x 0,44                                              | 5 - 6,5            | 2,46 - 3,51                          |



ção com sulcos fechados. O excesso de água que efetua a lixiviação de sais deve ser drenado para que tal lixiviação seja benéfica. Ou, então, deve-se definir critérios de manejo que ilimmem o problema.

### REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, O.P. de & ARAUJO, J.P. de. Relações entre a evapotranspiração potencial da alfafa (*Medicago sativa*) e grama (*Sphenotaphrum secundatum*) com tanques classe-A sob diferentes exposições. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 3., Fortaleza, CE, 1975. **Anais.** Fortaleza, CE., DNOCS-ABID, 1975.v.3,p.92-5.
- CAMPBELL, R.B.; CHANG, J. & COX, D.C. Evapotranspiration of sugar cane in Hawaii as measured by in-field lysimeters in relation to climate. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 10., Hawaii, 1959. **Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists.** Amsterdam, Elsevier, 1960. p.637-49.
- CHOUDHURY, E.N. & MILLAR, A.A. **Características físico-hídricas de tres solos latossolos irrigados do Projeto Bebedouro.** Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, 1979. 13p.
- \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; CHOUDHURY, M.M. & ABREU, T.A. dos S. **Efeito de diferentes níveis de irrigação na produção do tomate industrial.** Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, s.d. 22p.
- DOORENBOS, J. & PRUITT, W.O. **Crop water requirements.** Rome, FAO, 1975. 179p. il. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24)
- FUCHS, M. & STANHILL, G. The use of class A pan evaporation data to estimate the irrigation water requirements of the cotton crop. **Israel J.Agr. Res.** 13(2):63-78, 1963.
- GUROVICH, L. **Metodologia de delimitación de uso e consumo para dados agroclimáticos restringidos, en relación a la tesa de riego.** s.l., Universidad Católica de Chile, 1978. 88p.

- HARGREAVES, G.H. **Manual de requerimento de água para culturas irrigadas e agricultura seca.** Trad. Ricardo Brito. Logan, Utah State University, 1975. 41p.
- HOUNAM, C.E. **Comparison between pan and lake evaporation; report on lake evaporation of the Commission of Hydrology.** Geneva, W.M.O., 1973.
- JENSEN, M.E. **Consumptive use of water and irrigation water requirements.** New York, American Society of Civil Engineers, 1973. 215p. il.
- LINACRE, E.T. & TILL, M.R. Irrigation timing and amounts. **The Journal of Australian Institute of Agricultural Science**, 35(3):175-96, 1969.
- MILLAR, A.A. **Programa de pesquisas prioritárias em tecnologia de irrigação para o Nordeste.** s.l., IICA-OEA - - Escritório no Brasil, 1978. 39p. (Conferência pronunciada no Encontro sobre Escoamento em Meios Porosos, realizado em Rio Claro, SP., 1978)
- \_\_\_\_\_.; CHOUDHURY, E.N. & ABREU, T.A. dos S. **Determinação da evapotranspiração em tomate industrial através do balanço completo de água sob diferentes regimes de irrigação.** Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, 1978. 20p.
- PENMAN, H.L. The dependence of transpiration on weather and soil conditions. **Journal of Soil Science**, 1:74-89, 1949-50
- PRUITT, W.O. Empirical method of estimating evapotranspiration using primarily evaporation pans. **Proc. Conf. on Evapotranspiration Amer. Soc. Agr. Eng.** 57:61, 1966.
- \_\_\_\_\_. & JENSEN, M.C. Determining when to irrigate. **Agricultural Engineering** 36:(6):389-93, 1955.
- SILVA, M.A. & MILLAR, A.A. Evapotranspiração do feijão-de-corda (*Vigna Unguiculata* (L.) Walp). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Manaus, AM., 1979. **Resumos.** Manaus, AM., Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1979. p.8.

- STANHILL, G. A comparison of methods of calculating potential evapotranspiration from climatic data; the control of field irrigation practice from measurements of evaporation. **Israel J. Agr. Res.** 11:159-71. 1961-2.
- THOMPSON, G.D.; PEARSON, C.H. & CLESSBY, T.G. The estimation of the water requirements in sugar cane in Natal. **Proc. South African Sugar Tech. Assoc.**, 1-8, 1963.