



## Água salina nos atributos químicos do solo e no estado nutricional da mandioca

**Roberto S. F. de Holanda Filho<sup>1</sup>, Delfran B. dos Santos<sup>2</sup>, Carlos A. V. de Azevedo<sup>3</sup>, Eugênio F. Coelho<sup>4</sup> & Vera L. A. de Lima<sup>3</sup>**

### RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi verificar a influência do uso de água salina nos atributos químicos do solo e no estado nutricional da mandioca. O trabalho foi conduzido na área experimental de Irrigação e Drenagem do IF Baiano, Campus de Senhor do Bonfim, BA (10° 28'S, 40° 11'W e 550 m). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado constando de sete tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiram de uma testemunha (sequeiro), um tratamento irrigado com água potável (100% da ETC) e cinco tratamentos irrigados com água salina com CE de 3 dS m<sup>-1</sup> variando as lâminas aplicadas: 110, 120, 130, 140 e 150% da ETC. O uso de água salina aumentou a percentagem de sódio trocável, a razão de adsorção de sódio e a condutividade elétrica do solo, tanto na 0-0,20 como na 0,20-0,40 m de profundidade. Quanto ao estado nutricional foliar da mandioca, os tratamentos influenciaram apenas nos teores de cálcio, magnésio e cloro.

**Palavras-chave:** *Manihot esculenta*, lisímetro, salinidade

## Saline water on chemical properties of soil and nutritional status of Cassava

### ABSTRACT

The purpose of this study was to assess the influence of saline water on chemical properties of the soil and nutritional attributes of cassava. The work was conducted in the area of Irrigation and Drainage of IF Baiano, Campus de Senhor do Bonfim, BA (10° 28'S, 40° 11'W and 550 m). The experimental design was completely randomized, consisting of seven treatments and three replicates. The treatments consisted of control (rainfed), a treatment irrigated with drinking water (100% of ETC) and five treatments irrigated with saline water of 3 dS m<sup>-1</sup> with varying water depths: 110, 120, 130, 140 and 150% of ETC. The use of saline water increased the exchangeable sodium percentage, the sodium adsorption ratio and the electrical conductivity of the soil in both 0-0.20 and 0.20-0.40 m depths. Regarding the leaf nutritional status of cassava, the treatments influenced only the contents of calcium, magnesium and chlorine.

**Key words:** *Manihot esculenta*, lysimeter, salinity

<sup>1</sup> IF do Sertão Pernambucano/Campus Floresta, Rua Projetada s/n, Caetano 2, CEP 56400-000, Floresta, PE. Fone: (87) 3877-2797. Email: robertosilvio2002@yahoo.com.br

<sup>2</sup> IF Baiano/Campus de Senhor do Bonfim, Km 4 da Estrada da Igara s/n, Zona Rural, CEP 48.970-000 Senhor do Bonfim, BA. Fone: (74) 3541-3676. Email: delfran.batista@gmail.com

<sup>3</sup> UAEA/UFCG, Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, CEP 58109-970, Campina Grande, PB. Fone: (83) 3310-1056. Email: cazevedo@deag.ufcg.edu.br; antunes@deag.ufcg.edu.br

<sup>4</sup> EMBRAPA/CNPMP, Rua Embrapa, s/n, CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA. Fone: (75) 3312 -8048. Email: eugenio@cnpmp.embrapa.br

## INTRODUÇÃO

Diante da oferta cada vez mais reduzida de recursos hídricos de boa qualidade, procura-se viabilizar o uso de águas de qualidade inferior na agricultura, o que contribui para maior disponibilidade de água de boa qualidade com vistas ao uso doméstico, além de maximizar a eficiência do uso deste recurso. Águas oriundas do uso doméstico e/ou com salinidade elevada estão sendo testadas em muitas pesquisas para verificação de seu impacto no solo e nas culturas.

Em plantas jovens de cajueiro anão precoce o aumento da salinidade da solução de irrigação diminuiu a taxa de fotossíntese líquida (Bezerra et al., 2005); já em porta-enxertos de cajueiro, Ferreira-Silva et al. (2008) afirmam que o estresse salino causado pela irrigação com solução salina de NaCl, reduziu severamente a transpiração, como consequência do aumento substancial da resistência estomática.

No coqueiro anão, Marinho et al. (2005) testando cinco níveis de salinidade para água de irrigação, constataram redução na condutância estomática e diminuição no potencial hídrico das folhas, com o incremento da salinidade da água.

Irrigando milho com água salina, Garcia et al. (2007) constataram que o aumento da salinidade do solo reduziu expressivamente a produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, as taxas de assimilação líquida, a fotossíntese, a condutância estomática e a transpiração.

Nunes et al. (2003), visando avaliar o efeito de águas de irrigação provenientes de poços e do rio sobre propriedades químicas de solos no cultivo da bananeira na região de Janaúba, MG, constataram que o uso de água de poço dessa região, associado às práticas culturais, provoca alterações nos solos equivalentes a uma calagem em doses elevadas e forte elevação dos valores médios de pH e dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$  dos solos.

Em campos irrigados com águas subterrânea ( $1,85 \text{ dS m}^{-1}$ ) e superficial ( $0,31 \text{ dS m}^{-1}$ ) na Chapada do Apodi, estado do Ceará, ocorreu acréscimo na composição iônica da solução do solo em todas as camadas estudadas (0-30, 30-60 e 60-90 cm) (Andrade et al., 2004).

Barbosa et al. (2005), trabalhando com 5 níveis de salinidade da água de irrigação em um Argissolo Amarelo distrófico, observaram que em todos os tratamentos ocorreu aumento considerável do pH, da condutividade elétrica do solo, da relação de adsorção de sódio e da percentagem de sódio trocável, sendo este aumento mais acentuado quando a irrigação foi mais frequente.

Testando os efeitos de cinco lâminas de lixiviação (0,25, 0,50, 0,75, 1,00 e 1,25 do volume de poros do solo) e quatro níveis de salinidade da água de irrigação (1,0, 2,0, 3,0 e 4  $\text{dS m}^{-1}$ ) sobre a salinidade de um Neossolo Flúvico, Ferreira et al. (2006) constataram que a salinidade no perfil do solo aumentou com a salinidade da água e com a redução na fração de lixiviação.

No milho sob irrigação com água salina de  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$  preparada com adição de NaCl e  $\text{CaCl}_2$ , ocorreram aumento nos teores foliares de cloro e redução nos teores de nitrogênio, fósforo e enxofre (Garcia et al., 2005).

Estudando a gravioleira com 5 meses de idade em condições hidropônicas e solução nutritiva à base de NaCl com cinco

níveis de salinidade (0, 30, 60, 90, 120 e 150 mM), Távora et al. (2004) notaram que os teores de sódio e cloro aumentaram em todas as partes da planta, em resposta à salinidade, concentrando-se mais nas raízes; o teor de potássio decresceu significativamente, em particular nas raízes; por último, o cálcio e o magnésio tiveram decréscimos não muito acentuados, tendo o primeiro se concentrado mais nas folhas e o segundo nas raízes.

Devido à pouca informação sobre o cultivo da mandioca em condições salinas, este trabalho teve como objetivo avaliar o seu estado nutricional nessas condições e verificar a influência da irrigação com água salina nos atributos químicos do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área experimental de Irrigação e Drenagem do IF Baiano, Campus de Senhor do Bonfim, BA ( $10^\circ 28' \text{ S}$ ,  $40^\circ 11' \text{ W}$ , 550 m).

A área experimental (6 x 18,9 m) continha 21 lisímetros, cada qual constituído de uma caixa de fibra de vidro com capacidade de  $1,120 \text{ m}^3$ , cujas dimensões foram: 1,0 m de largura por 1,4 m de comprimento e 0,8 m de profundidade.

Os lisímetros foram enterrados a 0,75 m de profundidade e, na base de cada um, se abriu um orifício de 0,025 m de diâmetro ao qual se conectou uma tubulação, que serviu de descarga do efluente até os vasos coletores.

Sobre o orifício foi colocada uma calha invertida de 0,3 m de comprimento feita a partir de tubo PVC de 0,05 m de diâmetro com perfurações em sua borda para permitir somente a passagem da água pelo orifício. Na entrada da calha foi posta uma pedra para impedir a penetração de unidades da brita tipo gravilhão, a qual foi colocada na base do lisímetro, possuindo uma espessura de 0,02 m. Sobre a brita foi colocada uma camada de areia lavada de igual espessura.

Sobre a camada de areia lavada foi colocado solo da própria área, um Latossolo Amarelo Eutrófico, o qual apresenta os seguintes atributos químicos na profundidade de 0,2 m: 5,8 de pH; 3,5, 0,8, 0,3, 0,1, 4,7, 0,0 e 1,7  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Ca, Mg, K, Na, S, Al e H, respectivamente, 73% de saturação por bases, 292  $\text{g dm}^{-3}$  de P e 0,6  $\text{dS m}^{-1}$  para condutividade elétrica do extrato de saturação de solo. Antes de colocado sobre a camada de areia lavada o solo foi devidamente passado em peneira com malha de 0,003 m de espessura, de modo a formar um perfil homogêneo. Fez-se o preenchimento dos lisímetros em camadas de aproximadamente 0,2 m para que não houvesse dilatação dos mesmos, de forma que o preenchimento da segunda camada de 0,2 m só começou quando todos os lisímetros apresentaram a primeira camada de solo. A camada total de solo no interior de cada lisímetro foi de 0,6 m.

Nos 0,20 m de solo superficial dentro dos lisímetros foi incorporado esterco de galinha peneirado, perfazendo o total de 5% do volume total de solo, o qual foi de  $0,84 \text{ m}^3$ .

A cultura instalada na área experimental foi a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). O plantio foi manual, na profundidade de 0,1 m, utilizando-se uma maniva-semente de 0,2 m de comprimento por cova em posição horizontal. O

espaçamento utilizado foi de 0,7 m entre plantas e 1 m entre fileiras, de forma a constituir 2 plantas por lisímetro.

As variedades utilizadas no plantio foram a Saracura e a Dourada. Apenas as plantas da variedade Saracura foram analisadas no experimento enquanto as plantas da variedade Dourada foram instaladas somente como bordadura.

Nos lisímetros nos quais a emergência das plântulas não ocorreu ou foi deficiente, realizou-se o transplantio permutando-se as manivas de dentro dos lisímetros não emergidas com as de fora emergidas.

Na Tabela 1 está expressa a característica química das águas utilizadas na irrigação. Conforme Rhoades et al. (1992), a água 1 da referida tabela é classificada como potável e a água 2, como salina.

Antes das irrigações, foi verificada a condutividade elétrica das águas utilizadas através de um condutivímetro microprocessado portátil - mCA 150P tecnopon.

Antes de ser iniciado o manejo da irrigação, o solo dentro dos lisímetros foi deixado na capacidade de campo; para isto, o solo foi saturado com água, até atingir uma lâmina de cerca de 0,02 m acima de sua superfície; em seguida, o lisímetro foi coberto com lona plástica, a fim de impedir a evaporação e permitir apenas a drenagem da água.

O cálculo da quantidade de água a ser aplicada em cada tratamento foi igual ao produto entre a evapotranspiração da cultura e a área do lisímetro, conforme a Eq. 1, seguinte:

$$Q_{ai} = E_{Tc} \times A \quad (1)$$

em que:

$Q_{ai}$  - quantidade de água a irrigar por lisímetro, em L;

$E_{Tc}$  - evapotranspiração da cultura, em mm;

$A$  - área do lisímetro, em m<sup>2</sup>.

No cálculo da evapotranspiração da cultura ( $E_{Tc}$ ), utilizou-se a Eq. 2:

$$E_{Tc} = E_{To} \times K_c \quad (2)$$

em que:

$E_{To}$  - evapotranspiração de referência, mm

$K_c$  - coeficiente de cultivo, adimensional

Por sua vez, a evapotranspiração de referência foi determinada pelo método de Hargreaves (1974) (Eq. 3), como mostrado a seguir:

$$E_{To} = 0,0023(T_{méd} + 17,8)(T_{máx} - T_{mín})^{0,5} R_a \quad (3)$$

em que:

$T_{méd}$  - temperatura média, °C

$T_{máx}$  - temperatura máxima, °C

$T_{mín}$  - temperatura mínima, °C

$R_a$  - radiação extraterrestre, mm d<sup>-1</sup>

As medições das temperaturas máxima e mínima foram diárias, através de um termômetro de máxima e mínima instalado em um abrigo meteorológico; obteve-se a temperatura média pela média aritmética entre a temperatura máxima e a mínima diária. As medidas da precipitação pluvial foram obtidas através de um pluviômetro de PVC instalado na área.

A irrigação foi realizada com frequência de 7 dias. A aplicação foi manual, utilizando-se uma mangueira de 0,02 m de diâmetro e comprimento de 30 m. Conectou-se, a uma das extremidades da mangueira, um hidrômetro com precisão de 20 mL, para o controle da água a ser aplicada.

O delineamento experimental utilizado para determinação dos atributos do solo e nutricional da mandioca, foi o inteiramente casualizado consistindo de sete tratamentos e três repetições, totalizando 21 parcelas.

Os tratamentos consistiram de uma testemunha (sequeiro), um tratamento irrigado com água potável oriunda da Empresa Baiana de Água e Saneamento (EMBASA), com lâmina igual a 100% da Evapotranspiração da cultura ( $E_{Tc}$ ) e cinco tratamentos irrigados com água salina de 3 dS m<sup>-1</sup> variando as lâminas aplicadas: 110, 120, 130, 140 e 150% da  $E_{Tc}$ , conforme apresentado na Tabela 2. As lâminas totais utilizadas por tratamento estão expostas na Tabela 2.

Para um estabelecimento melhor da cultura, nos dois primeiros meses todos os tratamentos foram irrigados com água potável. A aplicação dos tratamentos iniciou-se no dia 14 de abril e finalizou no dia 14 de agosto de 2007; no dia 15 de agosto do mesmo ano procedeu-se à coleta das amostras de solo nas profundidades de 0-0,2 e 0,2-0,4 m, e à coleta das folhas na parte mediana da copa das plantas, tendo em vista que essas folhas são consideradas recém-maduras e, portanto, refletem melhor o estado nutricional do vegetal (Veloso et al., 2004). As amostras foram colocadas em sacos plásticos e devidamente identificadas por lisímetro.

As amostras de solo e folhas foram enviadas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade da Universidade Federal de Campina Grande (LIS-UFCG) para as análises das variáveis exploradas na pesquisa.

Para os atributos do solo as variáveis analisadas foram: cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na), fósforo (P), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva

**Tabela 1.** Característica química das águas utilizadas na irrigação

Águas	pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	Ca	Mg	Na	K	Carbonato	Bicarbonato	Cl	RAS
			(mmol <sub>e</sub> L <sup>-1</sup> )							
Potável	5,28 <sup>1</sup>	0,14	0,50	0,50	0,49	0,03	0,0	0,39	0,92	0,69
Salina	6,92 <sup>2</sup>	3,00	4,26	8,24	18,38	0,42	0,0	0,54	27,25	7,35

**Tabela 2.** Tratamentos utilizados

Tratamentos	Sequeiro	Água potável (0,14 dS m <sup>-1</sup> )	Água salina (3 dS m <sup>-1</sup> )				
Lâminas (% $E_{Tc}$ )	0	100	110	120	130	140	150
Lâminas (mm)	0	524	576	629	681	733	786

(t), capacidade de troca de cátions total (T), acidez potencial (H + Al), porcentagem de saturação por bases (V), teor de matéria orgânica (MO), porcentagem de sódio trocável (PST), relação de adsorção de sódio (RAS) e condutividade elétrica do extrato de saturação (CE).

Para determinação do estado nutricional da mandioca nas variáveis analisadas nas folhas foram: nitrogênio (N), fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio, cloro, enxofre (S), ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu) e manganês (Mn).

Realizou-se a análise de variância visando à verificação do efeito dos tratamentos nas variáveis analisadas. Para comparação das médias dos tratamentos, usou-se o teste de Tuckey a nível de 5% de probabilidade.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Atributos químicos do solo

Nas Tabelas 3 e 4 estão expressas as médias por tratamento dos atributos químicos do solo, nas profundidades de 0-0,20 e 0,20-0,40 m.

Pela Tabela 3, infere-se que os tratamentos com água salina quando comparados entre si, não afetaram os atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m. Quando comparado com o tratamento de sequeiro e o irrigado com água potável, observa-se diferença significativa nas variáveis cálcio, magnésio, potássio, sódio, porcentagem de sódio trocável, razão de adsorção de sódio e condutividade elétrica do extrato de saturação na referida profundidade.

Os maiores teores de cálcio na profundidade de 0-0,20 m ocorreram nos tratamentos que não receberam água salina. Provavelmente, nos tratamentos nos quais ocorreu a aplicação de água salina, o cálcio tenha precipitado na forma de cloreto, já que a água salina utilizada na irrigação teve elevado teor de cloro (Tabela 1); outra explicação para os menores teores de cálcio nos tratamentos com água salina é a de que, nesta condição, constatou-se maior conteúdo de cálcio nas folhas da cultura indicando uma absorção maior desse nutriente (Tabela 5).

As médias dos teores de magnésio por tratamento na profundidade de 0-0,20 m apresentaram comportamento oposto

**Tabela 3.** Atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m sob diferentes tratamentos

Variável	Unidade	Tratamentos – ET <sub>c</sub> , CE						
		Sequeiro	110% 0,14 dS m <sup>-1</sup>	120% 3 dS m <sup>-1</sup>	130% 3 dS m <sup>-1</sup>	140% 3 dS m <sup>-1</sup>	150% 3 dS m <sup>-1</sup>	160% 3 dS m <sup>-1</sup>
Ca**		4,42 a <sup>1</sup>	3,62 ab	2,32 b	2,54 b	2,39 b	2,39 b	2,57 b
Mg**		1,77 b	2,37 ab	3,41 a	3,30 a	3,21 ab	3,51 a	3,51 a
K*		0,33 a	0,24 b	0,23 b	0,23 b	0,21 b	0,23 b	0,21 b
Na**	(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,07 b	0,08 b	0,62 a	0,70 a	0,62 a	0,67 a	0,68 a
SB <sup>n.s.</sup>		6,53	6,23	5,96	6,09	5,81	6,14	6,30
t <sup>n.s.</sup>		6,53	6,23	5,96	6,11	5,93	6,14	6,30
T <sup>n.s.</sup>		12,32	10,83	11,25	10,98	10,89	11,00	10,4
H + Al <sup>n.s.</sup>		5,79	4,60	5,29	4,89	5,08	4,85	4,06
P <sup>n.s.</sup>	(mg 100g <sup>-1</sup> )	38,04	19,5	18,80	19,47	20,30	23,24	24,4
V <sup>n.s.</sup>		53,12	61,73	54,06	56,12	52,17	55,88	61,01
M.O <sup>n.s.</sup>	%	2,25	1,89	1,43	1,60	1,79	2,03	1,84
PST**		0,56 b	0,77 b	5,32 a	6,03 a	5,56 a	5,75 a	6,24 a
RAS**	(meq L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	0,039 b	0,046 b	0,37 a	0,47 a	0,38 a	0,39 a	0,39 a
CE**	(dS m <sup>-1</sup> )	2,15 b	1,90 b	5,11 a	5,88 a	5,05 a	5,20 a	5,72 a

\* e \*\*: significativo a nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; n.s.: não significativo; 1- letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey

**Tabela 4.** Atributos químicos do solo na profundidade de 0,20-0,40 m sob diferentes tratamentos

Variável	Unidade	Tratamentos – ET <sub>c</sub> , CE						
		Sequeiro	110% 0,14 dS m <sup>-1</sup>	120% 3 dS m <sup>-1</sup>	130% 3 dS m <sup>-1</sup>	140% 3 dS m <sup>-1</sup>	150% 3 dS m <sup>-1</sup>	160% 3 dS m <sup>-1</sup>
Ca <sup>n.s.</sup>		1,35	1,80	1,28	1,76	1,72	1,64	1,41
Mg <sup>n.s.</sup>		1,96	2,36	2,88	2,76	2,91	2,70	2,85
K**		0,55 a <sup>1</sup>	0,29 b	0,16 bc	0,19 bc	0,17 bc	0,17 bc	0,16 bc
Na**	(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,07 b	0,06 b	0,54 a	0,59 a	0,56 a	0,57 a	0,60 a
SB <sup>n.s.</sup>		3,86	4,45	4,33	4,72	4,80	4,52	4,42
t <sup>n.s.</sup>		4,08	4,64	4,47	4,75	4,87	4,57	4,51
T <sup>n.s.</sup>		9,99	8,98	9,48	9,41	9,62	10,29	9,21
H + Al <sup>n.s.</sup>		6,12	4,52	5,15	4,69	5,95	5,77	4,78
P <sup>n.s.</sup>	(mg 100g <sup>-1</sup> )	1,00	2,1	1,46	2,64	2,76	1,41	3,26
V <sup>n.s.</sup>		39,12	50,10	48,54	53,28	47,4	46,8	52,04
M.O <sup>n.s.</sup>	(%)	0,66	1,03	0,74	1,02	1,08	0,73	0,86
PST**		0,73 b	0,70 b	5,45 a	5,97 a	5,69 a	5,24 a	6,30 a
RAS**	(meq L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	0,06 b	0,04 b	0,38 a	0,39 a	0,37 a	0,38 a	0,41 a
CE**	(dS m <sup>-1</sup> )	1,97 b	1,63 b	4,65 a	4,89 a	4,62 a	4,68 a	4,71 a

\*\* : significativo a nível de 1% de probabilidade; n.s.: não significativo; 1- letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey

**Tabela 5.** Valores médios dos teores de macronutrientes nas folhas por tratamento

Tratamentos	CEa	(g kg <sup>-1</sup> )					
		N <sup>n.s</sup>	P <sup>n.s</sup>	K <sup>n.s</sup>	Ca <sup>**</sup>	Mg <sup>**</sup>	S <sup>n.s</sup>
Sequeiro	-	41,01	2,07	19,30	18,18 c <sup>1</sup>	3,52 bc	2,30
110% ET <sub>c</sub>	0,14 dS m <sup>-1</sup>	44,96	2,59	20,93	22,6 abc	2,52 c	1,86
120% ET <sub>c</sub>	3 dS m <sup>-1</sup>	38,31	2,33	21,75	26,4 abc	4,00 ab	2,10
130% ET <sub>c</sub>		42,45	2,60	18,48	27,6 ab	4,27 ab	2,11
140% ET <sub>c</sub>		39,89	2,60	20,11	28,2 ab	4,29 ab	2,36
150% ET <sub>c</sub>		40,42	2,45	17,66	21,3 bc	4,0 ab	2,09
160% ET <sub>c</sub>		41,92	2,69	16,85	30,17 a	4,71 a	2,16

\*\* : significativo a nível de 1% de probabilidade; n.s: não significativo; 1- letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tuckey

ao das médias dos teores de cálcio, ou seja, as maiores médias foram encontradas nos tratamentos que receberam água salina, resultado que evidencia que pode ter ocorrido antagonismo entre esses nutrientes, de forma que o cálcio teve preferência para ser precipitado com o cloro colaborando, desta maneira, para que o magnésio fosse mais adsorvido; além disso, o magnésio apresentou menor teor na folha (Tabela 5) nos tratamentos irrigados com água salina quando comparado com o cálcio, indicando que ele foi menos absorvido, o que também contribui para seu maior teor no solo, nos tratamentos que receberam água salina.

O potássio apresentou maior média de teores no tratamento de sequeiro na profundidade de 0-0,20 m (Tabela 3). A irrigação fornecida nos demais tratamentos propiciou a lixiviação desse elemento para outras camadas. Esta situação é explicada pelo baixo teor de potássio verificado na água potável (Tabela 2) e, no caso dos tratamentos irrigados com água salina, é possível que tenha ocorrido combinação com o ânion cloro, formando um composto de carga neutra, de forma a lixiviar o potássio para camadas inferiores, conforme descrito por Santos (2005).

Os teores de sódio foram superiores nos tratamentos que receberam água salina devido à grande concentração deste elemento na água (Tabela 1). Não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos de sequeiro e o irrigado com água potável visto que tanto o solo quanto a água potável (Tabela 1) apresentaram baixo teor de sódio.

O teor de fósforo à profundidade de 0-0,20 m foi inferior nos tratamentos que tiveram irrigação, independentemente de ser com água potável ou salina, apesar de não ter ocorrido diferença significativa, fato explicado pelo deslocamento desse nutriente para camadas mais profundas devido à irrigação.

Os teores de fósforo foram bem maiores na camada de 0-0,20 m em relação à de 0,4 m (Tabela 4), em virtude daquela camada ter recebido matéria orgânica, o que contribui para aumentar o fósforo disponível; resultado semelhante foi obtido por Costa et al. (2007) que encontraram maior teor de fósforo nos solos que receberam esterco bovino. Outro fator que contribui para tal fato, é a pouca mobilidade do fósforo em razão dos compostos fosfatados terem pouca solubilidade (Furtini Neto et al., 2001).

Os maiores teores de cálcio na profundidade de 0-0,20 m (Tabela 3) nos tratamentos que não receberam água salina foram compensados com os baixos teores de magnésio existentes nesses tratamentos, de forma a não ocorrer diferença significativa com relação aos parâmetros soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions efetiva (t).

A capacidade de troca de cátions total (T) e a porcentagem de saturação de bases (V) também não foram afetadas pelos tratamentos, contribuindo para isso a não influência dos tratamentos nas variáveis acidez potencial e soma de bases.

Em razão do incremento de sódio na profundidade de 0-0,20 m pela irrigação com água salina, as variáveis porcentagem de sódio trocável e razão de adsorção de sódio apresentaram médias superiores nos tratamentos que receberam essa água, o que vem propiciar maior possibilidade de problemas com sodicidade do solo. Referidos resultados concordam com os de Freire et al. (2003) que verificaram aumento da PST em nove solos do estado de Pernambuco, com o aumento da salinidade e RAS da água de irrigação.

A irrigação com água salina também ensejou aumento da salinidade na profundidade de 0-0,20 m, evidenciando que as lâminas de irrigação superiores à lâmina de evapotranspiração da cultura não foram suficientes para lixiviação dos sais, situação que concorda com a obtida por Blanco & Folegatti (2002) que, ensaiando com a cultura do pepino, observaram que a salinidade do solo aumentava linearmente quando se aumentava a salinidade da água de irrigação, mesmo se usando uma fração de lixiviação de 20%.

Em geral, o teor de matéria orgânica na profundidade de 0-0,20 m foi numericamente menor nos tratamentos irrigados com água salina em comparação com o tratamento irrigado com água potável, o que discorda de Santos (2005) que, trabalhando a cultura do feijão irrigada com água salina e doce, detectou redução de matéria orgânica na camada de 0,2 m no tratamento irrigado com água doce.

Na Tabela 4 se observa o efeito dos tratamentos nos atributos químicos do solo na profundidade de 0,20-0,40 m. Não ocorreu diferença significativa no teor de cálcio na profundidade de 0,20-0,40 m devido aos tratamentos. Excetuando-se o tratamento irrigado com água salina com lâmina de 110% da ET<sub>c</sub>, numericamente todos os tratamentos irrigados apresentaram média do teor de cálcio superior à do tratamento de sequeiro, diferentemente do que ocorreu na profundidade de 0-0,20 m, o que sugere uma lixiviação do cálcio nesta profundidade.

Embora não tenha havido diferença significativa, o teor de magnésio na profundidade de 0,20-0,40 m foi numericamente superior nos tratamentos que receberam água salina, repetindo o que ocorreu na camada de 0-0,20 m, situação estabelecida pelo teor de magnésio contido na água salina utilizada na irrigação (Tabela 1).

O comportamento do potássio na profundidade de 0,20-0,40 m também foi semelhante na de 0-0,20 m, de modo que o maior teor deste elemento foi obtido no tratamento de sequeiro. Pode-se inferir que tal fato ocorreu devido à lixiviação desse nutriente proporcionada pelas maiores lâminas utilizadas nas parcelas irrigadas com água salina.

Os maiores teores de sódio na profundidade de 0,20-0,40 m ocorreram nas parcelas irrigadas com água salina, situação semelhante à constatada na profundidade de 0-0,20 m. Santos (2005) encontrou resultado semelhante quando trabalhou com água salina irrigando feijão cultivado em argissolo.

O menor conteúdo de fósforo na profundidade 0,20-0,40 m foi registrado no tratamento de sequeiro; os demais tratamentos receberam este nutriente através da lixiviação, aumentando seu teor.

Numericamente, os parâmetros soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (t) e porcentagem de saturação por bases (V) apresentaram o menor valor no tratamento de sequeiro. Os tratamentos irrigados com água salina mostraram maiores teores de magnésio e sódio nessa camada, o que contribui para os maiores valores daqueles atributos nesses tratamentos, em tal profundidade.

Os parâmetros razão de adsorção de sódio, porcentagem de sódio trocável e condutividade elétrica do extrato de saturação, obtiveram as maiores médias nos tratamentos salinos, repetindo o já referido na profundidade de 0-0,20 m.

Entre os tratamentos que receberam água salina não ocorreu diferença significativa na condutividade elétrica do extrato de saturação (CE) nem na porcentagem de sódio trocável (PST), condição que difere da observada por Ferreira et al. (2006) que constataram aumento da salinidade do solo em três profundidades estudadas com a diminuição da fração de lixiviação.

Obeve-se, no tratamento de sequeiro, o menor teor de matéria orgânica, resultado que pode ter ocorrido em razão do deslocamento de matéria orgânica da camada de 0-0,20 m através da irrigação conferindo, aos tratamentos irrigados, maior teor de matéria orgânica na profundidade de 0,20-0,40 m.

#### Atributos nutricionais da mandioca

Na Tabela 5, se encontram as médias dos macronutrientes foliares por tratamento. Os tratamentos aplicados influenciaram apenas os teores foliares dos macronutrientes cálcio e magnésio.

Em todos os tratamentos o nitrogênio foi o nutriente que apresentou maior concentração na folha, indicando maior necessidade deste nutriente, resultado que concorda com o obtido por Lorenzi et al. (1981). Esses autores, avaliando a acumulação de macronutrientes em duas cultivares de mandioca em cinco épocas diferentes, verificaram que o nitrogênio teve maior teor foliar, independentemente das cultivares e épocas.

Numericamente, o teor foliar de fósforo foi menor no tratamento sem irrigação. Este tratamento apresentou maior teor de fósforo no solo, na profundidade de 0-0,20 m, fato que indica menor absorção deste elemento; devido à falta de umidade do tratamento de sequeiro, a absorção do fósforo pode ter sido afetada.

Os maiores teores foliares de cálcio ocorreram nos tratamentos que receberam água salina. Esses tratamentos apresentaram os menores conteúdos deste elemento no solo, na profundidade de 0-0,20 m (Tabela 3), indicando maior absorção deste nutriente pela cultura. Como os tratamentos salinos proporcionaram maior umidade, isto pode ter facilitado a absorção de cálcio nos mesmos.

O cálcio veio em segundo lugar como o elemento de maior teor foliar perdendo para os teores foliares de nitrogênio e só tendo teor inferior ao de potássio no tratamento de sequeiro.

Na sequência, vem o potássio, com maior teor foliar; o mesmo apresentou teor no solo menor que o do magnésio nas duas profundidades estudadas (Tabelas 3 e 4), o que pode explicar sua maior absorção em relação ao magnésio.

No caso do magnésio, os maiores teores também ocorreram nos tratamentos que receberam água salina, a qual propiciou maior umidade no solo, o que facilita a absorção deste íon.

Observa-se, na Tabela 6, que apenas o cloro, entre os micronutrientes, teve seu teor foliar influenciado significativamente pelos tratamentos.

Obtiveram-se os maiores teores foliares de cloro, ferro, zinco e cobre nos tratamentos irrigados com água salina, apesar dos três últimos nutrientes não apresentarem diferenças significativas devido aos tratamentos. Como a água salina utilizada apresentou alto teor de cloro (Tabela 1), é provável que este elemento tenha tido boa disponibilidade na solução do solo nos tratamentos que receberam tal água.

O micronutriente absorvido em maior quantidade, independentemente do tratamento, foi o manganês, cuja média com maior teor foi obtida no tratamento em que se utilizou água potável.

**Tabela 6.** Média foliar dos teores de micronutrientes e sódio por tratamento

Tratamentos	CEa	Cl**	Fe <sup>n.s</sup>	Zn <sup>n.s</sup>	Cu <sup>n.s</sup>	Na <sup>n.s</sup>	Mn <sup>n.s</sup>
		(mg kg <sup>-1</sup> )					
Sequeiro		1,77 b <sup>1</sup>	131,0	32,00	5,00	0,65	352,3
110% ET <sub>c</sub>	0,14 dS m <sup>-1</sup>	2,80 b	107,3	44,66	6,33	0,57	426,6
120% ET <sub>c</sub>		29,67 a	192,3	73,00	7,66	0,64	397,6
130% ET <sub>c</sub>		25,92 a	196,3	74,33	7,00	0,64	348,6
140% ET <sub>c</sub>	3 dS m <sup>-1</sup>	26,70 a	220,0	86,66	7,66	0,64	324,6
150% ET <sub>c</sub>		22,95 a	212,3	78,66	7,33	0,64	246,0
160% ET <sub>c</sub>		24,39 a	201,6	58,33	6,66	0,57	268,3

\*\* : significativo a nível de 1% de probabilidade; n.s: não significativo; 1- letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tuckey

## CONCLUSÕES

1. O uso de água salina aumentou os teores de magnésio e sódio no solo na profundidade de 0,20 m e também a porcentagem de sódio trocável, a razão de adsorção de sódio e a condutividade elétrica do solo, nas duas profundidades de solo analisadas.

2. A irrigação, independentemente da qualidade da água, diminuiu o teor de potássio no solo nas duas profundidades analisadas.

3. Nos primeiros seis meses de cultivo o nitrogênio foi o nutriente com maior teor foliar na mandioca, independentemente dos tratamentos; entre os micronutrientes, o manganês apresentou maior teor foliar.

4. Os tratamentos influenciaram o estado nutricional foliar da mandiocqueira apenas em relação aos teores de cálcio, magnésio e cloro.

## AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo financiamento da pesquisa.

## LITERATURA CITADA

- Andrade, E. M. de; D'Almeida, D. M. B. A.; Meireles, A. C. M.; Lemos Filho, L. C. de; Arruda, F. E. R. de. Evolução da concentração iônica da solução do solo em áreas irrigadas na Chapada do Apodi, CE. *Revista Ciência Agronômica*, v.28, n.1-2, p.9-16, 2004.
- Barbosa, S. C. S.; Bastos, A. L.; Reis, L. S.; Costa, J. R. M.; Costa, J. P. V. da; Calheiros, C. B. M. Crescimento e absorção de nutrientes em bananeira irrigada com águas salinas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.343-346, 2005.
- Bezerra, M. A.; Lacerda, C. F. de; Prisco, J. T.; Gomes Filho, E. Crescimento e fotossíntese de plantas jovens de cajueiro anão precoce sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.90-94, 2005.
- Blanco, F. F.; Folegatti, M. V. Salt accumulation and distribution in a gr greenhouse soil as affected by salinity of irrigation water and leaching management. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.3, p.414-419, 2002.
- Costa, A. A.; Rodrigues, R. S.; Fraga, V. S.; Salcedo, I. H. Variações nos teores de fósforo extraível em plantios de mandioca com adubação orgânica. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 31, 2007, Gramado. Anais... Viçosa: SBCS, 2007. CD Rom
- Ferreira, P. A.; Moura, R. F. de; Santos, D. B. dos; Fontes, P. C. R.; Melo, R. F. de. Efeitos da lixiviação e salinidade da água sobre um solo salinizado cultivado com beterraba. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.3, p.570-578, 2006.
- Ferreira-Silva, S. L.; Silveira, J. A. G.; Voigt, E. L.; Soares, L. S. P.; Viégas, R. A. Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew rootstocks. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.20, n.1, p.51-59, 2008.
- Freire, M. B. G. S.; Ruiz, H. A.; Ribeiro, M. R.; Ferreira, P. A.; Alvarez, V. H.; Freire, F. J. Estimativa do risco de sodificação de solos de Pernambuco pelo uso de águas salinas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.2, p.227-232, 2003.
- Furtini Neto, A. E.; Vale, F. R. do; Resende, A. V. de; Guilherme, L. R. G.; Guedes, G. A. de A. Fertilidade do solo. Lavras: FAEPE/UFLA, 2001. 252p.
- Garcia, G. de O.; Ferreira, P. A.; Miranda, G. V.; Oliveira, F. G. de; Santos, D. B. dos Índices fisiológicos, crescimento e produção do milho irrigado com água salina. *Irriga*, v.12, n.3, p.307-325, 2007.
- Garcia, G. de O.; Ferreira, P. A.; Santos, D. B. dos; Oliveira, F. G. de; Miranda, G. V. Estresse salino em plantas de milho: I – macronutrientes aniônicos e suas relações com o cloro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.26-30, 2005.
- Hargreaves, G. H. Estimation of potential and crop evapotranspiration. *Transactions of the ASAE*, v.17, n.1, p.701-704, 1974.
- Lorenzi, J. O.; Gallo, J. R.; Malavolta, E. Acumulação de matéria seca e macronutrientes por duas cultivares de mandioca. *Bragantia*, v.40, n.14, p.145-156, 1981.
- Marinho, F. J. L.; Gheyi, H. R.; Fernandes, P. D.; Ferreira Neto, M. Alterações fisiológicas em coqueiro irrigado com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.370-374, 2005.
- Nunes, W. A. G. de A.; Ker, J. C.; Neves, J. C. L.; Ruiz, H. A.; B., Beirigo, R. M.; Boncompani, A. L. P. Características químicas de solos da região de Janaúba, MG, irrigados com água de poços tubulares e do rio Gortuba. *Revista Brasileira Ciência Solo*, v.32, n.1, p.227-236, 2003.
- Rhoades, J. D.; Kandiah, A.; Mashali, A. M. Uso de águas salinas para produção agrícola. Tradução de Gheyi, H. R.; Sousa, J. R. de; Queiroz, J. E. Campina Grande: UFPB, 1992. 117p.
- Santos, D. B. dos Efeitos da salinidade sobre características químicas do solo, aspectos nutricionais, fisiológicos e de produção no feijoeiro irrigado. Viçosa: UFV, 2005. 78p. Tese Doutorado
- Távora, F. J. A. F.; Lima, E. da C. C.; Hernandez, F. F. F. Composição mineral das raízes caules e folhas em plantas jovens de graviola submetidas a estresse salino. *Revista Ciência Agronômica*, v.35, n.1, p.44-51. 2004.
- Veloso, C. A. C.; Araújo, S. M. B.; Viégas, I. de J. M.; Oliveira, R. F. de. Amostragem de plantas para Análise Química. Belém: Embrapa CPATU, 2004 (Comunicado Técnico, n. 121).