DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA UMIDADE E POTÁSSIO DO SOLO EM ÁREA CULTIVADA COM CANA-DE-AÇÚCAR

THAIS FERNANDA DA SILVA VICENTE[1], ELVIRA MARIA RÉGIS PEDROSA[2], LUANA MARIA ALVES DA SILVA[3], MÁRIO MONTEIRO ROLIM[4] e IVIS ANDREI CAMPOS E SILVA[5]

[1]Dra. Pesquisadora PNPD/CAPES, UFRPE, Recife-PE, vicente.thais@yahoo.com.br;
[2]Dra. em Fitopatologia, Profa. Titular. DEAGRI, UFRPE, Recife-PE, elvira.pedrosa@ufrpe.br;
[3]Dra. em Fitopatologia, UFRPE, Recife-PE, luanaalves.agro@gmail.com;
[4]Dr. em Engenharia Agrícola, Prof. Titular. DEAGRI, UFRPE, Recife-PE, mariorolim10@uol.com.br;
[5]Engenheiro Agrícola, Mestrando UFRPE, Recife-PE, ivisandrei@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
Palmas/TO – Brasil
17 a 19 de setembro de 2019

RESUMO: Este estudo objetivou avaliar a distribuição espaço-temporal da umidade e K no solo e na folha da cana-de-açúcar em diferentes períodos de cultivo, visando obter zonas de maior e menor absorção do nutriente. A pesquisa foi desenvolvida no município de Juripiranga, Paraíba, antes do cultivo e por ocasião da colheita da cana-de-açúcar. A geoestatística foi utilizada como ferramenta de análise de distribuição espacial e temporal da umidade e K no solo e K na folha, os mapas de contorno foram confeccionados para representar as zonas de maior e menor concentração das variáveis. Os resultados demonstraram que o modelo exponencial foi o que melhor se ajustou aos dados. As regiões de maior teor de umidade coincidiram com as regiões de maior concentração de K no solo e na folha antes do cultivo da cultura e por ocasião da colheita da cana-de-açúcar.
PALAVRAS-CHAVE: Dependência temporal, fertilidade do solo, química do solo, *Saccharum*.

SPATIAL-TEMPORAL DISTRIBUTION OF SOIL MOISTURE AND POTASSIUM IN CULTIVATED AREA WITH SUGARCANE

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the spatial and temporal distribution of soil moisture and soil K as well as the K present in the sugarcane leaves in different growing seasons, in order to obtaining zones of greater and lower absorption of the nutrient. The research was carried out in Juripiranga municipality, in Paraíba state, before the cultivation and harvesting of sugarcane. Geostatistics was used as a tool to analyze the spatial-temporal distribution of soil moisture and K as well as the K present in the plant leaves, the contour maps were made to represent the zones of higher and lower concentration of the variables. The results showed that the exponential model was the best fit for the data. The regions with the highest soil moisture content coincided with the regions with the highest concentration of K in both soil and leaves, before cultivation and harvesting of sugarcane.
KEY WORDS: Temporal dependence, soil fertility, soil chemistry, Saccharum.

INTRODUÇÃO

Considerada como uma das principais culturas econômicas do Brasil, a cana de açúcar se destaca no cenário nacional e internacional, sendo o país, não apenas o maior produtor mundial, mas também, líder na produção de açúcar e etanol (Montanari et al., 2014). Por ser um país de dimensões continentais, o Brasil possui diversos fatores que limitam o desenvolvimento da cana de açúcar, com destaque para: as condições edafoclimáticas, manejo e escolha da variedade (Arcoverde et al., 2019). Devido ao déficit hídrico característico na região Nordeste do Brasil, a produtividade da cultura ainda é baixa quando comparada a outras regiões produtoras do país, sendo a disponibilidade de água essencial para o crescimento e produtividade da mesma (Abreu et al., 2013).

Com relação à exigência nutricional, a cana de açúcar consome cerca de 13 % do total de fertilizantes usados anualmente no país (Otto et al., 2010), sendo o potássio, o nutriente mais absorvido pela cultura (Oliveira et al., 2014). No solo, o potássio é originário da decomposição de minerais primários, sendo absorvido pelos vegetais em maior quantidade, durante o estágio de crescimento. Na cana-de-açúcar, sua importância se deve a participação no processo fotossintético, translocação de carboidratos e proteínas e na absorção de água (Silveira et al., 2015).

Tendo em vista que as áreas agrícolas, mesmo que relativamente pequenas, não são uniformes, a variabilidade espacial das propriedades do solo e das plantas tem sido uma preocupação para os pesquisadores. Portanto, estudos de variabilidade espacial são importantes para verificar, de diferentes maneiras e intensidades, quais as consequências das diferenças espaciais e temporais nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo e nas plantas de cana-de-açúcar, permitindo a confecção de mapas de krigagem, que auxiliem na obtenção de zonas específicas de manejo do solo (Rodrigues, 2014; Montanari et al., 2014). Para isso, o uso da geoestatística tem sido amplamente aplicada, pois, possibilita a elaboração de semivariogramas, que quantifica a dependência espacial de atributos do solo e da planta, obtendo estimativas dessas propriedades em locais não amostrados, com erro mínimo de variância (Dalchiavon et al., 2013; Kamimura et al., 2013).

Desta forma, objetivou-se nesta pesquisa, avaliar a distribuição espacial da umidade e do K no solo e na folha da cana-de-açúcar antes do plantio da cultura e por ocasião da colheita, visando obter zonas de maior e menor absorção de nutrientes pela cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em área experimental cultivada com cana-de-açúcar, variedade RB867515, localizada no município de Juripiranga – PB, pertencente a Usina Olho D'água, com coordenadas geográficas de 7º 21' 53.9" S e 35º 11' 60.0" W e relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2006). O sistema de plantio convencional vem sendo utilizado há mais de meio século na área do experimento. Durante a reforma do canavial, foi aplicado gesso agrícola e adubo MAP (350 kg/ha). O solo foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo de textura média com 68% de areia, 20% de argila e 11% de silte. O clima da região é tropical do tipo As" e se caracteriza por ser quente e úmido com chuvas de outono a inverno, de acordo com a classificação climática de Köppen (Alvares et al., 2013). A precipitação pluviométrica e a temperatura média anual durante o período do experimento variaram entre 140 mm e 30º C antes do plantio da cultura e 60 mm e 29º C por ocasião da colheita. A região Nordeste possui distribuição irregular de chuvas ao longo do ano e por três anos consecutivos registrou um período de seca entre 2012, 2013 e 2014 (CONAB, 2015).

Foram delimitados 84 pontos distantes entre si 8 m, identificados com piquetes numerados, e em seguida, georreferenciados com GPS. As amostras foram coletadas entre maio de 2013 e agosto de 2014. A amostragem foi efetuada antes do plantio da cultura, período de reforma do canavial, e durante o período de colheita, agosto de 2014. Os pontos da amostragem foram estabelecidos nas entrelinhas da cultura da cana-de-açúcar, nos quais, trincheiras foram abertas para a retirada das amostras na camada de 0,10 - 0,30 m, resultando em 168 amostras de solo e 84 amostras de folhas.

As amostras indeformadas do solo foram coletadas em cada ponto com o auxílio do trado de Uhland modificado, sendo armazenadas em cápsulas metálicas, devidamente embaladas em filme de PVC (EMBRAPA, 2011). A umidade do solo foi obtida por meio da diferença entre as pesagens das amostras antes e após saírem da estufa a 105º C. O K^+ do solo e da folha foram determinados por meio de fotometria de chama (EMBRAPA, 2009).

A análise da dependência espacial foi realizada, através do ajuste do semivariograma clássico construído a partir da estimativa das semivariâncias (Journel, 1989).

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{n} \left[Z(x_i + h) - Z(x_i) \right]^2$$

Onde:

$\hat{\gamma}(h)$ - Valor estimado da semivariância;

$Z(x_i + h)$ e $Z(x_i)$ – Valores observados das variáveis regionalizadas;

$N(h)$ – Número de pares dos valores, separados pela distância h.

Os dados foram ajustados ao modelo exponencial.

$$\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1\left[1 - \exp - \left(\frac{h}{A}\right)\right]$$

O grau de dependência espacial foi determinado segundo Cambardella et al. (1994), considerando a fração do efeito pepita (C_0) pelo patamar (C_0+C_1), sendo classificado em forte (GDE < 25%), moderado (25 > GDE ≤ 75%) e fraco (GDE > 75%).

Os modelos ajustados foram submetidos à validação cruzada, de acordo com o teste de Jack-Knifing (Vauclin et al., 1983), avaliando as médias próximas a zero e o desvio padrão próximo a um, todas as variáveis avaliadas passaram no teste. Os mapas de contorno, que apresentam a distribuição espaço-temporal da umidade, do K^+ do solo e da folha, foram confeccionados por meio do software Surfer 7.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo ajustado as variáveis foi o exponencial (Tabela 1). Estudo realizado com variáveis do solo por Mcbratney & Webster (1986) indicou que o modelo exponencial é constantemente ajustado nesses experimentos. Os resultados demonstram uma uniformidade do modelo em relação as variáveis.

A umidade do solo obteve o mesmo alcance de 35 m antes do plantio e por ocasião da colheita, o mesmo comportamento não foi observado para o K no solo, cujo alcance variou de 23 m antes do plantio para 17 m por ocasião da colheita, K na folha obteve um alcance de 37 m (Tabela 1). O alcance é um parâmetro utilizado para verificação do espaçamento para coleta das amostras e os valores variam de acordo com as variáveis, com o manejo aplicado e o tempo (Souza et al., 1997).

O grau de dependência espacial (GDE), que caracteriza a estrutura de dependência espacial, variou de fraco a moderado. A umidade do solo antes do plantio obteve GDE de 40% e de 60% por ocasião da colheita, ambos moderados, por outro lado, o K no solo obteve GDE fraco tanto antes do plantio, 127,27 %, quanto por ocasião da colheita, 195,95%. O K na folha também obteve GDE fraco, 113,38%. Normalmente uma fraca dependência espacial é atribuída a interferência de fatores extrínsecos do solo Cambardella et al. (1994).

Tabela 1. Parâmetros dos semivariogramas, grau de dependência espacial (GDE) e Jack-Knifing da umidade e K no solo e K na folha.

Variáveis	Modelo	C_0	C_1	a(m)	$C_0/(C_0+C_1)$ (%)	GDE	Jack-Knifing	
							Média	DP
Antes do plantio da cultura								
Umidade	exponencial	0,0002	0,0005	35	40	Mod.	-0,004	1,025
K solo	exponencial	1,4	1,1	23	127,27	Fraco	0,029	1,029
Por ocasião da Colheita								
Umidade	exponencial	0,0003	0,0005	35	60	Mod.	-0,005	1,056
K solo	exponencial	0,45	0,23	15	195,65	Fraco	0,069	0,988
K na folha	exponencial	5	4,41	37	113,38	Fraco	-0,015	1,099

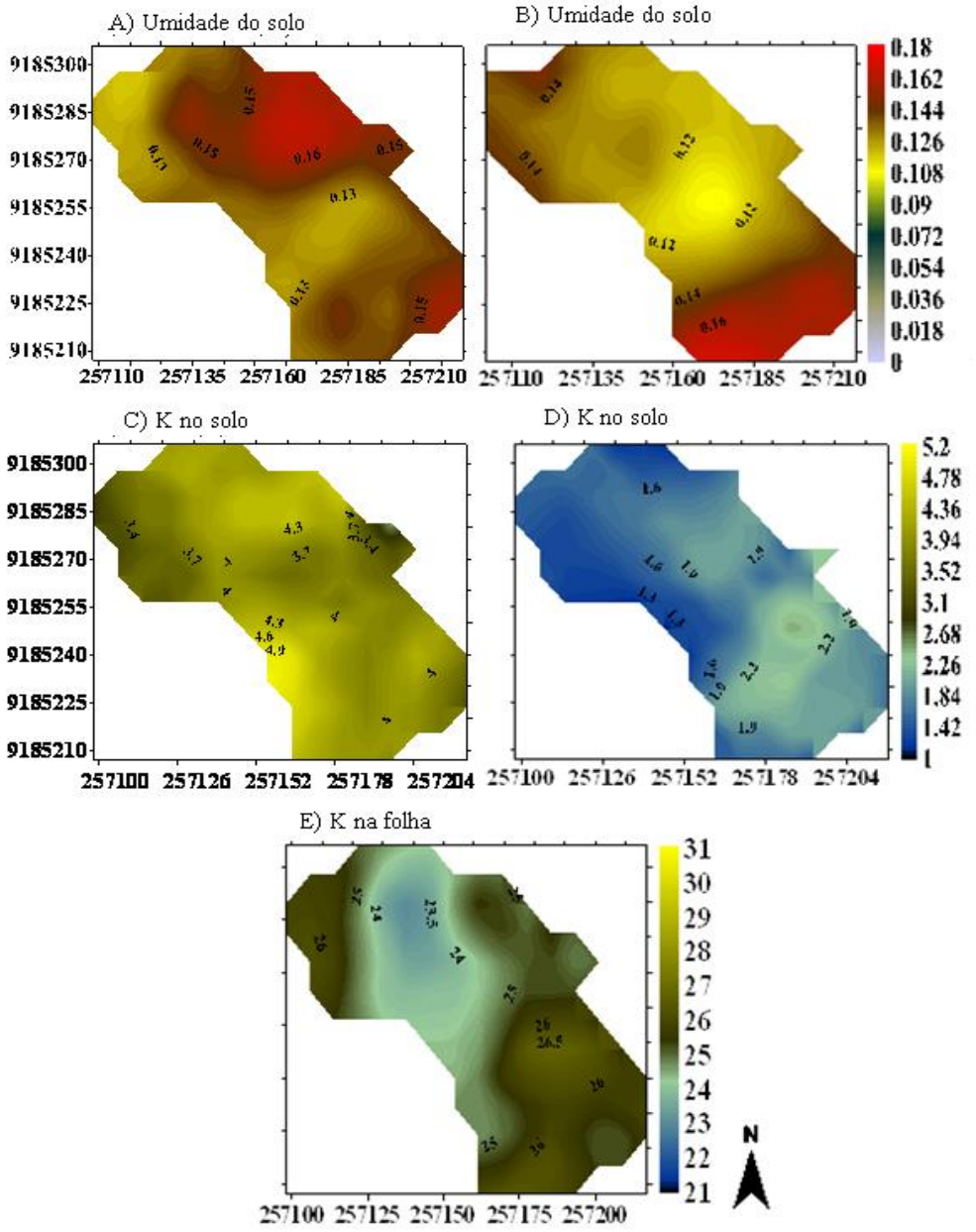
Nos mapas de contorno pode-se observar a variação das variáveis com o tempo (Figura 1), e o quanto a relação da umidade com os nutrientes do solo é importante para o desenvolvimento da cultura. A umidade do solo antes do plantio obteve maior teor na região ao norte do mapa e um pouco ao sul (Figura 1A), já por ocasião da colheita o maior teor de umidade se concentrou mais ao sul do mapa (Figura 1B).

Os mapas de K no solo mantêm uma uniformidade em toda a área entre os valores máximos de K antes do plantio da cana e mínimos por ocasião da colheita (Figuras 1C e D), constatando a absorção do nutriente pela cultura. Antes do plantio o solo tinha em média 3,92 cmolc L^{-1} de K representado pelas regiões amarelas no mapa, por ocasião da colheita o solo tinha em média 1,75 cmolc L^{-1} de K no solo representado pelas regiões em azul no mapa. O K na folha, por ocasião da colheita, apresentou duas regiões de cores bem definidas ambas acima de 25 g kg^{-1} (Figura 1E).

Pode-se observar que regiões de maior teor de umidade coincidem com regiões de maior concentração de K no solo antes do cultivo da cultura (Figuras 1A e C), por ocasião da colheita pode-

se observar que as regiões de maior teor de umidade no solo coincidem com as regiões de maior concentração de K na folha.

Figura 1. Mapas de isolinhas da umidade e K no solo e K na folha. Antes do plantio da cultura (A e C) e por ocasião da colheita (B, D e E).



CONCLUSÕES

O modelo exponencial foi ajustado a umidade e K no solo e K na folha da cana-de-açúcar.

As regiões com maior teor de umidade coincidiram com as regiões de maior concentração de K no solo antes do cultivo da cana-de-açúcar.

As regiões com maior teor de umidade coincidiram com as regiões de maior concentração de K na folha da por ocasião da colheita da cana-de-açúcar.

AGRADECIMENTOS

A CAPES pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor, ao CNPq pelo financiamento do projeto e a Usina Olho D'água pela concessão da área para pesquisa.

REFERÊNCIAS

Abreu, M. L.; Silva, M. A.; Teodoro, I.; Holanda, L. A.; Neto, G. D. S. Crescimento e produtividade de cana-de-açúcar em função da disponibilidade hídrica dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. Revista Bragantia, v. 72, n. 3, p. 262-270, 2013.

Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Stuttgart, Alemanha, v. 22, n. 6, p.711-728, 2013.

Arcoverde, S. N. S.; de Souza, C. M. A.; Orlando, R. C.; da Silva, M. M.; do Nascimento, J. M. Crescimento inicial de cultivares de cana-de-açúcar em plantio de inverno sob preparos conservacionistas do solo. Revista Engenharia na Agricultura, v. 27, n. 2, p. 142-156, 2019.

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 Science Society American Journal, Madison, v. 58, p. 1501-1511, 1994.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Levantamentos de Safra. 2015. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_02_23_17_34_53_boletim_cana_portugues_-_3o_lev_-_15-16.pdf. Acesso em: 30 dezembro 2015.

Dalchiavon, F. C.; Carvalho, M. P.; Montanari, R.; Andreotti, M. Strategy of specification management areas: rice grain yield as related to soil fertility. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 37, n. 1, p. 45-54, 2013.

EMBRAPA. Embrapa Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Brasília, 2006. 306p.

EMBRAPA. Embrapa Informática Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília, 2009. 627p.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, 2011. 230p.

Otto, R.; Vitti, G. C.; Luz, P. H. de C. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, n. 4, p.1137-1145, 2010.

Journel, A. G. Fundamentals of geostatistics in five lessons. Washington: American Geophysical Union, 1989. 40p.

Kamimura, K. M.; Santos, G. R.; Oliveira, M. S.; Días Junior, M. S.; Guimarães, P. T. G. Variabilidade espacial de atributos físicos de um latossolo vermelho amarelo, sob lavoura cafeeira. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 37, n. 4, p. 877-888, 2013.

Mcbratney, A. B.; Webster, R. Choosing functions for semivariograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. Journal of Soil Science, v. 37, n. 2, p. 617-639, 1986.

Montanari, R.; Tomaz, P. K.; Pellin, D. M. P. Produção de cana-de-açúcar correlacionada com o teor de fósforo em Mato Grosso do Sul. Revista de Agricultura Neotropical, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2014.

Oliveira, I. R. D.; Teixeira, D. B.; Panosso, A. R.; Marques Júnior, J.; Pereira, G. T. Modelagem e quantificação da incerteza espacial do potássio disponível no solo por simulações estocásticas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 49, n. 9, p. 708-718, 2014.

Rodrigues, K. M. Variabilidade espacial de atributos físicos, químicos e biológicos do solo e a produtividade da cana-de-açúcar. Campinas: IAC, 2014. 1f. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical).

Silveira, M. A. G.; Vitusso, L. Medina, N. H. Distribuição de potássio em cana-de-açúcar. Brazilian Journal of Radiation Sciences, v. 3, n. 1A, p. 1-8, 2015.

Souza, L. S.; Cogo, N. P.; Vieira, S. R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 21, p. 367-372, 1997.

Vauclin, M.; Vieira, S. R.; Vachaud, G.; Nielsen, D. R. The use of cokriging with limited field soil observations. Soil Science Society of America Journal, v. 47, p. 175-184. 1983.