



## Evolução da salinidade e pH de solo sob cultivo de melão irrigado com água salina<sup>1</sup>

Francisco de Q. Porto Filho<sup>2</sup>, José F. de Medeiros<sup>2</sup>, Hans R. Gheyi<sup>3</sup>,  
Nildo da S. Dias<sup>2</sup>, Paulo S. de Sousa<sup>2</sup> & Daniel da C. Dantas<sup>2</sup>

### RESUMO

Com o presente trabalho objetivou-se estudar os efeitos da irrigação com águas salinas em um solo cultivado com melão a evolução da salinidade e reação do solo. O experimento foi conduzido na Fazenda Santa Júlia, município de Mossoró, RN, em dois plantios consecutivos, no período de 2001 a 2002. As plantas de melão (*Cucumis melo* L. cv. AF646) foram irrigadas com água de salinidade 0,6 (testemunha); 1,9; 3,2 e 4,5 dS m<sup>-1</sup> durante todo o ciclo (70 dias) e de forma incremental, em três fases de desenvolvimento do meloeiro (1-30, 31-50, 51-70 dias após a semeadura - DAS). O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, com 15 tratamentos e quatro repetições. A salinidade e o pH do solo foram medidos no início e aos 30, 50 e 70 DAS, em amostras de solo coletadas nas camadas de 0-15, 15-30 e 30-45 cm. Observou-se maior acúmulo de sais no solo na camada superficial (até 15 cm) em todos os níveis de salinidade e que a utilização de águas de maior salinidade aumentou a salinidade média no perfil do solo. Os valores médios de pH estiveram dentro da faixa ótima de absorção de nutrientes requerida para a cultura do melão, com pequena variação entre os tratamentos estudados.

**Palavras-chave:** *Cucumis melo* L., condutividade elétrica, manejo de água

## Evolution of salinity and pH of soil cultivated with melon irrigated with brackish water

### ABSTRACT

This work aimed to study the effects of irrigation with saline waters in an area cultivated with melon on soil salinity and pH. The experiment was conducted in the Santa Julia Farm, Mossoró city, Rio Grande do Norte State, Brazil, during the years 2001 to 2002. Water with different salinity levels (0.6; 1.9; 3.2 and 4.5 dS m<sup>-1</sup>) was used throughout the cycle and in incremental way in three periods of melon development, forming 15 treatments, arranged in randomized blocks with four replications. The salinity was measured at 0, 30, 50 and 70 days after sowing in soil samples collected in layers of 0-15, 15-30 and 30-45 cm. There was greater accumulation of salts in the surface layer (up to 15 cm) in all salinity levels and the use of more saline water produced higher average salinity in the profile. The average values of pH were within the range of optimal absorption of nutrients required by melon.

**Key words:** *Cucumis melo* L., electrical conductivity, water management

<sup>1</sup> Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada à Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

<sup>2</sup> DCA/UFERSA, BR 110 do km 47, bairro Costa e Silva, CEP 59625-900, Mossoró, RN. Fone (84) 3312-1799. E-mail: porto@ufersa.edu.br, jfmedeir@ufersa.edu.br, engagropssousa@yahoo.com.br, nildo@ufersa.edu.br e d1cdantas@bol.com.br

<sup>3</sup> NEAS/UFRB, CEP 44350-000, Cruz das Almas, BA. Fone: (75) 3621-2798. E-mail: hans@pq.cnpq.br

## INTRODUÇÃO

No Estado do Rio Grande do Norte a água utilizada para irrigação na região produtora de melão provém de poços artesianos profundos e, embora de boa qualidade, apresenta alto custo de obtenção, o que impossibilita seu uso por grande parte dos produtores e os tem levado a buscar fontes alternativas de água, como poços abertos no calcário Jandaíra, o que reduz consideravelmente seu custo. Entretanto, esta fonte de água tem o inconveniente de apresentar níveis elevados de sais (Oliveira & Maia, 1998) podendo trazer, como consequência, a salinização dos solos, além de prejudicar o rendimento das culturas mais sensíveis. Além disso, devido à elevada concentração de bicarbonato de cálcio na água (Medeiros et al., 2003) pode tornar o solo alcalino.

Desta forma, o uso de água na irrigação pode, enquanto contribui de maneira significativa no aumento da produtividade em determinadas situações, sobretudo em zonas de clima árido e semiárido, resultar em acúmulo do teor de sais na zona radicular do solo. O excesso de sais no solo reduz a disponibilidade de água para as plantas (Dias et al., 2005b; Soares et al., 2007), além de trazer problemas, como desequilíbrio nutricional e de toxicidade de íons específicos sobre a fisiologia vegetal (Ferreira Neto et al., 2007), a ponto de afetar os rendimentos e a qualidade de sua produção.

A prática de irrigação deve ser usada de forma racional uma vez que as condições de clima do Nordeste (altas temperaturas e baixa pluviosidade) e os elevados teores de sais nas águas de irrigação têm causado problemas de salinidade nos solos (Medeiros et al., 2003). De acordo com Rhoades (1994) o nível de salinidade dos solos deve ser sempre inferior ao nível nocivo às plantas cultivadas; assim, o monitoramento direto da salinidade na zona radicular é recomendado para avaliar a eficiência dos diversos programas de manejo nas áreas irrigadas.

Entretanto, mesmo que, potencialmente, a irrigação exerça efeito sobre a salinização e a alcalinização das terras, isto não implica em que transforme, obrigatoriamente, um solo salinizado ou alcalinizado, a ponto de torná-lo impróprio para a agricultura (Maia et al., 1998). Existem numerosos exemplos no mundo de empreendimentos agrícolas através dos quais se tem obtido sucesso com o cultivo sob condições salinas (Savvas et al., 2007; Al-Karaki et al., 2009; Dias et al., 2010), especialmente quando existem um monitoramento constante da salinidade do solo e práticas de medidas de prevenção e controle, para que este não se torne improdutivo.

A salinidade média nos solos irrigados varia no tempo e no espaço e, apesar de depender da qualidade da água está à mercê, também, de fatores edafoclimáticos e do manejo da irrigação (Dias et al., 2004) sendo a salinidade média ao longo do tempo a melhor característica a que a cultura responde. Com respeito à reação do solo é comum o pH variar no decorrer do ciclo em função da alcalinidade da água de irrigação utilizada que, normalmente, está associada à concentração de bicarbonatos (Dias et al., 2004; Paiva et al., 2004).

Deste modo e para que se possa promover um desenvolvimento sustentável nas áreas irrigadas, tornam-se imprescindíveis informações a respeito dos efeitos dos níveis

de CE e pH do solo e sua evolução em diferentes fases do seu ciclo. Considerando esses aspectos, conduziu-se o presente trabalho objetivando estudar os efeitos no solo (salinidade e reação) sob a aplicação da irrigação com diferentes salinidades em todo o ciclo e de forma incremental, ao se substituírem águas menos salinas pelas de maior salinidade, em três períodos de desenvolvimento da cultura do meloeiro, ao longo de dois anos de cultivo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Santa Júlia Ltda (5° 02' S, 37° 22' W Gr e 60 m), localizada a 8 km a oeste do km 25 da BR 304 e distando 20 km da sede do município de Mossoró, RN. O clima de Mossoró, segundo a classificação de Köppen, é do tipo BShw', isto é, seco, muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono (Carmo Filho & Oliveira, 1995).

A cultura utilizada foi o melão do tipo amarelo (*Cucumis melo* L.), cultivar AF 646, em dois plantios consecutivos, o primeiro cultivado de outubro a dezembro de 2001 e o segundo entre outubro e dezembro de 2002, cujas colheitas perfaziam o ciclo de 70 e 68 dias, respectivamente. Utilizou-se o espaçamento de 2,0 m entre linhas de plantas e na linha de 0,38 e 0,12 m, alternadamente, com uma planta por cova, resultando em uma população de 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Ressalta-se que entre o final do primeiro ciclo e o início do segundo transcorreram 10 meses, tempo durante o qual se cultivou milho sob regime de sequeiro registrando-se, no período, uma precipitação de 894 mm associada a eventuais irrigações de salvação com água salobra proveniente de poço raso (CE<sub>a</sub> = 3,2 dS m<sup>-1</sup>), aplicando-se uma lâmina total de irrigação de 380,92 mm. Deste modo se procedeu ao plantio do segundo ciclo, após a colheita e retirada dos restos culturais, adubação orgânica, preparo manual do solo e solarização.

Durante o primeiro ciclo os valores médios de temperatura média, máxima e mínima, umidade relativa, velocidade do vento, insolação e ETo, foram de 28,9; 35,0 e 24,2 °C; 65,5%; 5,5 m s<sup>-1</sup>; 9,1 h e 6,6 mm d<sup>-1</sup>, respectivamente, enquanto no segundo ciclo esses valores foram iguais a 28,4; 35,1 e 23,2 °C; 62,8%; 6,0 m s<sup>-1</sup>; 10,4 h e 7,1 mm d<sup>-1</sup>, respectivamente. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico argissólico, textura média, fase caatinga hiperxerófila e relevo plano, cujas características físico-hídricas e químicas estão determinadas de acordo com a EMBRAPA (1997) (Tabela 1).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com quinze tratamentos e quatro repetições, no total de 60 parcelas de 36 m<sup>2</sup> (6,0 x 6,0 m); cada parcela se compunha de três fileiras de plantas; os tratamentos estudados eram compostos de águas de irrigação com salinidade 0,6 (testemunha); 1,9; 3,2 e 4,5 dS m<sup>-1</sup> (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> e S<sub>4</sub>, respectivamente) durante todo o ciclo (70 dias) e de forma incremental, em três fases de desenvolvimento do meloeiro, quais sejam: S<sub>1</sub>-S<sub>1</sub>-S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>-S<sub>2</sub>-S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>-S<sub>3</sub>-S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>-S<sub>4</sub>-S<sub>4</sub>, S<sub>1</sub>-S<sub>1</sub>-S<sub>2</sub>, S<sub>1</sub>-S<sub>1</sub>-S<sub>3</sub>, S<sub>1</sub>-S<sub>1</sub>-S<sub>4</sub>, S<sub>1</sub>-S<sub>2</sub>-S<sub>2</sub>, S<sub>1</sub>-S<sub>2</sub>-S<sub>3</sub>, S<sub>1</sub>-S<sub>2</sub>-S<sub>4</sub>, S<sub>2</sub>-S<sub>2</sub>-S<sub>3</sub>, S<sub>2</sub>-S<sub>2</sub>-S<sub>4</sub>, S<sub>2</sub>-S<sub>3</sub>-S<sub>3</sub>, S<sub>2</sub>-S<sub>3</sub>-S<sub>4</sub> e S<sub>3</sub>-S<sub>3</sub>-S<sub>4</sub>, equivalentes aos tratamentos T<sub>1</sub> a T<sub>15</sub>, respectivamente, sendo os 1º, 2º e 3º termos de cada sequência

**Tabela 1.** Análise química e físico-hídrica do solo, na área experimental

Camada (cm)	pH			Complexo sortivo					P mg dm <sup>-3</sup>	CE <sub>1:2</sub> dS m <sup>-1</sup>
	Água	KCl	CaCl <sub>2</sub>	Ca	Mg	K	Na	Al		
0-15	6,8	5,7	6,2	2,50	0,60	0,30	0,27	0,0	53	0,15
15-30	6,5	5,5	6,0	2,50	0,60	0,34	0,25	0,0	40	0,09
30-45	5,2	4,3	4,9	1,60	1,10	0,31	0,28	0,10	10	0,14
45-60	4,9	4,1	4,6	1,20	0,90	0,25	0,23	0,20	2	0,08

	Granulometria (g kg <sup>-1</sup> )			Densidade (kg dm <sup>-3</sup> )		
	Argila	Silte	Areia	Textura*	Dg	Dp
0-15	121,0	172,0	707,0	F A	1,57	2,67
15-30	140,0	160,0	700,0	F A	1,54	2,72
30-45	200,0	212,0	588,0	F A <sub>1</sub> A	1,43	2,72
45-60	200,0	181,0	619,0	F A <sub>1</sub> A	1,50	2,68

\* F – franco; A1 – argilo; A – arenoso; Dg – densidade global; Dp – densidade de partícula

correspondentes ao período do plantio até o aparecimento das flores femininas (1-30 dias após a sementeira - DAS), do surgimento das flores femininas à formação dos frutos (31-50 DAS) e deste até a maturação (51-70 DAS), respectivamente.

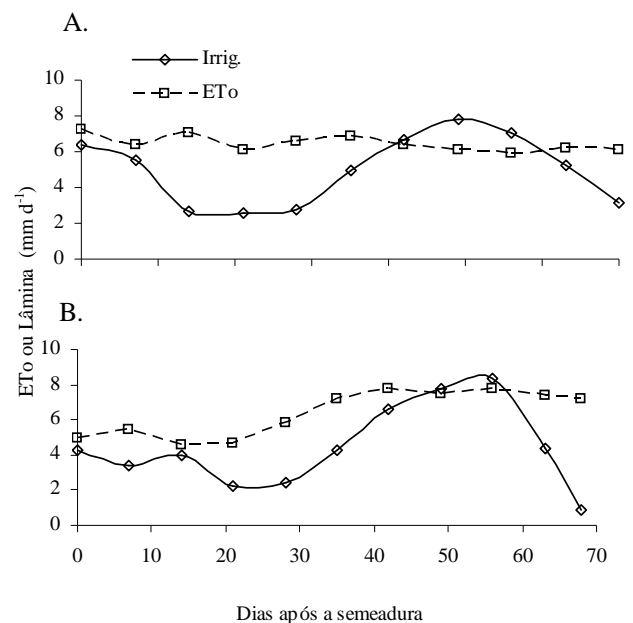
Deste modo, os tratamentos T<sub>1</sub> a T<sub>4</sub> não sofreram modificações na salinidade da água durante o ciclo enquanto nos tratamentos T<sub>8</sub>, T<sub>9</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>13</sub> e T<sub>14</sub> e os T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>11</sub>, T<sub>12</sub> e T<sub>15</sub> houve variação da salinidade, respectivamente, a partir do aparecimento das flores femininas e do início da maturação dos frutos. Na Tabela 2 se encontra a composição química das águas utilizadas no experimento.

Adotou-se, para cada tratamento, um sistema de irrigação por gotejamento utilizando-se emissores do tipo autocompensante, com vazão nominal de 2,3 L h<sup>-1</sup> espaçados 0,50m.

As lâminas de irrigação foram determinadas a partir de estimativas da evapotranspiração da cultura utilizando-se do método de Penman-Monteith, proposto pela FAO (Allen et al., 1998) e ajustadas com base no monitoramento da umidade do solo com uso de tensiômetros, em duas repetições do tratamento T<sub>1</sub>, adotando-se uma fração de lixiviação (FL) de 0,10 para este tratamento. As lâminas de irrigação aplicadas nos primeiro e segundo ciclos, bem como a ETo, são descritas na Figura 1.

Realizaram-se avaliações frequentes da salinidade do solo, ao longo dos dois ciclos do meloeiro, para as camadas de 0-0,15; 0,15-0,30 e 0,30-0,45 m e do pH no perfil 0-0,45 m em cada parcela experimental, a partir de amostras coletadas em dois gotejadores vizinhos, sendo que, em cada gotejador, um ponto de coleta se localizou próximo à linha lateral, a 0,06 m do gotejador e o outro a 0,20 m, na frente do mesmo, em um ponto intermediário entre as duas plantas mais próximas.

As coletas das amostras de solos foram feitas com trado holandês, em quatro épocas (início do experimento e aos 30, 50



**Figura 1.** ETo e lâmina de água aplicada com irrigação para os primeiro (A) e segundo (B) ciclos

e 70 DAS); na primeira época foram tomadas amostras compostas por profundidade de solo, coletadas em quatro pontos da área experimental; aos 30 DAS avaliaram-se os tratamentos T<sub>1</sub> a T<sub>4</sub>; aos 50 DAS, os tratamentos T<sub>1</sub> a T<sub>4</sub> e nas parcelas dos tratamentos que sofreram modificações nos níveis de salinidade (T<sub>8</sub>, T<sub>9</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>13</sub> e T<sub>14</sub>) e aos 70 DAS, se avaliaram todos os tratamentos.

Inicialmente, determinaram-se a condutividade elétrica dos extratos do solo 1:2 (CE<sub>1:2</sub>) e o pH<sub>1:2</sub> no sobrenadante, obtido da mistura de uma parte de solo para duas de água destilada, segundo Rhoades & Miyamoto (1994), em todas as parcelas

**Tabela 2.** Composição química das águas com quatro níveis de salinidades (S) utilizadas na pesquisa

Água	CE dS m <sup>-1</sup>	pH	Ca	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub> <sup>5</sup>	RAS <sup>6</sup> (mmolc L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>
<sup>1</sup> S <sub>1</sub>	0,6	7,40	1,83	1,79	2,96	0,54	0,74	3,13	1,67	Aus	2,20
<sup>2</sup> S <sub>2</sub>	1,9	7,26	6,90	2,68	8,64	0,37	0,42	4,63	12,23	Pres	3,95
<sup>3</sup> S <sub>3</sub>	3,2	7,07	13,43	3,83	15,96	0,14	0,00	6,56	25,86	Pres	5,43
<sup>4</sup> S <sub>4</sub>	4,5	7,07	13,43	3,83	23,86	0,14	0,00	6,56	33,76	Pres	8,12

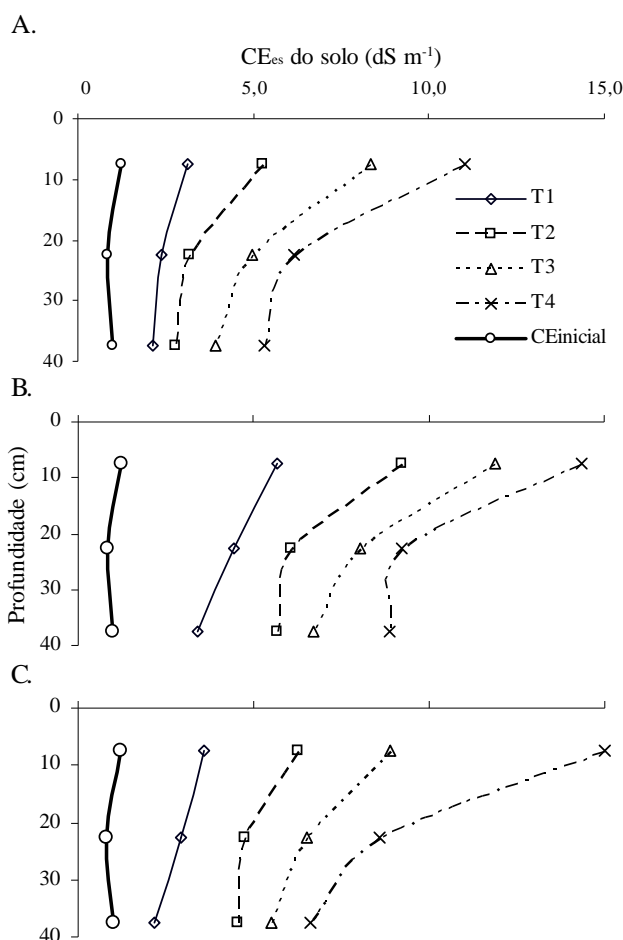
<sup>1</sup> Água de poço do aquífero Arenito Açuz; <sup>2</sup> Água obtida pela mistura de S<sub>1</sub> com S<sub>2</sub>; <sup>3</sup> Água de poço do aquífero Calcário Jandaira; <sup>4</sup> Água obtida pela adição de NaCl a S<sub>2</sub>; <sup>5</sup> Qualitativo; <sup>6</sup> Relação de Adsorção de Sódio

estudadas; a seguir, a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo e o pH da pasta de saturação foram calculados, respectivamente, pelas equações  $CE_{es} = 8,094 CE_{1,2} + 0,015$  ( $R^2 = 0,91$ ) e  $pH_{pasta} = 0,902 pH_{1,2} + 0,181$  ( $R^2 = 0,530$ ), desenvolvidas por Dantas et al. (2005) para a área experimental, com o fim de se estimar a  $CE_{es}$  e o  $pH_{pasta}$  nos estudos de evolução da salinidade do solo e do perfil de salinidade, a partir das  $CE_{1,2}$  e  $pH_{1,2}$  determinados.

Ao final dos experimentos a  $CE_{es}$  foi correlacionada com a  $CE$  média ponderada calculada com base na  $CE_a$  e o volume total de água aplicada em cada fase; além disso, a  $CE_{es}$  observada no final do 2º ciclo foi relacionada com a  $CE_{es}$  obtida pela equação da  $CE_a$  ponderada versus  $CE_{es}$  aos 70 DAS do 1º ciclo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se, na Figura 2, a distribuição da  $CE_{es}$  no perfil do solo no início e aos 0, 30, 50 e 70 DAS do primeiro ciclo do meloeiro para os tratamentos  $T_1$  a  $T_4$  e se verifica que a salinidade era baixa em todo o perfil do solo, com  $CE_{es}$  médias de  $1,01 \text{ dS m}^{-1}$  porém, durante o primeiro ciclo da cultura, ou seja, aos 30, 50 e 70 DAS, a salinidade do solo aumentou em todas as camadas, sendo a evolução diferenciada para cada nível de salinidade de água de irrigação aplicada e profundidade do solo.



**Figura 2.** Perfis transversais de salinidade do solo estimados aos 30 (A), 50 (B) e 70 dias após a semeadura (DAS) (C) do 1º ciclo, para os tratamentos  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  e  $T_4$

Em geral houve, em todos os tratamentos, maiores incrementos de  $CE_{es}$  na superfície (0-15 cm) que nas camadas mais profundas (15-30 e 30-45 cm) e apenas na camada 30-45 cm a  $CE_{es}$  decresceu dos 50 para os 70 DAS (Figura 2). Este decréscimo ocorreu devido, provavelmente, à diminuição da ETc no final do ciclo e por se continuar aplicando, neste período, praticamente a mesma lâmina de irrigação provocando, desta forma, aumento na FL (Figura 1).

Após várias irrigações sucessivas a concentração de sais acumulados se aproxima da concentração de equilíbrio, cujo valor depende da FL e da  $CE_a$ . Visto que no presente estudo a  $CE_a$ , variando em níveis e tempo de aplicação, foi o único fator estudado, a salinidade média do solo por camada e total, depende diretamente desta e dos pontos de coleta (amostragem) do solo, em relação ao gotejador e às plantas, muito embora outros fatores possam contribuir, mesmo de forma indireta.

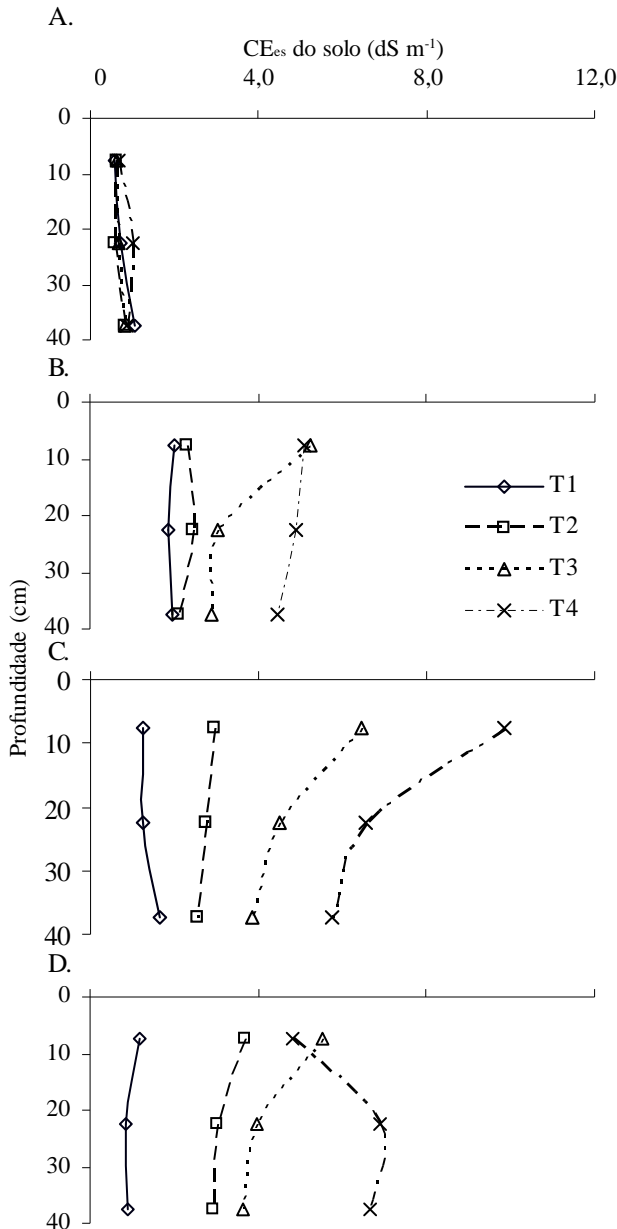
Blanco & Folegatti (2002), Gurgel et al. (2003) e Dias et al. (2005a) verificaram, ao utilizar a irrigação localizada, acúmulo de sais no solo diretamente proporcional à salinidade da água utilizada, com maior concentração de sais na camada superficial e decrescente com a profundidade, resultado este semelhante ao verificado nesta pesquisa.

Na Figura 3 se visualizam os perfis de salinidade do solo no início do segundo ciclo (0 DAS) e aos 30, 50 e 70 DAS, para os tratamentos  $T_1$  a  $T_4$ . Observa-se que a 0 DAS a salinidade do solo em todo o perfil, foi baixa, com pequena variação entre camadas e tratamento apresentando, na profundidade, de 0 a 45 cm  $CE_{es}$  variação entre tratamentos de  $0,67$  a  $0,84 \text{ dS m}^{-1}$  e média de  $0,75 \text{ dS m}^{-1}$ . Esses valores foram bem inferiores aos obtidos no primeiro ciclo cuja variação entre tratamentos foi de  $2,90$  a  $10,06 \text{ dS m}^{-1}$  e média de  $6,28 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 2). Esta diminuição na  $CE_{es}$  média do solo em relação ao início do 1º ciclo do Experimento I ( $1,01 \text{ dS m}^{-1}$ ) se deveu à ocorrência de precipitação na área experimental, entre um experimento e outro, que atingiu  $1228 \text{ mm}$  (Figura 1), provocando a lavagem dos sais para as camadas inferiores do perfil do solo.

Ainda em relação à Figura 3, para as demais épocas de avaliação (aos 30, 50 e 70 DAS), a evolução da salinidade dos tratamentos manteve a mesma tendência do experimento I (Figura 2), ou seja, os valores médios de  $CE_{es}$  aumentaram à medida em que se incrementou a salinidade da água, em todas as camadas, sendo esses valores decrescentes com a profundidade, exceto no  $T_1$  aos 30 e 50 DAS (Figura 3 B e C, respectivamente) e no  $T_4$ , aos 70 DAS (Figura 3D), em que a  $CE_{es}$  na camada superficial, foi superior à das demais camadas.

Na Figura 4 são apresentados os perfis de salinidade do solo aos 50 e 70 DAS do 1º ciclo, para os tratamentos que receberam incrementos da salinidade a partir dos 30 DAS ( $T_8$ ,  $T_9$ ,  $T_{10}$ ,  $T_{13}$  e  $T_{14}$ ) e aos 70 DAS, para os tratamentos cuja salinidade só foi aumentada depois dos 50 DAS ( $T_5$ ,  $T_6$ ,  $T_7$ ,  $T_{11}$ ,  $T_{12}$  e  $T_{15}$ ).

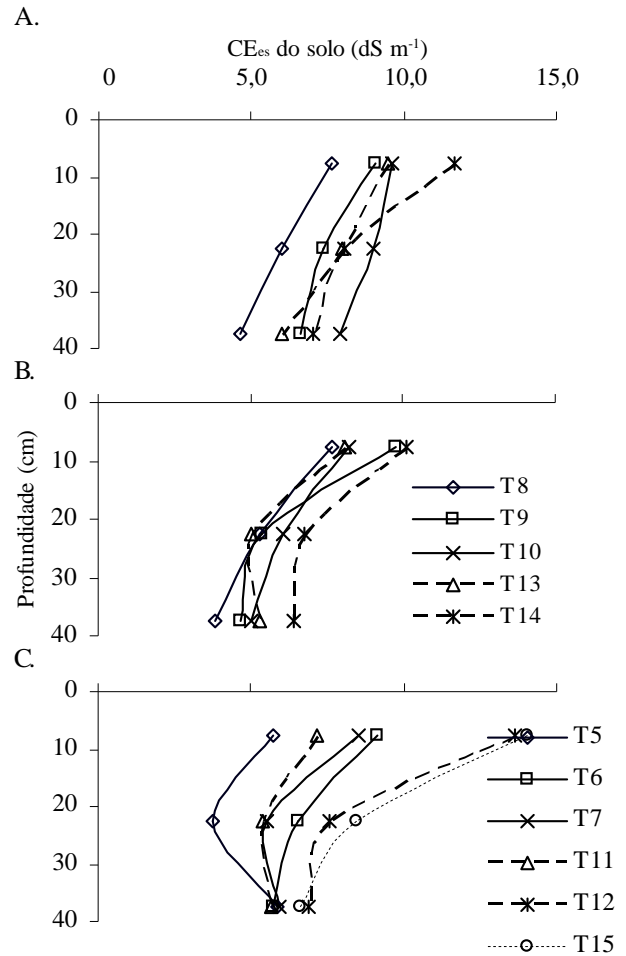
Verificou-se, em uma análise geral, tendência de maior acúmulo de sais na camada superior e naqueles tratamentos em que o incremento da salinidade partiu de uma mesma água utilizada inicialmente, a  $CE_{es}$  média foi maior quando se utilizaram águas mais salinas assemelhando-se, portanto, ao ocorrido com os tratamentos  $T_1$  a  $T_4$  (Figura 2).



**Figura 3.** Perfis transversais de salinidade do solo medidos no início do experimento (A) e aos 30 (B), 50 (C) e 70 (D) dias após a semeadura (DAS) do 2º ciclo, para os tratamentos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub>

Na Figura 5 são apresentados os perfis de salinidade do solo a 50 e 70 DAS, para os tratamentos que receberam incrementos da salinidade de água a partir de 30 DAS (T<sub>8</sub>, T<sub>9</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>13</sub> e T<sub>14</sub>) e a 70 DAS, para os tratamentos cujas salinidades só foram aumentadas depois dos 50 DAS (T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>11</sub>, T<sub>12</sub> e T<sub>15</sub>).

Verifica-se a tendência ocorrida no 1º ciclo, ou seja, de maior acúmulo de sais na camada superior do solo e naqueles tratamentos em que o incremento da salinidade partiu de uma mesma água utilizada inicialmente, a salinidade média do solo foi maior com a utilização de águas mais salinas assemelhando-se, portanto, ao verificado nos tratamentos T<sub>1</sub> a T<sub>4</sub> (Figura 3). Algumas exceções podem ter sido decorrentes, sem dúvida, da variabilidade espacial no solo; o atraso no afastamento da linha de gotejadores próxima às plantas procedidas somente aos 25 DAS, provocando movimentações de sais do perfil,



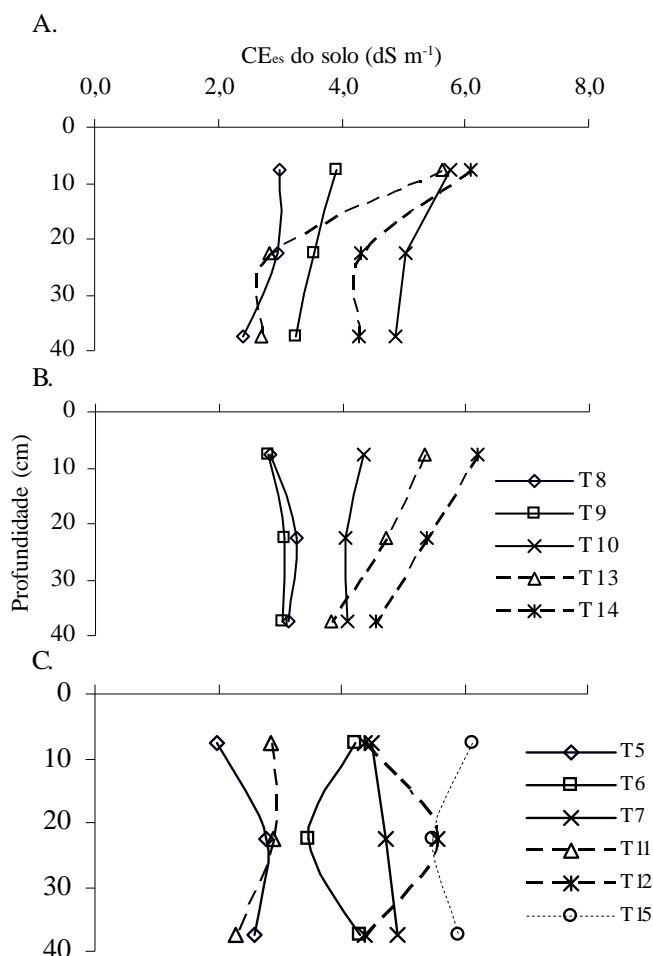
**Figura 4.** Perfis de salinidade do solo aos 50 (A) e 70 (B) dias após a semeadura (DAS) do 1º ciclo para os tratamentos T<sub>8</sub> a T<sub>14</sub> e aos 70 dias após a semeadura (DAS) para os tratamentos T<sub>5</sub> a T<sub>15</sub> (C)

sobretudo próximo à superfície após este dia, também pode ter contribuído.

Tem-se, na Figura 6, a evolução da salinidade média do solo ao longo dos dois ciclos consecutivos do meloeiro; no 1º ciclo do meloeiro se observa que a CE<sub>es</sub> média do solo induzida pelos tratamentos T<sub>1</sub> a T<sub>4</sub> cresceu até os 50 DAS passando, a partir dessa época, a decrescer, até o final da colheita (70 DAS). Apesar deste decréscimo, a salinidade média do solo aos 70 DAS foi superior à dos 30 DAS em cada um dos quatro tratamentos (Figura 6A).

Verifica-se, ao longo do 1º ciclo, que quando a salinidade da água foi incrementada mais cedo (30 DAS), a salinidade média do solo nos tratamentos (T<sub>8</sub>, T<sub>9</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>13</sub> e T<sub>14</sub>) aumentou até os 50 DAS e depois decresceu até os 70 DAS; já nos tratamentos cuja salinidade só foi aumentada depois dos 50 DAS (T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>11</sub>, T<sub>12</sub> e T<sub>15</sub>) a salinidade média do solo aumentou em todos eles, até os 70 DAS, com exceção de T<sub>11</sub>, que decresceu (Figura 6A). O aumento da salinidade do solo logo após o uso de águas mais salinas, mantendo-se as mesmas condições de manejo da irrigação, é esperado, uma vez que, quanto maior é a salinidade da água para um mesmo volume aplicado, mais sais são adicionados ao solo.

Para o 2º ciclo a evolução da salinidade do solo induzida pelos tratamentos T<sub>1</sub> a T<sub>4</sub> cresceu até os 50 DAS passando, a

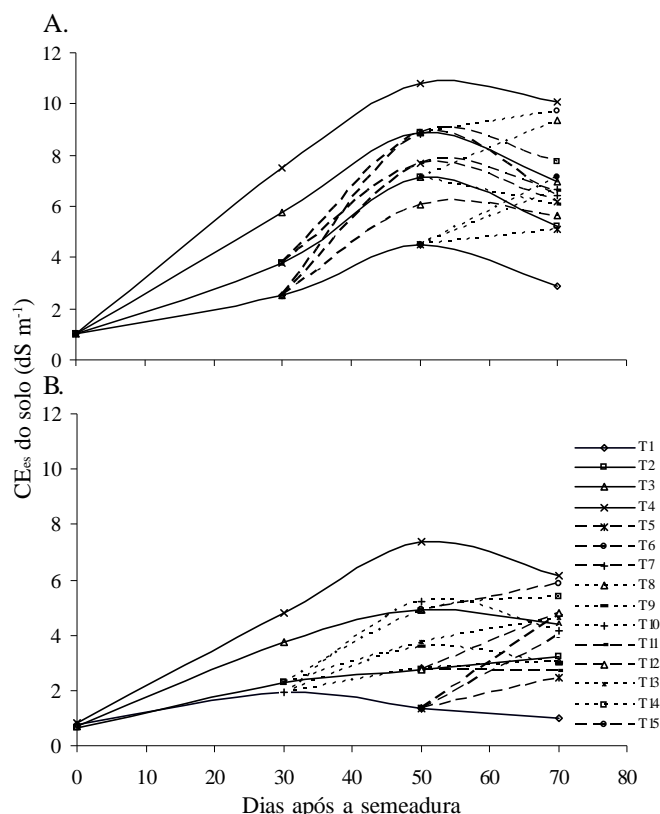


**Figura 5.** Perfis de salinidade do solo aos 50 (A) e 70 (B) dias após a semeadura (DAS) do 2º ciclo para os tratamentos T<sub>8</sub> a T<sub>14</sub> e aos 70 dias após a semeadura (DAS) para os tratamentos T<sub>5</sub> a T<sub>15</sub> (C)

partir desta época, a decrescer, até o final da colheita (70 DAS), à exceção de T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub> que obtiveram salinidade máxima do solo, respectivamente, a 30 e 70 DAS, divergindo também do que ocorreu no 1º ciclo, em que os quatro tratamentos provocaram aumento na salinidade do solo até os 50 DAS, passando a decrescer a partir desta época até os 70 DAS (Figura 6B).

A evolução da salinidade do solo no 2º ciclo do meloeiro divergiu, em parte, do verificado no 1º ciclo devido, quiçá, à não ocorrência da uniformização do solo nas camadas mais profundas, causando maior variabilidade no deslocamento de água e sais; neste experimento apesar de se observar uma ETo de 20,22 mm superior à do 1º, ainda foram aplicados menos 33,5 mm de lâmina de irrigação, com maiores reduções na primeira semana e nas duas últimas (época da colheita). Na irrigação localizada, pequenas modificações no manejo, aliadas à grande variabilidade de distribuição dos sais no perfil do solo, podem indicar resultados um pouco diferentes em experimentos realizados de forma semelhante, um após o outro, em um mesmo local, conforme verificado em Barros et al. (2003).

Barros et al. (2003) verificaram, em dois ciclos do melão, que a salinidade média do solo a partir dos 45 DAS até o final do ciclo, cresceu e decresceu, respectivamente, nos primeiro e segundo experimentos. O aumento no primeiro experimento foi atribuído à aplicação de água em excesso, até dois terços do



**Figura 6.** Evolução da salinidade média do solo ao longo dos 1º (A) e 2º ciclos (B)

ciclo da cultura com redução para abaixo do preconizado a partir deste ponto, diminuindo a lixiviação dos sais no terço final. Para a cultura do pimentão Medeiros et al. (2002) notaram que a salinidade média por camada de solo, após crescimento, se estabilizou a partir dos 100 aos 140 dias após o transplantio (DAT), em que o equilíbrio, independente da lâmina utilizada, foi atribuído à localização da amostragem no monitoramento que estava a 0,10 m do centro do bulbo molhado, região onde ocorre lixiviação, tanto vertical como horizontalmente, e à utilização de uma fração de lixiviação elevada.

A ascensão da salinidade do solo do 1º ciclo até os 50 DAS nos tratamentos T<sub>1</sub> a T<sub>4</sub>, pode ter ocorrido em virtude de, nos cálculos das lâminas de irrigação (ETc mais FL), se ter considerado a profundidade efetiva do sistema radicular crescente, até atingir 50 cm aos 35 DAS, de forma que boa parte da lâmina de drenagem permaneceu na camada de solo estudada (0 a 45 cm); na localização do monitoramento, cujo ponto de coleta, a 20 cm na frente do gotejador, ultrapassando 5 cm o ponto intermediário entre duas plantas, estava sujeito ao aporte periférico de sais ao redor do bulbo úmido pela capilaridade que transporta água e sais, tanto ascendente como lateralmente, seguida da evaporação da superfície do solo e extração de água pela planta na camada superficial. A diminuição da salinidade do solo a partir dos 50 DAS, pode ser atribuída à manutenção da FL igual a 0,10 calculada para todo o perfil do solo aumentando, depois dos 35 DAS, lâmina de irrigação, proporcionando aumento na largura do bulbo molhado e espalhando os sais no perfil devido à diminuição natural da ETc no final do ciclo, mantendo-se praticamente a mesma lâmina de irrigação, podendo ter aumentado a FL.

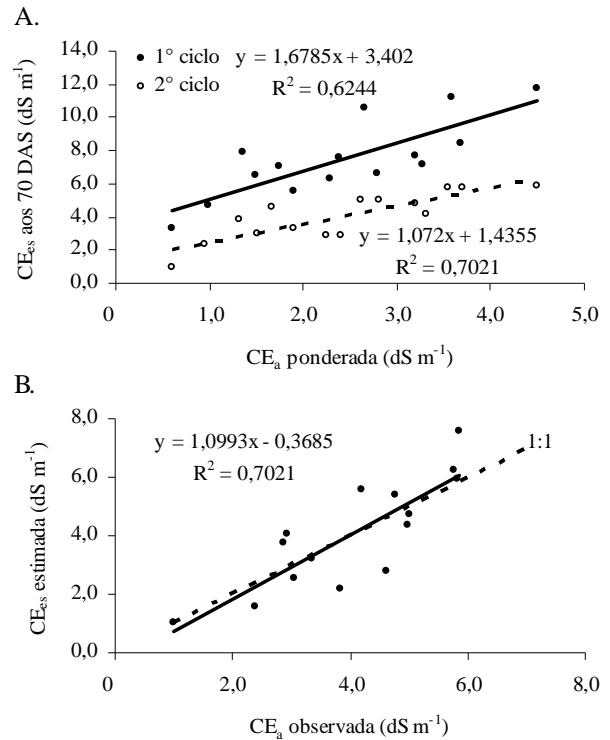
Ao se comparar os valores da  $CE_{es}$  do solo obtidos nos dois experimentos, verifica-se que no 2º ciclo o incremento da salinidade do solo, devido aos tratamentos, foi inferior ao do 1º ciclo (Figura 6). Apesar da tentativa de se conduzir o segundo experimento de forma idêntica à do primeiro, muitas práticas culturais, como o preparo do solo, variabilidade espacial no início de cada experimento e o próprio crescimento das plantas, podem ter contribuído para esta variação. Práticas de controle fitossanitário e de manejo da irrigação divergiram, em parte, de uma safra para outra como, por exemplo, o uso da solarização, adotado antes do plantio do segundo ciclo.

No caso do menor acúmulo de sais no 2º ciclo, pode-se atribuí-lo ao seguinte: melhor manejo da irrigação neste experimento, aplicando-se 33,53 mm de lâmina total de água, a menos que no Experimento I, principalmente nas três primeiras semanas, quando as lâminas de irrigação eram insuficientes para provocar a lixiviação dos sais abaixo da zona radicular, por se usar, para fins de cálculo, a profundidade efetiva do sistema radicular ( $P_{ef}$ ) inicial de 15 m, inferior à zona de monitoramento, era de 45 cm; então, ao se aplicar, do dia do plantio até o final da 1ª semana, 17,12 mm, menos água neste experimento que no primeiro, houve menor acúmulo de sais neste último; a partir da 4ª semana até o final do ciclo (10ª semana); o Kc utilizado no Experimento I se elevou e desceu de forma parabólica e suavizada com valor máximo de 1,09 na 7ª semana, enquanto no Experimento II o Kc cresceu de forma linear, até atingir valor máximo de 1,12 na 8ª semana, provocando maior lixiviação dos sais decrescendo, depois, bruscamente, até a 10ª semana, reduzindo o acúmulo de sais resultando, portanto, em menor aporte de sais.

Verifica-se, no manejo da irrigação com água salina aplicada em diferentes fases do meloeiro, que a  $CE_{es}$ , no final do ciclo da cultura, pode ser calculada com base na média ponderada da  $CE_a$  (Figura 7A). Esta constatação fica evidente ao se comparar a  $CE_{es}$  observada no 2º ciclo com a  $CE_{es}$  calculada ( $CE_a$  ponderada x coeficiente angular da equação de regressão do 1º ciclo) (Figura 7B), demonstrando bom coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,7021$ ) e pequena dispersão em relação a 1:1 ( $CE_{es}$  observada =  $CE_{es}$  estimada) porém este coeficiente aumenta consideravelmente ( $R^2 = 0,8629$ ) ao se eliminar, da curva de dispersão da Figura 7B, os pontos dos tratamentos aos quais se aplicou água de baixa

condutividade até os 50 DAS ( $S_1$  ou  $S_2$ ) combinada com a água de alta salinidade ( $S_3$  ou  $S_4$ ) a partir dos 50 DAS até o final do ciclo (70 DAS) (manejos  $S_1-S_1-S_3$ ,  $S_1-S_1-S_4$  e  $S_2-S_2-S_4$ ). Este fato se deve, provavelmente, ao curto tempo do solo para atingir a condição de equilíbrio (20 dias) ao se irrigar com água salobra no final do ciclo; além disso, nesses manejos os eventos de irrigação não foram suficientes para promover a lixiviação dos sais de igual forma tal qual nos manejos quando se irriga, por exemplo, com água salina até os 50 DAS e água boa no restante do ciclo ( $S_4-S_1-S_1$ ).

Apresentam-se, na Tabela 3, os valores médios na camada de 0 a 45 cm do pH da pasta de saturação do solo no início e aos 30,



**Figura 7.** Correlação entre a  $CE_a$  ponderada e a  $CE_{es}$  estimada aos 70 dias após a semeadura (DAS) dos 1 e 2º ciclos (A) e  $CE_{es}$  observada no final do 2º ciclo e  $CE_{es}$  estimada pela coeficiente angular da equação obtida no 1º ciclo (B)

**Tabela 3.** Valores médios do  $pH_{pasta}$  na camada de 0 a 45 cm medidos aos 0, 30, 50 e 75 DAS para os dois ciclos do meloeiro

Tratamentos	Dias após a semeadura – DAS							
	Início		30		50		70	
	1º ciclo	2º ciclo	1º ciclo	2º ciclo	1º ciclo	2º ciclo	1º ciclo	2º ciclo
T <sub>1</sub> (S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> )	6,18	6,78	5,97	6,84	6,47	6,80	6,28	7,03
T <sub>2</sub> (S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> )	6,18	6,99	5,86	6,79	6,24	6,80	6,42	7,12
T <sub>3</sub> (S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> )	6,18	6,88	6,22	7,15	6,56	7,00	6,62	7,05
T <sub>4</sub> (S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> )	6,18	7,05	6,12	6,72	6,58	6,90	6,38	7,06
T <sub>5</sub> (S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> )	6,18	6,78	5,97	6,84	6,47	6,80	6,73	7,21
T <sub>6</sub> (S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> )	6,18	6,78	5,97	6,84	6,47	6,80	6,65	7,11
T <sub>7</sub> (S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> )	6,18	6,78	5,97	6,84	6,47	6,80	6,69	7,13
T <sub>8</sub> (S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> )	6,18	6,78	5,97	6,84	6,63	6,93	6,82	7,06
T <sub>9</sub> (S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub> )	6,18	6,78	5,97	6,84	6,25	6,79	6,35	7,23
T <sub>10</sub> (S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> )	6,18	6,78	5,97	6,84	6,14	6,86	6,52	7,21
T <sub>11</sub> (S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub> )	6,18	6,99	5,86	6,79	6,24	6,80	6,53	7,20
T <sub>12</sub> (S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>4</sub> )	6,18	6,99	5,86	6,79	6,24	6,80	6,48	7,06
T <sub>13</sub> (S <sub>2</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> )	6,18	6,99	5,86	6,79	6,33	7,03	6,80	7,21
T <sub>14</sub> (S <sub>2</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> )	6,18	6,99	5,86	6,79	6,52	6,94	6,16	7,10
T <sub>15</sub> (S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> )	6,18	6,88	6,22	7,15	6,56	7,00	6,54	7,22



50 e 70 DAS para os dois ciclos consecutivos; para os dois ciclos, os valores médios de pH encontrados em todas as épocas de coleta e tratamentos permanecem dentro da faixa ótima de absorção dos nutrientes pelas plantas (Potafos, 1998); para o 2º ciclo, verifica-se grande uniformidade nos valores do  $\text{pH}_{\text{pasta}}$ , tanto entre tratamentos como entre épocas de coleta, à exceção da coleta aos 70 DAS, que apresentou uma leve superioridade do  $\text{pH}_{\text{pasta}}$  em relação a todas as outras coletas. Ressalta-se que o pH da solução do solo era monitorado e controlado pela adição de ácidos, para evitar sua elevação; outro fator que contribuiu para a não elevação do pH do solo é que, na composição química das águas utilizadas, a quantidade de  $\text{Cl}^-$  e  $\text{Na}^+$  é maior que de  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$  (Tabela 2), prevalecendo a neutralidade do NaCl com relação ao pH inibindo, portanto, a hidrólise do  $\text{Na}^+$ , que pode elevar o pH, e não existindo elevada concentração de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  que na presença de  $\text{H}_2\text{O}$ , possibilita a ocorrência de reações alcalinas que, por sua vez, podem resultar em pH de até 10 (Tan, 1982).

### CONCLUSÕES

1. O maior acúmulo de sais no solo foi observado na camada superficial (até 15 cm de profundidade) em todos os níveis de salinidade da água de irrigação; a utilização de águas mais salinas produziu maior salinidade média no perfil.

2. Os valores médios do pH da pasta de saturação do solo estiveram sempre dentro da faixa ótima de absorção de nutrientes, requerida pelo meloeiro.

3. A condutividade elétrica do solo pode, no final do ciclo do meloeiro, ser estimada com boa precisão, com base no valor da condutividade elétrica da água média ponderada para cada manejo de água salobra.

### LITERATURA CITADA

- Al-Karaki, G.; Al-Ajmi, A.; Othman, Y. Response of soilless grown bell pepper cultivars to salinity. *Acta Horticulturae*, v.807, p.227-232, 2009.
- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300p. FAO. Irrigation and Drainage, Paper 56.
- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB. 1999. 118p. Estudos da FAO. Irrigação e Drenagem 29. Revisado
- Barros, A. D. de; Medeiros, J. F. de; Sousa, A. de P. Comportamento produtivo do meloeiro submetido a salinidade e frequência de irrigação. *Irriga*, v.8, p.44-50, 2003.
- Blanco, F. F.; Folegatti, M. V. Salt accumulation and distribution in a greenhouse soil as affected by salinity of irrigation water and leaching management. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, p.414-419, 2002.
- Carmo Filho, F. do; Oliveira, O. F. de. Mossoró: Um município do semi-árido nordestino – características climáticas e aspectos florísticos. Mossoró: Coleção Mossoroense, 1995. 62p.
- Dantas, D. da C.; Matos, J. de A.; Medeiros, J. F. de; Porto Filho, F. de Q.; Miranda, N. de O. Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo a partir de extratos 1:2 pelo método do eixo principal reduzido. *Irriga*, v.10, p.335-340, 2005.
- Dias, N. da S.; Duarte, S. N.; Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F. de; Soares, T. M. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se extratores de solução do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.496-504, 2005a.
- Dias, N. da S.; Duarte, S. N.; Teles Filho, J. F.; Yoshinaga, R. T. Produção de alface sob diferentes níveis de salinidade do solo. *Irriga*, v.10, p.20-29, 2005b.
- Dias, N. da S.; Lira, R. B.; Brito, R. F.; Sousa Neto, O. N.; Ferreira Neto, M.; Oliveira, A. M. Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.755-761, 2010.
- Dias, N. da S.; Medeiros, J. F. de; Gheyi, H. R.; Silva, F. V. da; Barros, A. D. de. Evolução da salinidade de um Argissolo sob cultivo de melão irrigado por gotejamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.8, p.240-246, 2004.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual e métodos de análises de solo. 2.ed., Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.
- Ferreira Neto, M.; Gheyi, H. R.; Fernandes, P. D.; Holanda, J. S.; Blanco, F. F. Emissão foliar, relações iônicas e produção do coqueiro irrigado com água salina. *Ciência Rural*, v.37, p.1675-1681, 2007.
- Gurgel, M. T.; Medeiros, J. F. de; Nobre, R. G.; Cardoso Neto, F. C.; Silva, F. V. Evolução da salinidade no solo sob cultivo de melão irrigado com águas de diferentes salinidade. *Revista de Biologia e Ciência da Terra*, v.3, p.1-13, 2003.
- Maia, E. C.; Morais, E. R. C.; Oliveira, M. Qualidade da água para fertirrigação por gotejamento. II. Região do Baixo Açu-RN. *Revista Engenharia na Agricultura*, v.6, p.12-26, 1998.
- Medeiros, J. F. de; Cruciani, D. E.; Folegatti, M. V.; Miranda, N. de O. Tolerância do pimentão à salinidade sob cultivo protegido. *Engenharia Agrícola*, v.22, p.200-210, 2002.
- Medeiros, J. F. de; Lisboa, R. de A.; Oliveira, M. de ; Silva Júnior, M. J. da; Alves, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da chapada do apodi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, p.469-472, 2003.
- Oliveira, M.; Maia, C. E. Qualidade físico-química da água para irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.2, p.42-46, 1998.
- Paiva, A. S.; Medeiros, J. F. de; Silva, M. C. C.; Alves, L. P.; Sarmiento, D. H. A.; Silva Júnior, M. J. Salinidade e reação do solo numa área cultivada com melão sob mulch e irrigado com águas de diferentes níveis de sais. *Revista Caatinga*, v.17, p.57-63, 2004.
- Potafos. Instituto de Potassa & Fosfato. Manual internacional de fertilidade do solo. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1998. 177p.
- Rhoades, J. D.; Miyamoto, S. Testing soils for salinity and sodicity. In: Westerman, R. L. (ed.) Soil testing and plant analysis. Madison: Soil Science Society of America, 1990. Cap. 12, p.229-336. Book Series 3
- Savvas, D.; Stamati, E.; Tsirogirogiannis, I. L.; Mantzos, N.; Barouchas, P. E.; Katsoulas, N.; Kittas, C. Interactions between salinity and irrigation frequency in greenhouse pepper grown in closed-cycle hydroponic systems. *Agricultural Water Management*, v.91, p.102-111, 2007.
- Soares, T. M.; Silva, E. F. F.; Duarte, S. N.; Melo, R. F.; Jorge, C. A.; Bonfim-Silva, E. M. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. *Irriga*, v.12, p.235-248, 2007.
- Tan, K. H. Principles of soil chemistry. New York: Marcel Dekker, 1982. 267p.