



Distribuição espacial e lixiviação natural de sais em solos do Perímetro Irrigado Califórnia, em Sergipe¹

Ronaldo S. Resende², Julio R. A. Amorim³, Marcus A. S. Cruz⁴ & Thais N. Meneses⁵

¹ Trabalho selecionado do II INOVAGRI International Meeting, realizado de 13 a 16 de abril de 2014, Fortaleza - CE, Brasil

² Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE. E-mail: ronaldo.resende@embrapa.br (Autor correspondente)

³ Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE. E-mail: julio.amorim@embrapa.br

⁴ Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE. E-mail: marcus.cruz@embrapa.br

⁵ PRORH/UFS, São Cristóvão, SE. E-mail: th41s.nascimento@gmail.com

Palavras-chave:

irrigação
salinização do solo
variação sazonal
análise espacial

RESUMO

Em regiões áridas e semiáridas do planeta, a elevada demanda evaporativa e as características pedogenéticas dos solos, associadas a deficiências no sistema de drenagem de alguns perímetros irrigados, contribuem para um elevado potencial de salinização desses solos. Assim, constituíram objetivos deste estudo determinar o grau de salinização na área irrigada e avaliar o processo de acumulação de sais no período seco e o potencial de lixiviação destes pela água das chuvas no Perímetro Irrigado Califórnia, em Sergipe. Medidas da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE_{es}), em $dS\ m^{-1}$ a 25 °C, foram efetuadas no início e final do período chuvoso dos anos de 2008 e 2009. A densidade amostral foi igualmente distribuída em toda área do Perímetro. Os dados foram submetidos à análise geoestatística e gerados mapas da distribuição espacial da CE_{es} por meio do programa ArcGis®. Os valores médios da CE_{es} obtidos revelaram que, apesar da prática de agricultura irrigada intensiva por longo período, o processo de acumulação de sais não foi significativo, tanto na camada superficial (0-0,20 m) quanto em subsuperfície (0,20-0,40 m). Os valores médios da CE_{es} em superfície variaram de 0,47 a 1,10 $dS\ m^{-1}$, ficando abaixo de valores da salinidade limiar para a maioria das culturas anuais e perenes.

Key words:

irrigation
soil salinization
seasonal variation
spatial analysis

Spatial distribution and natural leaching of salts in soils of the California Irrigation District in the State of Sergipe, Brazil

ABSTRACT

In arid and semi-arid regions of the world, high evaporative demands and pedogenetic characteristics of soils, associated with deficiencies in the drainage system in irrigation districts, contribute to a high potential of soil salinization process. Therefore, this study aimed to determine the degree of salinization in the irrigated area and evaluate the process of salt accumulation in the dry season and the potential for leaching of these salts by rainwater in the California Irrigation District, in the State of Sergipe, Brazil. Measurements of electrical conductivity of the saturated soil-paste extract (EC_e), in $dS\ m^{-1}$ at 25 °C, were performed at the beginning and the end of rainy seasons of the years 2008 and 2009. The sampling density was uniformly distributed throughout the District area. Geostatistical analysis was applied to EC_e data and maps of spatial distribution of salinity were generated using ArcGIS® software. The EC_e values obtained show that the salt accumulation process was not significant for both surface and subsurface soil layers (0-0.20 and 0.20-0.40 m), despite the intensive irrigated agriculture practiced for a long time. The average values of superficial EC_e ranged from 0.47 up to 1.1 $dS\ m^{-1}$, which are below the salinity threshold for most annual and perennial crops.

INTRODUÇÃO

O processo de acumulação de sais no solo pode ser tanto de origem primária, quando relacionado às características pedogenéticas do próprio solo, como secundária, quando relacionada à ação antrópica. Numa extensão mundial, estima-se que 20% das terras irrigadas estejam afetadas pela salinização resultante do acúmulo de sais causados pela irrigação (Aragüés et al., 2011).

A maioria da salinização secundária induzida pela prática da irrigação está quase sempre associada à ocorrência de lençol

freático elevado; nesse caso, os sais acumulados são em parte provenientes da água de irrigação aplicada e em parte resultante da ascensão capilar do lençol freático (Smedema & Shiati, 2002).

O problema é ainda agravado quando se utilizam águas de qualidade inferior, com alto teor de sais, e em regiões áridas e semiáridas do globo terrestre, onde a elevada demanda evapotranspirativa redundava em maior risco de salinização dos solos (Costa, 2008; Souza et al., 2008; Monteiro et al., 2009; Holanda et al., 2010; Aragüés et al., 2011).

A aplicação de água de irrigação em excesso tem sido prática comum em perímetros públicos irrigados, nos quais não se

aplica tarifação da água disponibilizada aos irrigantes ou se faz com base na área irrigada. No caso do Perímetro Irrigado Califórnia, em Sergipe, Santos Junior et al. (2006) compararam a demanda de água dos cultivos para uma série histórica de cinco anos com os volumes de água captados e bombeados do Rio São Francisco e observaram ser esse volume duas vezes maior que a lâmina bruta requerida pelas culturas.

O princípio da sustentabilidade requer que a irrigação não contribua para o acúmulo de sais prejudiciais aos solos agrícolas, ou seja, o aporte de sais via água de irrigação deve ser igual ou menor do que a quantidade que pode ser exportada do sistema irrigado (Jensen et al., 2001); assim, para manutenção desse princípio, sistemas de drenagem se tornam componentes imprescindíveis em projetos de irrigação. Entretanto, na maioria dos países em desenvolvimento, esses sistemas não são implantados ou, quando o são, apresentam desempenho insatisfatório, por deficiência nos programas de manutenção.

Em áreas irrigadas do semiárido do Nordeste brasileiro, o processo de salinização tem provocado alterações em características físico-hídricas dos solos, em consequência da ação dispersiva dos sais envolvidos sobre as partículas de solo, tornando-os compactados. A esse respeito, Freire et al. (2009) observaram redução nos valores de velocidade de infiltração básica e condutividade hidráulica saturada em função do aumento da condutividade elétrica de solos do Perímetro Irrigado de Forquilha, no Ceará.

No Estado de Sergipe, o Projeto de Irrigação Califórnia, que compreende uma área total de 5.400 ha e conta com área irrigada de 1.360 ha, é constituído por 259 lotes familiares com área média de 4,2 ha (72% da área) e lotes empresariais com área média de 15 ha (5,7% da área), além de 61 lotes onde se pratica a agricultura de sequeiro (dependente de chuva), com média de 30 ha (18% da área) (SERGIPE, 2004). As características pedogenéticas e pedológicas dos solos, associadas às deficiências no sistema de drenagem contribuem para a existência de um elevado potencial de salinização na área irrigada.

Assim, constituíram objetivos deste estudo determinar o grau de salinização na área irrigada e caracterizar a distribuição espacial da CE_{es} nos solos do Perímetro Irrigado Califórnia, bem como a variação sazonal da salinidade entre períodos de acumulação (estação seca) e lavagem (estação das chuvas) de sais.

MATERIAL E MÉTODOS

O Perímetro Irrigado Califórnia (9° 39" e 9° 44" de latitude Sul e 37° 45" e 37° 51" de longitude Oeste), que foi implantado e encontra-se em operação há 26 anos no município de Canindé de São Francisco, situa-se no extremo noroeste do Estado de Sergipe e está inserido na mesorregião do Alto Sertão Sergipano, distando 213 km da capital Aracaju (SERGIPE, 2004).

A precipitação média da área é de 483,9 mm, enquanto a evapotranspiração média anual, estimada pelo modelo de Heargraves, é de 1.731 mm; o período seco da região corresponde aos meses de setembro a março e o período chuvoso, aos meses de abril a agosto. A temperatura média anual é de 25,5 °C. Na

Figura 1, são apresentados os valores de precipitação pluvial mensal para o período de condução do estudo.

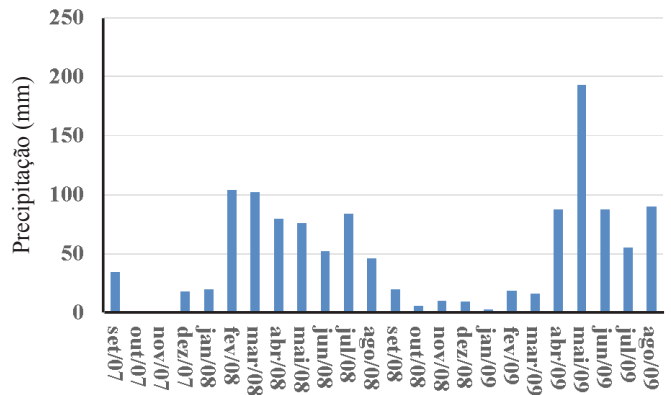


Figura 1. Precipitação pluvial mensal no período de condução do estudo

O relevo dominante varia de ondulado a plano, com declividades de 1 a 5% e altitudes entre 170 e 220 m, existindo grande variabilidade espacial de solos, sobretudo no que respeita à profundidade (SERGIPE, 2004). As classes de solo predominantes são Luvisolos Crômicos, os quais se encontram em 32% da área, Vertissolos (14%) e Neossolos (20%). As culturas predominantemente irrigadas são quiabo, milho, feijão, banana e goiaba. Apresenta-se um perfil característico dos solos do Perímetro na Figura 2.



Figura 2. Perfil característico dos solos predominantes no Perímetro Irrigado Califórnia

A avaliação do grau de salinização dos solos na área de abrangência do Perímetro foi realizada por meio da coleta de amostras em pontos distribuídos aleatoriamente na área irrigada, sendo estes definidos por meio de uma grade retangular formada por quadrículas uniformes, cujas áreas das unidades equivaliam a aproximadamente 12 ha, resultando em 96 pontos amostrais (amostragem não direcionada). No segundo ano do estudo, apenas uma parte dos pontos definidos no primeiro ano foi amostrada, totalizando 32 pontos amostrais.

Os pontos amostrais foram previamente georreferenciados, e as coletas realizadas com trado em duas profundidades: 0-0,20 e 0,20-0,40 m, num total de 192 amostras por época no primeiro ano e 64 no segundo ano. Foram realizadas duas coletas por ano,

sendo uma no final do período seco e outra no final do período chuvoso dos anos de 2008 e 2009.

Após secagem e destorroamento das amostras, efetuou-se adição de água destilada a estas até formar uma pasta saturada, deixando-se a seguir em repouso por 24 h. Em seguida, a pasta foi colocada em funil de Büchner acoplado ao kitasato e provido de papel de filtro, em que se aplicou vácuo para obtenção do extrato de saturação do solo. A condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) foi medida em condutivímetro de bancada e o resultado expresso em $dS\ m^{-1}$ a 25 °C.

A avaliação do nível de salinização do solo e da variação sazonal da concentração de sais solúveis em seu perfil foi realizada com base em resultados da CE_{es} medida. Adicionalmente, foram realizadas análises granulométricas das amostras de solo, para fins de caracterização textural.

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística descritiva para avaliação de consistência. Com base nos dados referentes ao primeiro ano do estudo (2008), foram gerados mapas pelo método de interpolação geostatística de krigagem ordinária para caracterização da distribuição espacial da salinidade, utilizando-se o aplicativo ArcGIS[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O perfil característico dos solos predominantes do Perímetro Irrigado Califórnia (Figura 2) revela que eles são rasos, com profundidade variando entre 0,40 e 0,50 m. Não se implantou um sistema de drenagem artificial visando promover o escoamento do excesso de água e consequente lavagem de sais; contudo, o sistema de drenagem é formado por linhas de escoamento naturais (talwegues), sendo favorecido pelo tipo de relevo ondulado da área.

Na Tabela 1, são apresentados os resultados da análise estatística descritiva dos dados de CE_{es} obtidos. Analisando-se os valores médios de CE_{es} , observa-se que, apesar de a agricultura irrigada intensiva ser praticada há quase 26 anos e de as condições de solo e clima serem favoráveis, o processo de acumulação de sais não ocorreu em magnitude significativa, tanto na camada superficial (0-0,20 m) quanto em subsuperfície (0,20-0,40 m).

Os valores médios de CE_{es} em superfície variaram de 0,47 a 1,10 $dS\ m^{-1}$, evidenciando que os solos são caracterizados como normais quanto a problema da salinidade. Estes valores se encontram abaixo dos limites da salinidade limiar para a

maioria das culturas anuais e perenes, mesmo para aquelas consideradas sensíveis, cujo valor da salinidade limiar é menor que 1,3 $dS\ m^{-1}$ (Ayers & Westcot, 1999).

Considerando-se os resultados de CE_{es} obtidos nos dois anos de monitoramento (Tabela 1), constata-se que o processo de acumulação de sais ocorre em maior proporção na camada superficial, provavelmente por ser justamente nessa camada onde se concentra o maior impacto das práticas de cultivo, notadamente da adubação química via fertilizantes e evapotranspiração. Para os dois ciclos de avaliação, a média geral dos valores de CE_{es} obtidos na camada de 0-0,20 m foi de 0,67 $dS\ m^{-1}$, enquanto em subsuperfície foi de 0,41 $dS\ m^{-1}$.

Os níveis de salinização observados no presente estudo são de menor magnitude que aqueles relatados por Aguiar Netto et al. (2007). Tal diferença está provavelmente relacionada aos procedimentos metodológicos adotados, dado que esses autores utilizaram uma “amostragem probabilística intencional”, em que as amostragens foram realizadas em locais com problemas de salinidade já identificados visualmente. Por sua vez, neste estudo, optou-se por realizar uma amostragem aleatória, definida por um “grid” pré-estabelecido.

Condições ambientais que poderiam favorecer o processo de acumulação de sais na área do Perímetro são, principalmente, a textura franca a franco-argilosa dos solos (Figura 3A), que poderia reduzir o processo de lixiviação, e as condições climáticas prevaletentes na região, que favorecem uma elevada taxa de evapotranspiração e consequente potencial de acumulação de sais (Costa, 2008; Holanda et al., 2010).

Contudo, alguns fatores podem interferir para uma redução do potencial de acumulação de sais e explicar os baixos níveis de CE_{es} observados. Um deles se refere à qualidade da água da fonte hídrica usada para irrigação, que apresenta baixo conteúdo salino, fazendo com que o aporte de sais por essa fonte seja pequeno: a salinidade média da água do Rio São Francisco é da ordem de 0,067 $dS\ m^{-1}$ (Holanda et al., 2010), representando baixo risco de acumulação de sais pelo seu uso.

Outro aspecto relevante está relacionado à presença, na maioria dos solos do Perímetro, de um horizonte C formado por uma camada de rocha altamente fraturada (regolito), localizado a 0,40-0,50 m de profundidade (Figura 2), o que pode facilitar o escoamento do excesso de sais da zona radicular em que foi realizada a amostragem do solo.

Tabela 1. Análise estatística descritiva dos dados de CE_{es} ($dS\ m^{-1}$) dos solos do Perímetro Irrigado Califórnia nas profundidades (m) e épocas de avaliação nos anos de 2008 e 2009

Descritores estatísticos	2008				2009			
	Período seco		Período chuvoso		Período seco		Período chuvoso	
	0-0,20	0,20-0,40	0-0,20	0,20-0,40	0-0,20	0,20-0,40	0-0,20	0,20-0,40
Nº de obs.	96	96	96	96	32	32	32	32
Valor mín.	0,16	0,07	0,19	0,11	0,11	0,08	0,14	0,13
Quartil 1	0,30	0,20	0,30	0,20	0,34	0,25	0,34	0,24
Mediana	0,33	0,27	0,40	0,30	0,42	0,32	0,41	0,28
Média	0,47	0,32	0,56	0,38	1,10	0,52	0,56	0,41
Quartil 3	0,40	0,30	0,53	0,36	0,65	0,39	0,52	0,42
Valor máx.	9,70	3,40	9,83	4,00	19,90	4,20	4,70	1,74
Desvio padrão	0,96	0,35	1,00	0,47	3,44	0,74	0,77	0,36

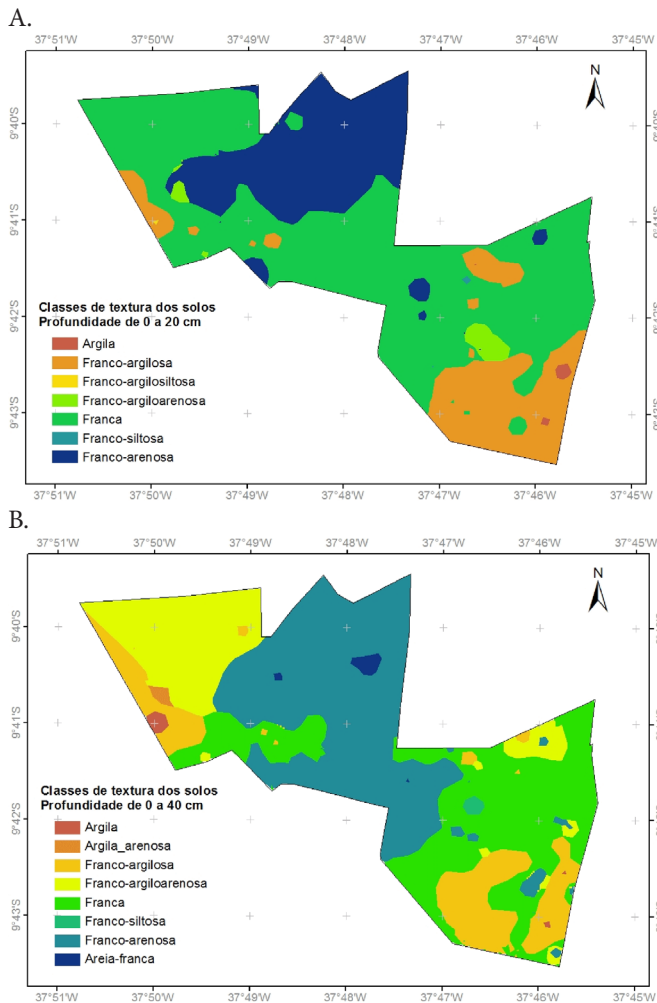


Figura 3. Classe de textura dos solos do Perímetro Irrigado Califórnia para as camadas de 0-0,20 (A) e 0,20-0,40 m (B)

Distribuição espacial dos sais

Na Figura 4, são apresentados os semivariogramas para os valores de CE_{es} nas duas camadas de solo avaliadas, cujos principais parâmetros se encontram resumidos na Tabela 2. Os valores de CE_{es} foram auto-correlacionados para as distância de 1.447 e 407 m, para as camadas 0-0,20 e 0,20-0,40 m, respectivamente, sendo que a direção de maior continuidade ocorre no sentido nordeste-sudoeste. A diferença no valor do efeito pepita evidencia a maior variabilidade, em termos de CE_{es} , da camada superficial. A baixa dependência espacial observada na camada 0-0,20 m evidencia que os níveis de salinidade nessa camada podem estar mais relacionados à aspectos de manejo cultural que propriamente à pedogênese. Em áreas irrigadas, Hendrickx et al. (1992) observou que a salinidade apresentou uma distribuição log-normal; efetuando análise geoestatística dos dados, esses autores observaram que a salinidade dessas

Tabela 2. Parâmetros dos semivariogramas obtidos para as camadas 0-0,20 e 0,20-0,40 m

Camada	Alcance menor (m)	Alcance maior	Efeito pepita (v)
0-0,20	1.447,35	2.778,92	0,0056
0,20-0,40	407,21	2.405,51	0,1420

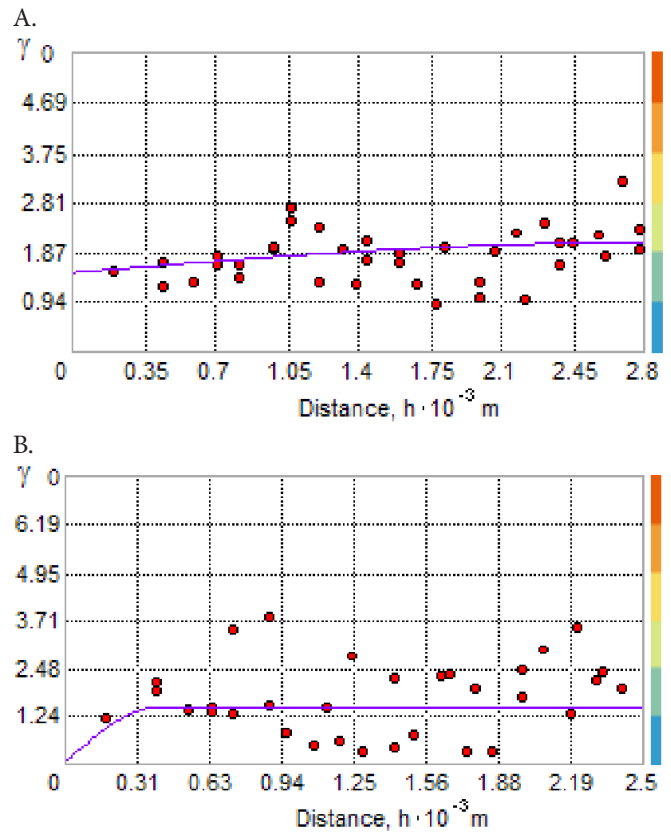


Figura 4. Semivariogramas para os valores de CE_{es} nas camadas do solo de 0-0,20 m (A) e 0,20-0,40 m (B)

áreas era principalmente determinada pelo manejo da irrigação dos proprietários. Os autores identificaram diferentes níveis de salinização em solos.

A distribuição espacial da salinidade (expressa pela CE_{es}) no Perímetro é apresentada na Figura 5A, B, C e D. Nota-se que os maiores níveis de sais se distribuem em uma faixa noroeste-sudeste do Perímetro, sendo esse comportamento mais claro na camada superficial. Em estudo de distribuição espacial da salinidade no Usbesquistão, Akramkhanov et al. (2011), encontrou uma distribuição no sentido nordeste-sudoeste.

Com base nas análises granulométricas efetuadas para cada ponto amostral, verificou-se que os solos apresentam textura predominantemente franca a franco-argilosa na camada de 0-0,20 m, tornando-se mais friáveis (textura mais arenosa) na camada de 0,20-0,40 m (Figura 3A e B). Entretanto, comparando-se esse comportamento textural com a distribuição espacial dos sais nas duas camadas de solo (Figuras 3 e 5), não se observou, para as condições do Perímetro, uma relação claramente estabelecida entre esses dois fatores, diferente do observado por Akramkhanov et al. (2011), que observaram menores leituras de condutividade elétrica em áreas arenosas e valores mais altos em áreas mais argilosas. A análise do modelo digital de elevação do terreno (não apresentado) também não evidenciou uma relação clara com a distribuição da salinidade no solo.

Avaliando-se os valores de CE_{es} para cada ponto amostral e observações de campo, revelou-se uma associação clara entre valores extremos de salinidade (outliers) e a rede natural de

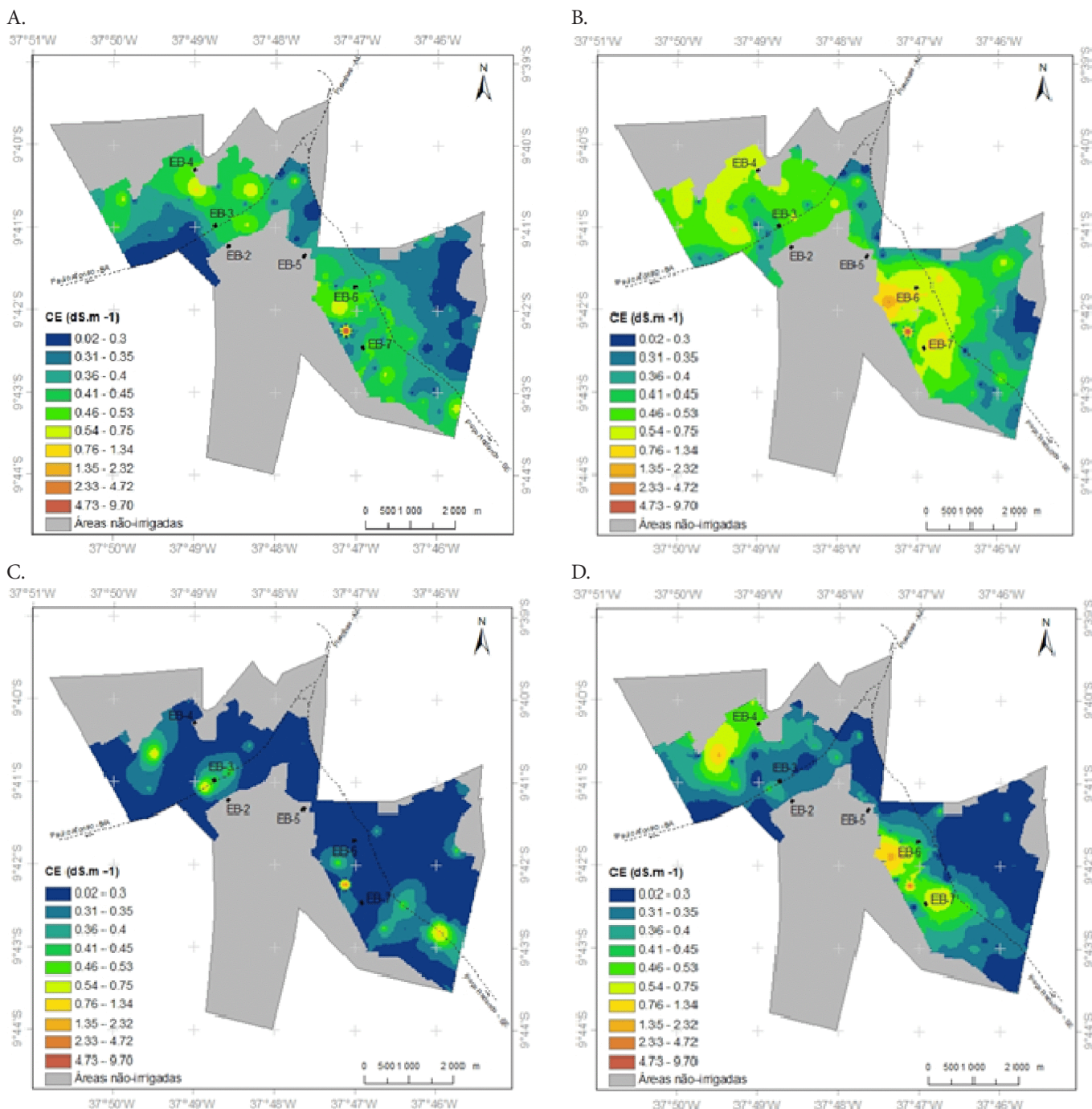


Figura 5. Distribuição espacial dos valores de CE_{es} ($dS\ m^{-1}$) ao final da estação seca (A e C) e chuvosa (B e D) nas camadas de solo de 0-0,20 (A e B) e 0,20-0,40 m (C e D) do Perímetro Irrigado Califórnia para o ano de 2008

drenagem, ou seja, os maiores níveis de salinidade dos solos estiveram sempre associado às adjacências dos talvegues que apresentavam fluxo de drenagem superficial deficiente, seja por falta de manutenção das linhas de drenagem naturais ou por obras civis que resultaram no represamento desse fluxo. Foi o caso do ponto que apresentou os valores máximos de CE_{es} para as duas profundidades e os dois períodos de avaliação nos anos de 2008 e 2009 (Tabela 1).

Esses valores extremos podem ser visualizados nas Figuras 5A e B como pontos bem definidos (em cor avermelhada e, ou alaranjada). Dessa forma, o quadro de salinização retratado no Perímetro não se mostrou relacionado ao processo produtivo em

si (incluindo-se a prática de irrigação) ao longo do longo período de operação, estando associada ou restrita às áreas onde o fluxo da água de drenagem nos talvegues foi interrompido por obras civis como barragem ou reduzido por questões de manutenção deficiente das linhas de drenagem naturais.

Varição sazonal dos sais

Em condições de agricultura de sequeiro ou dependente de chuva, a alternância do período seco e chuvoso tem uma maior importância no processo de salinização do solo, pois compreendem ciclos que representam a predominância de acumulação e lavagem de sais, respectivamente. Na agricultura

irrigada, no entanto, a diferença na magnitude dos dois processos é menor, posto que o processo de lixiviação dos sais tem caráter mais contínuo.

A primeira campanha para coleta de solo visando à análise e à caracterização da distribuição dos sais no perfil dos solos foi realizada em março de 2008, representando o período seco na região (outubro a março). A segunda campanha, efetuada em setembro de 2008, representou o período chuvoso (abril a setembro). Em março e setembro de 2009 foram realizadas a terceira e quarta campanhas, seguindo a mesma lógica de 2008.

Com base nos resultados da análise estatística descritiva dos dados e nos valores médios de CE_{es} obtidos (Tabela 1), verifica-se que não ocorreu processo de lavagem dos sais pelas águas da chuva, no ano de 2008, nas duas camadas avaliadas (0-0,20 e 0,20-0,40 m). Ao contrário, porém, houve uma pequena elevação no teor de sais, passando em média de 0,47 para 0,56 $dS\ m^{-1}$, na camada superficial.

Durante o período seco de 2008-2009, observou-se uma elevação dos valores médios de CE_{es} , principalmente na camada superficial, alterando-se de 0,56 $dS\ m^{-1}$, no final do período chuvoso de 2008, para 1,10 $dS\ m^{-1}$, no final do período seco de 2009.

Por sua vez, constatou-se uma lixiviação intensa de sais durante o período chuvoso de 2009, promovendo uma significativa redução da salinidade na camada superficial, provavelmente por efeito das chuvas, fazendo com que a CE_{es} atingisse o valor médio de 0,56 $dS\ m^{-1}$ ao final desse período. Comportamento que se repetiu na camada subsuperficial, contudo de forma mais atenuada.

A menor intensidade de lixiviação no ano de 2008 pode estar relacionada ao fato de que, quando se realizou a primeira amostragem (março de 2008), esta sofreu o efeito do elevado índice pluviométrico ocorrido nos meses de fevereiro e março do ano (206,2 mm), em relação ao mesmo período de 2009, que apresentou uma precipitação pluvial de apenas 34,5 mm (Figura 1), o que favoreceu a lavagem de parte dos sais acumulados mesmo antes do início do período chuvoso. Em estudos realizados no Distrito de Irrigação de Araras, Ceará, Chaves et al. (2006) e Chaves et al. (2009) concluíram que, apesar do elevado índice pluviométrico registrado no período considerado, a precipitação não foi suficiente para promover uma lixiviação dos sais adicionados pela irrigação e, assim, reduzir a salinidade do solo para condição semelhante à da mata nativa. Convém ressaltar que esses autores usaram água de irrigação classificada como C_1S_2 . De modo inverso, Lopes et al. (2008) apontaram um efeito de lavagem das chuvas no processo de lixiviação de sais no Distrito de Irrigação Baixo-Acaraú-CE, em função da textura mais arenosa dos seus solos.

As lâminas de irrigação aplicadas pelos produtores do Perímetro Irrigado Califórnia no período seco de 2007-2008 foram superiores às aplicadas no mesmo período de 2008-2009, conforme acompanhamento realizado em nove lotes do Perímetro que revelou que, enquanto a lâmina de irrigação aplicada em 2008 correspondeu, em média, a 160% da demanda evapotranspirométrica, esse percentual foi de 103% em 2009

(Amorim et al., 2010). Cruz et al. (2010), trabalhando em escala de perímetro com o modelo LAWS, verificaram também que a estimativa do volume total bombeado no ano de 2008 foi duas vezes superior à demanda hídrica das culturas irrigadas.

De modo geral, os resultados obtidos no presente trabalho corroboram resultados obtidos por Akramkhanov et al. (2011) que indicam que os fatores de manejo de água e dos cultivos podem ser preponderantes em relação aos fatores ambientais.

CONCLUSÕES

1. No Perímetro Irrigado Califórnia, em Sergipe, o processo de acumulação de sais está espacialmente mais associado às áreas adjacentes aos talvegues ou linhas de drenagem naturais, que apresentam os maiores níveis de salinidade.

2. Os níveis médios de salinidade em superfície resultantes da acumulação de sais no solo, no período seco entre os anos de 2008 e 2009, variam de 0,47 a 1,10 $dS\ m^{-1}$, valores que estão abaixo dos limites da salinidade limiar para as culturas anuais e perenes sensíveis.

3. Há elevação dos valores médios de salinidade, principalmente na camada superficial, alterando-se de 0,56 $dS\ m^{-1}$, no final do período chuvoso de 2008, para 1,10 $dS\ m^{-1}$, no final do período seco de 2009.

4. Durante o período chuvoso ocorre lixiviação intensa de sais promovendo significativa redução da salinidade na camada superficial.

AGRADECIMENTOS

À equipe técnica do Perímetro Irrigado Califórnia, especialmente ao gerente-geral José Gomes da Silva Filho e aos técnicos agrícolas Antônio Roberto Ramos, Edmilson Cordeiro Bezerra e Joaquim Ribeiro dos Santos.

LITERATURA CITADA

- Aguiar Netto, A. de O.; Gomes, C. C. S.; Lins, C. C. V.; Barros, A. C.; Campeche, L. F. de S. M.; Blanco, F. F. Características químicas e salino-sodicidade dos solos do Perímetro Irrigado Califórnia, SE, Brasil. *Ciência Rural*, v.37, p.1640-1645, 2007.
- Amorim, J. R. A. de; Resende, R. S.; Cruz, M. A. S.; Bassoi, L. H. Silva Filho, J. G. Determinação da eficiência de uso da água na parcela de irrigação, no Perímetro Irrigado Califórnia, em Sergipe. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010. 8p. Comunicado Técnico, 109
- Akramkhanov, A.; Martius, C.; Park, S.J.; Hendrickx, J.M.H. Environmental factors of spatial distribution of soil salinity on flat irrigated terrain. *Geoderma*, v.166, p.52-62, 2011.
- Aragüés, R.; Urdanoz, V.; Çetin, M.; Kirda, C.; Daghari, H.; Ltifi, W.; Lahlou, M.; Douaik, A. Soil salinity related to physical soil characteristics and irrigation management in four Mediterranean irrigation districts. *Agricultural Water Management*, v.98, p.959-966, 2011.

- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. A qualidade da água na agricultura. 2 ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.
- Chaves L. C. G.; Andrade, E. M.; Crisostomo, L. A.; Ness, R. L. L.; Lopes, J. F. B. Risco de degradação em solo irrigado do Distrito de Irrigação Araras Norte. *Revista Ciência Agronômica*, v.37, p.292-298, 2006.
- Chaves L. C. G.; Santos, J. C. N. dos; Meireles, A. C. M.; Andrade, E. M.; Araújo Neto, J. R. Dinâmica da salinidade do solo em áreas do Distrito de Irrigação Araras Norte. *Revista Ciência Agronômica*, v.40, p.522-532, 2009.
- Costa, D. M. A. da. Impactos da irrigação na variabilidade espacial e temporal da salinidade de um solo aluvial no semi-árido potiguar. *Holos*, v.2, p.62-71, 2008.
- Cruz, M. A. S.; Resende, R. S.; Amorim, J. R. A. de; Bassoi, L. H. Silva Filho, J. G. Aplicação do modelo LAWS na avaliação da eficiência do uso da água no Perímetro Irrigado Califórnia, em Sergipe. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010. 6p. Comunicado Técnico, 108
- Freire, E. de A.; Laime, E. M. O.; Nascimento, N. V. do; Lima, V. L. A. de; Santos, L. S. de. Análise dos riscos de salinidade do solo do Perímetro Irrigado de Forquilha, Ceará. *Revista de Educação Agrícola Superior*, v.24, p.62-66, 2009.
- Hendrickx, J. M. H.; Baerends, B.; Raza, Z. I.; Sadiq, M.; Chaudhry, M. A. Soil salinity assessment by electromagnetic induction on irrigated land. *Soil Science Society America Journal*, v.56, p.1933-1941, 1992.
- Holanda, J. S. de; Amorim, J. R. A. de; Ferreira Neto, M.; Holanda, A. C. de. Qualidade da água para irrigação. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. da S.; Lacerda, C. F. de. (ed.) Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, 2010. cap.4, p.43-61.
- Jensen, P. K; Matsuno, Y.; van der Hoek, W.; Cairncross, S. Limitations of irrigation water quality guidelines from a multiple use perspective. *Irrigation and Drainage Systems*, v.15, p.117-128, 2001.
- Lopes, J. F. B; Andrade, E. M. de; Chaves, L. C. G. Impactos da irrigação sobre os solos de perímetros irrigados na bacia do Acaraú, Ceará, Brasil. *Engenharia Agrícola*, v.28, p.34-43, 2008.
- Monteiro, A. L. N.; Montenegro, A. A. de A.; Montenegro, S. M. G.; Santos, F. X. dos. Avaliação de lavagem parcial de sais em Neossolo flúvico irrigado, utilizando modelagem computacional. *Engenharia Agrícola*, v.29, p.207-220, 2009.
- SERGIPE. Governo do Estado de Sergipe. Programa de desenvolvimento sustentável do semi-árido sergipano. Documento conceitual do projeto. Aracaju, 2004. 133p.
- 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, p.161-174, 2002.
- Souza, E. R. de; Montenegro, A. A. de A.; Freire, M. B. G. dos S. Evolução e variabilidade espacial da salinidade em Neossolo Flúvico cultivado com cenoura sob irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, p.584-592, 2008.