



ESTRUTURA DE DEPENDÊNCIA ESPACIAL DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS DA CANA-DE-AÇÚCAR

Wildon Panziera¹, Cláudia Liane Rodrigues de Lima, Sergio Delmar dos Anjos e Silva, Eloy Antonio Pauletto, Mario Alvaro Aloisio Verissimo e Willian Rodrigues Antunes.

INTRODUÇÃO

O etanol é uma alternativa energética extremamente sustentável e se incrementado na matriz energética mundial contribuirá na preservação do ambiente. A principal matéria prima para produção de etanol no Brasil é a cana-de-açúcar. Devido ao cenário favorável, está ocorrendo a expansão das áreas de cultivo de cana-de-açúcar no Brasil, sendo o Rio Grande do Sul um dos estados com potencial para o incremento na área de cultivo.

A colheita de cana-de-açúcar no País migrou do sistema tradicional de colheita manual de cana inteira para a colheita mecanizada de cana picada. A mecanização da colheita implica em alterações no manejo da lavoura. Um dos principais aspectos que deve ser considerado é o espaçamento entrelinhas de plantio desta cultura. Há uma incompatibilidade do atual espaçamento com a bitola do maquinário, ocasionando o tráfego muito próximo e até sobre a linha de cultivo, que pode gerar problemas de rebrota e diminuição de produtividade (BRAUNACK et al., 2006; NYKO et al. 2013). Para adequação dessa incompatibilidade, a solução é o uso de espaçamento entre linhas combinados (BRAUNACK et al., 2006).

Atributos físicos, químicos e biológicos do solo e também os de planta apresentam dificuldade de controle em experimentos à campo, pois apresentam variação no espaço. Esta variabilidade do solo pode ser devido à variação dos fatores de formação, como material de origem, relevo, clima, tempo e organismos, ou devido à variação do manejo, sendo neste caso de origem antropogênica (MCGRAW, 1994). Assim, a crença de independência amostral em experimentos agrônômicos pode ficar comprometida devido à possibilidade das variáveis não estarem distribuídas ao acaso, ficando o pesquisador refém do componente residual da análise de variância para inferir sobre o estudo realizado.

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi o de avaliar a estrutura de dependência espacial da massa do colmo da cana-de-açúcar e dos atributos físicos de um Latossolo sob cultivo de cana-de-açúcar no ciclo de cana planta em diferentes configurações de espaçamento entre linhas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Porto Xavier, no Rio Grande do Sul, em uma área pertencente à Cooperativa de Produtores de Cana Porto Xavier, Ltda (Coopercana). O solo da área

¹Doutorando do Programa de Pós-graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. E-mail: panziera2@yahoo.com.br.



simpósio estadual de AGROENERGIA

V reunião técnica de agroenergia - RS

experimental é classificado como Latossolo Vermelho-amarelo. O experimento foi implantado em 28 de agosto de 2012 em uma área de 200 m de comprimento por 20 m de largura. Quanto ao arranjo experimental, a área foi dividida em três partes, as quais receberam três tipos de espaçamentos entre linhas da cultura (tratamentos). Cada terço tem a dimensão aproximada de 20 m de largura por 60 de comprimento. Os espaçamentos definidos no experimento foram: Espaçamento simples com 1,5 metros entre linhas de cultivo (LS); Espaçamento combinado duplo com 0,4 m nas linhas duplas e 1,7 m entre linhas duplas (LD); espaçamento combinado triplo com 0,3 m nas linhas triplas e 1,50 m entre linhas triplas (LT). A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB855156.

No dia 23 de janeiro de 2013, cinco meses após a implantação do durante o ciclo de cana planta e em cada tipo de configuração de espaçamento foram coletadas amostras com estrutura preservada e não preservada, na camada de 0,00-0,20 m. Para isto, foi traçada uma transeção de 50 m de comprimento, localizada sobre a linha da cultura para cada um dos três tipos de configurações de espaçamentos entre linhas. A amostragem foi realizada ao longo de cada uma das transeções com pontos de amostragem equidistante de 1 m.

As amostras de estrutura preservadas foram coletadas em duplicata, para cada ponto de amostragem com anéis volumétricos de 3 cm de altura e 4,85 cm de diâmetro. As amostras de estrutura não preservada (uma amostra em cada ponto de amostragem) foram coletadas com o auxílio de uma pá de corte, totalizando 150 amostras de estrutura não preservada e 300 amostras de estrutura preservada .

A densidade do solo (D_s) do solo foi obtida pelo método do anel volumétrico e a porosidade total (P_t), macro (M_a) e microporosidade (M_i) pelo método da mesa de tensão, ambos conforme Embrapa (2011). A resistência à penetração do solo (R_P) foi determinada com um penetrômetro eletrônico de bancada. A determinação ocorreu em três pontos igualmente distanciados do centro da amostra com uma velocidade de penetração de 10 mmmin^{-1} . A umidade à base de volume correspondente à capacidade de campo (θ_{CC}) e ao ponto de murcha permanente (θ_{PMP}) foi obtida em uma câmara de pressão de Richards considerando a tensão de 0,01 e 1,5 MPa como umidades na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, respectivamente. O teor de carbono orgânico total (COT) foi obtido pelo método da combustão úmida. A capacidade de água disponível (CAD) foi obtida pela diferença entre o conteúdo de água volumétrico armazenada entre θ_{CC} e θ_{PMP} dividida pela camada avaliada (200 mm). A avaliação da massa do colmo (MC) da cana-de-açúcar foi realizada no dia 12 de setembro de 2013, no final do ciclo de cana planta, ao longo da mesma transeção considerada na amostragem de solo e a cada metro.

A estrutura de dependência espacial das variáveis foi verificada através do cálculo da função



de autocorrelação e, posteriormente, por meio da construção do autocorrelograma. O cálculo da função de autocorrelação foi realizado pelo *software R* (R CORE TEAM, 2013), sendo descrito na equação 1.

$$r(j) = \frac{C(j)}{s^2} \quad (1)$$

Onde: $r(j)$ é o coeficiente da função de autocorrelação. s^2 é a variância dos dados. $C(j)$ é a covariância entre a variável na posição i com ela mesma na posição vizinha $i+j$ (j é o número de “lag’s”, ou seja, o número de espaços entre os vizinhos, sendo igual a: 0, 1, 2, 3, ... 49 para o número de observações $n=50$).

Para determinar os limites dos intervalos de confiança de autocorrelação a fim de estabelecer uma significância da autocorrelação, foi aplicada a função de probabilidade acumulada p ($p = \pm 1,96$ para 95% de confiança) para a função de distribuição normalizada (Davis, 1986) com o número de observações $n=50$. Considerou-se dependência espacial quando os valores dos coeficientes de autocorrelação no primeiro lag foram superiores (quando positivo) ou inferiores (quando negativos) ao limite do IC.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Fig. 1 apresenta os gráficos autocorrelogramas para as variáveis em estudo. Observa-se que a MC apresentou dependência espacial de 1 lag ou 1 m nos espaçamentos LS e LT e de 7 lag’s ou 7 m no espaçamento LD. Observa-se também um comportamento possivelmente cíclico desta variável no espaçamento LS. Quanto aos atributos físicos do solo, nota-se que a Ds, a Pt, a θ_{PMP} e a CAD apresentaram dependência espacial nos três tipos de espaçamentos. Considerando que 1 lag = 1 m a faixa de dependência espacial da Ds foi de 1 m para os espaçamentos LS e LT e de 2 m para o espaçamento LD. Oliveira et al. (2013) observaram em um Latossolo através do autocorrelograma uma dependência espacial da Ds de 3 m. A Pt e a θ_{PMP} apresentaram faixa de dependência de 1 m nos espaçamentos LS e LT e no espaçamento LD de 2 m e 4 m, respectivamente. Os valores das observações de CAD nos espaçamentos LD e LT foram dependentes espacialmente até 3 m e no espaçamento LS até o sétimo metro.

A Ma e a Mi apresentaram dependência entre as observações adjacentes apenas no espaçamento LT e somente de 1 lag. Souza et al. (2004a) avaliando a variabilidade espacial da macro e microporosidade de um Latossolo vermelho sob cultivo de cana-de-açúcar a 30 anos, obteve dependência espacial de 20 e 27 m para os atributos Ma e Mi, respectivamente, sendo o tamanho do lag considerado no estudo de 10 m e a ferramenta utilizada para avaliação da estrutura de dependência espacial o semivariograma. A variável RP apresentou dependência espacial entre



Assim, é possível perceber que dependendo do espaçamento e da variável que se esta avaliando há particularidades quanto a estrutura de dependência espacial, podendo ocasionar erros na análise de variância por considerar independentes os efeitos de fatores não controlados. Fisher (1942) reconheceu a dependência espacial quando defendeu a casualização em blocos e a replicação em experimentos.

CONCLUSÕES

Houve particularidades na estrutura de dependência espacial das variáveis físicas do solo e da massa do colmo nos três espaçamentos entre linha, o que pode ocasionar erros na análise de variância caso não sejam levadas em consideração, comprometendo os resultados do experimento.

REFERÊNCIAS

BRAUNACK, M. V.; ARVIDSSON, J.; HÅKANSSON, I. Effect of harvest traffic position on soil conditions and sugarcane (*Saccharum officinarum*) response to environmental conditions in Queensland, Australia. *Soil Till. Res.*, v.89, p.103-121, 2006.

DAVIS, J. C. **Statistics and data analysis in geology**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1986. 646p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2.ed. (Documento 132). Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2011

FISHER, R. A. **The Design of Experiments**. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1942.

MCGRAW, T. Soil test level variability in sout hern Minnesota. *Better crops. Potash & Phosphate Institute*, v.78, n.4, p.24-25, 1994.

NYKO, D.; VALENTE, M. S.; MILANEZ, A. Y.; TANAKA, A. K. R.; RODRIGUES, A. V. P. A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural? *BNDES Setorial*, v.37, p. 399-442, 2013.

OLIVEIRA, M. P.; TAVARES, M. H. F.; NIEDZIALKOSKI, R. K.; TIMM, L. C. Modelo em espaço de estados para o relacionamento entre atributos do solo e produtividade da soja. *Millenium*, v.44, p.41-53, 2013.

SOUZA, Z. M.; JÚNIOR, J. M.; PEREIRA, G. T.; BENTO, M. J. Variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob cultivo de cana-de-açúcar. **Rev. Bras. Eng. Agric. Ambient.**, v.8, n.1, p.51-58, 2004a.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 28, n.6, p. 937-944, 2004b.