



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1677-1915

Dezembro, 2003

Documentos 70

Eficiência na Irrigação para a Produção Integrada do Meloeiro (*Cucumis melo* L.)

Rubens Sonsol Gondim
José de Arimatéia Duarte de Freitas
Fábio Rodrigues de Miranda

Fortaleza, CE
2003

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Agroindústria Tropical
Rua Dra. Sara Mesquita, 2.270 - Pici
CEP 60511-110 Fortaleza, CE
Caixa Postal 3761
Fone: (85) 299-1800
Fax: (85) 299-1803
Home page www.cnpat.embrapa.br
E-mail sac@cnpat.embrapa.br

Comitê de Publicações da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente: Oscarina Maria da Silva Andrade
Secretário-Executivo: Marco Aurélio da Rocha Melo
Membros: Francisco Marto Pinto Viana, Francisco das Chagas
Oliveira Freire, Heloisa Almeida Cunha Filgueiras,
Edineide Maria Machado Maia, Renata Tiekko Nassu,
Henriette Monteiro Cordeiro de Azeredo

Supervisor editorial: Marco Aurélio da Rocha Melo
Revisor de texto: Maria Emília de Possídio Marques
Normalização bibliográfica: Rita de Cássia Costa Cid
Foto da capa: Daniel Terao
Editoração eletrônica: Arilo Nobre de Oliveira

1ª edição

1ª impressão (2003): 500 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

CIP - Brasil. Catalogação-na-publicação

Embrapa Agroindústria Tropical

Gondim, Rubens Sonsol.

Eficiência na irrigação para a produção integrada do meloeiro (*Cucumis melo* L. / Rubens Sonsol Gondim, José de Arimatéia Duarte de Freitas, Fábio Rodrigues de Miranda - Fortaleza : Embrapa Agroindústria Tropical, 2003.

40 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 70).

1. Melão - Produção integrada. 2. Melão - Irrigação. 3. *Cucumis melo* L. I. Freitas, José de Arimatéia Duarte de. II. Miranda, Fábio Rodrigues de. III. Título. IV. Série.

CDD 641.35611

© Embrapa 2003

Autores

Rubens Sonsol Gondim

Eng. agrôn., M.Sc., Embrapa Agroindústria Tropical,
Rua Dra. Sara Mesquita, 2.270 - Pici, tel.: (85) 299-1800
rubens@cnpat.embrapa.br

José de Arimatéia Duarte de Freitas

Eng. agrôn., D.Sc., Embrapa Agroindústria Tropical,
ari@cnpat.embrapa.br

Fábio Rodrigues de Miranda

Eng. agrôn., Ph.D., Embrapa Agroindústria Tropical,
fabio@cnpat.embrapa.br

Apresentação

O paradigma ambiental construiu uma nova ética para a exploração de recursos naturais, os quais passam a ser vistos como um bem de toda a humanidade, devendo ser compartilhado com os demais usuários, além de se garantir disponibilidades para as gerações futuras.

A agricultura irrigada como responsável pela segurança alimentar é a maior usuária de água no Brasil e no Mundo. Dessa forma merece ter alternativas tecnológicas que confirmem maior sustentabilidade.

O mercado de frutas, cada vez mais exigente, passa a dar atenção não só ao produto, mas também ao processo pelo qual foi obtido. A produção integrada de frutas surge como uma importante modalidade de certificação de adequabilidade que atenda aos anseios do consumidor final.

Esperamos que esse esforço agregue valor e competitividade à cadeia produtiva de melão.

Francisco Férrer Bezerra
Chefe-Geral da Embrapa Agroindústria Tropical

Sumário

Introdução	9
Manejo de Irrigação	11
Uniformidade de aplicação d'água	13
Eficiência da irrigação	15
Gerenciamento da água de irrigação	16
Evapotranspiração da cultura (ETc)	16
Tanque Classe A	20
Necessidades hídricas do cultivo em irrigação por gotejamento	22
Construção do calendário de irrigação	22
Método da tensão de água no solo	24
<i>Cuidados na utilização</i>	26
<i>Controle da lâmina d'água pelo tensiômetro</i>	26
Gestão da Qualidade da Água	29
Salinidade	30
Monitoramento da condutividade elétrica do solo	32
Fertirrigação	32
Fatores que contribuem para a eficiência da fertirrigação	34
Compatibilidade entre os produtos utilizados na fertirrigação	34

Parcelamento dos produtos na água de irrigação	34
Proteção ambiental	35
Fertirrigação em meloeiro	36
Agradecimentos	37
Referências Bibliográficas	38

Eficiência na Irrigação para a Produção Integrada do Meloeiro (*Cucumis melo* L.)

Rubens Sonsol Gondim

José de Arimatéia Duarte de Freitas

Introdução

A agricultura irrigada no Brasil consome, atualmente, 59% da água doce utilizada no País. Sendo a água um recurso natural escasso e limitado, dotado de expressivo valor econômico, seu uso racional torna-se fundamental.

O método de irrigação mais empregado na cultura do melão na Região de Mossoró – Baixo Jaguaribe é o gotejamento. No Submédio São Francisco, em solos de textura média a argilosa, predomina a irrigação por sulcos.

O gotejamento é considerado o método mais adequado para o melão, pois proporciona maior eficiência no uso da água e, ainda, melhor controle fitossanitário à cultura, além de ajustar-se aos diferentes tipos de solos e topografias, possibilitando o uso da fertirrigação (Santos et al. 2002).

As normas técnicas para irrigação na produção integrada de melão prevêm:

Obrigatoriamente:

- Manejar a irrigação a partir de dados climáticos ou sensores de solo, de acordo com as fases de desenvolvimento da cultura.
- Realizar análise da água de irrigação na elaboração do projeto de irrigação e drenagem e monitorar sua qualidade trimestralmente.
- Monitorar a condutividade elétrica e o pH do solo.

Recomenda:

- Utilizar sistema de irrigação por gotejamento e a técnica da fertirrigação.
- Avaliar a uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação antes do plantio, 22 dias após o plantio e no final do ciclo da cultura.
- Utilizar os coeficientes de cultivos (Kc) determinados pela pesquisa, localmente ou em regiões climaticamente semelhantes.
- Utilizar água de irrigação com condutividade elétrica abaixo de 3,0 dS/m.
- Realizar o manejo da fertirrigação com pequenas quantidades de fertilizantes e alta frequência de aplicação.
- Priorizar para que as linhas laterais fiquem perpendiculares à maior declividade do terreno.
- Parcelar os nutrientes de acordo com as fases fenológicas da cultura.

Proíbe:

- Irrigar com água de condutividade elétrica acima de 5,0 dS/m.
- Usar injetores de fertilizantes que ofereçam riscos de contaminação da fonte hídrica.

Permite com restrições:

- Utilizar sistema de irrigação por sulcos em solos de textura média a argilosa em áreas devidamente sistematizadas e drenadas.
- Utilizar água com condutividade elétrica entre 3,0 e 5,0 dS/m em caso de solos arenosos com boa drenagem, após período chuvoso com precipitação normal, desde que sejam adotadas práticas de controle da salinidade, e fazendo, no máximo, dois cultivos por ano.

- Fonte: Normas técnicas e documentos de acompanhamento da produção integrada de melão, 2003.

Manejo de irrigação

A irrigação por gotejamento é um tipo de irrigação localizada (água aplicada diretamente na região radicular em pequena intensidade e alta frequência) em que a aplicação de água se processa gota a gota em vazões de 2 a 10 L.h⁻¹. Pode ser realizada por *linhas gotejadoras* (emissores fazendo parte da própria tubulação) ou por gotejadores instalados na tubulação de polietileno (na linha ou sobre esta). A Fig. 1 ilustra a irrigação por gotejamento em melão.

Foto: Rubens Sonsol Gondim



Fig. 1. Irrigação por gotejamento em melão, Baraúnas (RN).

Coelho et al. (1999) analisaram alternativas para minimizar os custos de aquisição do sistema de irrigação por gotejamento para melão, utilizando espaçamento de 1,50 x 0,30 m (22.222 plantas.ha⁻¹). Testaram quatro intervalos de irrigação (1, 2, 3 e 4 dias); duas disposições de linhas laterais (junto a cada fileira de plantas e entre fileiras alternadas de plantas); gotejamento superficial e enterrado a 0,25 m de profundidade. Utilizaram linhas laterais de 17 mm de diâmetro externo com gotejadores na linha do tipo labirinto, autocompensantes e

autolimpantes, vazão 2 L.h⁻¹ e espaçados de 0,5 m. Os autores concluíram que não houve diferença significativa entre intervalos de irrigação; que as produtividades total e comercial não dependeram da disposição das linhas laterais, indicando viabilidade técnica do uso de linhas laterais de gotejamento entre fileiras alternadas de plantas de melão (espaçamento entre linhas de até 3 m), ou seja, uma linha de gotejamento entre fileiras alternadas de plantas de melão; verificaram, ainda, que não houve diferença significativa entre as produtividades do meloeiro irrigado por gotejamento superficial e enterrado, ficando a recomendação dependente da análise do aumento adicional do custo de implantação com a necessidade de abertura das valas, em relação à vantagem de redução das perdas no sistema.

Quando Dias et al. (2000) analisaram a produção de melão sob duas densidades de plantio, em diferentes tipos de espaçamento de gotejadores, os resultados mostraram que o uso de gotejadores de menor espaçamento ou maior vazão (1,42 ou 2,3 L.h⁻¹ a 0,30 m) com a maior densidade de plantio (espaçamento de 2,00 x 0,25 m, totalizando 20.000 plantas.ha⁻¹) proporcionaram maior porcentagem do stand de plantas de melão e aumento na produção comercial.

Mediante este resultado e para que o irrigante tenha pleno domínio do equipamento adquirido, torna-se fundamental colecionar os catálogos que devem ser fornecidos pelos fabricantes, a fim de que se possa, após a instalação do sistema no campo, torná-los disponíveis para que um profissional habilitado possa acompanhar seu desempenho. Recomenda-se, adicionalmente, a instalação de filtro de disco de pelo menos 120 mesh (120 furos por polegada); lavagem periódica do filtro; instalação de manômetro de glicerina após conjunto motobomba e filtro, a fim de monitorar a pressão com que a água chega ao sistema.

A filtragem é fundamental na irrigação por gotejamento para melhorar a qualidade da água, impedindo entupimentos e garantindo melhor distribuição ao longo das tubulações. Os materiais que mais obstruem os emissores são partículas de solo (areia, argila e silte), carbonato de cálcio, partículas de metal, precipitados químicos e algas. A frequência da limpeza dos filtros depende do grau de impureza da água de irrigação, podendo ser diária, semanal, quinzenal ou mensal. Uma forma de determinar o momento da limpeza é quando ocorrer aumento da perda de carga no cabeçal de controle da ordem de 50 kPa (Crisóstomo et al., no prelo).

Uniformidade de aplicação d'água

O monitoramento da uniformidade de aplicação d'água pelo sistema de gotejamento é importante, porque exerce influência direta no desempenho da cultura e, também, para se conhecer a vazão média determinada em campo. Esse dado é utilizado na definição do tempo de irrigação.

Após a instalação do sistema, periodicamente, é recomendável a avaliação da uniformidade de aplicação de água, utilizando-se proveta graduada ou na indisponibilidade da mesma, utilizar um recipiente de volume conhecido.

Bernardo (1989) sugere uma metodologia para avaliação da uniformidade de aplicação de água, utilizando-se os seguintes critérios para realização do teste:

- Seleção de quatro linhas laterais para medição:
 - a) Primeira linha.
 - b) Linha situada a 1/3 do comprimento.
 - c) Linha situada a 2/3 do comprimento.
 - d) Última linha.
- Coleta de dados de oito gotejadores por linha lateral situados nas seguintes posições:
 - a) Primeiro gotejador.
 - b) Gotejador a 1/7 do comprimento.
 - c) Gotejador a 2/7 do comprimento.
 - d) Gotejador a 3/7 do comprimento.
 - e) Gotejador a 4/7 do comprimento.
 - f) Gotejador a 5/7 do comprimento.
 - g) Gotejador a 6/7 do comprimento.
 - h) Último gotejador.

Exemplo de teste de vazão utilizando recipiente de volume conhecido (50 mL), em sistema de gotejamento para determinação do Coeficiente de Uniformidade de Aplicação (CUA), é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Exemplo de teste de vazão utilizando recipiente de volume conhecido (50 mL), em sistema de gotejamento para determinação do Coeficiente de Uniformidade de Aplicação (CU), realizado em Paraipaba, Ceará (2002).

Pressão 2,0 - 2,4 bar							
Linha	Gotejador	Distância (m)	Tempo (s) 1ª amostra	Tempo(s) 2ª amostra	Tempo (s) 3ª amostra	Tempo (s) Médio	q' (L.h ⁻¹)
Primeira	primeiro	0	66	70	66	67,3	2,7
	1/7 comp.	6,7	66	70	65	67,0	2,7
	2/7 comp.	13,4	56	67	58	60,3	3,0
	3/7 comp.	20,14	60	60	63	61,0	3,0
	4/7 comp.	26,84	54	58	51	54,3	3,3
	5/7 comp	35,54	59	63	64	62,0	2,9
	6/7 comp	42,24	61	60	56	59,0	3,1
	último	47,00	55	50	50	51,7	3,5
1/3 comp. 9,3 m	primeiro	0	66	66	64	65,3	2,8
	1/7 comp.	6,7	56	52	49	52,3	3,4
	2/7 comp.	13,4	60	55	57	57,3	3,1
	3/7 comp.	20,14	62	62	66	63,3	2,8
	4/7comp.	26,84	58	60	57	58,3	3,1
	5/7 comp	35,54	53	54	54	53,7	3,4
	6/7 comp	42,24	59	62	61	60,7	3,0
	último	48,94	61	62	59	60,7	3,0
2/3 comp. 18,7 m	primeiro	0	64	49	54	55,7	3,2
	1/7 comp.	6,7	58	59	59	58,7	3,1
	2/7 comp.	13,4	56	58	58	57,3	3,1
	3/7 comp.	20,14	62	61	61	61,3	2,9
	4/7comp.	26,84	62	60	66	62,7	2,9
	5/7 comp	35,54	63	63	62	62,7	2,9
	6/7 comp	42,24	64	64	76	68,0	2,6
	último	48,94	58	57	57	57,3	3,1
última	primeiro	0	73	65	71	69,7	2,6
	1/7 comp.	6,7	66	67	68	67	2,7
	2/7 comp.	13,4	67	68	66	67	2,7
	3/7 comp.	20,14	66	66	68	66,7	2,7
	4/7 comp.	26,84	67	68	68	67,7	2,7
	5/7 comp	35,54	72	70	80	74,0	2,4
	6/7 comp	42,24	73	72	78	74,3	2,4
	último	48,94	76	75	74	75,0	2,4
q média							2,91
q 25% menor							2,575
CUD (%)							88,53

(*) q = vazão do gotejador determinada em campo.

O Coeficiente de Uniformidade é determinado pela seguinte equação:

$$\text{CUD} = \frac{\text{média do quartil (¼) das vazões com menores valores}}{\text{média de todas as vazões}} \times 100 \quad (1)$$

Eficiência da irrigação

As perdas ocorrem no solo molhado, por percolação e, em menor escala, por evaporação e escoamento superficial.

Gomes (1994) considera as perdas por percolação no cálculo da eficiência do sistema, baseando-se no coeficiente de transmissividade (T_r) do solo (T_r) que expressa a eficiência do solo em armazenar a água aplicada pelos gotejadores e seu valor pode ser estimado em função da textura do solo.

Tabela 2. Coeficiente de transmissividade (T_r) segundo a textura do solo, clima e profundidade das raízes.

Clima	Profundidade das raízes	Textura do Solo			
		Muito arenosa	Arenosa	Média	Fina
Árido	< 0,75	0,85	0,90	0,95	1,00
	0,75 a 1,50	0,90	0,95	1,00	1,00
	> 1,50	0,95	1,00	1,00	1,00
Úmido	< 0,75	0,75	0,80	0,85	0,90
	0,75 a 1,50	0,80	0,85	0,90	0,95
	> 1,50	0,85	0,90	0,95	1,00

Fonte: Keller & Karmeli (1974) *apud* Gomes (1994).

A profundidade efetiva das raízes para o melão pode ser considerada de 0,30 m (Dusi, 1992).

A eficiência do sistema de irrigação por gotejamento (E_f) obtém-se pela seguinte expressão:

$$E_f = T_r \times \text{CUD} \quad (2)$$

Tr = Coeficiente de Transmissividade do solo (Tabela 2);

CUD = Coeficiente de Uniformidade de Aplicação (Tabela 1).

Portanto, pelo exemplo da Tabela 1, a eficiência de irrigação de melão em solo de textura média em clima árido é:

$$E_f = 0,95 \times 0,8853 = 0,84 \text{ ou } 84\%$$

Gerenciamento da água de irrigação

Após conhecida a vazão média do sistema de gotejamento e mantendo-se a pressão de serviço recomendada, por meio de acompanhamento da leitura do manômetro durante as irrigações, será realizado o manejo da irrigação. Para que seja eficiente, pressupõe-se haver controle da variação do teor de água no solo durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, de tal forma a se determinar o momento da irrigação e a quantidade de água a ser aplicada (Andrade et al., 2000).

Dentre os métodos mais indicados podemos citar:

- Evapotranspiração da cultura.
- Tensão de água no solo, por meio da utilização de sensores de umidade.

Evapotranspiração da cultura (ET_c)

Existem duas maneiras de se obter a evapotranspiração, uma por **medição direta** (balanço hídrico, lisímetro) e a outra por **estimativa**, por meio de fórmulas empíricas (Thornthwaite, Blaney-Criddle, Hargreaves, Penman-Monteith) ou tanques de evaporação (Classe A).

O método de Penman-Monteith ajustado é considerado pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura (FAO) e pela Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem (ICID) como método padrão de cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o).

Para se determinar a evapotranspiração da cultura, há necessidade de se conhecer o **coeficiente de cultivo (K_c)**, de forma que:

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad (3)$$

Na seleção do coeficiente de cultivo (Kc) deve-se observar:

- O período vegetativo do cultivo.
- As condições climáticas predominantes no local de determinação.

Convém atentar que o Kc é um dado regional que poderá ser extrapolado apenas para locais de condições climáticas semelhantes e está associado ao método de definição da evapotranspiração de referência - ETo (tanque Classe A, Hargreaves, Penman-Monteith), pois o Kc estabelece uma relação entre a evapotranspiração de referência e a de uma área coberta pela cultura.

O coeficiente da cultura (Kc) para o meloeiro, pelo método de Penman-Monteith foi determinado por Miranda & Bleicher (2001) para a Região Litorânea do Ceará (experimento em Paraipaba, Ceará, altitude de 30,0 m, temperatura média de 26,7° C e umidade relativa do ar de 71%). As fases fenológicas foram definidas da seguinte forma: I) fase inicial – do plantio até 10% de cobertura do solo; II) Fase de crescimento – do final da fase inicial até a cobertura total do solo; III) fase intermediária – do estabelecimento da cobertura total do solo até o início da maturação dos frutos; IV) fase final – colheita. Os resultados demonstraram que os maiores valores de Kc ocorrem na fase de desenvolvimento dos frutos (intermediária) conforme indicado na Tabela 3 e ilustrado na Fig.2.

Tabela 3. Coeficiente de Cultura (Kc) para o meloeiro, determinados por Miranda & Bleicher (2001).

Fase	Dias após o plantio	Coeficiente de cultivo (Kc)	
		FAO (1988)	ETo-PM
Inicial	0 a 22	0,20	0,21
Crescimento	23 a 40	0,21 a 1,05	0,21 a 1,20
Intermediária	41 a 58	1,05	1,20
Final	59 a 66	0,70	0,97

Fonte: Miranda & Bleicher (2001).

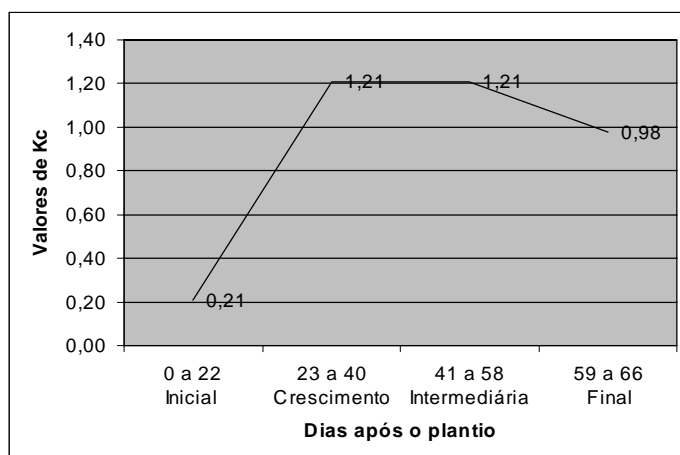


Fig.2. Variação dos coeficientes de cultivo do melão, adaptado de Miranda & Bleicher (2001).

Cabral (2000) corrigiu a evapotranspiração de referência de Hargreaves pelo método de Penman-Monteith-FAO para o Estado do Ceará, conforme indicado na Tabela 4.

Tabela 4. Evapotranspiração de referência em $\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ obtidas pelos métodos de Penman-Monteith-FAO para Municípios do Estado do Ceará, por Cabral (2000).

Municípios	Evapotranspiração de referência (ET ₀) em $\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$											
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Acarauá	5,42	5,10	4,09	4,25	4,29	5,09	5,50	6,67	7,10	7,21	7,03	6,39
Aracati	6,25	5,85	5,19	4,87	4,59	4,46	6,04	7,00	6,83	6,91	5,52	5,30
Barbalha	4,82	4,67	4,27	4,16	4,27	4,48	5,32	5,95	6,48	6,35	6,10	5,42
Campos Sales	5,50	4,98	4,35	4,81	5,20	5,74	5,93	7,50	7,99	8,06	7,19	6,59
Crateús	5,94	5,05	4,20	4,12	4,53	5,05	6,33	6,97	7,66	8,06	7,86	7,00
Fortaleza	4,97	4,67	3,94	3,84	4,10	4,27	4,51	5,47	5,98	6,06	5,99	5,55
Guaramiranga	3,52	3,20	2,80	2,77	2,61	2,63	2,94	3,56	3,99	4,06	4,08	3,87
Iguatu	4,99	4,10	3,48	3,31	3,44	3,83	4,74	5,65	6,08	6,36	6,26	5,94
Jaguaruana	6,17	5,34	4,53	4,36	4,23	4,55	5,16	6,31	7,02	7,43	7,12	6,46
Juazeiro do Norte	5,36	4,83	4,35	3,96	4,38	4,42	4,98	5,99	6,41	6,15	6,39	5,72
Morada Nova	6,73	5,64	4,89	4,57	4,56	4,68	5,30	6,29	7,31	7,69	7,66	7,27
Paraipaba	4,43	4,47	3,93	3,78	3,76	3,83	4,21	4,82	5,37	5,42	5,32	4,98
Pentecoste	6,15	5,33	4,14	4,14	4,28	4,61	5,21	6,85	7,83	7,97	7,77	7,27
Quixeramobim	6,66	5,68	4,81	4,16	3,89	4,16	4,99	6,69	7,85	7,93	8,27	7,69
Sobral	5,48	5,03	4,14	3,89	3,93	4,31	5,02	6,22	7,44	7,17	7,13	6,58
Tauá	5,40	4,78	4,43	4,37	4,29	4,94	5,36	6,13	6,71	6,92	6,66	6,13

Fonte: Cabral (2000) modificado.

Os dados da Tabela 4 podem ser utilizados em regiões climaticamente semelhantes, conforme Tabela 5.

Tabela 5. Regiões climaticamente semelhantes no Estado do Ceará aos municípios que possuem dados climáticos completos para o cálculo da $ET_{o_{PM}}$.

Município base	Municípios correlacionados
Acaraú	Bela Cruz, Itarema, Cruz, Marco, Morrinhos, Jijoca de Jericoacoara, Camocim, Barroquinha, Chaval
Aracati	Fortim, Icapuí, Beberibe
Barbalha	Missão Velha, Milagres, Jardim, Jati, Penaforte, Abaiara, Porteiras, Brejo Santo, Muiriti, Barro
Campos Sales	Salitre, Araripe, Aiuaba, Antonina do Norte, Assaré, Potengi, Saboeiro, Tarrafas
Crateús	Novo Oriente, Independência, Ipaporanga, Tamboril, Nova Russas, Poranga, Ararendá, Monsenhor Tabosa, Ipeiras, Catunda
Fortaleza	Caucaia, Maranguape, Maracanaú, Aquiraz, Eusébio, Pacatuba, Guaiúba, Itaitinga, Pindoretama, Cascavel
Guaramiranga	Palmácia, Pacoti, Mulungu
Iguatu	Acopiara, Jucás, Quixelô, Cedro, Orós, Cariús, Icó, Irapuã Pinheiro, Ipaumirim, Baixo, Umari, Piquet Carneiro
Jaguaruana	Itaíçaba, Quixeré, Palhano
Juazeiro do Norte	Crato, Caririaçu, Aurora, Várzea Alegre, Santana do Cariri, Nova Olinda, Farias Brito, Granjeiro, Altaneira, Lavras da Mangabeira
Morada Nova	Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte, Russas, Ocara, São João do Jaguaribe, Alto Santo, Ibaretama, Jaguaretama, Jaguaribara, Iracema, Potiretama, Banabuiú, Ibicuitinga, Ererê, Pereiro, Jaguaribe, Solonópole
Paraipaba	Paracuru, São Gonçalo do Amarante, Trairi, São Luís do Curu
Pentecoste	Apuiarés, Umirim, Itapagé, Tejuçuoca, General Sampaio, Caridade, Canindé, Paramoti
Quixeramobim	Quixadá, Madalena, Boa Viagem, Senador Pompeu, Choró, Milhã, Itapiúna, Itatira
Sobral	Forquilha, Alcântaras, Coreaú, Groaíras, Cariré, Santa Quitéria, Reriutaba, Varjota, Meruoca, Massapê, Santana do Acaraú, Moraújo
Tauá	Arneiroz, Parambu, Mombaça, Quiterianópolis, Pedra Branca, Catarina

Fonte: Cabral (2000).

Tanque Classe A

Outra forma de determinar a evapotranspiração de referência (ET_o) é a medição por meio do tanque Classe A, que, consiste de um tanque circular de aço inoxidável, com 121 cm de diâmetro interno e 22,5 cm de profundidade, devendo ser instalado num estrado de madeira de 15 cm de altura, cheio d'água até 5 cm da borda superior, não permitindo variação no nível da água maior que 2,5 cm. (Bernardo, 1989). A Tabela 6 mostra um exemplo das informações obtidas de um tanque Classe A.

Tabela 6. Exemplo de dados de leituras, recargas, evaporação diária (mm), evaporação acumulada (mm) e evapotranspiração acumulada (mm) antes de cada irrigação, pelo tanque Classe A.

Data	Leitura anterior (mm)	Leitura do dia (mm)	Recargas	Evaporação diária (mm)	Evaporação acumulada antes das irrigações (mm)
01/10	52,4	45,7	-	6,7	50,2
02/10	45,7	33,2	-	12,5	62,7
03/10	33,2	23,6	68,5	9,6	72,3
04/10	68,5	60,4	-	8,1	80,4
05/10	60,4	50,6	-	9,8	90,2
06/10	50,6	38,4	-	12,2	12,2
07/10	38,4	28,2	-	10,2	22,4
08/10	28,2	17,7	71,2	10,5	32,9
09/10	71,2	61,3	-	9,9	42,8
10/10	61,3	53,6	-	7,7	50,5
11/10	53,6	44,3	-	9,3	59,8
12/10	44,3	34,2	-	10,1	69,9
13/10	34,2	25,0	65,2	9,2	79,1
14/10	65,2	56,9	-	8,3	8,3
15/10	56,9	50,4	-	6,5	14,8
16/10	50,4	40,2	-	10,2	25,0
17/10	40,2	34,3	-	5,9	30,9
18/10	34,3	27,3	66,6	7,0	37,9
19/10	66,6	58,3	-	8,3	46,2
20/10	58,3	52,8	-	5,5	51,7
21/10	52,8	44,6	-	8,2	59,9
22/10	44,6	36,5	-	8,1	8,1
23/10	36,5	27,5	66,3	9,0	17,1
24/10	66,3	57,8	-	8,5	25,6
25/10	57,8	50,5	-	7,3	32,9
26/10	50,5	43,0	-	7,5	40,4
27/10	43,0	36,8	-	6,2	46,6
28/10	36,8	27,2	67,4	9,6	56,2
29/10	67,4	58,5	-	8,9	65,1
30/10	58,5	51,7	-	6,8	71,9
31/10	51,7	41,1	-	10,6	10,6

A altura evaporada é obtida diariamente medindo-se a diminuição da lâmina d'água. A leitura é realizada por meio de um micrômetro de gancho, colocado dentro de um poço tranquilizador localizado no interior do tanque, para evitar oscilações no nível da água. Para relacionar a evaporação medida no tanque com a evapotranspiração de referência, utiliza-se o coeficiente chamado de coeficiente do tanque. Este depende do meio que circunda o tanque, tamanho da bordadura, velocidade do vento e umidade relativa, conforme apresentado na Tabela 7. Observa-se que à medida que a velocidade do vento aumenta, o coeficiente do tanque diminui, evidenciando o poder evaporante do ar e à medida que a umidade relativa do ar aumenta, o coeficiente do tanque também aumenta.

As medições devem ser realizadas uma única vez pela manhã, na mesma hora e usando sempre água limpa (renovar regularmente). Um pluviômetro deve ser instalado próximo ao tanque observando as precipitações, a fim de deduzir a leitura, pois as chuvas são consideradas no controle da irrigação.

Tabela 7. Coeficiente de tanque Kt em função dos dados meteorológicos e do meio em que está instalado.

U. Relativa Média (%)	Tanque instalado em área com vegetação baixa ou grama			Tanque instalado em área não cultivada				
	Baixa < 40	Média 40-70	Alta > 70	Baixa < 40	Média 40-70	Alta > 70		
Vento km/dia	Tamanho da bordadura (grama) m			Tamanho da bordadura (solo nu) m				
Leve < 175	1	0,55	0,65	0,75	1	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,50	0,60	0,70
Moderado 175-425	1	0,50	0,60	0,65	1	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55	0,60
Forte 175-425	1	0,45	0,50	0,60	1	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55	0,65
	100	0,60	0,65	0,70	100	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45	0,55
Muito forte > 700	1	0,40	0,45	0,50	1	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,50	10	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,65	1000	0,35	0,40	0,45

Fonte: Food and Agriculture Organization (FAO 1976, *apud* Bernardo, 1989).

O tanque Classe A mede a altura de evaporação (Ev). A evapotranspiração de referência é fornecida pela equação:

$$ET_o = K_t \times E_v \quad (4)$$

Necessidades hídricas do cultivo em irrigação por gotejamento

Para o cálculo das necessidades hídricas em irrigação localizada deve-se aplicar um coeficiente de redução ou coeficiente de cobertura (Kr).

$$ET_c = ET_o \times K_c \times K_r \quad (5)$$

Construção do calendário de irrigação

Ao se dividir a ETc pela eficiência de irrigação, 0,80 (não confundir com o coeficiente de uniformidade de aplicação – CUD), determina-se a Necessidade Hídrica Bruta do cultivo.

Tomando-se, como exemplo, o mês de outubro, a partir da Tabela 8, o volume de água aplicado é determinado pelo espaçamento entre gotejadores (e) e suas vazões (q). Supondo os gotejadores espaçados de 1,5 x 0,5 m tem-se:

$$V = \frac{NHB \text{ (mm)}}{1.000} \times e \text{ (m}^2\text{)} = \frac{10,15 \text{ mm}}{1.000} \times 1,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \quad (6)$$

$$= 0,00761 \text{ m}^3 = 7,61 \text{ L}$$

Dividindo-se o volume pela vazão do gotejador (2,83 L.h⁻¹, conforme vazão média obtida na Tabela 1), encontramos o tempo de irrigação:

$$\text{Tempo de irrigação} = 7,61 \text{ L} / 2,83 \text{ L/h} = 2,69 \text{ horas.}$$

As Tabelas 8 e 9 trazem o tempo de irrigação calculado a partir da Evapotranspiração de Referência obtida pelo Tanque Classe A e pelo Método de Penman-Monteith-FAO, no Município de Paraipaba, CE.

Tabela 8. Exemplo de elaboração de um calendário de irrigação considerando ET_o a partir do Tanque Classe A, com plantio em 8 de setembro.

Paraipaba	Setembro 8 - 30 0 - 22 DAP*	Outubro 1 - 18 23 - 40 DAP*	Outubro 19 - 31 41 - 54 DAP*	Novembro 1 - 4 55 - 58 DAP*	Novembro 5 - 12 59 - 66 DAP*
Evap.tanque Classe A (média em mm.dia ⁻¹)	8,72	8,85	8,85	8,64	8,79
Ktanque (área não cultivada UR>70%)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
ET _o mm.dia ⁻¹	7,412	7,525	7,525	7,344	7,344
Kc (Miranda & Bleicher, 2001)	0,21	0,21 - 1,20**	1,20	1,20	0,97
ETc (E _o x K _t x K _c) mm.dia ⁻¹	1,56	1,56 - 9,03	9,03	8,81	7,12
Necessidade Hídrica Bruta mm.dia ⁻¹ (ef = 0,80) = (ETc/0,80)	1,85	1,85 - 10,75	10,75	10,49	8,48
Volume (L) para e = 0,75 m ² (NHB*0,75)	1,40	1,40 - 8,06	8,06	8,06	7,87
Vazão do gotejador (L.h ⁻¹)	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83
Tempo de Irrigação diário (horas) = V/q	0,49	0,49 - 2,85	2,85	2,78	2,25
Tempo de Irrigação diário (horas e minutos)	30 min	30 min - 2h50 min	2 h 50min	2 h 47 min	2h15min

Tabela 9. Exemplo de elaboração de um calendário de irrigação considerando ET_o pelo método de Penman-Monteith-FAO, com plantio em 8 de setembro.

Paraipaba	Setembro 8 - 30 0 - 22 DAP*	Outubro 1 - 18 23 - 40 DAP*	Outubro 19 - 31 41 - 54 DAP*	Novembro 1 - 4 55 - 58 DAP*	Novembro 5 - 12 59 - 66 DAP*
ET _o Penman-Monteith-FAO	5,37	5,42	5,42	5,32	5,32
Kc (Miranda & Bleicher, 2001)	0,21	0,21 - 1,20**	1,20	1,20	0,97
ETc (E _o x K _c) mm.dia ⁻¹	1,13	1,13 - 6,50	6,50	6,38	5,16
Necessidade Hídrica Bruta mm.dia ⁻¹ (ef = 0,84) = ETc/0,84	1,34	1,34 - 7,74	7,74	7,60	6,14
Volume (L) para e = 0,75 m ²	1,01	1,01 - 5,81	5,81	7,60	6,14
Vazão do gotejador (q = 2,83 L.h ⁻¹)	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83
Tempo de Irrigação diário (horas) = V/q	0,36	0,36 - 2,05	2,05	2,01	1,63
Tempo de Irrigação diário (horas e minutos)	21 min	21 min - 2h	2 h	2h 8min	1h 38min

* Dias Após o Plantio.

** Kc evoluindo de 0,21 à 1,20 com incremento de 1/18 por dia, nos 18 dias do período.

Método da tensão de água no solo

O manejo da irrigação com sensores de umidade no solo constitui-se em realizar a irrigação quando a tensão de água no solo atingir um determinado valor crítico que não prejudique o desenvolvimento e produção da cultura, ou seja, não provoque estresse hídrico.

O sensor mais comum para determinação da tensão da água no solo é o tensiômetro de mercúrio ou com vacuômetro. Desde 1922, os tensiômetros têm sido utilizados para medir a tensão da água em solos não saturados (Gardner et al., 1922).

As partes essenciais de um tensiômetro (Fig. 3) são constituídas de uma cápsula porosa, geralmente de material cerâmico, conectada, através de um tubo, a um manômetro com todas as partes preenchidas com água. (Richards, 1965 *apud* Hillel, 1980). Quando a cápsula é posta em contato com o solo, a água do tensiômetro entra em contato com a água do solo estabelecendo-se o equilíbrio. O solo estando sob tensão, exerce uma sucção sobre o instrumento e dele retira certa quantidade de água causando a queda de sua pressão interna. Como o

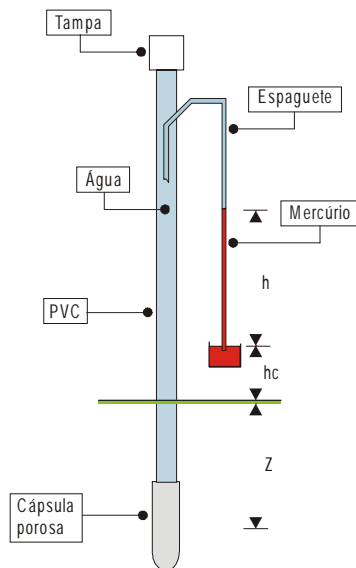


Fig. 3. Ilustração de tensiômetros e parâmetros necessários para estimativa da tensão de água no solo.

instrumento é vedado, a coluna de mercúrio (h) do manômetro cresce, indicando a tensão interna da água. Estabelecido o equilíbrio, o potencial da água dentro do tensiômetro é igual ao potencial da água no solo e, assim, (h) é uma medida direta do potencial mátrico (Ψ_m) (Reichardt, 1975). Após uma irrigação, elevando-se o teor de umidade do solo à capacidade de campo o inverso ocorre, ou seja, o instrumento passa a exercer uma sucção sobre o solo, passando a ganhar água e empurrando a coluna de mercúrio para baixo, a fim de restabelecer o equilíbrio.

O limite de utilização do tensiômetro é, no máximo, de 80 kPa de tensão, quando então ocorre a entrada de ar no sistema, igualando a pressão interna à atmosférica (Hillel, 1971).

Mesmo levando em consideração as numerosas vantagens dos tensiômetros, verifica-se que seu uso não tem se disseminado entre os irrigantes (Schmugge et al., 1980). Uma das causas prováveis é a falta de domínio no uso do instrumento por parte dos agricultores, em geral, além do desconhecimento dos benefícios que o mesmo pode trazer. Além disso, as cápsulas porosas são facilmente danificáveis e os aparelhos requerem um manejo cuidadoso nas condições de campo. Os tensiômetros equipados com manômetros de mercúrio não são tão caros e são bastante sensíveis. A Fig. 4 demonstra um bateria de tensiômetros de mercúrio instalados em cinco profundidades do solo.



Foto: Rubens Sonsol Gondim

Fig. 4. Bateria de tensiômetros de mercúrio instalados em cinco profundidades.

Cuidados na utilização

Cassel & Klute (1986) apontaram duas características importantes da cápsula porosa: a pressão de borbulhamento e a condutância, ainda, apontaram os fenômenos que podem ocorrer quando a tensão da água no tensiômetro decresce, permitindo a entrada de uma fase gasosa no interior do tensiômetro interferindo na sua operação, tornando o instrumento lento em suas respostas às variações de tensão na água do solo.

Embora o tensiômetro seja um instrumento simples, muitas frustrações têm ocorrido por causa da ausência do teste e preparação do mesmo, antes e durante sua instalação, bem como na sua manutenção.

O uso de água desaerada é imperativo. Água que não foi desaerada possui gases dissolvidos, os quais deixarão a solução quando a água no interior do tensiômetro for submetida a uma pressão menor que a atmosférica. Água desaerada pode ser obtida por meio da fervura e resfriamento.

Cassel & Klute (1986) advertem, também, sobre os cuidados durante e após a instalação dos tensiômetros. As cápsulas devem ser mantidas molhadas até os tensiômetros serem instalados no campo. Aguardar de três a seis horas antes das primeiras leituras. Após a instalação, cada tensiômetro deverá ser inspecionado pelo menos duas vezes por semana e no caso de tensiômetros de mercúrio, a fluxagem de ar poderá ser efetuada utilizando-se uma seringa com respectiva agulha.

Controle da lâmina d'água pelo tensiômetro

Os tensiômetros instalados determinam a umidade do solo, por meio da tensão com que a água está retida (T).

$$T = 12,6 h - h_c - z \quad (7)$$

onde:

h é a leitura do tensiômetro feita a partir da superfície de mercúrio na cuba.

hc é a distância do nível de mercúrio na cuba à superfície do solo, no momento da leitura, em metro de solução.

z é a profundidade de instalação da cápsula.

Com os valores de tensão (T) obtidos das leituras dos tensiômetros, determina-se, por meio de uma curva característica (Fig. 5), o conteúdo de água do solo (q , $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$).

A lâmina líquida requerida foi calculada pela seguinte expressão:

$$L.L. = (\theta_{c.c.} - \theta_{u.c.}).z \quad (8)$$

onde:

L.L. é a lâmina líquida.

$\theta_{c.c.}$ é o conteúdo de umidade na capacidade de campo.

$\theta_{u.c.}$ é o conteúdo da umidade crítica.

$\theta_{u.A}$ é o conteúdo de umidade atual, no momento de irrigar.

z é a profundidade do solo que se deseja irrigar.

Para o melão, a tensão máxima na qual a cultura responde com rendimento ótimo situa-se em torno de - 30 kPa (Silva & Marouelli, 1998), isto é, as irrigações deverão ocorrer sempre que a tensão (T) na profundidade da zona radicular (faixa de 0,30 m para melão, conforme Dusi (1992) atingir um valor limite de - 30 kPa. (Conforme curva característica da área a irrigar).

Para uma maior precisão pode-se instalar tensiômetros em duas profundidades. Um na profundidade de 0,075 m representando a camada de solo de 0 - 0,15 m e outro a 0,23 m representando a faixa de solo de 0,15 - 0,30 m.

O conteúdo de umidade na capacidade de campo é obtida pela curva no nível de 33 kPa de tensão. Como a faixa superficial atinge mais rapidamente a tensão crítica, na disponibilidade de tensiômetros instalados em diversas profundidades, deve-se calcular as necessidades hídricas por faixa de solo:

Exemplo hipotético:

Supondo que pela curva característica do solo:

Faixa de 0 - 0,15 m

Tensiômetro instalado a 0,075 m: $\theta_{c.c.} = 0,41 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$

$\theta_{u.c.} = 0,32 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$

Faixa de 0,15 - 0,30 m

Tensiômetro instalado a 0,23 m: $\theta_{c.c.} = 0,34 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$

$\theta_{u.a.} = 0,22 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$

$\theta_{u.a.}$ é o conteúdo de umidade atual, no momento de irrigar.

Quando a faixa de solo mais superficial atingir a tensão de umidade crítica (-30 kPa para meloeiro), calcula-se a lâmina líquida da faixa de solo de 0 - 0,15 m ($L.L_1$)

$$L.L_1(0-0,15 \text{ m}): (0,41 - 0,32) \times 150 \text{ mm} = 13,5 \text{ mm}$$

Para a faixa de solo da camada inferior (0,15 - 0,30 m), calcula-se a lâmina líquida pela umidade do momento da leitura (chamada *umidade atual*).

$$L.L_2(0,15-0,30 \text{ m}): (0,34 - 0,22) \times 150 \text{ mm} = 21,0 \text{ mm}$$

A soma das duas lâminas calculadas fornece a lâmina líquida total ($L.L_{total}$)

$$\begin{aligned} L.L_{total} &= L.L(0-0,15 \text{ m}) + L.L(0,15-0,30\text{m}) = \\ &= 13,5 + 21,0 \text{ mm} = 34,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

A umidade atual é utilizada considerando que a faixa de solo mais profunda, de uma maneira geral, não atinge a umidade crítica, sendo assim, apenas se repõe a quantidade de água necessária para manter a faixa de solo na capacidade de campo.

Convém mencionar que uma irrigação monitorada por tensiômetro é mais indicada para áreas de solo mais homogêneo e necessita de acompanhamento sistemático das leituras no instrumento.

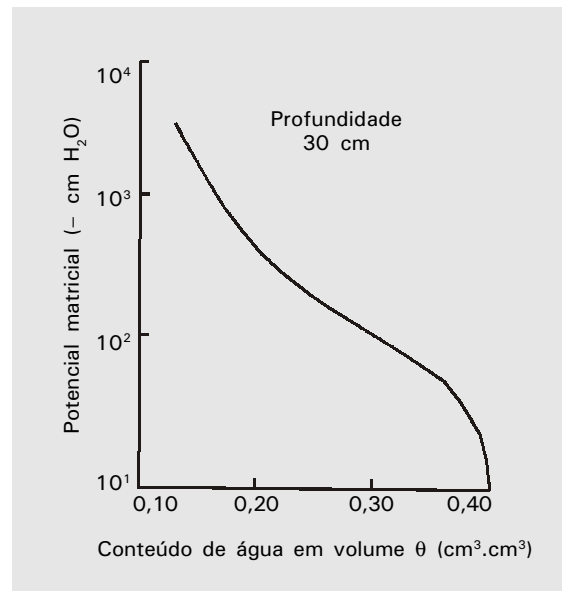


Fig. 5. Exemplo de uma curva de tensão x conteúdo de água por volume de solo.

Gestão da qualidade da água de irrigação

Os problemas da qualidade da água de irrigação referem-se à:

- **Salinidade:** os sais do solo e da água reduzem a disponibilidade de água para as plantas, a tal ponto que afetam os rendimentos das culturas.
- **Toxicidade:** os íons sódio, cloreto e boro contidos no solo ou na água podem acumular-se nas plantas e causar danos, reduzindo os rendimentos das culturas. As culturas anuais são de uma maneira geral mais tolerantes (Ayers & Westcot, 1991).

A Tabela 10 indica os parâmetros de qualidade da água para monitoramento, por meio de análise de solo, solicitada pelo irrigante.

Tabela 10. Análises de laboratório necessárias para avaliar a água de irrigação.

Parâmetros	Símbolo	Unidade	Valores Normais em Água de Irrigação
Salinidade			
Condutividade Elétrica	CE _a	dS/m	0 – 3
Sais Dissolvidos Totais	SDT	mg/L	0 – 2.000
Cátions e Ânions			
Cálcio	Ca ⁺⁺	meq/L	0 – 20
Magnésio	Mg ⁺⁺	meq/L	0 – 5
Sódio	Na ⁺	meq/L	0 – 40
Carbonatos	CO ₃ ⁻⁻	meq/L	0 – 0,1
Bicarbonatos	HCO ₃ ⁻	meq/L	0 – 10
Cloreto	Cl ⁻	meq/L	0 – 30
Sulfatos	SO ₄ ⁻⁻	meq/L	0 – 20
Nutrientes			
Nitrato - N	NO ₃ ⁻	mg/L	0 – 10
Amônio - N	NH ₄ ⁺	mg/L	0 – 5
Fosfato - P	PO ₄ ⁻⁻⁻	mg/L	0 – 2
Potássio	K ⁺	mg/L	0 – 2
Vários			
Boro	B	mg/L	0 – 2
Acidez ou alcalinidade	pH	-	6 – 8,5
Razão de Adsorção de Sódio			
	RAS ¹	(mmol/L) ^{1/2}	0 – 15

Fonte: Ayers & Westcot (1991).

⁽¹⁾ RAS = Na/(Ca + Mg)^{1/2} em meq/L.

Salinidade

Muitos dos problemas relacionados com excesso de sais e sódio trocável são inerentes ao solo no estado virgem. Outros, entretanto, aparecem após terem sido submetidos à irrigação. Assim, nas áreas irrigadas é comum o surgimento de salinidade provocada pela água de irrigação, contendo concentrações elevadas de sais, decorrentes de práticas de manejo que não visam a conservação da capacidade produtiva dos solos, de ausência de sistema de drenagem, de quantidade inadequada de água e de uso indiscriminado e excessivo de fertilizantes (Cordeiro, 1988).

A condutividade elétrica (CE) é o parâmetro utilizado para medir o nível de salinidade do solo ou da água de irrigação. É expressa em deciSiemes por metro (dS/m) ou milimhos/cm (mmhos/cm).

De uma maneira geral, a salinização decorre especialmente da aplicação inadequada de água, resultando em elevação do lençol freático. Este, por sua vez, carrega os sais (mesmo a água considerada de boa qualidade para irrigação, contém sais dissolvidos) para camadas próximas à superfície do solo. Com a evaporação, ocorre a concentração de sais. Essa situação é agravada por condições de alta demanda evapotranspirométrica, a qual acelera o processo de acumulação de sais na zona radicular das plantas.

Sabe-se que a salinidade inibe o crescimento das plantas, provocado por um estresse hídrico, o qual é causado pelo aumento da concentração de sais no solo. Devido à afinidade dos sais com a água, as plantas têm que exercer maior força para extraí-la do solo, afetando dessa forma, a disponibilidade hídrica para as culturas, mesmo em condições de umidade na zona radicular. (Ayers & Westcot, 1991). Podemos, então, enumerar os vários passos da seca fisiológica e seus efeitos causados pela salinização:

- Acúmulo de sais na zona radicular.
- Redução na percentagem de germinação das sementes.
- Redução no crescimento da área foliar e conseqüente inibição no crescimento das plantas.
- Queda na produção.
- Degradação do solo e abandono da área.

Silva et al. (2001) avaliaram numa área de 144 m² a produção de melão sob três níveis de salinidade (1,2; 2,5 e 4,4 dS/m). Os resultados demonstraram haver diferença significativa na produção total nos diversos níveis de salinidade (42,55; 34,99 e 29,09 kg, respectivamente).

Diante do exposto, torna-se compreensível que uma exploração irrigada, caso não seja efetuada dentro de padrões técnicos recomendados, pode ser uma atividade não sustentável, em função de resultar em rendimentos decrescentes das culturas exploradas, à medida que se incorporam sais ao solo e não se tomam medidas cabíveis, até se atingir o ápice da degradação com o conseqüente abandono da área.

Monitoramento da condutividade elétrica do solo

A salinidade do solo é medida pela concentração de sais presentes na solução do solo. Para medi-la é necessário coletar amostra na profundidade do sistema radicular com auxílio de um extrator de solução do solo. A salinidade é então expressa pela condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}).

A concentração de sais aumenta com a profundidade da zona radicular e diminui com a lixiviação. Depois de uma irrigação, a salinidade não ficará constante. Para a mesma profundidade, pouco depois da irrigação, o teor de água aproxima-se do máximo e a concentração de solutos é mínima (Ayers & Westcot, 1991).

A profundidade indicada para se coletar amostra de solo para o monitoramento da condutividade elétrica é a mesma da profundidade da zona radicular, podendo ser enviada para uma análise química ou conferida por meio de uso de um condutímetro portátil no campo.

Fertirrigação

Embora a fertirrigação já exista há algum tempo, no Brasil, existe uma carência de informações quanto ao seu uso para a maioria das culturas irrigadas.

Pinto (2001) afirma que os fertilizantes ricos em nitrogênio, potássio e micronutrientes são na maioria solúveis em água e não apresentam problemas de uso. Dispõe que os fertilizantes fosforados, por serem na maioria insolúveis em água, apresentam disponibilidade lenta, quando aplicados no solo. Alerta, ainda, que são mais problemáticos para serem utilizados via fertirrigação. Embora existam alguns fertilizantes fosforados solúveis como o fosfato de amônio, alguns apresentam perigo de serem utilizados em água de irrigação com elevado teor de cálcio, pois podem sofrer precipitação, como fosfato de cálcio que é insolúvel, levando a obstruções de tubulações e de emissores do sistema de irrigação.

Pinto (2001) cita ainda que:

- a aplicação de produtos contendo cálcio deve ser evitada em razão desse produto trazer risco com a formação de precipitados. O uso de cálcio deverá apenas se restringir aos solos muito ácidos e com alto teor de sódio. O nitrato de cálcio como fonte de cálcio é o adubo mais solúvel em água e por isso, o

mais recomendado. Pode-se usar também o cloreto de cálcio como fonte desse elemento.

- Alguns fertilizantes injetados no sistema de irrigação, podem precipitar, caso a concentração de cálcio seja superior a 6 meq/L. As concentrações de bicarbonato acima de 5,0 meq/L provocam problemas ainda mais graves.
- A aplicação de amônia anidra não é recomendada, devido à possibilidade de aumento nos níveis de pH da água de irrigação. Quando o pH da água for maior que 7,5, o Ca e Mg podem se acumular nos filtros, nas laterais e nos emissores do sistema de irrigação. Isso acontecendo há riscos de obstrução das tubulações e dos emissores.

A Tabela 11 traz os produtos comerciais usados na fertirrigação, suas fórmulas químicas, composição em níveis de nutrientes para as plantas e solubilidade em água.

Tabela 11. Fertilizantes usados na fertirrigação.

Produto comercial	Fórmula química	Composição			% Outros	Solubilidade g/L (20°C)
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
Ácido Nítrico	HNO ₃	13	-	-	-	-
Ácido Fosfórico	H ₃ PO ₄	-	55-85	-	-	Muito solúvel
Nitrato de Cálcio	Ca(NO ₃) ₂	15,5	-	-	19 (Ca)	1.200
Nitrato de Amônio	NH ₄ NO ₃	33,5	-	-	-	1.900
Sulfato de Amônio	(NH ₄) ₂ SO ₄	21	-	-	21 (S)	730
Uréia	CO(NH ₂) ₂	46	-	-	-	1.000
Nitrato de Potássio	KNO ₃	13	-	44	-	310
Cloreto de Potássio	KCl	-	-	60	-	340
Fosfato Monopotássico	KH ₂ PO ₄	-	51	34	-	230
Fosfatomonoaônico	NH ₄ H ₂ PO ₄	12	60	-	-	220
Fosfato Diamônico	(NH ₄) ₂ H ₂ PO ₄	21	53	-	-	400
Sulfato de Ferro	FeSO ₄ 7H ₂ O	-	-	-	36 (Fe)	260
Sulfato de Manganês	MnSO ₄ 4H ₂ O	-	-	-	32 (Mn)	500
Sulfato de Magnésio	MgSO ₄ 7H ₂ O	-	-	-	6 (Mg) 13 (S)	710
Ácido Bórico	H ₃ BO ₃	-	-	-	17 (B)	48
Sulfato de Zinco	ZnSO ₄ 7H ₂ O	-	-	-	23 (Zn)	750
Molibdato de Sódio	Na ₂ MoO ₄ 2H ₂ O	-	-	-	30 (Mo)	56
Sulfato de Potássio	K ₂ SO ₄	-	-	13	18 (S)	11

Fonte: Resh (1992) *apud* Dimenstein (1999).

Fatores que contribuem para a eficiência da fertirrigação (Pinto, 2001)

Compatibilidade entre os produtos utilizados na fertirrigação

Para facilitar a escolha dos produtos que podem ser misturados para aplicação via fertirrigação, veja Tabela 12.

Tabela 12. Compatibilidade entre fertilizantes solúveis na água de irrigação.

Fertilizantes Solúveis	Uréia	NA	SA	NC	MAP	MKP	NP	NP+Mg	NP+P	M+Mg	SP
Uréia	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Nitrato de amônia	C	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Sulfato de amônia	C	C	-	L	C	C	L	L	C	C	C
Nitrato de Cálcio	C	C	L	-	X	X	C	X	X	C	L
Fosfato monoamônio (MAP)	C	C	C	X	-	C	C	L	C	X	C
Fosfato monopotássio	C	C	C	X	C	-	C	L	C	X	C
Multi-K(NP)	C	C	L	C	C	C	-	C	C	C	C
Multi-K+Mg	C	C	L	X	L	L	C	-	X	C	C
Multi-NPK	C	C	C	X	C	C	C	X	-	X	C
Magnisal(N+Mg)	C	C	C	C	X	X	C	C	X	-	C
Sulfato de potássio	C	C	C	L	C	C	C	C	C	C	-

C = compatíveis; L = compatibilidade limitada; X = Incompatíveis.

Fonte: Mong & Shnek (1998) *apud* Pinto (2001).

Parcelamento dos produtos na água de irrigação

Convém lembrar que os fertilizantes nitrogenados não são adsorvidos nas argilas dos solos, por possuir uma carga elétrica negativa, os quais requerem maior atenção para o parcelamento.

Proteção ambiental

Há riscos de contaminação do homem, de fontes de água, do solo e dos demais componentes ambientais. Se houver uma parada imprevista do sistema de irrigação, o retorno da solução pode alcançar a fonte de água.

O nitrogênio é bastante solúvel e sua mobilidade por meio do solo é grande, especialmente por lixiviação. Alcançando águas superficiais pode causar eutrofização (elevação do nível trófico da água com conseqüente desequilíbrio dos ecossistemas aquáticos, aumento na população da vegetação aquática com conseqüente redução da luminosidade e redução do oxigênio dissolvido disponível, o que pode levar à mortandade de peixes). Nas águas subterrâneas pode causar contaminação por nitritos.

A prevenção da poluição por nitrogênio de águas superficiais e subterrâneas depende muito da habilidade de manter NO_3 no solo até o nível que pode ser retirado pelas plantas e reduzindo o nível no solo após a safra. (Ongley, 1996).

O comportamento do fósforo é diferente do nitrogênio e as perdas são menores, pois é menos solúvel. Em estudos de movimento do fósforo em terras agrícolas há indicadores que a maior quantidade tem origem na erosão, vindo adsorvido nas argilas.

A fim de prevenir a lixiviação e escoamento superficial de nutrientes com conseqüente contaminação de solos e águas, Ongley (1996) propõe as seguintes medidas de controle:

- **Aplicação racional de nitrogênio:** evitar excesso de fertilização limitando as aplicações às necessidades do cultivo, por meio do balanço de nitrogênio da cultura.
- **Cobertura vegetal:** manter o solo coberto o maior período possível, o que previne a lixiviação durante períodos de chuva.
- **Manejo do período entre cultivos:** redução da lixiviação, pelo plantio de espécies de adubação verde.
- **Irrigação racional:** irrigação precisa é uma das práticas menos poluentes.
- **Técnicas de controle de erosão:** implementação das práticas de conservação do solo, inibindo perdas por escoamento superficial.

Fertirrigação em meloeiro (Pinto, 2001)

Para cultivo em solo, nem todos os nutrientes devem ser aplicados via fertirrigação. Para sistema de irrigação por gotejamento recomenda-se que 10-20% do nitrogênio e potássio, 40-60% do cálcio e 50-100% do fósforo e demais macro e micronutrientes, devem ser aplicados como adubação de fundação e o restante dos nutrientes aplicados via irrigação ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura.

As doses de nutrientes que devem ser fornecidas via fertirrigação estão apresentadas no Tabela 13.

Tabela 13. Freqüência, doses, fontes e período de aplicação de nutrientes para meloeiro.

Fontes de Fertilizantes	
Nitrogênio	
Opção 1	Uréia
Período de aplicação	3 a 42 dias após a germinação
Freqüência	Diária
Dose	80 kg/ha de N
Opção 2	Uréia/Sulfato de amônio/Nitrato de potássio
Período de aplicação	Uréia: 3 a 15 dias após a germinação Sulfato de amônio: 6 a 30 dias após a germinação Nitrato de potássio: 31 a 42 dias após a germinação
Potássio K₂O	
Período de aplicação	Até 55 dias após a germinação
Freqüência	Diária
Dose	90 kg/ha de K ₂ O
Fósforo P₂O₅	
Período de aplicação	Em fundação, antes do plantio
Dose	120 kg/ha de P ₂ O ₅

Fonte: Pinto (2001).

Uma vez definidos os tipos de adubos a serem aplicados via água de irrigação e verificada a compatibilidade dos mesmos, o preparo da solução nutritiva deve levar em consideração, principalmente, o seu pH e a solubilidade dos adubos. O pH da solução deve ser mantido entre 5,5 e 6,5 (Sousa et al., 1999).

Tabela 14. Distribuição percentual do fertilizante a ser fornecido ao longo do ciclo do meloeiro.

Nutriente	Ciclo (dias)								
	0 ⁽¹⁾	1-7	8-14	15-21	22-28	29-35	36-42	43-49	50-56
Solos de textura fina e média									
N	20	2	3	5	10	20	20	15	5
K	20	2	3	5	10	20	20	15	5
Ca	60	0	0	0	10	10	10	10	0
P	100	0	0	0	0	0	0	0	0
N	10	3	5	5	15	21	21	15	5
Solos de textura grossa									
K	10	3	5	5	15	21	21	15	5
Ca	40	0	0	10	10	15	15	10	0
P	60	0	5	5	10	10	10	0	0

⁽¹⁾% de nutriente a ser aplicado em fundação.

Fonte: Adaptado por Burt et al. (1995) e Scaife & Bar-Yosef (1995) *apud* Pinto (2001).

Dimenstein (1999) sugere que os reservatórios de água e solução nutritiva devem estar protegidos da luz para evitar a formação de algas.

Agradecimentos

Aos professores do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, Adunias dos Santos Teixeira, Benito Moreira de Azevedo, Claudivan Feitosa Lacerda, Eunice Maia de Andrade, Francisco Marcus Lima Bezerra, João Hélio Torres D'Ávila, João Moreira Batista, Paulo Teodoro de Castro, Raimundo Nonato Távora Costa, Thales Vinícius de Araújo Viana e Suedêmio de Lima Silva pelas valiosas contribuições para elaboração da normas de irrigação para a Produção Integrada do Meloeiro. Daniel Terao, pela foto da capa.

Referências Bibliográficas

ANDRADE JÚNIOR, A.S. de A.; RODRIGUES, B.H.N.; BASTOS, E.A. Irrigação. In: CARDOSO, M.J. (org.). **A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. 264 p.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. (Série Estudos FAO Irrigação e Drenagem 29). Campina Grande: UFPb, 1991. 218 p.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 5. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1989. 596 p.

CABRAL, R.C. **Evapotranspiração de referência de Hargreaves (1974) corrigida pelo método de Penman-Monteith/FAO (1991) para o Estado do Ceará**. 2000. 83 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Departamento de Engenharia Agrícola - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CASSEL, D.K; KLUTE, A. Water Potential: tensiometry. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E.; CLARK, F.E. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy: Soil Science Society of America, 1986. p. 563-87 (Agronomy Monograph, 9).

COELHO, E.F.; SOUSA, V.F. de; RODRIGUES, B.H.N.; SOUZA, V.A.B. de; ANDRADE, C. de L.T. Produtividade do meloeiro sob diferentes intervalos de irrigação e disposição de linhas laterais de gotejamento em solo arenoso coeso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.3, p. 309-315, 1999.

CORDEIRO, G. C. **Aspectos gerais sobre salinidade em áreas irrigadas**: origem,

diagnóstico e recuperação. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1988. 16 p. (EMBRAPA-CPATSA, Circular Técnica, 50).

CRISÓSTOMO, L. A.; S.AA; RAIJ, B.V.; FARIA, C.; FARIA, M.B. de; SILVA, D.J. da; FERNANDES, AM.; SANTOS, F.J. de S.; CRISÓSTOMO, J.R.; FREITAS, J.de A.D.; HOLANDA, J.S.; CARDOSO, J.E.; COSTA, N.D. Cultivo do melão: solos, variedades, adubação, irrigação e fertirrigação para o agronegócio do melão no NE. Fortaleza (Circular Técnica). Embrapa Agroindústria Tropical. No prelo.

DIAS, N.S.; MEDEIROS, J.F. SATHLER, N.S. Produção de melão sob duas densidades de plantio em diferentes tipos e espaçamentos de gotejadores. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p. 321-326, 2000.

DIMENSTEIN, L. **Fertirrigação**. Fortaleza: Instituto Frutal, 1999. 31 p. Curso Técnico.

DUSI, A.N. **Melão para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília: MARA/DENACOOPIICA: Embrapa Frupex, 1992. 38 p.

EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL. **Normas técnicas e documentos de acompanhamento da produção integrada de melão**. Versão preliminar. Fortaleza. 2003.

GARDNER, W.; ISRAELSEN, O.W.; EDLEFSEN, N.E.; CONRAD, H. The capillary potential function and its relation to irrigation practice. **Physical Soil Review**. v.2, p. 20-196, 1922.

GOMES, H.P. **Engenharia de irrigação**: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento. João Pessoa: Ed. Universitária UFPB, 1994. 344 p.

HILLEL, D. **Soil and water**: physical principles and processes. New York: Academic Press, 1971. p.73-77

HILLEL, D. Measurement of Soil Wetness. In: **Fundamentals of soil physics**. New York: Academic Press, 1980, p. 156.

MIRANDA, E.P. **Coeficiente de cultivo do melão (Cucumis melo L.) determinado pelo balanço hídrico e grau-dia de desenvolvimento**. 1998. 61 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MIRANDA, F.R. de; BLEICHER, E. **Evapotranspiração e coeficientes de cultivo e de irrigação para a cultura do melão (*Cucumis melo* L.) na região litorânea do Ceará.** Fortaleza; Embrapa Agroindústria Tropical, 17 p. (Embrapa Agroindústria Tropical, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2).

ONGLEY, E. D. **Control of water pollution from agriculture.** Roma:FAO, 1996. 101 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper 55).

PINTO, J.M. Fertirrigação em fruticultura irrigada. Idem, n.49, p.14-23, 2001.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera.** Campinas: Fundação Cargill, 1975. 286 p.

SANTOS, F.J. DE S.; LIMA, R.N. de; CRISÓSTOMO, L.A.; SOUZA, F. de. **Irrigação do melão: manejo através do tanque classe A.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 2001. 8 p. (Embrapa Agroindústria Tropical, Circular Técnica, 11).

SCHMUGGE, T.J.; JACKSON, T.J.; McKIM, H.L. Survey of methods for soil moisture determination. **Water Resources Research**, v.16, p. 961-979, 1980.

SILVA, W.L.C.; MAUROELLI, W. A. Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., Poços de Caldas, 1998. **Manejo da irrigação: anais.** Lavras: UELA/SBEA, 1998. p. 311-348. Editado por Manoel Alves de Farias. Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998.

SILVA. M.C.C.; MEDEIROS, J.F.; BARROS, A.D.; ALMEIDA, A.H.; NOGUEIRA, K.D.; ALVES, L.P. Produção de cultivares de melão submetidas a diferentes níveis de salinidade da água e cobertura do solo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11., 2001. Fortaleza. **Anais:** Fortaleza: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2001. p.273-278.

SOUSA, V.F.; RODRIGUES, B.H.N.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; COELHO, E.F.; VIANA.F.M.P.; SILVA, P.H.S. da. **Cultivo do meloeiro sob fertirrigação por gotejamento no Meio-Norte do Brasil.** Teresina: Embrapa Meio Norte, 1999. 68 p. (Embrapa Meio-Norte, Circular Técnica, 21).

VERMEIREN, L.; JOBLING, G.A. **Riego localizado.** Roma: FAO, 1986. 203 p. (Estudio FAO Riego y Drenaje).