



Analise espacial da salinidade do solo em uma área de mangueira irrigada por sulco no semiárido⁽¹⁾.

David Castro Alves⁽²⁾; Marta de Amorim Silva⁽³⁾; Marcos Sales Rodrigues⁽⁴⁾; Ítalo Herbert Lucena Cavalcante⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq.

⁽²⁾ Estudante; bolsista do CNPq, Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF); Petrolina, PE; davidcastro93@outlook.com; ⁽³⁾ Estudante; bolsista do CNPq, (UNIVASF); marta.amorim@yahoo.com.br; ⁽⁴⁾ Professor; (UNIVASF); marcos.rodrigues@univasf.edu.br; ⁽⁵⁾ Professor; (UNIVASF); italo.cavalcante@univasf.edu.br;

RESUMO: A salinidade na região do vale do São Francisco é um potencial problema para a fruticultura devido a contribuição do clima semiárido e do manejo inadequado da irrigação. Contudo, para o correto manejo de áreas salinas, é necessário conhecer a distribuição espacial da salinidade. Portanto, objetivou-se nesse trabalho: 1) modelar a dependência espacial da salinidade e 2) delimitar zonas homogêneas de manejo da salinidade em área de mangueira irrigada na região semiárida. O experimento foi conduzido em um pomar comercial de manga no perímetro irrigado de Juazeiro/Petrolina. Coletou-se amostras de solo na camada de 0-0,2 m na região da copa da manga (96 pontos) e na entrelinha (96 pontos) em uma malha amostral equidistante de 8 m. Foi realizada a análise da textura do solo, pH e condutividade elétrica (CE). As variáveis foram submetidas a análise descritiva e geoestatística. Os valores médios de CE foram superiores na região da entrelinha em comparação com da copa. A textura do solo apresentou dependência espacial tanto na copa quanto na entrelinha. A CE não apresentou dependência espacial na região da copa, porém a dependência espacial foi forte na região da entrelinha. Os mapas de CE na entrelinha demonstraram que 93,5% da área se encontra inadequada para o cultivo de manga, sendo evidenciado pela necrose marginal das folhas nas plantas. Os resultados ressaltam que a irrigação por sulcos altera a distribuição espacial da CE e a análise espacial da CE na entrelinha permitiu a definição de zonas de manejo específico para a salinidade.

Termos de indexação: geoestatística, *Mangifera indica* L., condutividade elétrica.

INTRODUÇÃO

A mangicultura no polo Juazeiro/Petrolina abrange uma área de 15966 hectares. O polo representa 22,6% da área de cultivo e 32,98% da produção nacional tendo um rendimento médio de 24000kg ha⁻¹ (IBGE, 2013). Assim, a mangueira é essencial para a economia desta região.

No vale do São Francisco, localizado na região do semiárido nordestino, a salinidade é potencialmente um grave problema, visto que em climas semiáridos a reduzida lixiviação, em conjunto com a elevada taxa de evaporação da água, contribui para o acúmulo de sais no solo (Queiroz et al., 2010). Esta situação é agravada pela prática obrigatória da agricultura irrigada nesta região, onde a demanda de água pelas culturas não é atendida somente pelas chuvas, em virtude da elevada taxa evapotranspirativa e baixo índice pluviométrico (Netto et al., 2007). Desta forma a salinidade pode ser induzida pela ação antrópica, por meio do manejo inadequado da irrigação, quando o controle da drenagem é realizado de forma ineficiente, acelerando o processo de salinização do solo.

A mangueira é uma cultura sensível a condições salinas, podendo a salinidade causar danos severos e muitas vezes irreversíveis a manga. Pode-se observar em plantas nessas condições a ponta das folhas e margens queimadas, folhas onduladas, abscisão foliar e morte das árvores (Zuazo et al., 2004).

A salinidade pode apresentar dependência espacial e, desta forma, pode não se ajustar a uma distribuição normal de probabilidade, limitando-se neste caso o uso da estatística clássica em recomendações quanto a técnicas de manejo e recuperação de solos afetados por excesso de sais (Leão, 2009). Assim sendo, a geoestatística por proporcionar o conhecimento da distribuição espacial dos dados, permite o planejamento quanto a aplicação de tratamentos adequados nas áreas atingidas mais severamente e evita despesas com tratamentos desnecessários em outras áreas (Queiroz et al., 2010).

Barreto et al (2012) em estudos sobre a distribuição espacial do pH e da condutividade elétrica em um solo aluvial no Rio Grande do Norte, detectou um moderado grau de dependência espacial para os dados de salinidade, nas profundidades de 0-0,15 e 0,15-0,30 m. Costa(2008) estudando os impactos da irrigação na variabilidade espacial e temporal da salinidade de um solo aluvial no semiárido Potiguar - RN, constatou que a concentração de sais medida pela condutividade



elétrica no extrato saturado, apresentava-se com variabilidade espacial, em razão do uso de irrigação.

Apesar da existência de estudos com variabilidade espacial da salinidade, ainda são escassos trabalhos na cultura da manga e seus possíveis efeitos na cultura.

Portanto, objetivou-se nesse trabalho: 1) modelar a dependência espacial da salinidade e 2) delimitar zonas homogêneas de manejo da salinidade em área de mangueira irrigada na região semiárida.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Juazeiro – BA (9°17'07.18" S, 40°15'46 W, 375,1 m de altitude), projeto de irrigação Maniçoba, lote 083. Segundo a classificação de Köppen, o clima local é do tipo BSh', semiárido, precipitação inferior a 500 mm concentrados apenas em três a quatro meses do ano, com médias anuais de temperaturas variando 18,7° e 33,6°C. O solo da área foi classificado como Argissolo Amarelo.

A área foi constituída de um pomar de mangueira da variedade Tommy Atkins irrigado por sulco. As amostras de solo foram coletadas na região da copa da mangueira seguindo uma grade amostral contendo 96 pontos, onde cada ponto corresponde a uma planta de mangueira e o espaçamento entre as amostras corresponde ao espaçamento de plantio (8 x 8 m) em uma área de 4928 m². Adicionalmente, foram coletados na entre linha mais 96 pontos, onde estes pontos foram amostrados no centro da entre linha, ou seja, entre duas plantas de mangueira.

As amostras foram coletadas na camada de 0-0,2 m de profundidade utilizando um trado tipo holandês. Nestas amostras foi determinado a textura pelo método da pipeta e pH do solo em água (relação 1:2) conforme descrito por Donagema (2011); e condutividade elétrica em meio aquoso (CEaq) nas proporções solo:água (massa:volume) 1:2 como descrito por Souza et al. (2013).

Como observado por Souza et al. (2013), os valores de CEaq são menores do que aqueles obtidos na condutividade elétrica pelo extrato da pasta saturada (CEes) que é o método oficial de análise. Portanto, foi realizado o preparo de amostras com as concentrações de soluções de NaCl 0, 10, 20, 30, 40 e 50mmol L⁻¹. Nestas amostras foram então definidas a CE pelo método do extrato da pasta saturada e pelo meio aquoso (1:2) para obtenção de uma equação por meio de regressão linear. Portanto, os valores de CEaq foram convertidos para CEes pela seguinte equação (Eq. 1) que foi significativa a 5% e com R² = 0,92.

$$CEes = 2,3503 + 5,2006 (CEaq) \quad (1)$$

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva. O coeficiente de variação foi classificado de acordo com Warrick (1998), que considera valores de CV < 15% como baixa variabilidade, media no intervalo de 15 a 50% e alta variabilidade para CV>50%.

Para estimar a dependência espacial entre as amostras, bem como identificar se as variações foram sistemáticas ou aleatórias, foram utilizados modelos de semivariogramas. A seleção dos modelos foi realizada com base na menor soma de quadrados do resíduo (SQR) e melhor coeficiente de determinação (R²). A dependência espacial foi classificada segundo Cambardella et al. (1994) em função da relação entre o efeito pepita e o patamar de seu semivariograma ajustado. No qual, valores inferiores a 25% caracterizam forte dependência espacial, entre 25% e 75% moderada, enquanto que acima de 75% fraca dependência.

A interpolação dos dados foi realizada usando Krigagem ordinária (Isaaks & Srivastava, 1989).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a classificação pelos valores de CV, as variáveis areia e pH apresentaram baixa variabilidade enquanto as frações argila e silte encontram-se com média variabilidade, tanto na copa como na entrelinha (Tabela 1). Já a CEes apresentou-se com baixa variabilidade na copa e alta na entrelinha.

Como observado a única variável que muda de classe de CV da linha para entrelinha é a CEes. Isto deve-se, provavelmente, ao manejo da irrigação da área. Como nas áreas das copas são aplicadas lamina excessivas de água através da irrigação por sulcos, isso pode estar lixiviando os sais reduzindo seu teor médio e amplitude (diferença entre valores de máximo e mínimo) fazendo com que o valor de CV da CEes na região da copa seja menor. A baixa variabilidade do pH está relacionada ao fato da escala de pH oferecer uma baixa amplitude, não possibilitando assim uma grande variação para os valores de pH.

A média da CEes na área das copas da mangueira (2,7 dS m⁻¹) esta adequada para o cultivo (CEes < 4 dS m⁻¹) segundo sugerido por Amaral (2011) (Tabela 1). No entanto, na entrelinha valores máximos e mínimos da CEes apresentaram-se com uma disparidade muito alta em relação a média (Tabela 1), indicando que a média não pode ser utilizada como padrão representativo para área, descartando o uso da estatística clássica para manejo da salinidade nesta área. Observando

apenas a CEes na entrelinha, que foi igual a $8,7 \text{ dS m}^{-1}$, considerar-se-ia toda área como imprópria para cultivo de manga, já que valores maiores que 4 dS m^{-1} podem causar grande impacto na cultura com redução de até 50% da produtividade (Amaral, 2011).

Houve dependência espacial para a textura do solo tanto na região da copa como na entrelinha da mangueira, sendo classificada como forte para todas as frações na copa e moderada para areia e argila na entrelinha (Tabela 1). O pH e CEes na região da copa não apresentaram dependência espacial (Tabela 1), enquanto que na entrelinha estes atributos apresentaram forte dependência espacial. Souza et al. (2008) trabalhando com um Neossolo Flúvico no semiárido, observaram moderada dependência espacial para a CEes e forte dependência espacial para a argila, areia e silte em uma área cultivada com cenoura.

A textura por ser uma característica bastante estável, apresentou dependência espacial tanto na copa como na entrelinha, já os valores de pH e CEes, que são atributos que podem ser alterados pelo manejo do solo e irrigação, variaram entre as regiões de coleta das amostras (linha e entrelinha). Nesse caso como a irrigação é feita por sulco ocorre lixiviação de sais e nutrientes na copa o que gerou variabilidade aleatória, eliminando a dependência espacial nesta região. Confirmando esta hipótese Costa (2008) estudando um solo aluvial no semiárido constatou que a variabilidade espacial para a concentração de sais, CEes, caracteriza-se em razão do uso e do tempo de aplicação da irrigação.

Por meio do mapa da CEes na entrelinha verificou-se que apenas 6,5% da área se encontra adequada para a cultura da mangueira, ou seja, com valores de CEes $<4 \text{ dS m}^{-1}$. Enquanto que 37% da área é classificada como salina (CEes entre 4 e 7 dS m^{-1}) e 56,5% como sálica (CEes $>7 \text{ dS m}^{-1}$) (Figura 1). Portanto, é possível com o mapa, adotar estratégias para o manejo adequado do solo para reduzir os impactos da salinidade na produtividade conforme os valores de CEes em cada região da área de estudo, ou seja, aplicando o manejo específico.

Embora a salinidade apresente valores prejudiciais à mangueira apenas na entrelinha, deve-se atentar para o fato que as raízes extensas podem atingir a parte salina na entrelinha. Isto foi confirmado pela observação das folhas que apresentaram margens queimadas (necrose) e morte de algumas plantas (Zuazo et al., 2004) na área de estudo.

CONCLUSÕES

A salinidade do solo apresentou forte dependência espacial evidenciada pela modelagem do padrão de distribuição espacial da condutividade elétrica (CE) quando realizada na entrelinha da área de mangueira.

O manejo da irrigação em sulcos alterou a distribuição espacial da CE, evidenciado pela ausência de dependência espacial deste atributo na área da copa da mangueira.

A análise espacial da CE na entrelinha da cultura permitiu a definição de zonas de manejo específico da salinidade, mostrando as regiões na área que são adequadas ao cultivo da mangueira, áreas salinas e sálicas.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão de bolsa aos dois primeiros autores.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, F. C. S. do. Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação: Enfoque na Região Semiárida. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.
- BARRETO, H. B. F.; JUNIOR, V. P. de A.; LIRA, J. F.B.; MAIA, F. E. N.; OLIVEIRA, N. Distribuição espacial do pH e da condutividade elétrica em um solo aluvial no Rio Grande do Norte. ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido, 8:28-33, 2012.
- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-Scale Variability of Soil Properties in Central Iowa Soils. Soil Sci. Soc. J. 1994; 58:1501-1511.
- COSTA, D. M. A. Impactos da irrigação na variabilidade espacial e temporal da salinidade de um solo aluvial no semi-árido Potiguar. Holos 2:62-71, 2008.
- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2011.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA): Produção Agrícola Municipal – culturas permanentes 2013. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1613&z=p&o=28>. Acesso em: 07 abr. 2015.
- ISAAKS, E.H. & SRIVASTAVA, R.M. An introduction to applied geostatistics. New York: Oxford University Press, 1989. 561p.

LEÃO, A. B.; CHAVES, L. H.G0.; CHAVES, I. B.; GUERRA, H. O. C.; ANDRADE, A. R. S. Variabilidade espacial da salinidade do solo no perímetro irrigado Engenheiro Arcoverde, Condado, PB. R. Eng. Ambiental: Pesquisa e Tecnologia, 6: 404-421, 2009

NETTO, A. de O. A.; 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, 37:1640-1645, 2007.

QUEIROZ, J. E.; GONÇALVES, A. C. A.; SOUTO, J. S.; FOLEGATTI, M. V. Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de. Manejo da salinidade na agricultura:

Estudos básicos e aplicados. 1.ed. Fortaleza: INCT Sal; 2010. P.63-82.

SOUZA, E. R. de; MELO, H. F. de; ALMEIDA, B. G. de; MELO, D. V. M. de. Comparação de métodos de extração da solução do solo. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, 17:510-517, 2013.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. Environmental soil physics. New York: Academic; 1998. p.655-675.

ZUAZO, V. H. D.; RAYA, A. M.; RUIZ, J. A. Impact of salinity on the fruit yield of mango (*Mangifera indica* L. cv. 'Osteen'). Europ. J. Agronomy, 21: 323-334, 2003.

Tabela 1 – Estatística descritiva e parâmetros dos semivariogramas dos atributos do solo na camada 0-20 cm de profundidade cultivado com mangueira irrigada no semiárido.

Variável	Média	Mínimo	Máximo	CV(%)	Modelo	Efeito pepita (Co)	Patamar (Co+C)	Alcance (m)	$(C_0/C+C_0) \times 100$
Copa									
Areia (g kg ⁻¹)	77,6	53,6	87,4	10	Exp.	3,300	62,470	26	5,3
Argila (g kg ⁻¹)	11,8	3,0	26,6	45	Exp.	1,580	28,560	16	5,5
Silte (g kg ⁻¹)	10,1	5,1	16,8	26	Exp.	1,400	6,306	22	22,2
pH	6,7	5,8	7,4	5	EPP.	0,137	0,137	-	100
CEes (dS m ⁻¹)	2,7	2,3	3,3	7	EPP.	0,035	0,035	-	100
Entrelinha									
Areia (g kg ⁻¹)	79,8	72,1	84,3	3	Gau.	3,140	7,794	69	40,3
Argila (g kg ⁻¹)	12,2	5,6	19,5	19	Esf.	3,137	6,275	66	40,3
Silte (g kg ⁻¹)	8,4	2,7	17,9	30	Exp.	1,270	7,580	71	16,7
pH	6,7	5,3	8,1	8	Exp.	0,026	0,267	24	9,7
CEes (dS m ⁻¹)	8,7	2,6	30,6	70	Esf.	6,138	36,753	18	16,7

Exp.= Modelo exponencial; EPP= Efeito Pepita Puro; Gau.= Modelo Gaussiano; Esf.= Modelo Esférico. CV= Coeficiente de variação; CEes= Condutividade elétrica no extrato de saturação do solo.



Figura 1 - Mapa da condutividade elétrica da entrelinha na camada 0-20 cm de profundidade em uma área cultivada com mangueira irrigada no semiárido.