

# VARIABILIDADE ESPACIAL DA INFESTAÇÃO DA BROCA NA CANA-DE-AÇÚCAR (*Diatraea Saccharalis*)

*SPATIAL VARIABILITY OF SUGARCANE BORER INFESTATION (Diatraea Saccharalis)*

**Fernando Henrique Rodrigues dos Santos**  
Licenciado em Matemática, FAI – Adamantina/SP

**Délcio Cardim**  
Doutor em Energia na Agricultura, FCA – Unesp/Botucatu e professor da FAI

**Márcio Cardim**  
Doutor, FCA – Unesp/Botucatu

## RESUMO

A cana-de-açúcar (gênero *Saccharum* spp) é um dos principais produtos agrícolas do Brasil. Do seu processo de industrialização obtêm-se como produtos o açúcar nas suas mais variadas formas e tipos, o álcool (anidro e hidratado) e o bagaço. O homem, desde que começou a cultivar as plantas para fins alimentícios, passou a ter problemas com pragas que delas se alimentavam, competindo pelo mesmo alimento e frequentemente causando prejuízos. Algumas se destacam pela frequência com que ocorrem e pelos prejuízos que causam, como é o caso da broca na cana-de-açúcar, *Diatraea Saccharalis*, considerada praga chave da cultura. O objetivo deste trabalho foi analisar a infestação da broca da cana-de-açúcar, identificando possíveis perdas que por ventura possam causar na safra. Foram coletados dados de Infestação da broca de dois lotes, um de Plantio Convencional e outro de Plantio Mecanizado de uma unidade produtora da região da Alta Paulista. O lote do Plantio Convencional (D/05) é composto de 18 talhões e o de Plantio Mecanizado (B/29) de 50 talhões, em cada talhão foi coletada uma amostra e verificou-se a porcentagem de infestação. O lote D/05 apresentou em média 6,16% de infestação e o lote B/29 4,79%. Para cada 1% de infestação de broca têm-se uma perda de 0,165 litros de álcool ou 0,370 Kg de açúcar por tonelada de cana, assim, o lote D/05 apresentou uma perda de 65,82 litros de álcool ou 147,6 kg de açúcar por hectare e o lote B/29 apresentou uma perda de 63,23 litros de álcool ou 141,78 kg de açúcar por hectare. Os mapas de isolinhas, construídos pelas técnicas de geoestatística, permitiram analisar a variabilidade espacial do percentual de infestação da broca na cana em toda área dos dois lotes analisados.

**Palavras-chave:** Cana-de-açúcar, Geoestatística, Broca da cana.

## ABSTRACT

The sugarcane (*Saccharum* spp gender) is one of the main agricultural products in Brazil. From the process of industrialization is obtained products as the sugar several forms and types, the alcohol (anhydrous and hydrated) and bagasse. Since the man began to cultivate plants with nutritional purposes, he started to have problems with pests that feed on them, competing for the same food and often causing damage. Some pests are characterized by frequency of occurrence and the damage they cause, such as the sugarcane borer considered a major pest of the crop. The aim of this work is to examine the sugarcane borer infestation, identifying potential losses in crop. Data were collected from sugarcane borer infestation of two lots, one is a conventional tillage and other is a tillage with mechanized planting in the region of Alta Paulista. The lot of conventional planting (D/05) consists of 18 plots and the lot of mechanized planting (B/29) of 50 plots, from each plot was collected a sample and found the infestation percentage. An average of 6.16% was found in the D/05 lot, and the average of 4.79% was obtained for the lot B/29. For each 1% of sugarcane borer infestation there is a loss of 0,165 liters of alcohol, 0,370 kg of sugar per ton of cane. So, the lot D/05 obtained a loss of 65,82 liters of alcohol and 147,6 kg of sugar per hectare, while the lot B/29 obtained a loss of 63,23 liters of alcohol and 141,78 kg of sugar per hectare. The isoline maps

allowed analysis the spacial variability of the percentage of sugarcane borer infestation in the entire area of the lots analyzed.

**Keywords:** Sugar cane. Borer. Infestation.

## INTRODUÇÃO

A cana de açúcar (gênero *Saccharum* spp), proveniente do sudeste asiático, é um dos principais produtos agrícolas do Brasil, sendo cultivado desde a época da colonização. Do seu processo industrialização obtêm-se como produtos o açúcar nas suas mais variadas formas e tipos, o álcool (anidro e hidratado) e o bagaço (AVELAR; BARBEIRA, 2005). O homem, desde que começou a cultivar as plantas para fins alimentícios, passou a ter problemas com pragas que delas se alimentavam, competindo pelo mesmo alimento e frequentemente causando prejuízos. O grande aumento da produção brasileira de cana de açúcar nas últimas décadas, acompanhado do enorme crescimento das exportações de açúcar e álcool é consequência do baixo custo de produção. A tendência é de crescimento contínuo nos próximos anos e com esse aumento de áreas contínuas cultivadas com cana de açúcar, esse agro ecossistema se torna propício ao ataque de pragas. Algumas se destacam pela freqüência com que ocorrem e pelos prejuízos que causam como é o caso da broca na cana de açúcar, *Diatraea saccharalis*, considerada praga chave da cultura (PINTO et al, 2006).

Segundo Leal (2007), as fases da broca podem causar danos diretos e indiretos. Os danos diretos decorrem da alimentação do inseto e caracterizam-se por: perda de peso (abertura de galerias no entrenó), morte da gema apical da planta (“coração morto”), encurtamento de entrenó, quebra da cana, enraizamento aéreo e germinação das gemas laterais. Esses danos ocorrem isoladamente ou associados, o que pode agravar os prejuízos.

Os danos indiretos são causados por microrganismos que invadem o entrenó através do orifício aberto na casca pela lagarta. Esses microrganismos, predominantemente, fungos (*Fusarium* e *Colletotricum*), invertem a sacarose armazenada na planta, provocando perdas pelo consumo de energia no metabolismo de inversão e pelo fato dos açúcares resultantes desse desdobramento não se cristalizarem no processo industrial. Entretanto, quando a matéria-prima se destina à produção de álcool, o problema é mais grave, pois os microrganismos que penetram no entrenó aberto contaminam o caldo e concorrem com as leveduras na fermentação alcoólica (LEAL, 2007).

A partir do momento que a broca penetra no colmo da cana, o controle químico, com o uso de inseticidas, torna-se inviável devido ao alto custo e baixa eficiência dos produtos que são incapazes de atingir as lagartas no interior dos colmos. Uma alternativa interessante e ecologicamente desejável é o uso de inimigos naturais da broca que são eficientes em localizar as lagartas e específicos no modo de atuação.

Segundo Marucci (2006), para compreender a ação dos inimigos naturais um pré-requisito é conhecer a biologia da praga. As lagartinhas após a eclosão migram para a região do cartucho da planta à procura de abrigo, permanecendo ali por um período que varia de uma a duas semanas, alimentando-se pela raspagem da folha da cana. Apenas nessa fase o uso de inseticidas é viável. Após esse período, as lagartas perfuram a casca do colmo na região mais mole e abrem uma galeria na planta, permanecendo o restante da sua fase de lagarta protegida da ação de fatores externos e produtos químicos como os inseticidas.

Um inimigo natural muito importante e específico da broca-da-cana é a vespinha *Cotesia flavipes* e *trichogramma galloi*. *Cotesia flavipes* é o controle biológico da broca da cana-de-açúcar mais utilizado no Brasil, é feita através de liberações inundativas do parasitóide larval *C. flavipes*. *Trichogramma galloi* é uma pequena vespinha que vem sendo muito utilizada para o controle de ovos da broca da cana-de-açúcar. Pesquisas revelaram que a fase de ovo da broca da cana é o fator chave de seu crescimento populacional e, portanto, também deve ser levado em consideração (MARUCCI, 2006).

Experiências recentes têm mostrado que, após um breve período sem monitoramento e controle, a população da broca-da-cana aumenta rapidamente, atingindo índices de intensidade de infestação superiores a 10%, principalmente pelo fato de muitas variedades precoces plantadas atualmente serem mais ricas em sacarose.

O comportamento de um determinado fenômeno pode ser analisado por meio de técnicas de geoestatística. Segundo Cardim (2001), o principal objetivo da geoestatística é verificar a variabilidade espacial de um fenômeno e se existir dependência espacial, estimar valores da variável em estudo em locais não amostrados, pelo processo de interpolação por krigagem, e, a partir desses valores, efetuar o mapeamento da variável em toda a área estudada.

De acordo com Diniz (1997), apud Cardim (2004), a dependência espacial é verificada pelo semivariograma, que representa a semivariância ( $\gamma(h)$ ) dos dados em relação à distância correspondente que os separa ( $h$ ) que é uma curva que representa o grau de continuidade de uma variável regionalizada. Segundo Shiratsuchi (2001), apud Cardim (2004), a krigagem consiste de uma técnica de interpolação geoestatística que faz ótima a estimação de variáveis regionalizadas, utilizando parâmetros dos semivariogramas e os valores amostrados.

O objetivo desse trabalho foi analisar o comportamento e efetuar o mapeamento, por meio de técnicas de geoestatística, da infestação da broca na cultura da cana-de-açúcar em dois lotes, um lote com plantio convencional e outro com plantio mecanizado.

## MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se no desenvolvimento da pesquisa resultados técnicos de monitoramento de uma unidade produtora de cana-de-açúcar localizada no Oeste Paulista no ano de 2008. Foram analisadas duas áreas subdivididas em talhões, uma área identificada por lote D/05 e outra por lote B/29. Os dados referem-se ao percentual de internódios infectados pela broca da cana por talhões.

Ambos os lotes com espaçamento entre linhas de 1,50 metros, com aproximadamente 6.666 metros linear de cana-de-açúcar por hectare. Os lotes estão localizados em torno da área central de toda a plantação de cana cultivada pela unidade produtora.

O lote D/05, com plantio convencional, está localizado no município de Caiabú-SP. Esse lote é composto por 18 talhões, totalizando uma área de 109,06 ha (Figura 1).



**Figura 1.** Lote D/05, área de plantio convencional.

O lote B/29 (Figura 2) está localizado no município de Martinópolis-SP. Com 630,96 ha e plantio mecanizado, este lote é composto de 50 talhões.



**Figura 2.** Lote B/29, área de plantio mecanizado.

Para caracterizar o comportamento geral da infestação da broca e analisar as perdas causadas pela mesma, realizou-se uma análise por meio da Estatística Descritiva, calculando, para cada lote, alguns parâmetros relacionados à infestação da broca na cana-de-açúcar.

A dependência espacial da infestação da broca foi verificada pelas estimativas das semivariâncias calculadas pela função do semivariograma dada pela equação:

$$y^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

Onde:  $y^*(h)$  é a semivariância estimada para a distância  $h$ ;  $N(h)$  representa o número de pares de valores medidos  $[Z(x_i), Z(x_i+h)]$  separados por um vetor  $h$  e  $Z$  é a variável em estudo.

Detectada a dependência espacial, pelos semivariogramas, o lote D/05 foi ajustado por meio do modelo exponencial e o lote B/29 por meio modelo esférico (lote B/29).

Os mapas de isolinhas da infestação da broca nos lotes estudados foram construídos a partir dos valores estimados do percentual de internódios infectados. Esses valores foram estimados pelo processo de interpolação por krigagem, dado pela equação:

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i) \quad (2)$$

Onde:  $Z^*(x_0)$  é o valor estimado pelo ponto  $x_0$ ;  $N$  é o número de valores medidos  $Z(x)$ , envolvidos na estimativa e  $\lambda_i$  são os pesos associados a cada valor medido  $Z(x)$ .

O software GS+ V. 5.0.3 para Windows foi utilizado nas análises da Estatística Descritiva, na construção e nos ajustes dos gráficos de semivariograma.

O software Surfer 6.01 – Surface mapping system (Surfer, 1995), foi utilizado para realizar estimativas do percentual de internódios infectados para pontos não amostrados dentro da área em estudo e para construir os mapas de isolinhas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados no lote D/05 em média 45,2 canas e 1021,1 internódios por talhão, desses 56,7 em média eram brocados, resultando em uma infestação média de 6,16%. Esse lote apresentou uma produção média de 64,76 toneladas por hectare.

No lote B/29, com produção média de 80 toneladas por hectare, foram analisados em média 62,8 canas e 1449,7 internódios por talhão, desses 73 em média eram brocados, resultando em uma infestação média de 4,79%.

Segundo Precetti et al. (1988) apud Leal (2007), para cada 1% de infestação de broca, as perdas causadas são de 0,165 litros de álcool ou 0,370 kg de açúcar por tonelada. Portanto, o lote D/05 apresentou uma perda de 65,82 litros de álcool ou de 147,6 kg de açúcar por hectare, totalizando uma perda no lote de 7.178,55 litros de álcool ou de 16.097,36 kg de açúcar. Já, o lote B/29 apresentou uma perda de 63,23 litros de álcool ou de 141,78 kg de açúcar por hectare, totalizando no lote uma perda de 39.894,34 litros de álcool ou de 89.460,04 kg de açúcar.

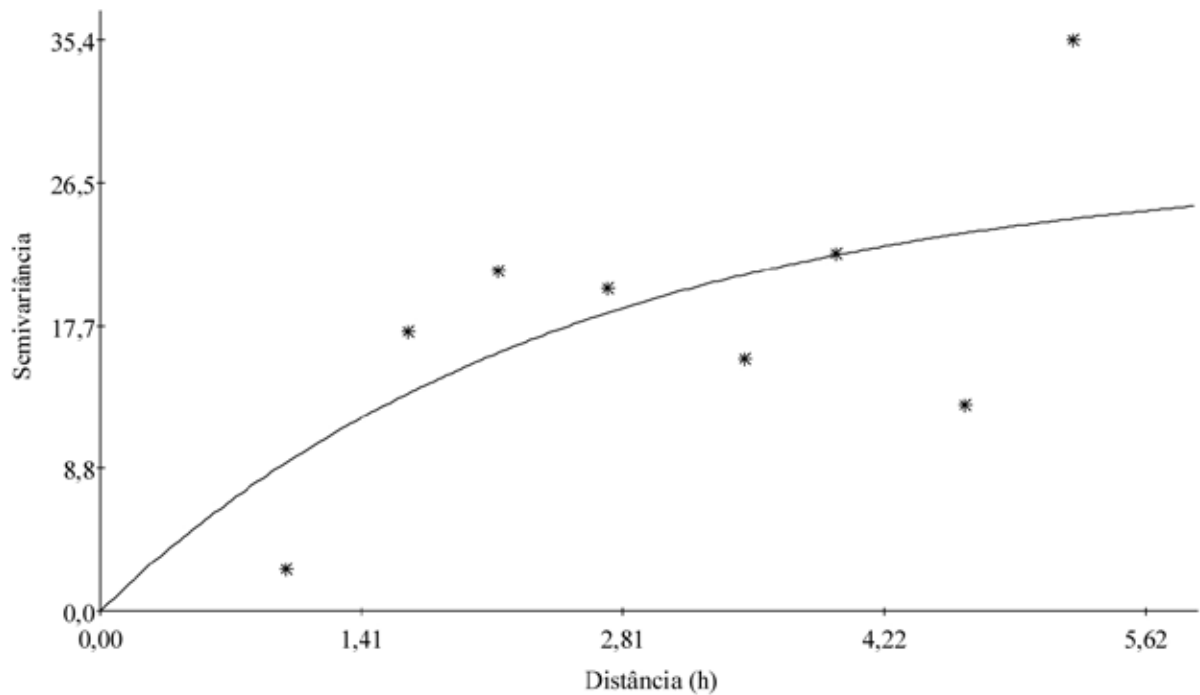
Considerando uma Usina de porte médio que utiliza anualmente cerca de 30.000 hectares de cana-de-açúcar, com uma produção média de 75 toneladas por hectare e supondo que 5% de seus canaviais estejam brocados, a perda pode chegar a 1.856.250 litros de álcool ou a 4.162.500 kg de açúcar, caso sua safra fosse destinada a produção de etanol ou de açúcar, respectivamente.

Constatou-se a dependência espacial da infestação da broca na cana nos dois lotes analisados. Essa dependência foi verificada pelos semivariogramas, construídos a partir das semivariâncias. O semivariograma do lote D/05 foi ajustado pelo modelo exponencial e o do lote B/29 pelo modelo esférico.

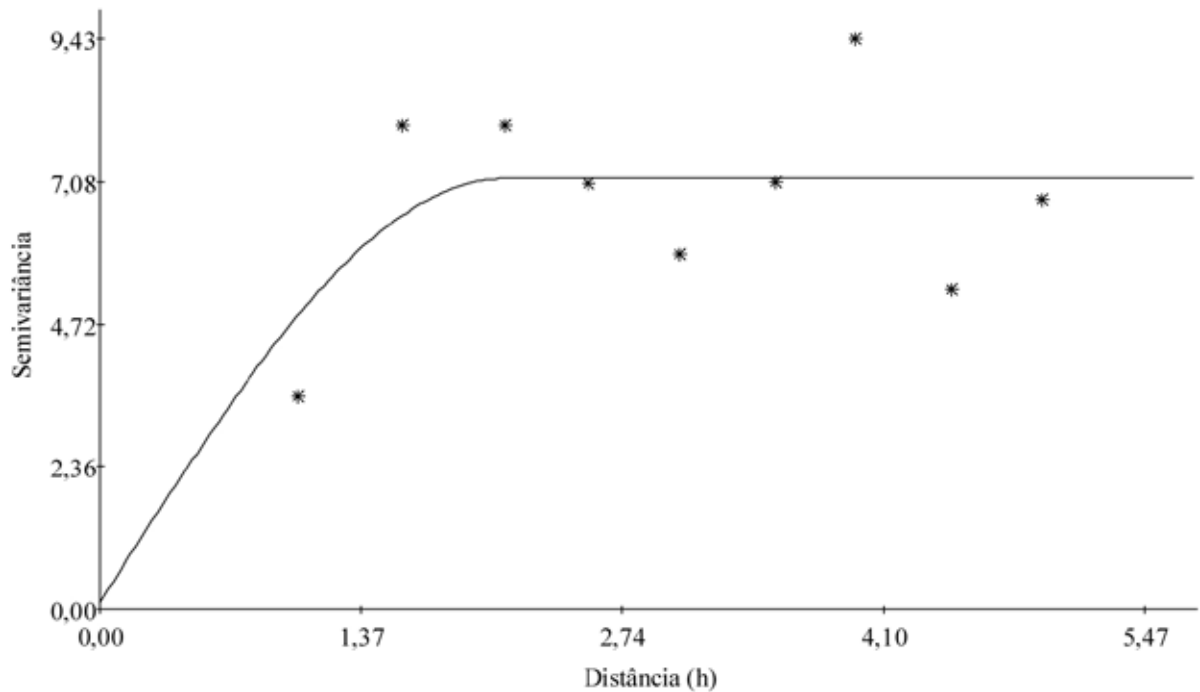
A Figura 3 apresenta o semivariograma da infestação da broca na cana no lote D/05. O efeito pepita foi de 0,01, a variabilidade total ou patamar de 27,69 e o alcance de dependência espacial de 2,48, em torno de 283 metros.

A Figura 4 mostra o semivariograma da infestação da broca na cana no lote B/29. Esse semivariograma apresentou um efeito pepita de 0,11, uma variabilidade total ou patamar de 7,13 e um alcance de dependência espacial de 2,12, em torno de 265 metros.

O alcance de dependência espacial representa a distância em que os pontos amostrais estão espacialmente correlacionados entre si, ou seja, os pontos localizados numa área de raio igual ao alcance são mais homogêneos entre si do que aqueles localizados fora desta área (CARDIM, 2004).



**Figura 3.** Semivariograma de infestação da broca no lote D/05



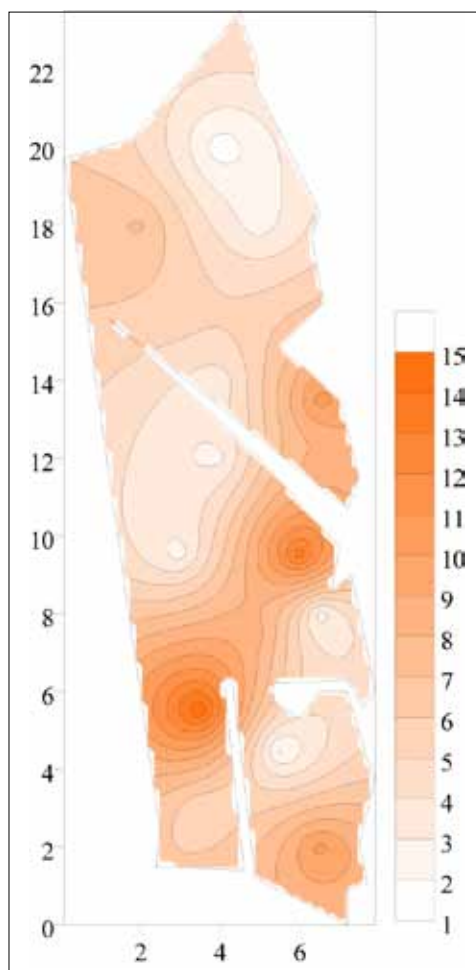
**Figura 4.** Semivariograma de infestação da broca no lote B/29

Segundo a classificação de Cambardella et al. (1994), apud Cardim (2004), os semivariogramas da infestação da broca nos lotes B/29 e D/05 apresentaram uma dependência espacial forte, apresentando um efeito pepita/patamar de 1,54% e 0,04%, respectivamente. Esses valores indicam que se pode ter uma grande confiança nas estimativas, pois segundo Cardim (2004), quanto menor a proporção do efeito pepita para o patamar, maior será a continuidade do fenômeno e menor a variância da estimativa.

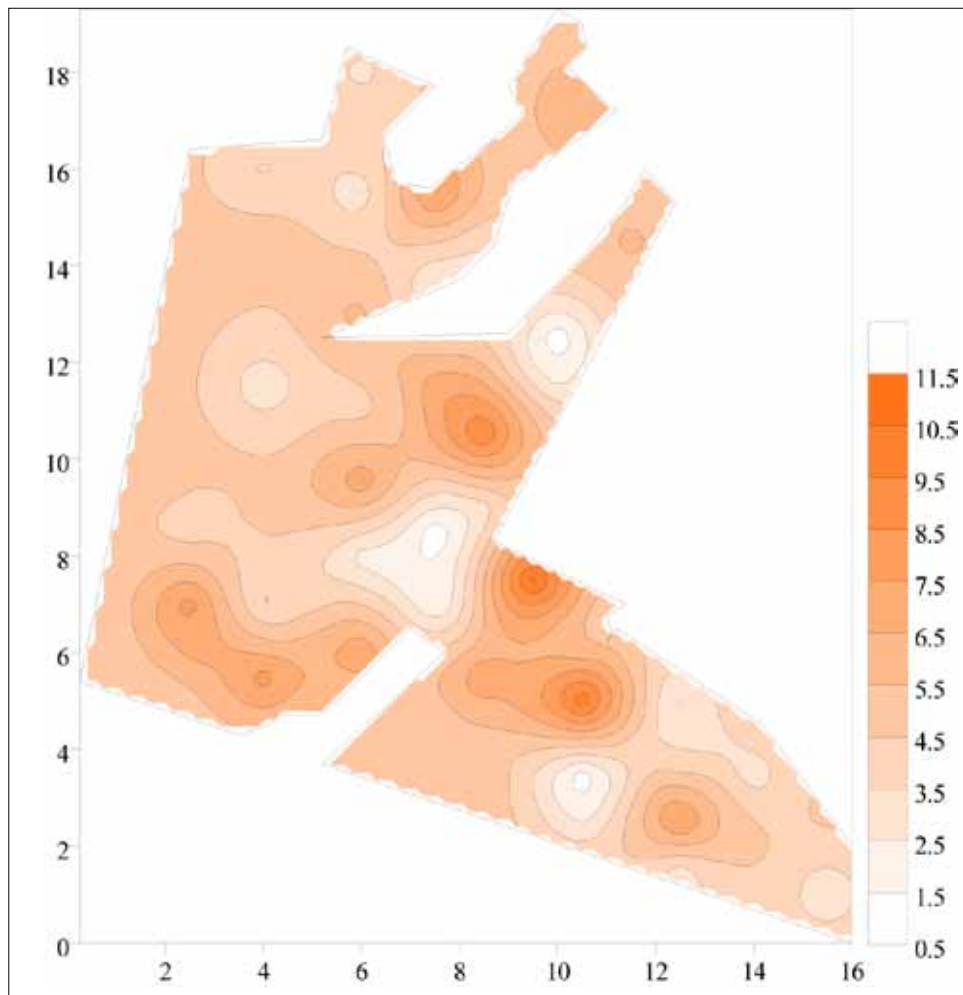
Como os lotes analisados apresentaram dependência espacial, foi possível estimar, pelo processo de interpolação por krigagem, valores do percentual de internódios infectados em locais não amostrados dentro de cada lote analisado. Com esses valores estimados construiu-se os mapas de isolinhas para a infestação da broca na cana nos dois lotes analisados.

A Figura 5 apresenta o mapa de isolinhas da variabilidade espacial da infestação da broca no lote D/05. Observa-se que os maiores índices de infestação ocorreram numa faixa central do lote. Faixa composta por alguns talhões que se encontram em locais com maior declividade de solo, assim possivelmente ficando mais expostos a ventos e a ataque de pragas.

Observa-se no mapa de isolinhas da variabilidade espacial da infestação da broca no lote B/29 (Figura 6), que os maiores índices de infestação ocorreram em pontos distintos, sendo que, esses pontos foram os mais atacados por ervas daninhas (gramas remanescentes das áreas que, antes do cultivo da cana-de-açúcar, eram de pecuária).



**Figura 5.** Mapa de isolinhas da infestação da broca no lote D05



**Figura 6.** Mapa de isolinhas da infestação da broca no lote B/29

## CONCLUSÕES

A infestação da cana-de-açúcar pela broca causa sérios danos à cultura. Para os lotes pesquisados as perdas foram em torno de 60 litros de álcool ou de 140 kg de açúcar por hectare, dependendo do destino da safra, se para produção de etanol ou para a produção de açúcar, respectivamente.

A variabilidade espacial detectada na infestação da broca na cultura de cana-de-açúcar pelas técnicas de geoestatística, permitiu analisar o comportamento da infestação em toda a área em estudo, comprovando, ser a geoestatística uma boa ferramenta para analisar atributos agrícolas.

Outras variáveis relacionadas a cultura podem ser analisadas em conjunto com a infestação, como por exemplo, produtividade, tipo de solo, etc., permitindo, assim, efetuar comparações entre essas variáveis.

## REFERÊNCIAS

AVELAR, H. M., BARBEIRA, P. J. S. Determinação potenciométrica de agentes corrosivos em álcool combustível. **Revista Analytica**. n.16, p.38-42, abril/maio., 2005.



CAMBARDELLA, C.A., MOORMAN, T.B., NOVAK, J.M. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society America Journal**, v.58, p.1501-1511, 1994.

CARDIM, D. **Distribuição espacial da produtividade média anual das culturas de arroz, feijão, milho e café no Estado de São Paulo e sua correlação com índices climáticos**. 2004. 116 p. Tese (Doutorado em Agronomia, Área de concentração: Energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agronômicas, FCAUNESP, Botucatu, 2004.

CARDIM, M. **Mapeamento do comportamento multivariado das principais variáveis climáticas de interesse agrícola do estado de São Paulo**. 2001. 124 p. Tese (Doutorado em Agronomia, Área de concentração: Energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agronômicas, FCA/UNESP, Botucatu, 2001.

LEAL, W. C. O. **Controle biológico da broca da cana-de-açúcar**. Criar e Plantar, 2007. Disponível em: <<http://www.criareplantar.com.br/noticia/ler/?idNoticia=10151>>. Acesso em: 03 out. 2009.

MARUCCI, R. **Controle biológico da broca da cana-de-açúcar**. Equipe ReHAgro, 2006. Disponível em: <<http://www.rehagro.com.br/siterehagro/printpublicacao.do?cdnoticia=1247>> Acesso em: 06 out. 2009.

PINTO, A. de S.; CANO, M. A. V.; SANTOS, E. M. dos. A broca-da-cana, *Diatraea saccharalis*. In: PINTO, A. de S. (Org.). **Controle de pragas da cana-de-açúcar**. Sertãozinho: Biocontrol, 2006. p. 15-20. (Boletim técnico biocontrol, 1).