

MARCIA PEREIRA DA SILVA

ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA
COMPUTACIONAL PARA
DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE
HIDRICA DA CULTURA DO MELAO
(*Cucumis melo* L.)

Orientador: Francisco das Chagas Nogueira

Monografia apresentada à Escola Superior
de Agricultura de Mossoró para obtenção
do título de Engenheiro Agrônomo.

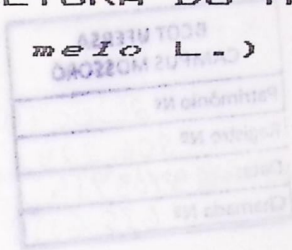
MOSSORÓ

R.G. DO NORTE

MARÇO DE 1994

MARCIA PEREIRA DA SILVA

ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA
COMPUTACIONAL PARA
DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE
HIDRICA DA CULTURA DO MELÃO
(*Cucumis melo* L.)



Orientador: Francisco das Chagas Nogueira

 Cuide bem deste livro,
ele é fundamental para seu conhecimento

Monografia apresentada à Escola Superior
de Agricultura de Mossoró para obtenção
do título de Engenheiro Agrônomo.

MOSSORÓ

R.G. DO NORTE

MARÇO DE 1994

 Cuide bem deste livro,
ele é fundamental para o seu conhecimento

BCOT UFERSA	
CAMPUS MOSSORÓ	
Patrimônio Nº	2030076028
Registro Nº	106.229
Data:	19/09/15
Chamada Nº	635.611

UFERSA
BIBLIOTECA ORLANDO TEIXEIRA

Registro: 26229 CDD: 635.311

Data: 04 / 06 / 08

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca "Orlando Teixeira" da Escola Superior de Agricultura de Mossoró.

Silva, Márcia Pereira da.

S586e

Elaboração de um sistema computacional para determinação da necessidade hídrica da cultura do melão (*Cucumis melo* L.). / Márcia Pereira da Silva. -- Mossoró - RN: ESAM, 1994.

54p.

1. Melão - Cultura
2. Melão - Irrigação
3. Necessidade Hídrica - Informatização

CDD. 635.611

MARCIA PEREIRA DA SILVA

ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA
COMPUTACIONAL PARA
DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE
HIDRICA DA CULTURA DO MELÃO
(*Cucumis melo L.*)

Orientador: Francisco das Chagas Nogueira



Monografia apresentada à Escola Superior
de Agricultura de Mossoró para obtenção
do título de Engenheiro Agrônomo.

APROVADA EM: 15 / 03 / 94

Francisco Xavier de O. Filho
Prof. - ESAM
Co - Orientador

José Francismar de Medeiros
Eng. Agr. - ESAM
Membro

Francisco das Chagas Nogueira
Prof. - ESAM
Orientador

AGRADECIMENTOS

A

A Deus, pelo dom da vida, e pela graça da fé.

Aos Professores Francisco dos Santos Aguiar, José Carlos
Lacerda, de Oliveira Lima, e José Carlos de
Oliveira Lima, pela orientação e disponibilidade para a realização deste trabalho.

Aos Professores do Curso de Graduação em Engenharia
de Arquitetura, pelos ensinamentos e colaborações.

Aos Colegas pela assistência e convivência agradável durante o
curso de graduação.

A Todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a
realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS Aos

Meus pais João Pedro e Ozana,
aos meus irmãos Anacele,
Jorgivam, Neurivam e Pedro
Neto, e aos meus sobrinhos,

Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pois sem ele nada pode o homem.

Aos Professores Francisco das Chagas Nogueira e Francisco Xavier de Oliveira Filho, pelo apoio e orientação indispensáveis para a realização deste trabalho.

Aos Professores do Curso de Graduação em Engenharia Agrônômica, pelos ensinamentos e companherismo.

Aos Colegas pela cooperação e convívio amigável durante o curso de graduação.

A Todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o êxito deste trabalho.

Agradecimento Especial

A Lyssandro Bellargus, pelo companherismo, carinho, confiança e incentivo em todos os momentos.

DADOS BIOGRAFICOS DA AUTORA

MARCIA PEREIRA DA SILVA, nasceu no dia 14 de fevereiro de 1971, na cidade de Mossoró-RN, filha de João Pedro da Silva e Ozana Pereira da Silva.

Iniciou seus estudos em 1974 no Ginásio Sagrado Coração de Maria. Em 1977 iniciou o curso primário no Colégio Diocesano Santa Luzia de onde saiu apenas no ano de 1987, concluindo os estudos de 2º grau. Iniciou o Curso de Engenharia Agrônômica em 1988, chegando a sua conclusão no ano de 1994.

SUMARIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	04
2.1. Considerações gerais	04
2.2. Evapotranspiração	05
2.3. Utilização do tanque classe A na determina- ção da evapotranspiração	09
2.3.1. Evapotranspiração de referência	10
2.3.2. Evapotranspiração máxima	12
2.3.3. Evapotranspiração máxima corrigida para irrigação localizada.....	13
2.4. Necessidade de irrigação	16
2.4.1. Necessidade líquida de irrigação	16
2.4.1. a) Precipitação efetiva	16
2.4.1. b) Contribuição do lençol freático	18
2.4.1. c) Variação da umidade do solo	18
2.4.2. Necessidade total de irrigação	20
2.4.2. a) Perdas por percolação profunda	20
2.4.2. b) Requerimento de lixiviação	22
2.4.2. c) Coeficiente de uniformidade	24

2.5. Capacidade de armazenamento do solo	25
2.6. Volume de água armazenado no solo	28
2.7. Tempo de irrigação	29
3. MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1. Elaboração do sistema	30
3.2. Determinações a serem realizadas durante o uso do sistema	31
3.2.1. Evapotranspiração	31
3.2.2. Necessidade de irrigação	32
3.2.3. Capacidade de armazenamento do solo ...	33
3.2.4. Tempo de irrigação	33
3.2.5. Outras determinações	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1. Sistema computacional "Softmel"	35
4.2. Vantagens do sistema computacional "Softmel" .	38
4.3. Desvantagens do sistema computacional "Soft- mel"	39
4.4. Comparação entre o sistema computacional "Soft- mel" e outro sistema	41
4.5. Sugestões para posteriores trabalhos	43
5. CONCLUSÕES	46

6. RESUMO	47
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
APÊNDICE	53



ix

EXTRATO

SILVA, M. P. da. Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Abril de 1974. Elaboração de um sistema computacional para determinação da necessidade hídrica da cultura do melão (*Cucumis melo* L.). Orientador: Francisco das Chagas Nogueira. Co-Orientador: Francisco Xavier de Oliveira Filho. Conselheiro: José Francismar de Medeiros.

A determinação rápida e precisa do quanto irrigar, proporcionando o correto manejo da irrigação, são aspectos de grande importância, principalmente em culturas anuais nas quais o ciclo se completa rapidamente. Para isso, desenvolveu-se o sistema computacional "Softmel", implementado na linguagem de programação GWBASIC, que determina a necessidade hídrica da cultura do melão, na forma de lâmina ou volume, a partir de informações sobre o clima, solo, água, cultura, sistema de irrigação, coeficiente de tanque e percentagem de solo molhado. O sistema é documentado de modo a fornecer ao usuário orientações acerca da sua execução e seleção dos dados. Há opções para gravar os resultados em arquivo, permitindo a análise do volume de água aplicado em determinado período ou no ciclo total da

1 - INTRODUÇÃO

A cultura do melão (*Cucumis melo* L.) vem se expandindo nos últimos anos na Região Nordeste do Brasil e, em especial, no Estado do Rio Grande do Norte, onde apresenta um enorme potencial de competitividade nos mercados interno e externo, com boa vantagem.

O Estado do Rio Grande do Norte possui, segundo estimativas de sua Associação dos Produtores e Exportadores de Frutas Tropicais do Nordeste (PROFRUTAS), uma área plantada e produtividade de aproximadamente 7000 ha e 40 t.ha⁻¹, respectivamente.

Esta cultura, para ser exportada, exige a máxima qualidade comercial. Dessa forma, é explorada utilizando-se tecnologia moderna, assistência técnica especializada e altos níveis de insumos. Para obtenção dessa máxima qualidade, o clima é um fator fundamental. A cultura do melão exige altas temperaturas e baixa umidade do ar para produzir frutos com maior teor de açúcares, mais consistente e de maior durabilidade (FILGUEIRA, 1981). Isto coloca o Estado do Rio Grande do Norte em condições excelentes para o seu cultivo,

por apresentar condições favoráveis à cultura.

Porém, devido as características pluviométricas do Estado, o cultivo do melão se dá exclusivamente com auxílio de irrigação, já que a cultura é sensível ao déficit hídrico. A irrigação localizada é, hoje, a mais usada entre os produtores do estado pois permite maior eficiência no uso da água, maior produtividade, maior eficiência dos insumos e melhor qualidade dos frutos.

Na irrigação localizada, o sistema por gotejamento é o que mais se ajusta as nossas condições, produz resultados mais favoráveis no que diz respeito à economia de água, tamanho dos frutos, número de frutos colhidos por unidade de área e produção total (ABREU *et al.*, 1978).

A utilização eficiente da água está se tornando cada vez mais importante, face à escassez de recursos hídricos e à elevação do custo de insumos, fazendo-se necessário a utilização de uma metodologia apropriada para administração da irrigação (MOREIRA, 1993). Por isso, torna-se importante a combinação correta dos diversos fatores que possibilitam a determinação da quantidade de água a ser aplicada a cada dia na cultura. Essa combinação é, de certa forma, muito complexa e exige rapidez e precisão, tornando imprescindível a automatização do cálculo.

No entanto, observa-se a inexistência de trabalhos relacionados a informatização nos cálculos do

volume de água diário para a cultura do melão.

Levando-se em consideração o exposto, o objetivo deste trabalho é elaborar um sistema computacional para determinação das necessidades hídricas da cultura do melão, obtendo, com rapidez e precisão, o volume de água diário, facilitando o monitoramento adequado da irrigação para o técnico.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Considerações gerais

A quantidade de água necessária à planta só depende, teoricamente, do clima e da espécie vegetal. Porém, ao se aplicar água às culturas, tem-se que levar em consideração a natureza do solo, o método de irrigação, o preparo do terreno e a habilidade do agricultor no manejo da água (DAKER, 1988).

Na cultura do melão, as irrigações devem colocar o teor de umidade do solo na capacidade de campo ou próximo a ela, até a fase de início da maturação. Na colheita, o suprimento de água deve ser apenas o suficiente para a planta não murchar (DUSI, 1992).

Dessa forma, a irrigação irá suprir de água o sistema solo-planta, satisfazendo a demanda, como recomenda BERNARDO (1989).

Para condições de irrigação localizada, a determinação da quantidade de água a ser aplicada é, consideravelmente, diferente dos métodos tradicionais de irrigação, visto que somente parte do solo será molhado. O

consumo de água pela cultura irá depender, então, de vários fatores, principalmente, os relacionados com a disponibilidade de água no solo e ação evaporante da atmosfera (OLITTA, 1984).

Esses fatores, muitos dos quais atualizados diariamente, apresentam grande diversidade e a determinação do consumo de água pela cultura torna-se bastante complexa. Por isso, o cálculo diário demanda tempo e profundo conhecimento teórico sobre irrigação localizada por parte do operador, podendo, mesmo assim, ocorrer erros que prejudicariam o desenvolvimento da cultura.

Verifica-se, assim, a necessidade de se buscar um mecanismo que manipule os dados corretamente, sem erros, que defina o quanto irrigar sem riscos de excessos ou déficit.

A informatização dos cálculos permite manipular, atualizar e/ou alterar, fácil e rapidamente, todas as variáveis de importância para o ideal manejo da irrigação.

2.2. Evapotranspiração

A evapotranspiração constitui a água total perdida pelo sistema solo-planta, por isso é essencial sua determinação para que seja repostado ao solo a água consumida, via irrigação. Os fatores climáticos que exercem influência neste processo são, principalmente, a radiação solar, a luminosidade, a temperatura, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento (MARQUELLI et al., 1986).

Para a determinação da evapotranspiração são usados diferentes métodos. Segundo BERNARDO (1989), esses métodos podem ser divididos em: diretos (lisímetros, parcelas experimentais de campo, controle da umidade do solo e o método da entrada-saída) e indiretos (evaporímetros e equações).

Apesar de numerosos, nenhum método, acima citado, parece desfrutar de uma preferência absoluta. Na maioria das vezes, a indisponibilidade de parâmetros específicos, limita o emprego daqueles mais precisos e favorece aqueles mais simples. Por isso a escolha do método requer intensiva revisão e criteriosa análise, baseada em determinações de campo (SAAD & SCALOPPI, 1988).

Basicamente pode-se definir três tipos de evapotranspiração, a de referência, a atual e a máxima. A evapotranspiração de referência é definida como a evapotranspiração que ocorre em uma superfície vegetada com grama batatais (*Paspalum notatum*), bem provida de umidade, em fase de desenvolvimento vegetativo e com bordadura adequada. A evapotranspiração atual, considera a demanda de água de uma cultura com ou sem restrições de umidade, em qualquer estágio de desenvolvimento. A evapotranspiração máxima, refere-se a perda de água por uma cultura em condições ótimas de umidade em qualquer estágio de desenvolvimento (AMORIM NETO, 1989).

A determinação da evapotranspiração de referência, através de medições diretas, em condições reais

é dificultado, tornando os métodos indiretos largamente utilizados, por possibilitarem resultados satisfatórios (MARQUELLI et al., 1986).

Os métodos indiretos mais usados, devido a facilidade de seus empregos, são o de Blaney-Criddle, o de Penman, o da Radiação Solar e o do Tanque Classe A (VERMEIREN & JOBLING, 1986).

O método de Blaney-Criddle foi desenvolvido, relacionando os valores reais da evapotranspiração mensal com o produto da temperatura média mensal pela percentagem das horas anuais de luz solar. Como esse método foi desenvolvido para o cálculo da evapotranspiração mensal, ele não deve ser usado para o cálculo da evapotranspiração diária, pois, neste caso, seria impreciso (BERNARDO, 1989).

O método de Penman combina o balanço de energia radiante com princípios aerodinâmicos e é sugerido para áreas que possuem dados de temperatura, umidade, vento e insolação ou radiação (DOORENBOS & PRUITT, 1977). Esse método é bastante preciso para avaliar a evapotranspiração, todavia necessita de dados meteorológicos que, normalmente não são fornecidos por estações meteorológicas comuns (KLAR, 1991).

O método da radiação, é sugerido para regiões onde se tem disponível dados de temperatura e duração do dia, nebulosidade ou radiação solar, mas não se dispõe de dados de umidade e vento. Exceto para zona equatorial, as condições climáticas, para um mês ou períodos curtos, variam de ano

para ano e, conseqüentemente, a evapotranspiração de referência varia (DOORENBOS & PRUITT, 1977).

O método do Tanque Classe A, estima a evapotranspiração a partir da evaporação de um evaporímetro, cuja utilização é prática rotineira nos Estados Unidos da América e até mesmo a Organização Meteorológica Mundial, que habilita o Tanque Classe A como método padrão de estimativa da evapotranspiração de referência e atual (VILA NOVA & OMETTO, 1975).

Os dados necessários, nesse método, são a evaporação no tanque, os valores da umidade relativa do ar, a velocidade do vento, e a posição do tanque em relação a uma bordadura gramada ou não (DOORENBOS & PRUITT, 1977).

O tanque consiste em um reservatório circular de aço galvanizado ou inoxidável, com as dimensões de 1,20m de diâmetro interno e 25cm de profundidade. Ele deve ser instalado sobre um estrado de madeira de 15cm de altura, no centro de uma área coberta com vegetação rasteira ou solo nu de, no mínimo, 400m² e cheio com água até 5cm de borda superior (Figura 1). A evaporação é medida com um micrômetro de gancho no interior de um poço tranquilizador colocado dentro do tanque ou com régua colocada em posição inclinada, ou ainda, com uso de mangueira transparente e escala conectada à parede lateral do tanque.

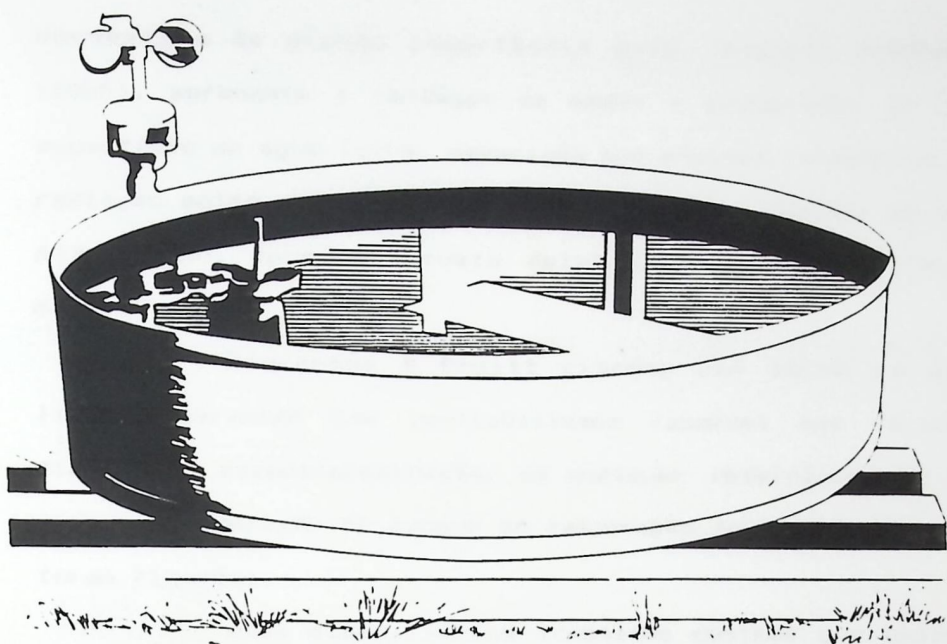


FIGURA 1. Evaporímetro tipo tanque classe A

As medidas são feitas sempre em um mesmo horário. A oscilação do nível da água não deve ultrapassar 2,5cm. A diferença entre duas leituras consecutivas indica a evaporação em um período considerado.

Deve-se ter cuidado especial para que os animais não utilizem a água do tanque, pois isso implicaria um erro muito grande nas leituras (MOREIRA, 1993)

2.3. Utilização do Tanque Classe A na determinação da evapotranspiração

A utilização do Tanque Classe A na região

Nordeste é de grande importância pois, segundo BERNARDO (1989), apresenta a vantagem de medir a evaporação de uma superfície de água livre, associada aos efeitos integrados da radiação solar, do vento, da temperatura e da umidade do ar. Além disso, apresenta custo relativamente baixo e fácil manejo.

Doorenbos & Pruitt citados por SILVA *et al.*, (1981), garantem uma confiabilidade razoável nos valores diários da evapotranspiração, em qualquer localidade, se as normas de operação do tanque de evaporação forem seguidas de forma rigorosa.

Além disso, vários trabalhos mostram que existe acentuada correlação entre o consumo máximo de água pela grama batatais (*Paspalum notatum*), ou evapotranspiração de referência e a evaporação de uma superfície líquida exposta (DAKER, 1988).

2.3.1. Evapotranspiração de referência

A evapotranspiração de referência, estimada em função do tanque classe A, é expressa por:

$$ET_o = ECA \times K_p \quad (1)$$

onde:

ET_o = Evapotranspiração de referência, em mm.dia^{-1} ;

ECA = Evaporação do tanque classe A, em mm.dia^{-1} ;

K_p = Coeficiente de tanque.

Para obtenção do coeficiente de tanque, tem-se que levar em consideração a distância do centro do tanque ao limite da bordadura (grama ou solo nu), a umidade relativa do ar e a velocidade do vento (DAKER, 1988).

Os valores do coeficiente de tanque devem ser determinados para cada região, contudo na falta destes dados, pode-se utilizar a Tabela 1, organizada pela F.A.O., que fornece esse valores.

TABELA 1 - Coeficiente de tanque (K_p) para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o).

Exposição do tanque		Circundado por grama			Circundado por solo nu		
URZ (média)		Baixa < 40	Média 40-70	Alta > 70	Baixa < 40	Média 40-70	Alta > 70
Vento ($m.s^{-1}$)	R (m)				R (m)		
Leve < 2	0	0,55	0,65	0,75	0	0,70	0,80
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70
	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,50	0,60
Moderado 2 - 5	0	0,50	0,60	0,65	0	0,65	0,75
	10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65
	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60
	1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55
Forte 5 - 8	0	0,45	0,50	0,60	0	0,60	0,65
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55
	100	0,60	0,65	0,75	100	0,45	0,50
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45
Muito Forte > 8	0	0,40	0,45	0,50	0	0,50	0,60
	10	0,45	0,55	0,60	10	0,45	0,50
	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45
	1000	0,55	0,60	0,65	1000	0,35	0,40

Fonte: DOORENBOS & PRUITT (1977)

Por R entende-se a menor distância (m), do centro do tanque ao limite da bordadura (grama ou solo nu).

2.3.2. Evapotranspiração máxima

A evapotranspiração máxima varia de acordo com o estágio de crescimento da cultura e as condições de solo e clima. Desse modo, para um caso específico, há necessidade de conhecê-la, tanto para o planejamento adequado de obras de irrigação, como para operação de grandes projetos, objetivando aumentar a eficiência de aplicação de água a nível de parcela (SILVA & MILLAR, 1981).

DOORENBOS & KASSAM (1979) sugerem o uso de coeficientes de cultivo, determinado empiricamente para relacionar evapotranspiração de referência com a evapotranspiração máxima, quando a aplicação de água atende as necessidades do cultivo.

A evapotranspiração máxima pode ser estimada a partir da evapotranspiração de referência por meio da expressão:

$$ET_m = ET_o \times K_c \quad (2)$$

onde:

ET_m = Evapotranspiração máxima, em mm.dia^{-1} ;

ET_o = Evapotranspiração de referência, em mm.dia^{-1} ;

K_c = Coeficiente de cultivo da cultura.

Os valores de K_c , obtidos experimentalmente, incorporam os efeitos dos estágios de crescimento da cultura,

densidade de plantio, regime de irrigação e outros fatores que afetam a evapotranspiração (SAAD & SCALOPPI, 1988).

MARQUELLI (1986) e DUSI (1992), sugerem os valores do coeficiente de cultivo do melão, para os estágios de germinação (do plantio até 10% do desenvolvimento vegetativo), desenvolvimento vegetativo (desde o final da fase de germinação até 70 a 80% do desenvolvimento vegetativo), frutificação (desde o final do desenvolvimento vegetativo ao início da maturação) e maturação e colheita (desde o final da frutificação até a colheita), os valores de 0,5 , 0,8 , 1,05 e 0,75 , respectivamente.

Segundo PEDROSA (Informe pessoal) os comprimentos para os diferentes estágios são: 10, 20, 15 e 45 dias respectivamente, para a fase de germinação, desenvolvimento vegetativo, frutificação e de maturação e colheita.

2.3.3. Evapotranspiração máxima corrigida para a irrigação localizada

A irrigação localizada difere dos métodos tradicionais de irrigação por aplicar água apenas na região junto à raízes, sob a copa das plantas, tornando as perdas por evaporação praticamente nulas. As quantidades de água, determinadas pelos métodos tradicionais de irrigação, incluem estas perdas. Deve-se, então, para calcular as necessidades de água na irrigação localizada, aplicar, a essas quantidades, um coeficiente de redução (ABREU et al., 1989).

A determinação do coeficiente de redução (K_r), segundo esse mesmo autor, pode ser feita através de fórmulas que relacionam o K_r a um fator de cobertura do solo (C_s), que expressa a fração do solo realmente coberta pela folhagem da planta.

Esse fator de cobertura do solo, assume grande importância quando se trabalha com irrigação localizada, devido ser este um valor de ajuste entre os métodos convencionais de estimativa de evapotranspiração. É, também importante a determinação desse recobrimento, pois facilita o planejamento da utilização dos equipamentos empregados quando se procede o tratamento fitossanitário (BEDUM *et al.*, 1993).

O fator de cobertura do solo é determinado através de medidas do comprimento dos ramos, transversalmente a linha de plantas, sendo utilizado sempre as mesmas plantas para cálculo, e estas devem ser representativas da área, obtendo uma média e dividindo esta pelo espaçamento entre linhas, chegando ao fator de cobertura do solo (LEMOS FILHO & BEDUM, 1993).

Deve-se considerar um aumento progressivo no valor do C_s , de acordo com o desenvolvimento vegetativo da cultura com a idade, até atingir o valor máximo da cultura adulta (OLITTA, 1984).

Os valores do fator de cobertura do solo para a cultura do melão, adaptados de ABREU *et al.* (1978), em

função do número de dias é apresentado na Tabela 2.

TABELA 2 - Valores do fator de cobertura do solo para a cultura do melão em função do número de dias.

Período em dias	;	00-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	> 60
Fator de cobertura	;	0,038	0,08	0,13	0,38	0,55	0,84	1,0

De acordo com Keller, citado por ABREU et al. (1989) o coeficiente de redução pode ser calculado pela seguinte equação:

$$K_r = C_s + 0,15 \times (1,0 - C_s) \quad (3)$$

onde:

K_r = Coeficiente de redução;

C_s = Fator de cobertura do solo.

A evapotranspiração máxima corrigida para irrigação localizada será calculada pela equação sugerida por Keller citado por ABREU et al. (1989):

$$ET'm = ET_m \times K_r \quad (4)$$

onde:

$ET'm$ = Evapotranspiração máxima corrigida para a irrigação localizada, em mm.dia^{-1} ;

ET_m = Evapotranspiração máxima, em mm.dia^{-1} ;

K_r = Coeficiente de redução.

2.4. Necessidade de irrigação

2.4.1. Necessidade líquida de irrigação

A necessidade líquida de irrigação equivale a lâmina de água de irrigação necessária para se obter uma produção normal para a cultura, exceto as perdas e o acréscimo de outros fatores: precipitação efetiva, contribuição do lençol freático e a variação da umidade do solo (VERMEIREN & JOBLING, 1986).

Segundo ABREU *et al.* (1989), a necessidade líquida de irrigação, pode ser estimada através da expressão:

$$NLI = ET'm - (Pe + G + W) \quad (5)$$

onde:

NLI = Necessidade líquida de irrigação, em mm.dia^{-1} ;

Pe = Precipitação efetiva, em mm.dia^{-1} ;

G = Contribuição do lençol freático, em mm.dia^{-1} ;

W = Variação da umidade do solo, em mm.dia^{-1} .

a) Precipitação efetiva

A precipitação efetiva é a parte da precipitação que é utilizada pela cultura para atender sua demanda evapotranspirométrica.

A quantidade de precipitação realmente efetiva dependerá do teor de umidade do solo imediatamente anterior à

precipitação (BERNARDO, 1989).

Todas as chuvas, independentemente da sua intensidade, duração e quantidade, são importantes no cálculo da necessidade hídrica. Chuvas leves têm, muitas vezes, sido negligenciadas devido à acepção errônea de que a chuva deve se infiltrar no solo para ser completamente efetiva (Mota, citado por MOREIRA, 1993).

Para o cálculo da precipitação efetiva utilizou-se a metodologia descrita por Stam, citado por DASTANE (1974), que recomenda a utilização de coeficientes decrescentes a cada incremento de 25 mm da precipitação média mensal conforme a Tabela 3 elaborada por Blaney & Criddle.

TABELA 3 - Precipitação efetiva baseada em incrementos da precipitação mensal (U.S.BUREAU OF RECLAMATION METHOD).

Precipitação Mensal (mm)	Parte de cada incremento de 25 mm
25	0,95
50	0,90
75	0,82
100	0,65
125	0,45
150	0,25
> 150	0,05

Fonte: DASTANE (1974).

b) Contribuição do lençol freático

O lençol freático ou água subterrânea é aquela que ocupa parte dos espaços vazios do solo. O movimento ascendente do lençol freático por capilaridade desde a superfície da água até a zona radicular pode constituir a fonte mais importante de fornecimento de água para o desenvolvimento da cultura (ISRAELSEN & HANSEN, 1973).

O lençol abastece as necessidades de água da cultura através do movimento capilar, contínuo e permanente. O objetivo é manter a condição de fluxo permanente, onde a taxa de ascensão capilar iguala a evapotranspiração da cultura (MILLAR, 1978).

DOORENBOS & PRUITT (1977) relacionam (Figura 2) a contribuição do lençol freático à zona radicular para diferentes profundidades do lençol e textura do solo, em condições úmidas.

c) Variação da umidade do solo

A aplicação de água no solo, via irrigação ou precipitação, pode fazer com que o perfil do solo entre ou se aproxime da capacidade de campo. Da mesma maneira, alguma quantidade de água pode ter ficado no solo desde a última irrigação ou precipitação. Por isso, para determinar a variação da umidade do solo deve-se conhecer os teores médios de umidade antes e após a aplicação de água na zona das raízes (MEDINA & AMARO FILHO, 1989).

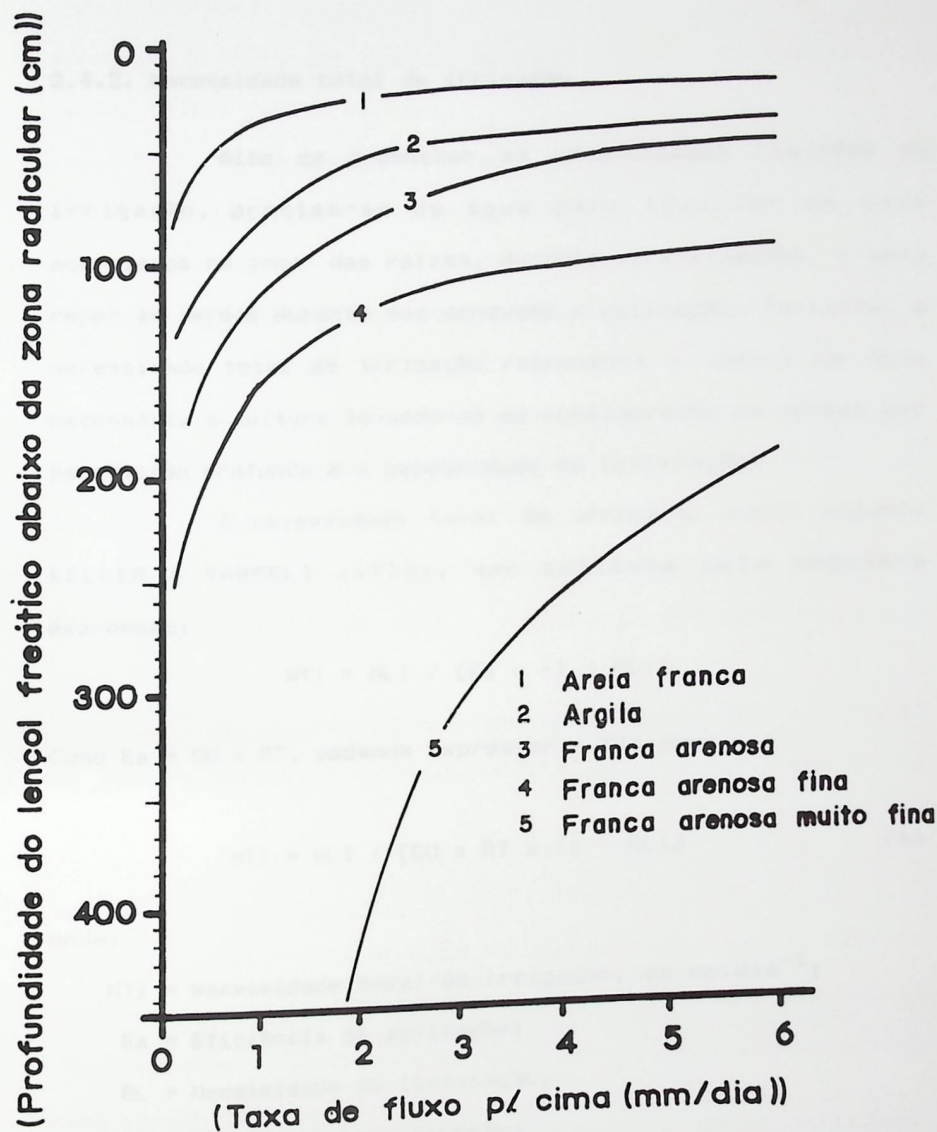


FIGURA 2 - Contribuição do lençol freático à zona radicular para diferentes profundidades do lençol e textura do solo, sob condições úmidas.

2.4.2. Necessidade total de irrigação

Além de preencher as necessidades líquidas de irrigação, precisa-se de água para lixiviar os sais acumulados na zona das raízes, durante as irrigações, e para repor as perdas durante sua condução e aplicação. Portanto, a necessidade total de irrigação representa a lâmina de água necessária à cultura levando-se em consideração as perdas por percolação profunda e a necessidade de lixiviação.

A necessidade total de irrigação pode, segundo KELLER & KARMEI (1975), ser estimada pela seguinte expressão:

$$NTI = NLI / [Ea \times (1 - RL)]$$

Como $Ea = CU \times RT$, podemos expressar a NTI por:

$$NTI = NLI / [CU \times RT \times (1 - RL)] \quad (6)$$

onde:

NTI = Necessidade total de irrigação, em $\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1}$;

Ea = Eficiência de aplicação;

RL = Necessidade de lixiviação;

RT = Relação de transpiração;

CU = Coeficiente de uniformidade.

a) Perdas por percolação profunda

As perdas por percolação profunda referem-se a

água que é deslocada abaixo da zona radicular, tornando-se assim, inútil para a cultura.

Em qualquer sistema de irrigação, mesmo em eficientes condições de manejo, ocorrem perdas inevitáveis por percolação, que convém levar em consideração para efeito de projeto (ABREU et al., 1989).

As perdas por percolação referem-se a diferença entre a lâmina líquida e a lâmina total aplicada. Porém, KELLER & KARMEELLI (1975) sugerem o uso de um coeficiente, que denomina relação de transpiração (RT). Define-se este, como a relação entre a água transpirada pela planta e a água aplicada, numa região onde a evapotranspiração máxima é satisfeita.

Os valores da relação de transpiração, em função da textura do solo e da profundidade das raízes, figuram na Tabela 4.

TABELA 4 - Valores da relação de transpiração para o cálculo da necessidade total de irrigação.

Profundidade das raízes (m)	Relação de transpiração (RT)			
	Textura do solo			
	Areia Grossa	Arenosa	Média	Argilosa
< 0,75	0,91	0,91	0,95	1,00
0,75 a 1,50	0,91	0,95	1,00	1,00
> 1,50	0,95	1,00	1,00	1,00

Fonte: Adaptado de ABREU et al. (1989).

b) Necessidade de lixiviação

Para evitar acumulação de sais na zona radicular das culturas e os danos consequentes, deve ser determinado a necessidade de lixiviação para lavagem do solo (MEDINA & AMARO FILHO, 1989).

Essa lavagem pode ser feita através das precipitações ou o próprio sistema de irrigação poderá ser usado estendendo o tempo de irrigação para proporcionar a movimentação necessária da água no solo, lavando os sais para além do sistema radicular (Hoffman et al. citados por OLITTA, 1984).

A necessidade de lixiviação é, portanto, a quantidade mínima de água de irrigação aplicada que deve drenar para fora da zona radicular, os sais do solo.

Rhoades, citado por RHOADES & LOVEDAY (1990), sugere o uso da seguinte expressão para calcular a necessidade de lixiviação, em condições de irrigação de alta frequência:

$$RL = 0,1794 / [(CE / CEa)^{3,0417}] \quad (7)$$

onde:

RL = Necessidade de lixiviação;

CE = Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, em $dS.m^{-1}$;

CEa = Condutividade elétrica da água de irrigação, em $dS.m^{-1}$.

Para a cultura do melão, AYERS & WESTCOT (1976) sugerem, como valor máximo, $2,2 \text{ dS.m}^{-1}$ e $1,5 \text{ dS.m}^{-1}$ para a condutividade elétrica, do extrato de saturação do solo de e da água de irrigação para um rendimento de 100%, respectivamente.

O valor máximo de $2,2 \text{ dS.m}^{-1}$ para a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, também é recomendado Bernstein, Califórnia University e Maas & Hoffman citados por SCALOPPI & BRITO (1986).

As perdas de água por percolação podem atuar como necessidade de lixiviação. Portanto, deve-se considerar como tal quando esta existe e se usa para estimar as necessidades totais (ABREU *et al.*, 1989).

Quando a necessidade de lixiviação for menor do que as perdas por percolação, $(1 - RL) > RT$, a lâmina de água aplicada pela mesma será suficiente para lixiviar os sais. A equação (6) é modificada e a necessidade total de irrigação será dada por:

$$NTI = NLI / (CU \times RT) \quad (8)$$

Porém, quando a necessidade de lixiviação for maior do que as perdas por percolação, $(1 - RL) < RT$, é necessário adicionar a lâmina de lixiviação, pois a lâmina

aplicada em função da relação de transpiração se torna insuficiente para lixiviar os sais, sendo que esta fica embutida no requerimento de lixiviação, portanto, a necessidade total de irrigação será dada, neste caso, por:

$$NTI = NLI / [CU \times (1 - RL)] \quad (9)$$

c) Coeficiente de uniformidade

Após a implantação do sistema de irrigação localizada, deve-se proceder à avaliação para verificar a uniformidade de distribuição de água, procurando-se assim, corrigir falhas porventura existentes (PINTO *et al.*, 1988).

Para que se obtenha um desempenho adequado do sistema, torna-se necessário um constante acompanhamento técnico. SOUSA *et al.* (1993), indicam que a cada seis meses seja feito uma avaliação do sistema, além da realização de inspeções periódicas. KELLER & KARMEI (1975) sugerem que um sistema de irrigação por gotejamento deve ser projetado para uma uniformidade de aplicação não inferior a 90% e, fornecem um método para determinação do coeficiente de uniformidade, nos sistemas já instalados.

Nessa metodologia, utiliza-se apenas a vazão de 16 (dezesseis) emissores por sub-unidade de irrigação e o coeficiente de uniformidade é calculado através da equação:

$$CU = (q_{\min} / q_{\text{med}}) \times 100 \quad (10)$$

onde:

CU = Coeficiente de uniformidade, em %;

$q_{\min}$ = Vazão média de 1/4 dos menores valores de vazão coletada, em $l.h^{-1}$;

q_{med} = Média de todas as vazões coletadas, em $l.h^{-1}$.

2.5. Capacidade de armazenamento do solo

A capacidade de armazenamento do solo representa o valor máximo de lâmina d'água que poderia ser aplicada sem elevar demasiadamente as perdas por percolação e é dada pela seguinte equação:

$$H_m = [(CC - PMP) \times d_a \times H \times f / 100] \times (P / 100) \quad (11)$$

ou ainda:

$$H_m = [(CC - UI) \times d_a \times H / 100] \times (P / 100) \quad (12)$$

onde:

H_m = capacidade de armazenamento do solo, em mm;

CC = Capacidade de campo, em %;

PMP = Ponto de murcha permanente, em %;

d_a = Densidade aparente do solo, em $g.cm^{-3}$;

H = Profundidade efetiva do sistema radicular do melão, em mm;

f = Fator de disponibilidade d'água do solo, em %

P = Porcentagem de área molhada, em %;

U_i = Umidade do solo no momento de irrigar, em %.

A capacidade de campo é útil na determinação do limite superior de retenção de água pelo solo, disponível às plantas, enquanto que o ponto de murcha permanente determina o teor de umidade do solo em que as plantas permanecem murchas, mesmo sendo adicionado água ao solo. Os valores da capacidade de campo, correspondem aos teores de umidade que variam de -0.05 a -0.1 bar, dependendo do solo, e o ponto de murcha permanente, a valores que giram em torno de -15 bar (KLAR, 1991).

A densidade aparente de solos de texturas argilosas e médias podem variar desde 1,0 até 1,60 g.cm⁻³, dependendo das condições, enquanto que os solos com textura arenosa apresentam uma variação de 1,20 a 1,80 g.cm⁻³ (Brady citado por MOREIRA (1993)).

Através da curva característica do solo se determina a umidade do mesmo no momento de irrigar, na tensão acima da qual possa provocar déficit hídrico à cultura, que para o melão, em condições de alta demanda evaporativa, KLAR (1991), recomenda -0.30 bar.

A profundidade efetiva do sistema radicular da cultura do melão varia, segundo Griffin & Hargreaves, citados por HARGREAVES (1977), de 0,60 a 0,75m. Porém Arruda &

Brasil, citados por MOREIRA (1993), sugerem o valor de 0,3 m. Para o período de crescimento da cultura de até quinze dias PEDROSA (Informe Pessoal) recomenda o valor de 0,15.

Uma das características da irrigação localizada é o fato de que neste método as irrigações são muito frequentes, mantendo a umidade do solo em níveis próximos da capacidade de campo. O valor do fator de disponibilidade de água no solo é relativamente pequeno, da ordem de 20 a 40% do intervalo de água disponível. A determinação exata deste limite envolve fatores relacionando solo, clima, cultura e aspectos econômicos de difícil avaliação quantitativa (OLITTA, 1984). Segundo HARGREAVES (1977), O fator de disponibilidade de água no solo para a cultura do melão é de 30%.

Considerando o fato de que, na irrigação localizada se umedece apenas uma parte do solo torna-se necessário se determinar a área realmente molhada pelo gotejador, representada em termos de percentagem. Para determinar a percentagem de solo molhado, KELLER & KARMELI (1975) elaboraram uma tabela, considerando o espaçamento dos gotejadores e das laterais, tipo de solo e vazão fornecida pelo gotejador (Tabela 5).

TABELA 5. Valores de P para aplicação de 40mm de água por irrigação segundo Keller & Karmeli

		Vazão efetiva do gotejador (l.h ⁻¹)														
Espaçamento		1			2			4			8			16		
das		Textura do solo e espaçamento dos gotejadores (m)														
laterais (m)		G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
		0,2	0,5	0,9	0,3	0,6	1,0	0,6	1,0	1,3	1,0	1,3	1,7	1,3	1,6	2,0
0,8		38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0		33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1,2		25	58	92	33	70	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1,5		20	47	73	26	53	80	80	80	100	100	100	100	100	100	100
2,0		15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2,5		12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3,0		10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3,5		9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4,0		8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4,5		7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5,0		6	14	22	8	16	24	16	24	32	25	32	40	32	40	48
6,0		5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40
																0

Fonte: KELLER & KARMEI (1975).

2.6. Volume de água armazenado no solo

Uma vez conhecida a quantidade de água requerida pela cultura e a que o solo pode reter, torna-se necessário determinar o volume a ser aplicado em cada irrigação. Esse cálculo poderá ser feito com base na área total a irrigar, mas prefere-se relacionar por plantas individuais (OLITTA, 1984).

O volume de água armazenado no solo é dado pela equação:

$$V = Au \times NTI \quad (13)$$

onde:

V = Volume de água armazenado no solo, em $l.dia^{-1}$;

A_u = Área útil da cultura, em m^2 ;

NTI = Necessidade total de irrigação, em $mm.dia^{-1}$.

2.7. Tempo de irrigação

O tempo de irrigação refere-se ao período necessário para que o sistema aplique o volume de água necessário à planta e à lavagem dos sais do solo. Esse tempo deverá estar de acordo com as necessidades de água da cultura que, como já foi visto, variam consideravelmente com a demanda evapotranspirométrica, a profundidade das raízes e o tipo de solo, assim como com os estágios de crescimento da cultura (MEDINA & AMARO FILHO, 1989).

O tempo de irrigação pode ser determinado através da seguinte equação:

$$t_i = V / (q \times e) \quad (14)$$

onde:

t_i = Tempo de irrigação, $h.dia^{-1}$;

V = Volume de água armazenado no solo, em $l.dia^{-1}$;

q = Vazão de emissor, em $l.h^{-1}$;

e = Número de emissores por planta.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Elaboração do sistema

O sistema foi desenvolvido em um microcomputador PC - 386 compatível com a linha IBM - PC, na Unidade de Processamento de Dados do Departamento de Engenharia Agrícola da Escola Superior de Agricultura de Mossoró, utilizando a linguagem de programação "GWBASIC".

Na forma como está organizado, o sistema ocupa 25 Kbytes de memória e durante a execução são solicitados:

- * Dados do Usuário
- * Dados Climáticos
- * Dados do solo e da água
- * Dados da cultura
- * Dados do sistema de irrigação

Em seu processamento, o sistema acessa os dois arquivos de dados que fornecem os valores do coeficiente de tanque e da percentagem de solo molhado. Através desses arquivos, dos dados fornecidos pelo usuário e das constantes inseridas no próprio sistema, são determinados as seguintes

variáveis:

- * Evapotranspiração de referência, em mm.dia^{-1} ;
- * Evapotranspiração máxima, em mm.dia^{-1} ;
- * Evapotranspiração máxima corrigida para irrigação localizada, em mm.dia^{-1} ;
- * Necessidades líquida de irrigação, em mm.dia^{-1} ;
- * Capacidade de armazenamento do solo, em mm;
- * Volume de água aplicado por planta, em l;
- * Volume de água aplicado por sub-unidade de irrigação, em m^3 ;
- * Volume de água aplicado na unidade operacional, em m^3 ;
- * Tempo de irrigação, em h.dia^{-1} .

3.2. Determinações a serem realizadas durante o uso do software

3.2.1. Evapotranspiração

Para a determinação da evapotranspiração de referência foi usada a equação (1). O dado de evaporação no tanque (ECA) deve ser medido diariamente, tomando as devidas precauções, e o valor do coeficiente de tanque obtido no arquivo, considerando as características do local de instalação do tanque.

A equação (2) foi usada para estimar, a partir da evapotranspiração de referência, a evapotranspiração máxima considerando a variação do coeficiente de cultura do melão em

seus diferentes estágios de crescimento.

A equação (4) foi usada para estimar a evapotranspiração máxima corrigida para irrigação localizada.

Para a determinação do coeficiente de redução foi usada a equação (3) que se relaciona à fração do solo coberta pela projeção da folhagem da planta (C_s) a qual foi determinada através da Tabela 2.

3.2.2. Necessidade de irrigação

A necessidade líquida de irrigação foi determinada através da equação (5), sendo que para o cálculo da precipitação efetiva usou-se a Tabela 3. A variação da umidade do solo para efeito de cálculo foi considerada nula. A contribuição do lençol freático irá variar em função do local onde está a cultura, sendo neste trabalho estimada através da Figura 2. Para utilização dos dados da Figura no sistema, estabeleceu-se equações para representar cada tipo de solo.

Para a determinação da necessidade total de irrigação foi usada a equação (8) ou (9) quando a necessidade de lixiviação for maior que as perdas por percolação ou quando esta for menor que a necessidade de lixiviação, respectivamente.

3.2.3. Capacidade de armazenamento de água do solo

Para a determinação da capacidade de armazenamento de água do solo, pode-se utilizar a equação (11) ou (12), irá depender apenas da disponibilidade dos dados necessários.

Na utilização da equação (11) deverão ser fornecidos pelo usuário os valores da capacidade de campo, do ponto de murcha permanente e da densidade aparente do solo. No sistema, encontra-se, a TABELA 1A, que em função do tipo de solo, fornece esses valores, caso o usuário não disponha desses dados. Quando o usuário dispor da curva característica do solo, será usada a equação (12), sendo solicitado então, os valores da umidade do solo na tensão de 0,30 bar, da capacidade de campo e da densidade aparente do solo. As demais variáveis estão armazenadas no próprio sistema.

Caso a capacidade de armazenamento útil de água no solo seja maior ou igual ao volume de água referente à necessidade líquida de irrigação, equação (5), aplica-se ao solo o volume integral. Do contrário, será necessário fracioná-lo.

3.2.4. Tempo de irrigação

Para o cálculo do tempo de irrigação foi

utilizado a equação (14), considerando o volume de água armazenado no solo.

3.2.5. Outras determinações

Determinou-se ainda, o número de irrigações, o volume de água aplicado por cada sub-unidade e na unidade operacional através das equações (15), (16) e (17), respectivamente.

$$N_i = NLI / H_m \quad (15)$$

$$V_{su} = [V \times A_{su} / A_u] / 1000 \quad (16)$$

$$V_{uo} = V_{su} \times n \quad (17)$$

onde:

N_i = Número de irrigações;

V_{su} = Volume de água aplicado na sub-unidade de irrigação, em l;

A_{su} = Área da sub-unidade de irrigação, em m^2 ;

V_{uo} = Volume de água aplicado na unidade operacional, em m^3 ;

n = Número de sub-unidades irrigadas simultaneamente.



4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. O Sistema Computacional "SOFTMEL"

A Figura 3 ilustra o fluxograma do sistema computacional, para melhor entendimento da sequência de funcionamento.

De acordo com o fluxograma, observa-se que o sistema, para ser executado, solicita as informações referentes ao: usuário, clima, solo e água, cultura e sistema de irrigação. Após o processamento dessas informações e o acesso aos arquivos do coeficiente de tanque e da percentagem de solo molhado, é fornecido os valores dos parâmetros necessários ao manejo da irrigação. Opcionalmente, esses parâmetros podem ser arquivados, listados no vídeo e/ou na impressora, em forma de relatório.

No Quadro 1, são apresentados os dados a serem utilizados na execução do sistema, com as respectivas unidades.

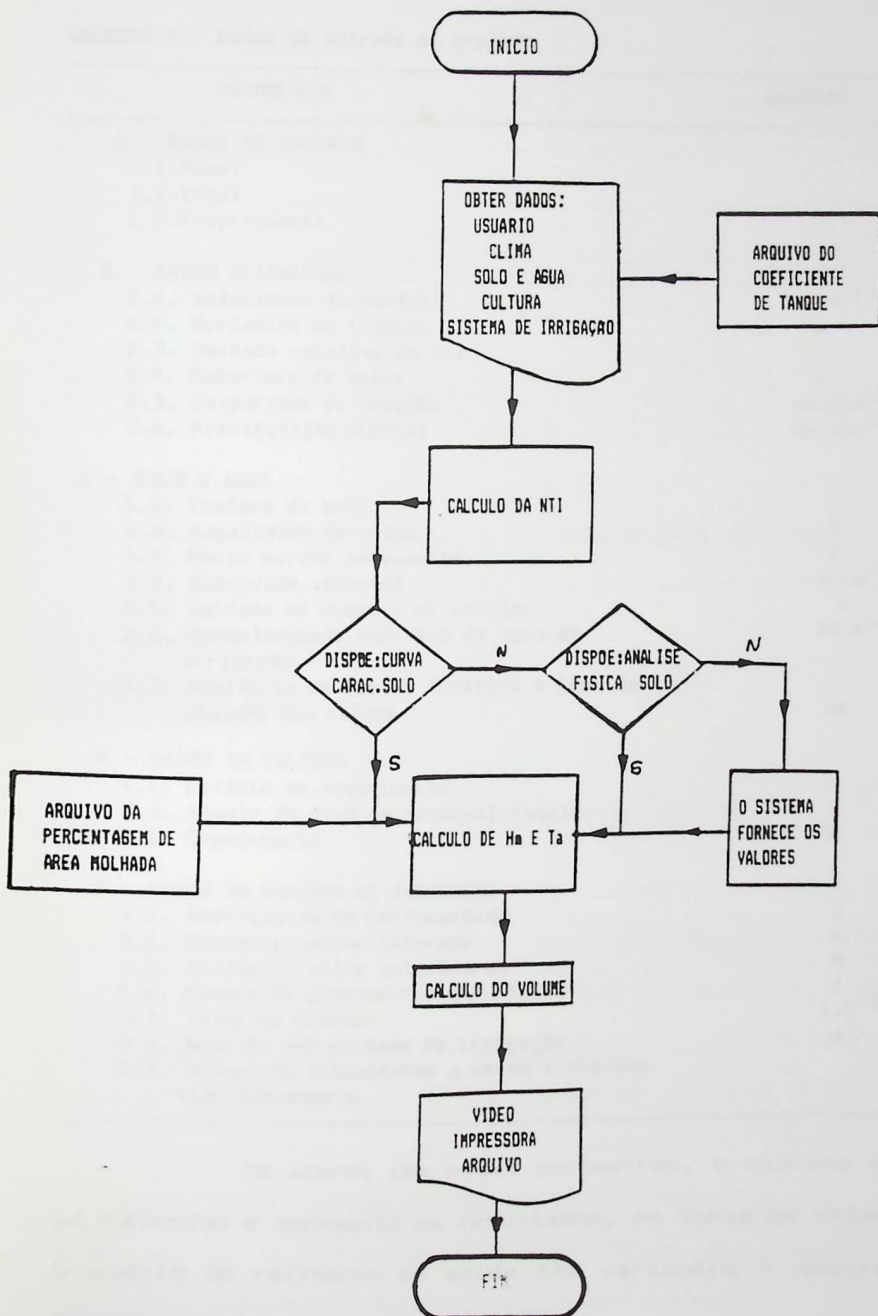


FIGURA 3 - Fluxograma do sistema computacional

QUADRO 1 - Dados de entrada do projeto

PARAMETROS	UNIDADE
1 - DADOS DO USUARIO	
1.1. Nome:	-
1.2. Data:	-
1.3. Propriedade:	-
2 - DADOS CLIMATICOS	
2.1. Velocidade do vento:	m.s ⁻¹
2.2. Bordadura do tanque:	m
2.3. Umidade relativa do ar:	%
2.4. Cobertura do solo:	-
2.5. Evaporação do tanque:	mm.dia ⁻¹
2.6. Precipitação diária:	mm.dia ⁻¹
3 - SOLO E AGUA	
3.1. Textura do solo	-
3.2. Capacidade de campo	%
3.3. Ponto murcha permanente	%
3.4. Densidade aparente	g.cm ⁻³
3.5. Umidade no momento de irrigar	%
3.6. Condutividade elétrica da água de irrigação	dS.m ⁻¹
3.7. Distância do lençol freático à área de atuação das raízes	cm
4 - DADOS DA CULTURA	
4.1. Estágio de crescimento	-
4.2. Número de dias de desenvolvimento	-
4.3. Espaçamento	m
5 - DADOS DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO	
5.1. Coeficiente de uniformidade	%
5.2. Distância entre laterais	m
5.3. Distância entre gotejadores	m
5.4. Número de gotejadores por planta	-
5.5. Vazão do emissor	l.h ⁻¹
5.6. Área da sub-unidade de irrigação	m ²
5.7. Número de subunidades a serem irrigadas simultaneamente	-

De acordo com esses parâmetros, o sistema efetua os cálculos e apresenta os resultados, em forma de relatório. O modelo do relatório de saída das variáveis é mostrado no Quadro 2.

QUADRO 2 - Variáveis calculadas no programa

Eto	ETm	ET'm	NLI	NTI	Hm		Volume aplicado				ta
mm.dia ⁻¹	mm.dia ⁻¹	mm.dia ⁻¹	mm.dia ⁻¹	mm.dia ⁻¹	mm	Ni	Planta	Sub.	Unid.	Unid.	Op.
							l.h ⁻¹	m ³	m ³		
											h:min

Analisando o QUADRO 2 verifica-se que, o cálculo da necessidade hídrica da cultura é apresentado minunciosamente, o que vem a ser uma grande vantagem para o usuário. Com esses resultados, pode-se manejar corretamente a aplicação de água à cultura.

4.2. Vantagens do sistema computacional "SOFTMEL"

O sistema fornece solução rápida e eficiente do cálculo da necessidade total de irrigação e permite que quaisquer dados de entrada sejam corrigidos, calculando uma nova lâmina, em questão de segundos, auxiliando o técnico a estimar adequadamente a sua irrigação de uma forma muito simples, eficiente e rápida, informando a quantidade de água a aplicar para atender as necessidades hídricas da cultura. Além disso, proporciona o armazenamento em arquivo dessa lâmina, tornando-a disponível a qualquer momento.

Quando da entrada dos dados a serem processados,

o sistema apresenta diversas mensagens, que orientam o seu emprego, tornando-o de fácil utilização e entendimento, eliminando as dúvidas que porventura venham a existir.

Além disso, o sistema permite que se faça uma atualização constante dos dados, que nele estão inseridos, favorecendo, assim, o aperfeiçoamento do mesmo e elevando a precisão dos resultados.

4.3. Desvantagens do sistema computacional "SOFTMEL"

Embora o sistema apresente diversas vantagens, o mesmo merece ressalvas condicionadas a alguns dados necessários para o cálculo da demanda total de irrigação.

Os dados climáticos solicitados pelo sistema (vento, umidade relativa do ar e precipitação diária), são valores que, nem sempre, se encontram disponíveis em campo. A ausência desses, dificultam o perfeito uso do sistema pois, quando o usuário utilizar valores aleatórios, o resultado será diferente do valor real. Para o caso do vento e da umidade relativa do ar, o sistema apresenta os valores dos mesmos em intervalos, o que diminui a margem de erro. Porém, para o caso da precipitação diária, o sistema requer o valor exato para correta operação do mesmo.

Com relação aos dados de solo e água, o irrigante necessita da avaliação das constantes físico-hídricas. Caso esses dados não se encontrem disponíveis, o sistema utiliza

os dados que nele estão embutidos, de acordo com a Tabela 1A. Porém a precisão dos resultados diminui consideravelmente. Além disso, a determinação da percentagem de solo molhado, necessária nas Equações (11) e (12), é feita utilizando uma metodologia proposta por KELLER & KARMELI (1975), elaborada, provavelmente, em condições diferentes da realidade local, o que pode trazer como consequência, uma determinação não muito adequada deste parâmetro.

Os dados do coeficiente de cobertura, período referente a cada estágio de crescimento, profundidade efetiva do sistema radicular e coeficiente de cultivo, utilizados na elaboração do sistema computacional foram recomendados por ABREU *et al.* (1978), PEDROSA (Informe Pessoal) e MARQUELLI (1986) e DUSI (1992), respectivamente. Apesar da grande utilidade dessas recomendações, há necessidade de determinar esses valores de maneira que melhor traduzam as características da área que se está trabalhando, dando desta forma melhor confiabilidade aos resultados obtidos.

O valor do coeficiente de uniformidade, que faz parte dos dados do sistema de irrigação, nem sempre é conhecido pelo usuário ou, é estimado incorretamente pois como sugerem SOUSA *et al.* (1993), deve-se avaliar as instalações duas vezes por ano, para que se tenha o real valor do coeficiente de uniformidade. E daí, como essa prática não é rotineira entre os agricultores, surge a preocupação, pois isso favorece o uso de valores,

superestimados ou subestimados, promovendo assim, erro no cálculo da lâmina a ser aplicada.

4.4. Comparação entre o sistema computacional "Softmel" e outro sistema

A Figura 4 representa a curva da demanda de água registrada para a cultura do melão, em função da evaporação do tanque classe A, estimada pelo sistema computacional "Softmel" e o Sistema-1, que representa um "software" usado por produtores da região.

Analisando a Figura 4, observa-se que o sistema computacional "Softmel" subestima o volume de água necessário à cultura, do plantio até aproximadamente 70 dias, quando comparado ao Sistema-1. Uma das causas prováveis para essa diferença, pode ser atribuída ao coeficiente de cobertura utilizado. De acordo com a Tabela 2, verifica-se que até 50 dias esse valor é considerado, inferior a 55%. Após esse período (Figura 4) essa diferença passa a diminuir e, aos 70 dias, a demanda de água para a cultura do melão, estimada a partir do "Softmel" ultrapassa a calculada pelo Sistema-1. Neste intervalo, o coeficiente de cobertura usado é de 100%.

Na Figura 4, observa-se ainda que o período de máxima demanda, do sistema "Softmel", está ocorrendo em torno dos 65 dias. Esse pique deveria coincidir com o de maior

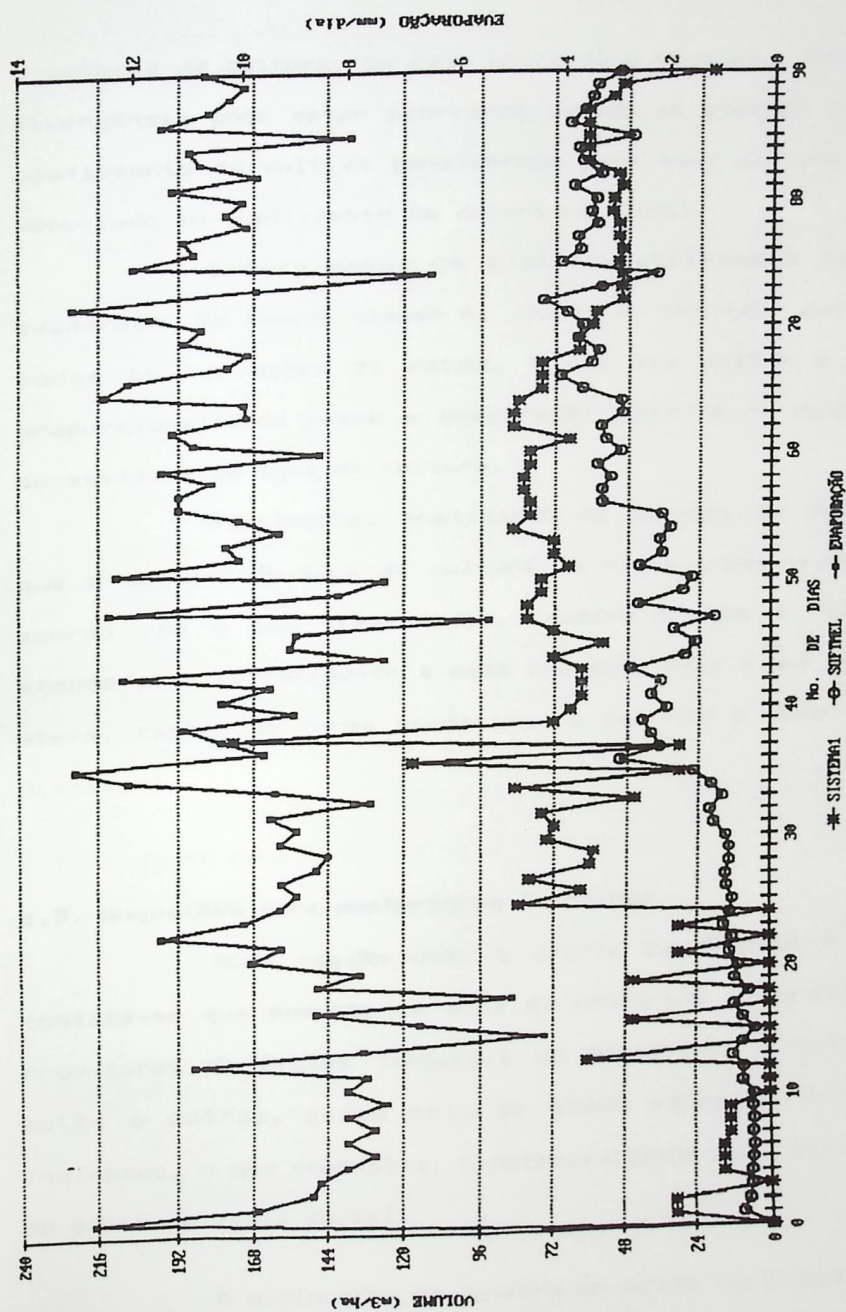


FIGURA 4 - Necessidade hídrica do melão no ciclo total.

exigência da cultura, ou seja entre 30 e 45 dias. Porém essa divergência pode estar ocorrendo devido ao elevado valor do coeficiente de cultivo considerado para esse período (0,75) associado ao coeficiente de cobertura (100%).

Embora ambos os sistemas utilizem o valor da evaporação do tanque classe A, apenas o "Softmel" acompanhou todas as variações da mesma, o que nos mostra a direta proporcionalidade entre a evaporação ocorrida no tanque e a necessidade de água da cultura.

Finalmente, analisando as curvas, em função de que o consumo de água da cultura se eleva gradativamente de acordo com o seu crescimento, observa-se que o "Softmel" atende mais corretamente a esse conceito pois a sua curva se eleva, também de forma gradativa, o que não é observado no Sistema-1.

4.5. Sugestões para posteriores trabalhos

Numa região onde a oferta de emprego é baixa, costata-se que somente na área da PROFRUTAS (Associação dos Produtores de Frutas Tropicais do Nordeste), a cultura do melão e outras, geram mais de 60000 empregos diretos e indiretos, o que demonstra, a potencialidade da fruticultura, do ponto de vista social.

A exploração da cultura do melão no Estado do Rio Grande do Norte, apresenta uma produtividade superior a 40

t.ha⁻¹, considerada uma das mais altas do país, aproximando-se a índices internacionais.

A expressiva diferença de produtividade do nosso Estado, em relação às outras áreas produtivas, é credenciada, em grande parte, à elevada tecnologia adotada pela irrigação processada. Porém, como a irrigação emprega um recurso natural limitado, torna-se imperativo que a utilização do mesmo seja o mais eficiente possível.

A utilização competitiva da água pela irrigação, exige soluções efetivas para aumentar a eficiência e superar a limitada disponibilidade e redução dos seus custos operacionais, que trará como consequência a otimização da produção em função da água aplicada.

Apesar disto, ficou óbvio, durante a execução deste trabalho, que pouco se pesquisou acerca do assunto no país e, principalmente, na região. É necessário que instituições como a Escola Superior de Agricultura de Mossoró definam um programa de pesquisas nesta área.

Merecem destaques como temas para futuras pesquisas os seguintes itens:

A - Cultura:

- * Coeficiente de cultivo
- * Coeficiente de cobertura
- * Profundidade efetiva do sistema radicular
- * Definição dos períodos dos diferentes estágios de crescimento da planta

* Potencial mátrico crítico para a cultura

B - Clima:

* Estimativa do balanço da energia radiante

* Definição de um método para estimar a
evapotranspiração de referência

C - Solo:

* Caracterização das constantes físico-hídricas do
solo

* Definição da área molhada pelo emissor

D - Sistema de irrigação:

* Avaliação técnica de sistemas de irrigação

5 - CONCLUSÕES

- 1 - O sistema computacional desenvolvido mostrou-se de grande importância, permitindo ao técnico conhecer, de forma rápida e precisa, o quanto irrigar, possibilitando um manejo racional da irrigação.
- 2 - O sistema apresenta detalhamento que favorece a diminuição da margem de erros que, porventura, possam ocorrer.
- 3 - O sistema pode ser facilmente adaptado às novas variáveis que possam surgir com o andamento das pesquisas.
- 4 - O arquivo de dados da necessidade total de irrigação permite ao usuário fazer comparações da demanda de água, assim como prever o recurso hídrico necessário para o próximo ciclo da cultura.



6 - RESUMO

A determinação rápida e precisa do quanto irrigar, proporcionando o correto manejo da irrigação, são aspectos de grande importância, principalmente em culturas anuais nas quais o ciclo se completa rapidamente. Para isso, desenvolveu-se o sistema computacional "Softmel", implementado na linguagem de programação GWBASIC, que determina a necessidade hídrica da cultura do melão, na forma de lâmina ou volume, a partir de informações sobre o clima, solo, água, cultura, sistema de irrigação, coeficiente de tanque e percentagem de solo molhado. O sistema é documentado de modo a fornecer ao usuário orientações acerca da sua execução e seleção dos dados. Há opções para gravar os resultados em arquivo, permitindo a análise do volume de água aplicado em determinado período ou no ciclo total da cultura.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABREU, J.M.H. et al. El riego localizado. Madrid: Instituto Nacional de Investigações Agrárias, 1989. 317p.
- ABREU, T.A.; OLITTA, A.F.L.; MARCHETTI, D.A.B. Comparação dos métodos de irrigação por sulco e por gotejo na cultura do melão, no Vale do São Francisco. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.13, n.3, p.35-45, 1978.
- AMORIM NETO, M.S. Estimativa da evapotranspiração potencial. Comunicado Técnico - EMBRAPA. 1989. n.31, p.1-17.
- AYERS, R.S. & WESTCOT, D.W. Calidad del agua para la agricultura. Rome: FAO, 1976. 174 p. (FAO Estudio para Riego y Drenaje, 29).
- BEDUM, J.A.D et al. Efeito de lâminas de irrigação sobre os principais parâmetros produtivos do meloeiro na região de Ilha Solteira - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilhéus. Anais ... Ilhéus: SBEA/CEPLAC, 1993. p.2390-2400.

- BERNARDO, S. Manual de irrigação. 5 ed. Viçosa: UFV, 1989. 596p.
- DOORENBOS, J. & KASSAN, A.M. Efectos del agua en el rendimiento de los cultivos. Roma: FAO, 1979, 212p. (FAO Estudio para Riego y Drenaje, 33).
- DOORENBOS, J. & PRUITT, W.O. Las necesidades de agua de los cultivos. Roma: FAO, 1977, 173p. (FAO Estudio para riego y Drenaje, 24).
- DAKER, A. Irrigação e drenagem; A água na agricultura. 7 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1988. v.3.
- DUSI, A.N. Melão para exportação: aspectos técnicos da produção. Brasília: DENACDOP, 1992. 38p.
- FILGUEIRA, F.A.R. Manual de olericultura: Cultura e comercialização de hortaliças. 2.ed. São Paulo: Ceres, 1981. v.1. 338p.
- HARGREAVES, G.H. Water requirements manual for irrigated crops and rainfed agriculture. Logan: Utah State University. 41p. 1977.
- ISRAELSEN, O.W. & HANSEN, V.E. Principios y aplicaciones del riego. 2.ed. Reverté: 1973. 396p.
- KLAR, A.E. Irrigação: frequência e quantidade de aplicação. São Paulo: Nobel, 1991. 156p.

KELLER, J. Trickle irrigation. Soil Conservation Service
National Engineering Handbook. 1978. 281p.

KELLER, J. & KARMEI, D. Trickle irrigation design.
Glendora: Rain Bird, 1975. 133p.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, H.R.; SILVA, W.L.C. Manejo da
irrigação em hortaliças. Circular Técnica do CNPH 2.
EMBRAPA/CNPH, 1986. 12p.

MEDINA, D.F. & AMARO FILHO, J. Aplicação de dados de
necessidade de água dos cultivos na identificação e
planejamento de projetos de irrigação. Mossoró, Fundação
Guimarães Duque, 1989. Coleção Mossoroense. v.471. 87p.

MILLAR, A.A. Drenagem de terras agrícolas: bases agronômicas.
São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978. 276p.

MOREIRA, H.J.C. S.A.A.C.I. Sistema Agroclimatológico para o
acompanhamento das culturas irrigadas; manual prático para
o manejo da irrigação. Brasília: Secretaria Nacional de
Irrigação, 1993. 90p.

OLITTA, A.F.L. Os métodos de irrigação. São Paulo: Nobel,
1984. 267p.

PINTO, J.M.; SOARES, J.M.; NASCIMENTO, T. Análise de
coeficientes de uniformidade de distribuição de água em

sistema de irrigação localizada. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8, 1988, Florianópolis. Anais ... Florianópolis: ABID, 1988. v.1. p.309 - 326.

RHOADES, J.D. & LOVERDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: STUART, D.R.R. & NIELSEN, D.R. (eds.) Irrigation of agricultural crops. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1990. p.1220-1226.

SAAD, J.C.C.; SCALOPFI, E.J. Análise dos principais métodos climatológicos para estimativa da evapotranspiração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8, 1988, Florianópolis. Anais ... Florianópolis: ABID, 1988. v.3. p.999-1021.

SCALOPFI, E.D. & BRITO, R.A.L. Qualidade da água e do solo para a irrigação. Belo Horizonte, Informe Agropecuário, n.139, v.2, p.80-94, jun. 1986.

SILVA, M.A. et al.. Metodologia para determinar as necessidades de água das culturas irrigadas. In: PESQUISA EM IRRIGAÇÃO NO TROPICO SEMI-ARIDO: SOLO, AGUA, PLANTA. Petrolina. PE. 1981.(EMBRAPA/CPATSA. Boletim de Pesquisa, n.4.). 85p.

SILVA, M.A. & MILLAR, A.A. Evapotranspiração do feijão de

corda. In: PESQUISA EM IRRIGAÇÃO NO TROPICO SEMI-ARIDO:
SOLO, AGUA, PLANTA. Petrolina, PE. 1981.(EMBRAPA/CPATSA.
Boletim de pesquisa, n.4.). 85p.

SOUSA, V.F.; MELLO JUNIOR, A.V. & DANTAS NETO, J.
Considerações sobre uso e manejo de aplicação de
fertilizantes através de sistemas de irrigação localizada.
In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 22,
Ilhéus, 1993. Anais ... Ilhéus: SBEA/CEPLAC, 1993.
p.2539-45.

VERMEIREN, L; JOBLING, G.A. Riego localizado. Roma: FAO,
1986. 203p.(FAO: Estudio para riego y drenaje, 36).

VILA NOVA, N.A. & OMETTO, J.C. Instruções para utilização
do tanque "classe A" em estimativas da evapotranspiração
potencial, real e frequência de irrigação. In: SEMINARIO
NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. Fortaleza. 1975. Anais ...
v.3., p.65-74.



APENDICE

TABELA 1A - Valores da capacidade de campo, ponto de murcha permanente e densidade aparente do solo.

Textura do solo	Capacidade de campo (%)	Ponto de murcha permanente (%)	Densidade aparente do solo (g.cm^{-3})
Arenoso	9	4	1.65
Franco Arenoso	14	6	1.50
Franco	22	10	1.40
Franco Argiloso	27	13	1.35
Argilo Arenoso	31	15	1.30
Argiloso	35	17	1.25

Fonte: ISRAELSEN & HANSEN (1973).

[Handwritten signature]

UFERSA SIGAA - BIBLIOTECAS



SIGAA

2010076028