

Dinâmica da salinidade do solo em áreas do Distrito de Irrigação Araras Norte, Ceará¹

Dynamic of soil salinity in the Araras North Irrigated District, Ceará, Brazil

Luiz Carlos Guerreiro Chaves^{2*}, Julio César Neves dos Santos³, Ana Célia Maia Meireles⁴, Eunice Maia Andrade⁵ e José Ribeiro Araújo Neto⁶

Resumo - O objetivo deste trabalho foi efetuar estudo comparativo entre as concentrações dos íons Na⁺, Cl⁻, Ca²⁺ + Mg²⁺ e K⁺ em solos irrigados com aquelas presentes em solos de mata nativa, bem como avaliar a ação da chuva na lixiviação deles. O experimento foi conduzido no Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte, Ceará, Brasil. As coletas foram realizadas bimestralmente, de maio/2003 a setembro/2005. A área de estudo era cultivada com uva (*Vitis vinifera* L.) desde 2001 e irrigada por microaspersão. As camadas amostradas nas áreas foram de 0,00-0,30; 0,30-0,60 e 0,60-0,90 m. A água utilizada na irrigação foi classificada como C₁S₂. Os resultados mostraram que a concentração de Ca²⁺ + Mg²⁺ apresentou maior incremento no solo da área irrigada em relação ao da mata nativa para a camada de 0,60-0,90 m. O Cl⁻ foi o íon que apresentou maior concentração nas camadas superiores e valores constantes nas camadas mais profundas. Os íons Na⁺ e K⁺ apresentaram concentrações baixas nas áreas estudadas. Constatou-se que a altura pluviométrica total de 2.882 mm ocorrida na região não foi suficiente para conduzir o *status* salino do solo às condições da mata nativa, havendo um incremento de íons na solução do solo, podendo, no futuro, levar à degradação das áreas irrigadas do Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte.

Palavras-Chave - Solos-salinidade. Plantas-efeito do sal. Solos-lixiviação.

Abstract - This work was carried out to develop a comparative study of Na⁺, Cl⁻, Ca²⁺ + Mg²⁺ e K⁺ concentrations between an irrigated area and undisturbed land, as well as to evaluate rainfall effects over lixiviation. The study was conducted in the Araras Norte Irrigated District (DIPAN), Ceará, Brazil. The studied was carried out in a grape (*Vitis vinifera* L.) orchard since 2001 and water was supplied by a microasprinkler system. The water used in the irrigation was classified as C₁S₂. Soils were sampled in the 0.00-0.30; 0.30-0.60 and 0.60-0.90 m layers, every two months from May/2003 to September/2005. According to the results, Ca²⁺ + Mg²⁺ concentration in irrigated area presented the highest increment in relation to undisturbed land, while sodium and potassium registered the lowest concentrations. The Cl⁻ presented the highest concentration in the upper layer, while in deeper layers, its concentration was constant. Also, it was observed that the depth of total rainfall equal to 2,882 mm and was not enough to lead the saline status of the irrigated soils to the conditions registered in undisturbed land. The increasing in these ions concentrations can guide, in the future, to the degradation of irrigated soils in the Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte.

Key Words - Soil-salinity. Plantas- effect of salt. Soils-leaching.

* Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 09/03/2009; aprovado em 19/10/2009

Dissertação do primeiro autor e parte integrante do projeto de pesquisa PRODETAB 1603

²Departamento de Engenharia Agrícola, CCA/UFC, Fortaleza-CE, Brasil, 60021-970, luizcarlosguerreiro@gmail.com

³Programa de graduação do Instituto Federal do Ceará, Campus de Iguatu-CE, Brasil, julioceasarnds@yahoo.com.br

⁴Instituto Federal do Ceará, Campus de Iguatu-CE, Brasil, ameireles2003@yahoo.com.br

⁵Departamento de Engenharia Agrícola, CCA/UFC, Fortaleza-CE, Brasil, 60021-970, eandrade@pq.cnpq.br

⁶Programa de graduação do Instituto Federal do Ceará, Campus de Iguatu-CE, Brasil, junior.bg@bol.br

Introdução

Com o crescimento da população mundial e a busca por qualidade de vida, surge, a cada dia, a necessidade de maior produção de alimentos. Com isso, expandiram-se as áreas agricultáveis, impulsionando, então, o uso da irrigação, não só como complemento das necessidades hídricas das regiões úmidas, mas também como opção de tornar produtivas as regiões áridas e semi-áridas do planeta (LOPES et al., 2008). A utilização na irrigação de água com elevada concentração de sais deve ser seguida de práticas que impeçam a acumulação excessiva dos sais no solo em níveis prejudiciais ao solo e desenvolvimento das culturas (GARCIA et al., 2008). O excesso de sais no solo reduz a disponibilidade de água para as plantas, além ocasionar toxicidade por íons tóxicos específicos, afetando o rendimento e a qualidade da produção (ALENCAR et al., 2003; FARIAS et al., 2003; SILVA et al., 2008).

A agricultura irrigada, principalmente em regiões com déficit hídrico, tem alterado o meio ambiente de forma dramática com impactos que podem conduzir à degradação do solo com perdas parciais ou totais da produtividade (ANDRADE et al., 2002; SOUZA et al., 2000).

Observa-se nas regiões áridas e semi-áridas, que em áreas irrigadas a solução do solo é frequentemente mais salina que a água de irrigação. Isto se deve à ocorrência de alto índice evaporativo, que proporciona um acúmulo de sais da água de irrigação no solo, e à dissolução de alguns minerais existentes no solo (MEIRELES et al., 2003). Silva et al., (2008) afirmam que em solos com irrigações mal manejadas, excesso de fertilização, uso de água salina e a ausência de drenagem adequada, a quantidade de sais adicionados ao solo via irrigação é proporcional à quantidade de água aplicada e que a concentração de sais no solo cresce em função da lâmina de irrigação adicionada. Andrade et al. (2002) reforçam que práticas de manejo de irrigação necessitam ser adotadas para se evitar o aumento gradual dos íons Na^+ , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ e Cl^- na solução do solo, os quais estão diretamente relacionados com a sodicidade, a salinidade do solo e os efeitos tóxicos nas culturas. Porém, a adoção dessas práticas ainda ocorre em pequenas escalas nas áreas irrigadas das regiões secas do globo, quer pela quantidade limitada de água disponível para a agricultura, pela sua baixa qualidade, pelos aspectos econômicos ou pelo nível de conscientização dos produtores (ANDRADE et al., 2002; FERRER-ALEGRE; STOCKLE, 1999).

Nas regiões de baixa precipitação pluvial a lavagem dos sais deve ser realizada, como forma de manter a salinidade do solo em um nível aceitável. Já em regiões onde essa precipitação é relativamente alta, a sua ocorrência durante a estação chuvosa, pode assegurar a lavagem dos sais (ANDRADE et al., 2004; BEN-HUR, 2001).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo monitorar a concentração dos íons de Na^+ , Cl^- , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ e K^+ em dois solos, sendo um cultivado sob irrigação localizada e o outro de mata nativa não irrigada, e a ação das chuvas na lixiviação destes, ao longo do tempo.

Material e métodos

As amostras de solo para estudo foram coletadas em uma área explorada com a cultura da uva (*Vitis vinifera* L.) desde 2001 e irrigada por microaspersão. Localizado na região Norte do Estado do Ceará, porção alta da Bacia do rio Acaraú, o Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte – DIPAN abrange os municípios de Varjota e Reriutaba. Geograficamente, o Distrito está limitado pelos paralelos $4^{\circ}04'25''$ e $4^{\circ}13'15''$ de latitude Sul e pelos meridianos $40^{\circ}28'35''$ e $40^{\circ}36'28''$ a Oeste de Greenwich, distante, aproximadamente, 300 km da capital do Estado (Figura 1).

De acordo com a classificação de Köppen (1918), o clima da região é do tipo BSw'h' (clima quente e semi-árido). Sua temperatura média anual é de 28 °C, sendo as médias de temperatura mínima e máxima de 15 °C e 40 °C, respectivamente. A região apresenta uma média pluviométrica anual de 797 mm, com evaporação potencial média anual de 1.942 mm e umidade relativa média anual de 70% (DNOCS, 2005). O total de chuvas ocorridas durante o período do estudo foi de 2.882 mm (FUNCEME, 2005). Os solos do Distrito são classificados, em sua maioria, como Luvisolos e uma parcela mínima sobre Latossolos (EMBRAPA, 1999).

As coletas das amostras de solo foram realizadas bimestralmente, no período de maio de 2003 a setembro de 2005, e se referem ao monitoramento da salinidade do solo em um lote de categoria Técnico Agrícola, com área total de 11,0 hectares. As profundidades exploradas foram de 0,00-0,30; 0,30-0,60 e 0,60-0,90 m na projeção da copa das plantas, em quatro pontos aleatórios e equidistantes, formando uma amostra composta para cada profundidade. Depois de coletado, o solo foi acondicionado em sacos plásticos, fechado, identificado e enviado ao Laboratório de Análise de Solo e Água da Embrapa Agroindústria-Tropical, Fortaleza-CE, para determinação dos teores de Na^+ , K^+ , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ e Cl^- pelo extrato de saturação na suspensão 1:1, em que foram tomados 150 g da amostra de solo e adicionados 150 mL de água deionizada. Depois de agitado e filtrado tomou-se a suspensão e fez-se a determinação dos parâmetros citados, empregando a metodologia de Richards (1954).

O suprimento hídrico do DIPAN é feito pelo Açude Público Paulo Sarasate (antigo Açude Araras) com água de classificação C_1S_2 , segundo Meireles (2007), estudando

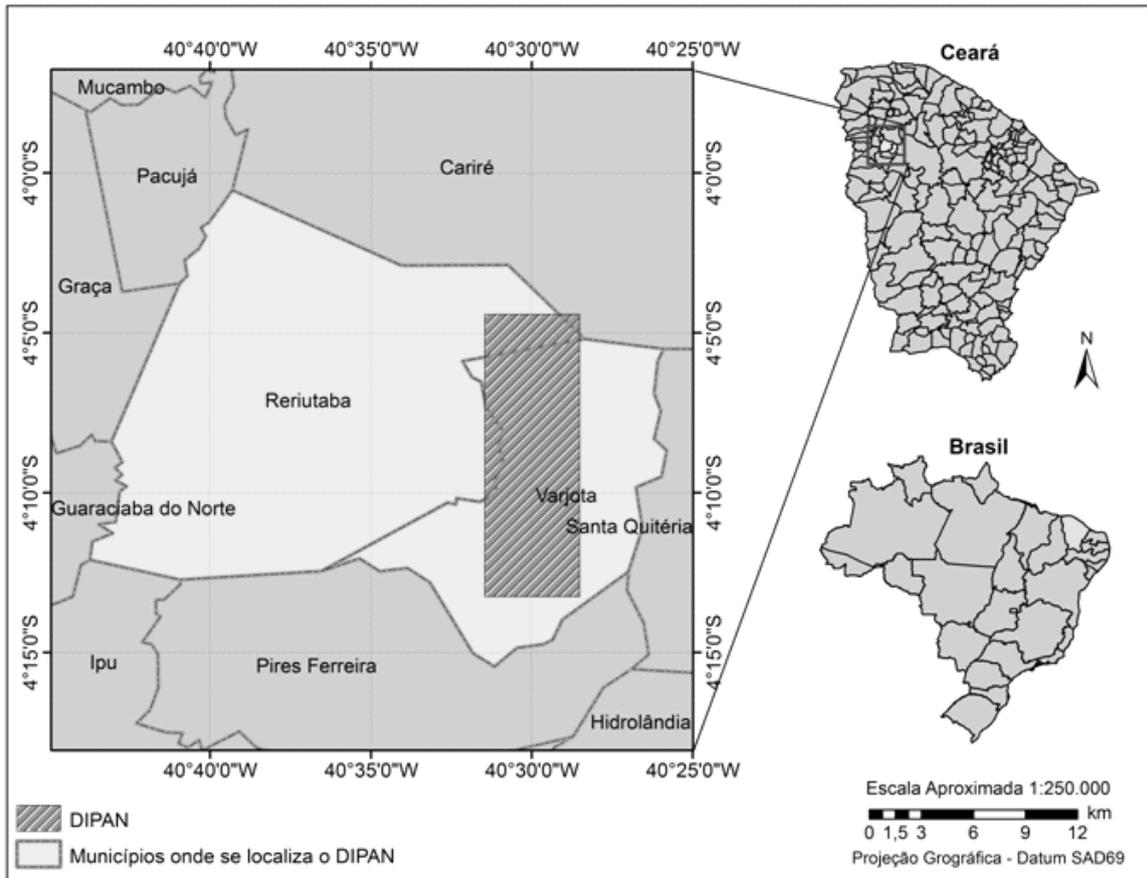


Figura 1 - Localização da área de estudo

a qualidade das águas superficiais da bacia do Acaraú, durante o período de janeiro de 2003 a setembro de 2005. A composição média da água empregada na irrigação para a área em estudo pode ser vista na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos da água de irrigação do DIPAN, Ceará

Parâmetros	Valores médios
CEa (dS m ⁻¹)	0,20
pH	7,07
RAS ^o (mmol _c L ⁻¹) ^{0,5}	1,23
Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	1,01
K ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,14
Ca ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,45
Mg ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,46
Cl ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	0,61

FONTE: Adaptada de Meireles (2007)

A ação das chuvas na lixiviação dos sais e os incrementos dos íons na área irrigada com relação à mata nativa foram avaliados pela seguinte equação (1):

$$I(\%) = \frac{CI_n - C_n}{C_n} 100 \quad (1)$$

Onde, I(%) é o incremento do elemento; CI(n) é a concentração do íon no mês (n) para a área irrigada; C(n) é a concentração do íon no mês (n) para a mata nativa.

Para a avaliação da lixiviação dos sais e do impacto da irrigação classificaram-se os dados da CE de acordo com a estação chuvosa e seca, e aplicou-se o teste estatístico para comparação de médias de amostras independentes, a 1% de significância. O pacote estatístico utilizado foi o SPSS 10.0 for Windows (*Statistical Package for Social Sciences*) e o teste aplicado foi o “t” de Student para comparação das médias de amostras independentes e variâncias desconhecidas e supostas desiguais.

Resultados e discussão

A distribuição das precipitações pluviométricas ocorridas no período de estudo, para o posto meteorológico de Varjota, pode ser visualizada na Figura 2. O total de chuvas ocorridas durante o período do estudo foi de 2.882 mm, com uma concentração de 1.120 mm em 2003, 1.128 mm em 2004 e 634 mm em 2005, destacando-se 2004 como o ano de maior ocorrência pluviométrica na região (FUNCEME, 2005).

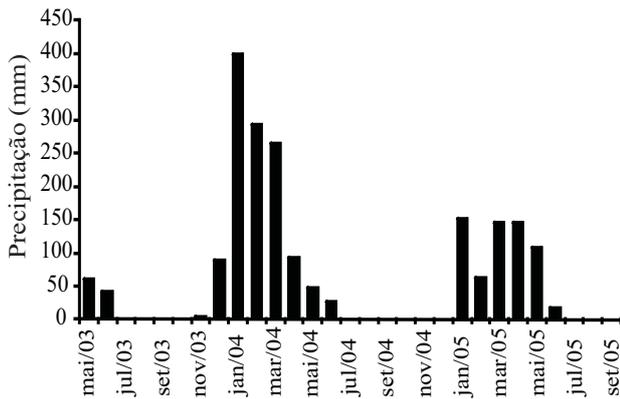


Figura 2 - Distribuição pluviométrica no DIPAN para o período de estudo

As concentrações de cloreto observadas apresentaram-se baixas, em sua maioria, ocorrendo casos em que esse ânion não foi detectado (Figura 3). Isso pode ter acontecido em detrimento da qualidade da água de irrigação utilizada que apresentou valor máximo de 0,61 dS m⁻¹ (MEIRELES, 2007). Ocorreram momentos em que os valores da mata nativa ultrapassaram os da área irrigada, isso por causa da mobilidade característica desse íon, tornando a sua concentração no solo sujeita à lavagem pela aplicação de lâminas de irrigação ou de elevada precipitação pluviométrica.

Na camada de 0,00 - 0,30 m (Figura 3A), o maior valor encontrado na área irrigada foi de 6,50 mmol_c L⁻¹, em julho de 2005. Valores elevados de cloretos nas áreas irrigadas, nessa época do ano, são comuns em decorrência da aplicação dos fertilizantes minerais. O menor valor encontrado para a área foi de 0,50 mmol_c L⁻¹ ocorrendo muitos casos de não detecção do íon nessa camada. Já na mata nativa, na referida camada, a variação da concentração do cloreto foi de 0,50 a 3,00 mmol_c L⁻¹, ocorrendo também casos de valores não detectados. D'Almeida

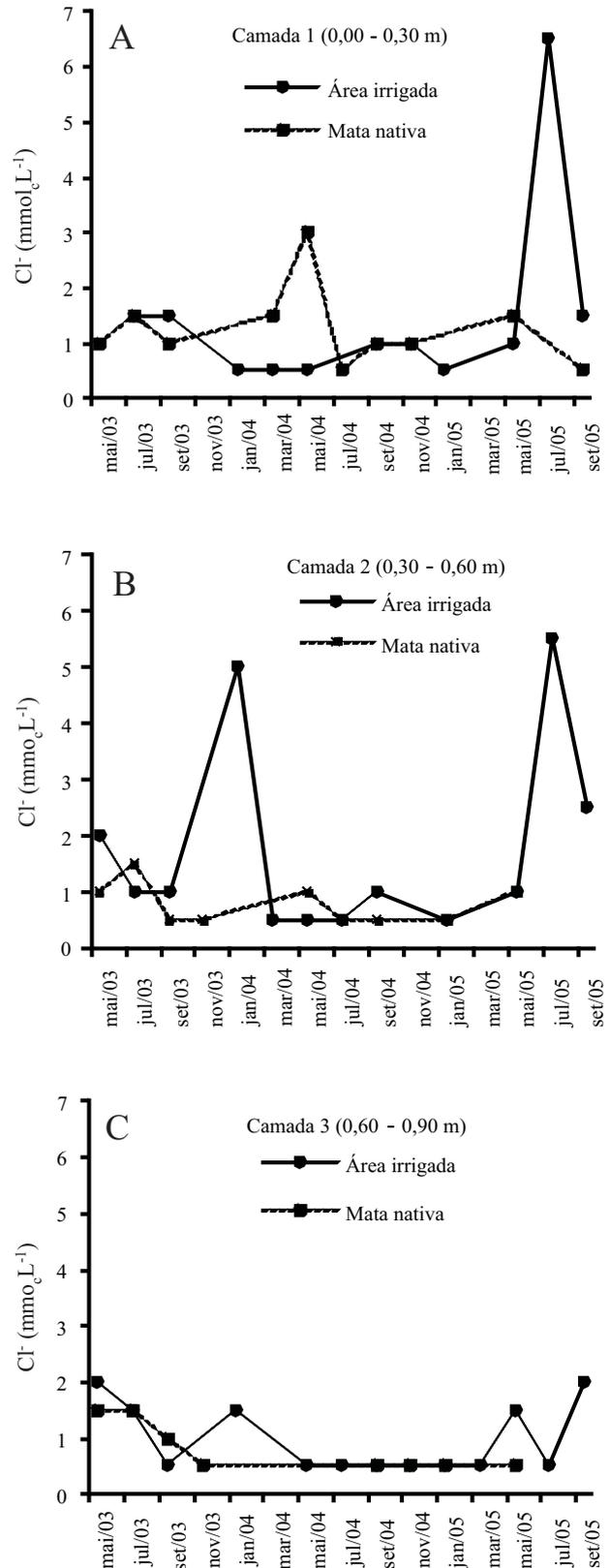


Figura 3 - Variação temporal do Cl⁻ no extrato solo: água 1:1 na área estudada no DIPAN, Ceará

(2002) ao encontrar valores de 34,55 e 35,96 mmol_c L⁻¹ em áreas irrigadas da Chapada do Apodi, atribuiu-os ao manejo da irrigação adotado, com aplicação de 83,33 kg ha⁻¹ mês⁻¹ de KCl para suprir o requerimento de potássio pela cultura da bananeira. Já Meireles et al. (2003) ao constatar que o ânion Cl⁻ foi o elemento em maior concentração na solução do solo da área irrigada da Chapada do Apodi atribuiu tal fato ao uso do cloreto de potássio e ao conteúdo do ânion na água de irrigação.

Como observado na Figura 3B, os maiores valores observados para a camada de 0,30 - 0,60 m foram: 5,50, 5,00 e 2,50 mmol_c L⁻¹ em julho de 2005, janeiro de 2004 e setembro de 2005, respectivamente, indicando um provável acúmulo do íon em consequência da lixiviação presenciada na camada anterior. Na mata nativa foi encontrado um valor máximo de 1,50 mmol_c L⁻¹ em julho de 2003.

Já na camada de 0,60 - 0,90 m (Figura 3C), as maiores concentrações do cloreto aconteceram em maio de 2003, maio de 2005 e setembro de 2005. Este fato está relacionado a uma lixiviação imediata do íon para as camadas mais profundas por ocasião da quadra invernal no mês de maio e devido a um acúmulo através do tempo no mês de setembro, nas duas camadas mais profundas, as concentrações de Cl⁻ na mata nativa não ultrapassou 2,00 mmol_c L⁻¹.

Incrementos na área foram verificados a baixos percentuais (Tabela 2). De acordo com a referida Tabela constatou-se que os maiores incrementos foram de 200,0% e ocorreram nos meses de maio e setembro de 2005. No mês de maio ele aconteceu na camada de 0,60 - 0,90 m, em consequência do Cl⁻ presente no solo não ser absorvido pelas argilas de carga negativa estando assim, segundo Coelho (1973), sujeito a ser mais facilmente lixiviado pelas águas das chuvas ou das irrigações. Valores negativos também foram observados em todas as camadas, indicando que em algumas coletas os valores de mata nativa foram superiores aos da área irrigada.

A variação temporal da concentração do Na⁺ na área estudada está expressa na Figura 4. Foi verificado que esse cátion apresentou, de forma geral, concentração e variação baixa, em relação aos demais íons.

Na área irrigada, as maiores concentrações na primeira camada (Figura 4A) foram registradas nos meses de novembro de 2003 e janeiro de 2005, com 1,47 mmol_c L⁻¹ e 1,02 mmol_c L⁻¹, respectivamente. Esse comportamento deve estar relacionado às altas taxas de evapotranspiração e à ascensão capilar, processos predominantes em áreas irrigadas nas zonas semi-áridas do globo (SMEDEMA; SHIATI, 2002). O menor valor encontrado foi de 0,26 mmol_c L⁻¹ em março de 2005, enquanto o valor da mata nativa para o mesmo mês

Tabela 2 - Incrementos do Cl⁻ nas camadas do solo irrigado em relação à mata nativa na área estudada do DIPAN, Ceará

Mês	Incremento do Cl ⁻ (%)		
	0,00 a 0,30 m	0,30 a 0,60 m	0,60 a 0,90 m
mai/03	-100,00	100,00	33,33
jul/03	*	-33,33	*
set/03	50,00	100,00	-50,00
nov/03	*	*	-100,00
jan/04	*	-100,00	*
mar/04	-66,67	*	*
mai/04	-83,33	*	*
jul/04	-100,00	-50,00	*
set/04	*	*	*
nov/04	*	100,00	*
jan/05	*	*	*
mar/05	*	*	*
mai/05	-33,33	*	200,00
jul/05	*	*	*
set/05	200,00	*	*

* Valores de Cl⁻ não detectados

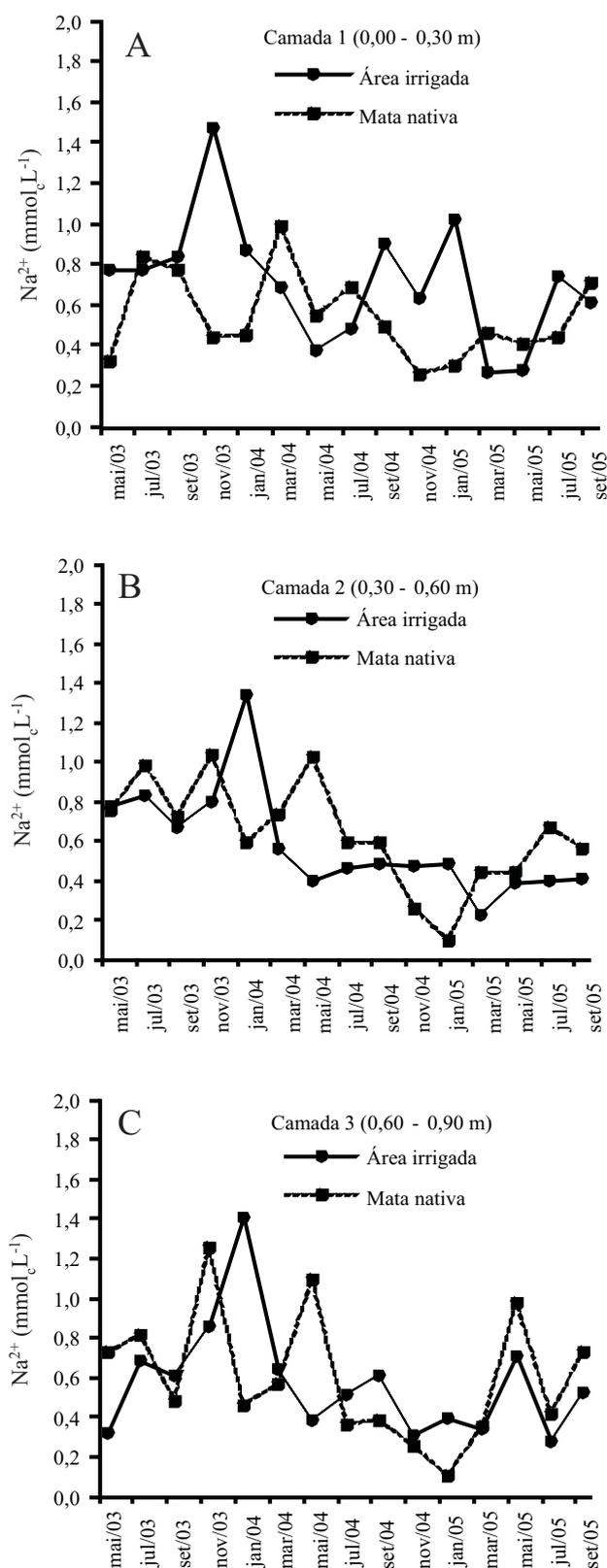


Figura 4 - Variação temporal do Na⁺ no extrato solo: água 1:1 na área estudada no DIPAN, Ceará

foi de 0,44 mmol_c L⁻¹, evidenciando que a lâmina de irrigação e a chuva precipitada no mês (146 mm) ocasionaram uma lixiviação de sais que levou o *status* do Na⁺ no solo cultivado à condição inferior à da mata nativa.

Estes resultados evidenciam que as características dos solos predominantes, os Luvisolos, no que diz respeito à concentração de sódio, durante o período estudado, são mais afetados pelo manejo da irrigação. D'Almeida (2002) analisando o extrato de saturação dos solos irrigados de Quixeré, na Chapada do Apodi encontrou, para a primeira camada, valores máximos de sódio que variaram de 21,99 a 12,28 mmol_c L⁻¹. Segundo a autora, tais valores na concentração dos sais são decorrentes da fertirrigação e do processo de evapotranspiração.

Para a segunda camada (Figura 4B) a maior concentração verificada foi em janeiro de 2004 com 1,34 mmol_c L⁻¹, refletindo um acúmulo de sódio em consequência da lixiviação dos sais advindos da camada superior, no mês anterior. Como o mês anterior pertence ao período seco, este processo deve ter sido ocasionado por uma lâmina de irrigação em excesso. Para o mesmo mês o valor da mata nativa foi de 0,59 mmol_c L⁻¹.

Na camada de 0,60 - 0,90 m (Figura 4C), a variação da concentração do sódio foi muito semelhante à camada anterior, com o maior valor de 1,41 mmol_c L⁻¹ também para o mês de janeiro de 2004. Já na mata nativa o valor máximo do Na⁺ ocorreu em novembro de 2003 com 1,25 mmol_c L⁻¹, pois, de acordo com as características climáticas e o regime hidrológico da região, este é o mês de menor umidade relativa, maiores temperaturas e maior evapotranspiração potencial. Este solo merece especial atenção, por não apresentar boa drenagem natural e por ter sido observada nesta camada uma tendência no crescimento da concentração do Na⁺ na última coleta, fato este que pode ser uma consequência do acúmulo do teor de Na⁺, o que ocasiona aumento da impermeabilidade do solo.

A Tabela 3 apresenta os valores de incrementos percentuais do Na⁺ da área irrigada em relação à mata nativa. Porém, foram observadas muitas taxas de incrementos negativas, indicando que em muitas coletas os valores da mata nativa ultrapassaram os da área irrigada (Estes incrementos negativos podem ser explicados pelos solos predominantes, Luvisolos, os quais apresentam Na⁺ ao longo do perfil). Os maiores incrementos entre as camadas foram verificados na camada de 0,00 - 0,30 m (241,86%) para o mês de novembro de 2003 e na camada de 0,60 - 0,90 m (206,52%) para janeiro de 2004. O alto incremento também registrado na camada mais profunda (0,60 - 0,90 m) ocorreu, provavelmente, em consequência da lixiviação dos sais das camadas

Tabela 3 - Incrementos do íon Na⁺ nas camadas do solo irrigado em relação à mata nativa na área estudada do DIPAN, Ceará

Mês	Incremento do Na ⁺ (%)		
	0,00 a 0,30 m	0,30 a 0,60 m	0,60 a 0,90 m
mai/03	140,63	2,67	-57,53
jul/03	-8,33	-15,31	-16,05
set/03	7,79	-6,94	27,08
nov/03	241,86	-22,33	-31,20
jan/04	93,33	127,12	206,52
mar/04	-29,59	-23,29	12,28
mai/04	-32,73	-60,78	-64,55
jul/04	-29,41	-22,03	37,84
set/04	83,67	-18,64	56,41
nov/04	152,00	80,77	19,23
jan/05	240,00	*	*
mar/05	-43,48	-47,73	-2,86
mai/05	-32,50	-13,64	-27,84
jul/05	68,18	-40,30	-33,33
set/05	-14,08	-26,79	-28,77

* Valores de Na⁺ não detectados**Tabela 4** - Incrementos de Ca²⁺ + Mg²⁺ nas camadas do solo irrigado em relação à mata nativa na área estudada do DIPAN, Ceará

Mês	Incremento do Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (%)		
	0,00 a 0,30 m	0,30 a 0,60 m	0,60 a 0,90 m
mai/03	154,47	172,10	61,47
jul/03	135,76	432,07	992,06
set/03	675,24	181,39	104,06
nov/03	30,72	-59,66	57,93
jan/04	54,81	9.597,04	329,86
mar/04	134,37	701,89	226,80
mai/04	308,13	-34,83	407,49
jul/04	18,52	-43,10	426,25
set/04	1.925,46	2.056,58	9.875,76
nov/04	2.793,52	860,00	75,54
jan/05	956,46	911,29	871,19
mar/05	947,77	1.022,88	414,67
mai/05	270,18	450,11	54,01
jul/05	333,03	1.175,63	1.841,52
set/05	208,72	4.790,00	9.732,00

* Valores de Ca²⁺ + Mg²⁺ não detectados

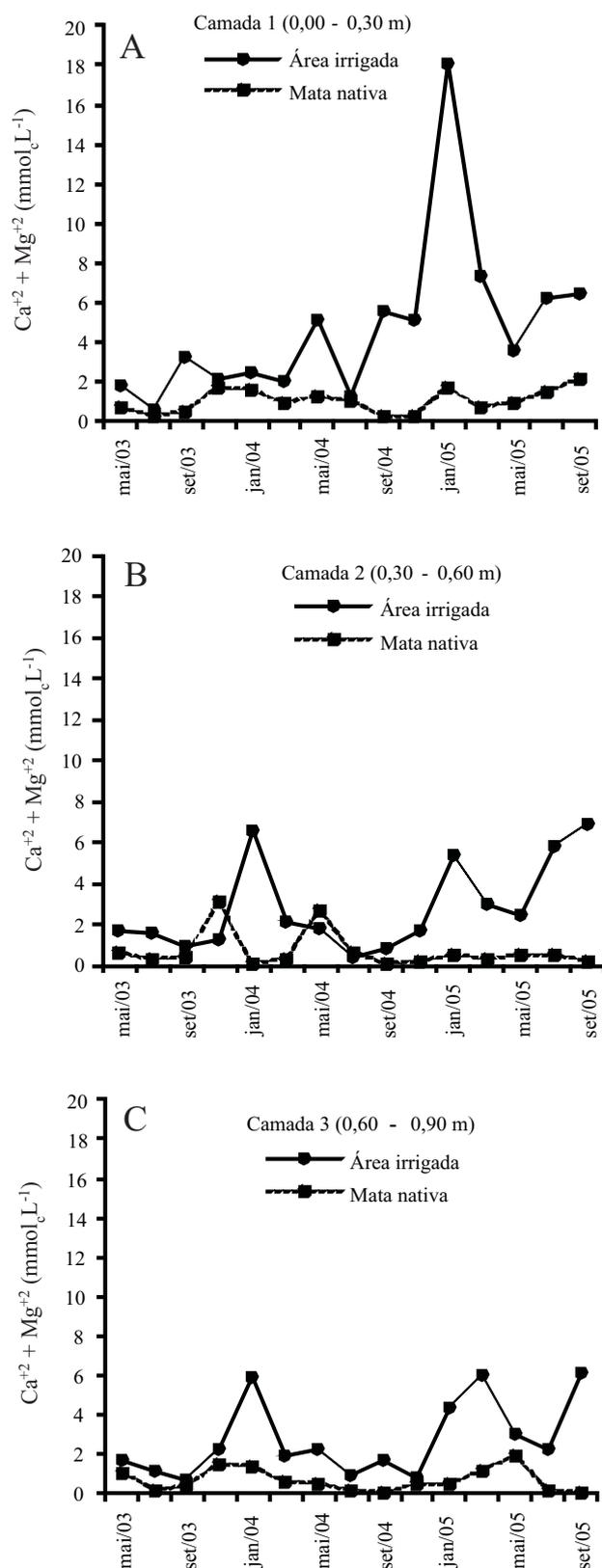


Figura 5 - Variação temporal dos íons $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ no extrato solo: água 1:1 na área estudada no DIPAN, Ceará

superiores para esta. Ben-Hur et al. (2001) encontraram resultados semelhantes em estudo da ação da lixiviação dos sais adicionados ao solo pela irrigação. D'Almeida (2002) registrou incrementos de até 17.000% na área irrigada de Quixeré.

As concentrações médias de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ estão representadas na Figura 5. Os valores das concentrações dos referidos íons no solo da área irrigada do DIPAN variaram entre 0,52 e 18,08 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$, na primeira camada (Figura 5A); 0,35 e 6,85 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$, na segunda camada (Figura 5B) e 0,72 e 6,14 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ na terceira camada (Figura 5C). Os íons $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ mostraram uma tendência crescente para as últimas coletas, em todas as profundidades da área irrigada, evidenciando acúmulo desses íons no solo, podendo melhorar a sua drenagem.

Na camada superficial (Tabela 4) observou-se uma oscilação nos valores durante todo o período analisado, isso em decorrência da aplicação de calcário na área. Comparando a concentração do $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ da área irrigada com o da mata nativa constatou-se que, em sua maioria, os valores encontrados na primeira área foram significativamente superiores ao nível de 1%, mostrando que o total de chuva precipitada não foi suficiente para elevar o *status* salino da faixa irrigada à condição de mata nativa. Isso expressa a existência, no solo, de resíduos dos sais aplicados pelo manejo inadequado da irrigação. Mesmo existindo alguns pontos em que os valores da mata nativa ultrapassaram os da área irrigada, incrementos no $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ de até 9.875,76% foram verificados na faixa irrigada em relação à mata nativa. Essa diferença entre as duas áreas foi verificada no mês de setembro de 2004 e pode estar associada à adição de cálcio no solo, uma vez que são aplicados mensalmente na área irrigada 208,33 kg de calcário dolomítico por hectare. Importante destacar que mesmo tendo ocorrido uma precipitação pluviométrica superior à média da região em 256 mm, a mesma não foi suficiente para diminuir o teor de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ na área. D'Almeida (2002) ao encontrar incrementos de até 784% nos valores de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ em Cambissolo irrigado da Chapada do Apodi associou-os ao tempo de utilização da área, à má qualidade da água de irrigação e ao uso de fertirrigação.

Pela Tabela 4 observou-se que na camada superficial, os maiores incrementos registrados em relação à mata nativa foram nos meses de setembro e novembro de 2004, os quais foram 1.925,46 e 2.793,52%, respectivamente. Esses altos incrementos estão associados ao cálcio e magnésio advindos do calcário dolomítico aplicado à área, uma vez

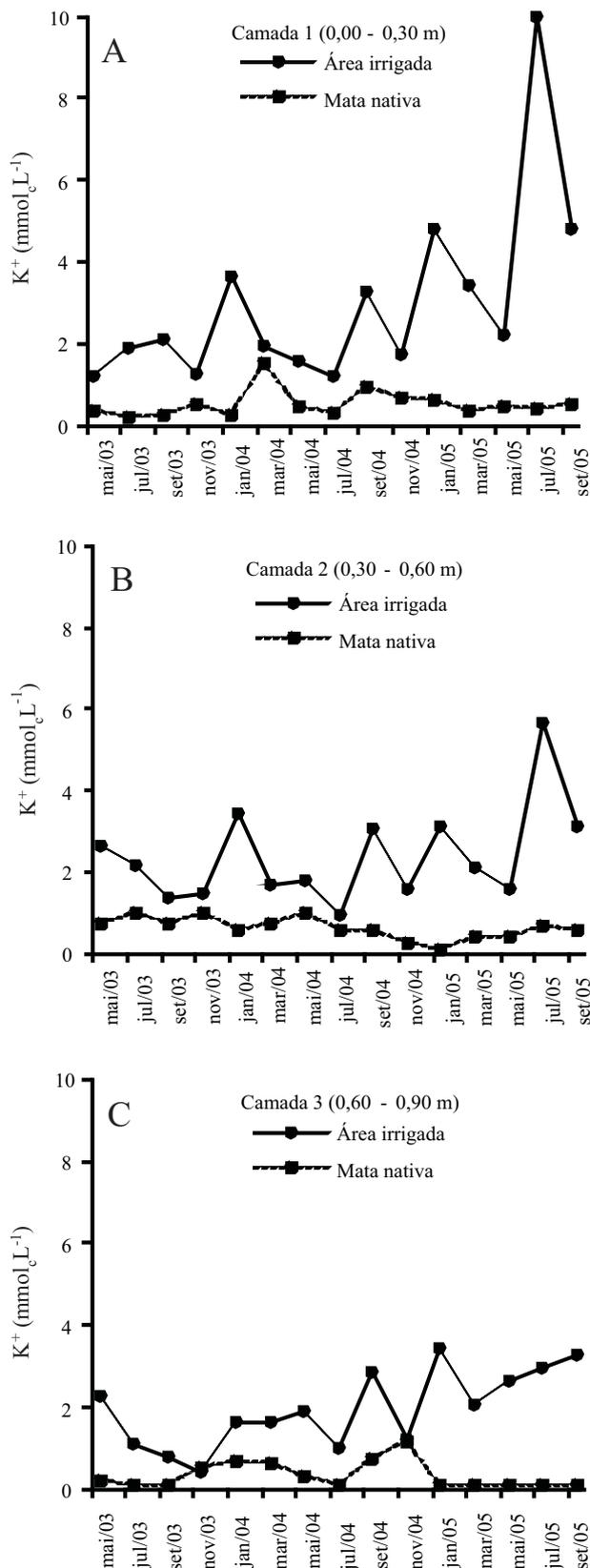


Figura 6 - Variação temporal do K⁺ no extrato solo: água 1:1 na área estudada no DIPAN, Ceará

que a água de irrigação apresenta baixo teor desses elementos (C₁S₂).

A maior taxa de incremento para a segunda camada foi registrada no mês de janeiro de 2004, o qual foi 9.597,04%. Este fato pode ser explicado pela ocorrência de chuvas com frequência e intensidade altas, ocorridas no final do mês de janeiro e durante fevereiro totalizando 694 mm e promovendo a lixiviação dos sais da camada superior. Já para a camada de 0,60 - 0,90 m o maior incremento foi 9.875,76%. Esses incrementos foram verificados no mês de setembro, época em que a irrigação é mais intensa, podendo a vir a causar carreamento de sais das camadas superiores para as mais profundas.

As concentrações do K⁺ observadas nos solos da área estudada do DIPAN podem ser visualizadas na Figura 6. Foi constatado que este apresentou valores relativamente baixos, com alguns pontos chegando a serem inferiores à mata nativa (nov/2003 para as camadas 0,30 - 0,60 e 0,60 - 0,90 m).

Os maiores valores do K⁺ para a primeira camada da área irrigada (Figura 6A) ocorreram nos meses de janeiro de 2004 (3,63 mmol_c L⁻¹), setembro de 2004 (3,27 mmol_c L⁻¹), janeiro de 2005 (4,81 mmol_c L⁻¹), março de 2005 (3,43 mmol_c L⁻¹) e julho de 2005 (9,97 mmol_c L⁻¹). Enquanto que nos referido meses, na mata nativa, não foram verificadas elevações nas concentrações do potássio. O maior valor encontrado na primeira camada da mata nativa foi de 1,51 mmol_c L⁻¹, em março de 2004. Os valores elevados de K⁺ na área irrigada estão associados à utilização de fertilizantes minerais como o sulfato e o cloreto de potássio que são aplicados a uma taxa de 110 g planta⁻¹ mês⁻¹, com as maiores aplicações ocorrendo no mês de julho.

Para a camada de 0,30 - 0,60 m (Figura 6B) a variação nas taxas de K⁺ na área irrigada seguiu uma tendência semelhante à camada superior (Figura 6A), com os valores mais elevados ocorrendo também nos meses citados anteriormente. Porém, esses valores foram menores em janeiro e setembro de 2004, em janeiro, março e julho de 2005, com 3,43; 3,12; 2,10 e 5,63 mmol_c L⁻¹, respectivamente. A mata nativa permaneceu com valores constantes ao longo do estudo, apresentando valor máximo de 1,51 mmol_c L⁻¹, em março de 2004. Foi observado também, nessa camada, a presença do K⁺ como consequência das lixiviações advindas da camada superior ao longo do tempo.

Para ambas as camadas, verificou-se um decréscimo no valor do K⁺ na última coleta (setembro de 2005), indicando uma provável lixiviação provocada pela lâmina de irrigação, uma vez que se tratava do período seco e uso intenso da irrigação.

Tabela 5 - Incrementos do K⁺ nas camadas do solo irrigado em relação à mata nativa na área estudada do DIPAN, Ceará

Mês	Incremento do K ⁺ (%)		
	0,00 a 0,30 m	0,30 a 0,60 m	0,60 a 0,90 m
mai/03	251,43	329,03	854,17
jul/03	721,74	2.060,00	685,71
set/03	723,08	1.127,27	788,89
nov/03	133,33	-12,43	-21,57
jan/04	1.196,43	376,39	129,17
mar/04	27,81	134,25	160,32
mai/04	225,00	256,00	455,88
jul/04	252,94	781,82	758,33
set/04	237,11	195,19	297,22
nov/04	152,17	130,88	2,54
jan/05	688,52	2.128,57	2.758,33
mar/05	908,82	2.233,33	2.222,22
mai/05	366,67	1.633,33	2.855,56
jul/05	2.392,50	3.653,33	2.600,00
set/05	774,55	2.128,57	3.987,50

Na camada de 0,60 - 0,90 m (Figura 6C) ocorreram picos de 2,86 mmol_c L⁻¹ (setembro de 2004); 3,43 mmol_c L⁻¹ (janeiro de 2005) e 3,27 mmol_c L⁻¹ (setembro de 2004) indicando adição do íon ao longo do perfil estudado.

O valor máximo encontrado na mata nativa foi de 1,18 mmol_c L⁻¹ em novembro de 2004, sendo que na área irrigada a variação do K⁺ comportou-se uniforme ao longo do período estudado. Nessa camada foi registrado o maior incremento do íon em relação à mata nativa 3.987,5% no mês de setembro de 2005 (Tabela 5). D'Almeida (2002) ao encontrar incremento máximo de 209,49% em solo irrigado do DIJA, atribuiu esse valor à ausência das chuvas na região. Mesmo com os valores de K⁺ decaindo em alguns momentos é importante ressaltar que os mesmos foram significativamente superiores à mata nativa em todo o período, para todas as camadas, conforme teste "t" de Student, realizado. Pela Tabela 5 observou-se que o menor incremento ocorreu na camada de 0,60 - 0,90 m no mês de novembro de 2004.

O aumento nos valores dos incrementos passou a acontecer a partir do segundo ano, provavelmente,

já como um reflexo do efeito acumulativo do íon em consequência do uso dos fertilizantes minerais.

Conclusão

Embora o total de chuva precipitada na região, durante o período de estudo, tenha sido superior à média da região, não foi suficiente para promover uma lixiviação significativa dos sais adicionados pela irrigação e, assim, reduzir a salinidade do solo para condição semelhante ao da mata nativa, expressando a necessidade de uma mudança no manejo da irrigação. Os íons Ca²⁺ + Mg²⁺ foram os que apresentaram maior incremento no solo da área irrigada em relação ao da mata nativa, seguidos do K⁺. O íon Cl⁻ mostrou-se em maior concentração nas duas camadas superiores, passando a constante na camada mais profunda.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao PRODETAB 1603 pelo apoio financeiro que possibilitou o desenvolvimento deste trabalho.

Referências

- ALENCAR, R. D. *et al.* Crescimento de cultivares de melão amarelo irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 07, n. 02, p. 221-226, 2003.
- ANDRADE, E. M. *et al.* Modelagem da concentração de íons no extrato de saturação do solo, na Região da Chapada do Apodi. **Revista Ciência Agronômica**, v. 33, n. 02, p. 5-12, 2002.
- ANDRADE, E. M. *et al.* Evolução da concentração iônica da solução do solo em áreas irrigadas na Chapada do Apodi, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, n. 01, p. 9-16, 2004.
- BEN-HUR, M. *et al.* Water and salt distribution in a field irrigated with marginal water under 'high water table conditions. **Soil Science American Journal**, v. 65, p. 191-198, 2001.
- COELHO, F. S. **Fertilidade do solo**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 384 p.
- D'ALMEIDA, D. M. B. A. **Risco de salinização de um cambissolo na Chapada do Apodi- CE**. 2002. 68 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS – (DNOCS). **Perímetro Irrigado Araras Norte**. Disponível em: <http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perímetros_irrigados/ce/araras_norte.html>. Acesso em: 23 maio 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- FARIAS, C. H. A. *et al.* Crescimento e desenvolvimento da cultura do melão sob diferentes lâminas de irrigação e salinidade da água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 07, n. 03, p. 445-450, 2003.
- FERRER-ALEGRE, F.; STOCKLE, C. O. A model for assessing crop response to salinity. **Irrigation Science**, v. 19, n. 01, p. 15-23, 1999.
- FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. (FUNCEME). **Monitoramento hidroambiental das chuvas**. Disponível em: <<http://www.funceme.br/DIPAN/index.htm>>. Acesso em: 10 maio 2005.
- GARCIA, G. O. *et al.* Alterações químicas de dois solos irrigados com água salina. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 01, p. 7-18, 2008.
- KÖPPEN, W. **Climatologia: com um estúdio de los climas de la tierra**. México: Fundo de Cultura Econômica, 1918. 478 p.
- LOPES, J. F. B.; ANDRADE, E. M.; CHAVES, L. C. G. Impacto da irrigação sobre os solos de perímetros irrigados na bacia do Acaraú, Ceará, Brasil. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 01, p. 34-43, 2008.
- MEIRELES, A. C. M. *et al.* Avaliação do impacto da fertirrigação em cambissolos na chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 02, p. 207-212, 2003.
- MEIRELES, A. C. M. **Dinâmica qualitativa das águas superficiais da bacia do Acaraú e uma proposta de classificação para fins de irrigação**. 2007. 180 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- RICHARDS, L. A. (Ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D. C.: U. S. Salinity Laboratory. 1954. 160 p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).
- SILVA, M. O. *et al.* Crescimento de meloeiro e acúmulo de nutrientes na planta sob irrigação com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 06, p. 593-605, 2008.
- SMEDEMA, L. K.; SHIATI, K. Irrigation and salinity: a perspective review of the salinity hazards of irrigation development in the arid zone. **Irrigation and Drainage Systems**, v. 16, n. 02, p. 161-174, 2002.
- SOUZA, L. C.; QUEIROZ, J. E.; GHEYI, H. R. Variabilidade espacial da salinidade de um solo aluvial no semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 04, n. 01, p. 35-40, 2000.