



Faculdades Adamantinenses Integradas (FAI)

www.fai.com.br

INOUE, Thiago Hideki Sunayama; CARDIM, Delcio. Sistema web para análise da variabilidade espacial da ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehnii*) da cana-de-açúcar. *Omnia Exatas*, v.3, n.2, p.70-79, 2010.

SISTEMA WEB PARA ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPACIAL DA FERRUGEM ALARANJADA (*Puccinia kuehnii*) DA CANA-DE-AÇÚCAR

Thiago Hideki Sunayama Inoue

Graduando em Ciências da Computação, FAI – Adamantina-SP
Bolsista da FAPESP

Délcio Cardim

Professor Doutor – Faculdades Adamantinenses Integradas - FAI

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema WEB que permita a análise da variabilidade espacial da ocorrência da ferrugem alaranjada na cana-de-açúcar, utilizando técnicas de geoestatística. O sistema foi desenvolvido em PHP com banco de dados MYSQL. É possível efetuar, de maneira rápida, a análise da estatística descritiva, verificar, por meio do histograma, a normalidade e, por meio do semivariograma, a variabilidade espacial do índice de favorabilidade da ocorrência da ferrugem alaranjada. O sistema também oferece o mapa de localização de cada ponto coletado. Sendo assim, conclui-se que o sistema WEB poderá auxiliar os agricultores na análise da variabilidade espacial da ocorrência da ferrugem alaranjada na cana-de-açúcar.

Palavra-chave: Geoestatística, Variabilidade espacial, Ferrugem alaranjada.

ABSTRACT

The objective of this study was to develop a web system that allows the analysis of the spatial variability of the occurrence of rust in sugar cane, using geostatistical techniques. The system was developed in PHP with MYSQL database. You can make, quickly, the analysis of descriptive statistics, check through the histogram, normality, and through the semivariogram, spatial variability index for the occurrence of rust. The system also provides the location map of each point collected. Therefore, we conclude that the WEB system can help farmers in the analysis of spatial variability of the occurrence of rust in sugar cane.

Keywords: Geostatistics, spatial variability, rust orange.

INTRODUÇÃO

Um dos elementos indispensável do Brasil, a cana-de-açúcar transformou-se em parte integrante do imaginário do povo brasileiro. Com ela vem o álcool combustível, o açúcar, a energia elétrica. Também se pode produzir papel, plásticos e produtos químicos. A cana possui um potencial energético equivalente a 1,2 barris de petróleo por tonelada.

Não se pode tratar a cana-de-açúcar apenas como mais um produto, mas sim como o principal tipo de biomassa energética, base para todo o agronegócio sucroalcooleiro visto à grandeza dos números do setor no Brasil. Sendo assim, são necessários estudos permanentes em relação às pragas existentes e o monitoramento do surgimento de novas pragas.

Em janeiro de 2010, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) notificou a primeira ocorrência de ferrugem alaranjada na cana-de-açúcar no Brasil, em Araraquara, interior de

São Paulo (Paiva, 2010). Além da região de Araraquara, identificou-se o fungo em Ribeirão Preto e Jaboticabal.

A ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar é uma praga com potencial causadora de danos econômicos, já que afeta as folhas da cana-de-açúcar reduzindo a capacidade de fotossíntese da planta e, em consequência, a produção de sacarose. Então, surge a necessidade de monitorar as zonas de risco de ocorrência da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar.

De acordo com a Coordenadoria de Defesa Agropecuária (2010), os primeiros sintomas da ferrugem alaranjada são pequenas pontuações amareladas e alongadas que evoluem gradativamente para pústulas salientes, com coloração alaranjada a castanho-alaranjada, mas não escuras. As pústulas podem ocorrer distribuídas por toda a superfície da folha, porém, tendem a ocorrer agrupadas e próximas ao ponto de inserção da folha ao colmo.

A infecção da ferrugem alaranjada ocorre em condições de alta umidade relativa e temperaturas amenas a quentes. Os esporos podem germinar em uma ampla faixa de temperatura (5° a 34°C) e umidade relativa acima de 90%, sendo condições ótimas para germinação temperaturas entre 19° a 26°C e umidade relativa entre 98% e 99% (COORDENADORIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA, 2010).

Em janeiro de 2010, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) notificou a primeira ocorrência de ferrugem alaranjada na cana-de-açúcar no Brasil, em Araraquara, interior de São Paulo (PAIVA, 2010). Além da região de Araraquara, identificou-se o fungo em Ribeirão Preto e Jaboticabal. Segundo a Coordenadoria de Defesa Agropecuária (2010), devido à rápida disseminação de *P. kuehni* a longas distâncias, estima-se que a ferrugem alaranjada chegará a todas as regiões produtoras de cana-de-açúcar do estado de São Paulo.

Uma das técnicas que é de grande importância na tomada de decisão pelos agropecuaristas é o estudo da variabilidade espacial e da elaboração de mapas por meio de geoestatística.

A geoestatística considera as associações entre amostras vizinhas por meio da localização destas no campo e detecta se existe influência de uma amostra sobre a outra, de acordo com a distância entre elas. A distância na qual as amostras mantêm uma dependência espacial é chamada de alcance e, corresponde a zona de influência de uma amostra.

Segundo Castilho (1998), a dependência espacial pode ser representada pelo Variograma ou Semivariograma, que é um gráfico que representa a semivariância dos dados em relação à distância que os separa. Segundo Diniz (1997), o variograma é uma curva que representa o grau de continuidade de uma variável regionalizada.

Levando em conta a deficiência de instrumentos que permita uma análise de fenômenos relacionados à agricultura, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema WEB para efetuar análises estatísticas e verificar a variabilidade espacial da zona de risco da ferrugem alaranjada na cana-de-açúcar.

METODOLOGIA

O sistema WEB foi desenvolvido em PHP, que segundo (Alecrim, 2000) se destaca por ser uma linguagem multiplataforma, ou seja, aceita vários sistemas operacionais, como Windows, Unix e Linux. Também permite a conexão direta com bancos de dados relacionais, enquanto outras ferramentas precisam de drivers ODBC (Open Data Base Connection) para realizar a mesma tarefa.

Uma das características mais marcantes no PHP é sua capacidade de se integrar ao HTML (Hyper Text Markup Language), tornando mais facial a geração de Websites dinâmicos.

Para armazenar os dados foi utilizado o banco de dados MYSQL. Segundo (Welling & Thomson, 2005) o MYSQL é inegavelmente rápido, e está disponível sem custo nenhum, sob uma licença de código-fonte aberto, ou baixo custo, sob uma licença comercial. Seu principal forte é a disponibilidade de suporte, pois nem todos os produtos de código-fonte aberto possuem uma empresa mãe que ofereça suporte, treinamento, consultoria e certificação, mas todos esses benefícios são oferecido pela MySQL AB (www.mysql.com).

De acordo com a (Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo, 2010) a infecção da ferrugem alaranjada ocorre em condições de alta umidade relativa e temperaturas amenas a quentes. Os esporos podem germinar em uma ampla faixa de temperatura (5° a 34°C) e umidade relativa acima de 90%. Portanto, foram definidas essas faixas como hora favorável para germinação dos esporos da doença da ferrugem.

Na análise da estatística descritiva sobre os dados foram calculadas as seguintes medidas: média, mediana, desvio padrão, mínimo, máximo, assimetria e curtose. Esta etapa permite visualizar o comportamento geral dos dados. O comportamento da normalidade dos dados pode ser verificada graficamente pelo histograma de frequências.

A verificação da variabilidade espacial do índice de ocorrência da ferrugem alaranjada na cana-de-açúcar foi realizada por meio da função do semivariograma (equação 1).

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

onde: $\gamma^*(h)$ é a estimativa da semivariância para uma distância h ; $N(h)$ é o número de pares amostrais, $(Z(x_i), Z(x_i + h))$, separados por uma distância h .

(GOOVAERTS, 1997), (JIAN, OLEA, & YU, 1995), (Vieira, Hatfield, Nielsen, & Biggar, 1983) e apud (Cardim D., 2004), apresentam os modelos clássicos para ajuste do semivariograma. (Figura 1).

São eles:

$$\text{i) Linear: } \gamma(h) = \begin{cases} c_0 + \frac{c}{a}h; & 0 < h < a \\ c_0 + c; & h \geq a \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{ii) Esférico: } \gamma(h) = \begin{cases} c_0 + c \left[\frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \frac{h^3}{a^3} \right]; & 0 < h < a \\ c_0 + c; & h \geq a \end{cases} \quad (3)$$

$$\text{iii) Exponencial: } \gamma(h) = c_0 + c \left[1 - \exp\left(-3\frac{h}{a}\right) \right]; \quad 0 < h < d \quad (4)$$

$$\text{iv) Gaussiano: } \gamma(h) = c_0 + c \left[1 - \exp\left(-3 \frac{h^2}{a^2}\right) \right]; \quad 0 < h < d \quad (5)$$

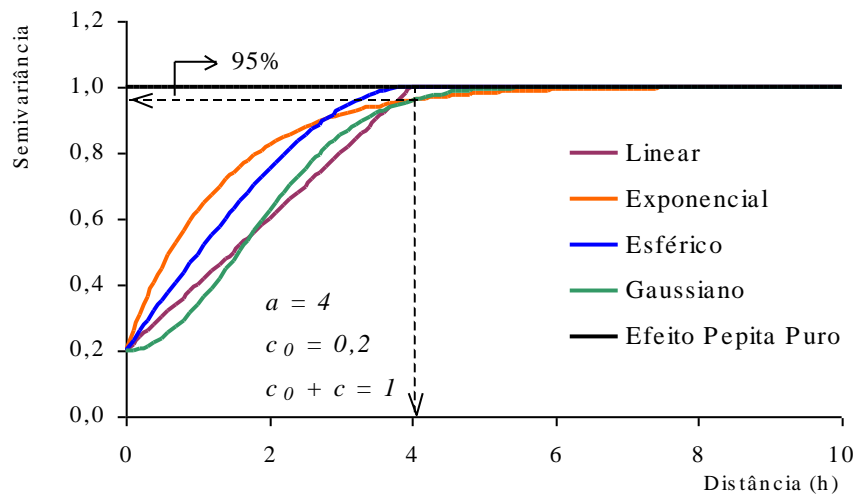


Figura 1. Modelos de semivariogramas

Onde:

- C_0 é o efeito pepita, representa a variabilidade para escalas menores que a distância de amostragem;
- $C_0 + C$ é o patamar, altura na qual o semivariograma se estabiliza, aproximando-se da variabilidade total dos valores amostrados;
- a é o alcance da dependência espacial, indicando que, a partir desta distância, termina a dependência entre as amostras;
- d é a máxima distância na qual o semivariograma está definido.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para analisar o índice de ocorrência da ferrugem alaranjada na cana-de-açúcar em uma determinada região em num determinado período, inicialmente é necessário cadastrar no sistema o nome da área a ser analisada. Em seguida devem-se importar os dados coletados no período a ser estudada. A importação pode ser realizada por meio de arquivo de texto (TXT) ou em arquivo de Excel (CSV). Esses arquivos podem estar organizados em duas sequências diferentes. Um delas contendo, na ordem, latitude, longitude e índice de favorabilidade de ocorrência da Ferrugem e na outra latitude, longitude, umidade relativa e temperatura. Nesta segunda sequência o sistema gera, após a importação, índice de favorabilidade do período estudado.

Realizada a importação dos dados, pode-se efetuar a análise da estatística descritiva, verificar o comportamento da normalidade do índice de favorabilidade pelo histograma, analisar a variabilidade espacial pelo semivariograma e visualizar o mapa de localização dos pontos coletados.

Na Figura 2 é apresentada a interface de importação do arquivo do sistema Web, nesta etapa pode-se importar o arquivo em formato texto (TXT) ou Excel (CSV). Após a importação os dados são armazenados em banco de dados, podendo-se, a partir daí, efetuar a análise da variabilidade espacial do índice de favorabilidade de ocorrência da ferrugem alaranjada na cana-de-açúcar na região em estudo.

Figura 2. Tela de Importação do arquivo.

O sistema possibilita efetuar a análise estatística (Figura 3), calculando as principais medidas estatística.

MÉDIA :	4,51
MEDIANA :	4,9
MODA :	0
1º QUARTIL :	3,42
3º QUARTIL :	4,78
MÁXIMO :	10,73
MÍNIMO :	1,4
VARIÂNCIA :	4,37
DESVIO PADRÃO :	2,09
COEFICIENTE ASSIMETRIA :	-0,56
CURTOSE :	0,15

Figura 3. Estatística do índice de favorabilidade

O sistema permite a visualização da normalidade do índice de favorabilidade por meio do histograma. (Figura 4). Na construção do histograma, divide-se a amplitude do índice 0 (zero) ao maior índice de favorabilidade ocorrido em 48 (quarenta e oito) intervalos de classes.

No semivariograma (Figura 5) visualiza-se o comportamento da variabilidade espacial do índice da favorabilidade na região estudada. Para construir o semivariograma calcula-se as semivariâncias utilizando a equação 1. O modelo matemático a qual é ajustado o semivariograma é escolhido previamente pelo sistema (linear, esférico, exponencial ou gaussiano, equações de 2 a 5, respectivamente). A escolha se dá pelo menor valor da soma dos quadrados residual, sendo este verificado pelo o método dos mínimos quadrados.

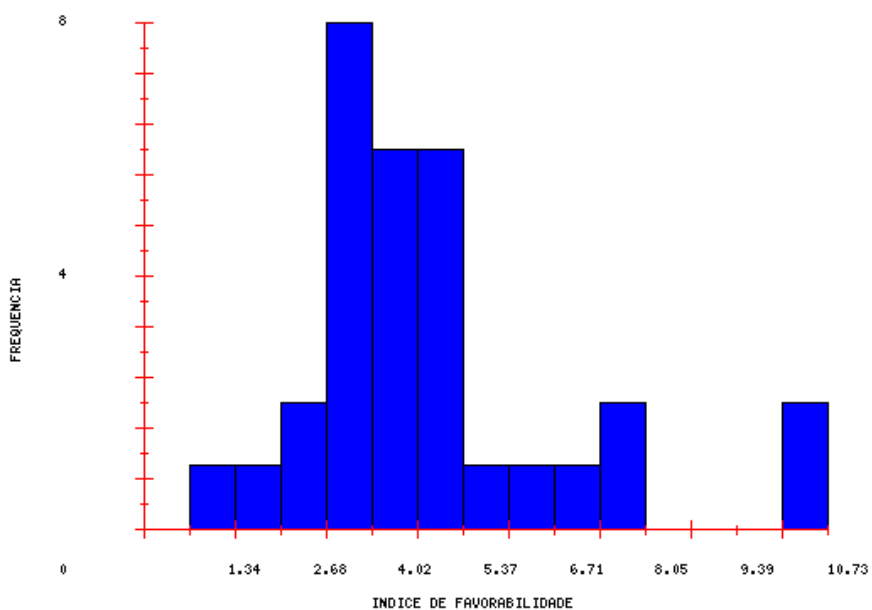


Figura 4. Histograma de frequência do índice de favorabilidade.

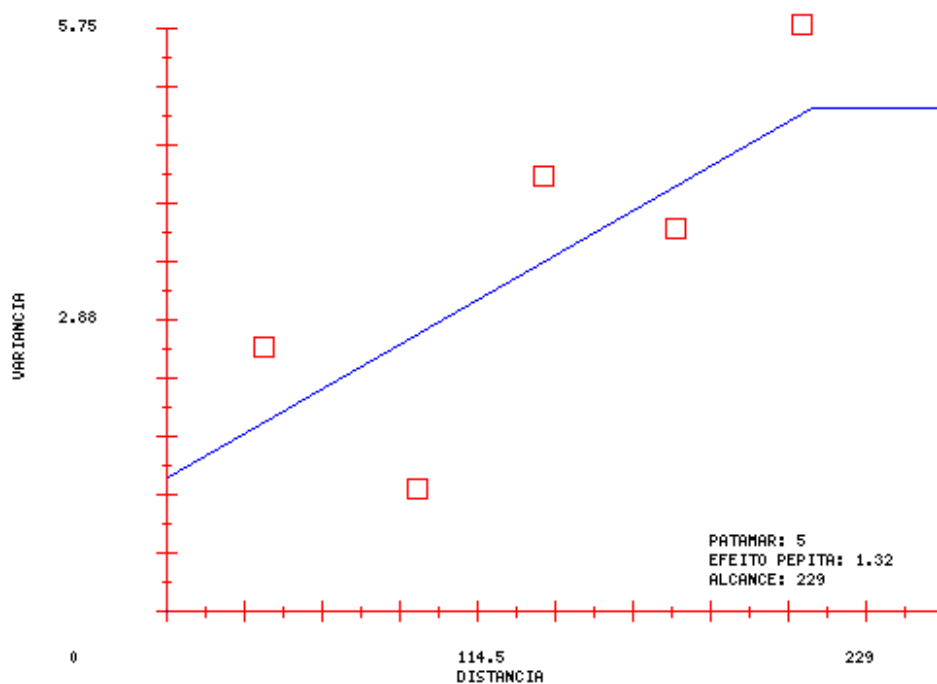


Figura 5. Semivariograma do índice de favorabilidade.

O sistema também permite visualizar a distribuição dos dados coletados dentro da área em estudo (Figura 6).

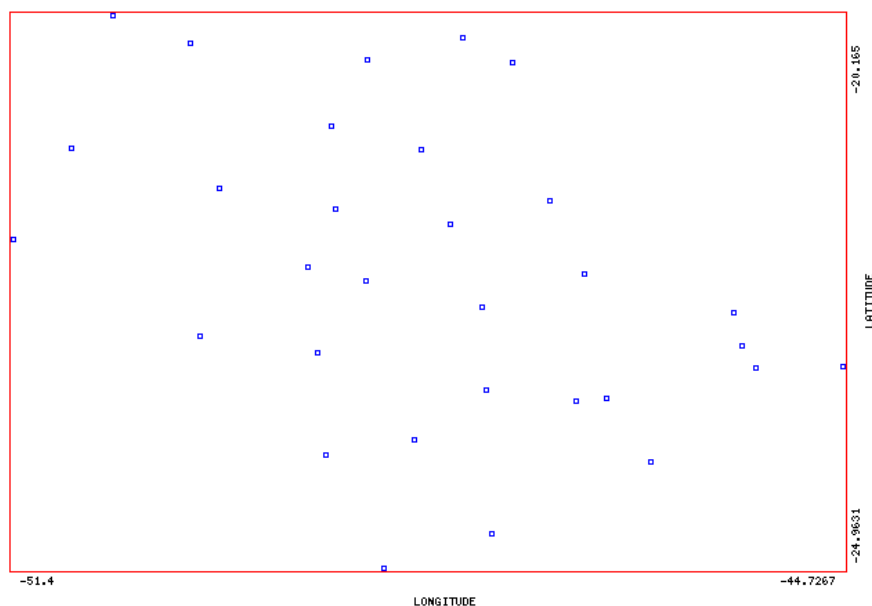


Figura 6. Mapa da distribuição dos dados coletados.

CONCLUSÃO

O sistema desenvolvido proporciona, de maneira rápida, a obtenção da análise estatística, a verificação do comportamento da normalidade e da variabilidade espacial do índice de favorabilidade da ocorrência da ferrugem alaranjada na cana-de-açúcar.

A partir de qualquer browser que esteja conectado a internet é possível realizar a análise de uma determinada área.

Sendo assim, verifica-se que o sistema WEB poderá auxiliar os agricultores na análise da variabilidade espacial da ocorrência da ferrugem alaranjada na cana-de-açúcar.

AGRADECIMENTO

Agradecemos o apoio financeiro, por meio da bolsa de iniciação científica, à FAPESP, pelo qual se pode realizar o desenvolvimento desse projeto.

BIBLIOGRAFIA

Alecrim, E. (2000). *Linguagem PHP, 2000*. Acesso em 25 de março de 2009, disponível em <http://www.infowester.com/php.php>

Cardim, D. (2004). **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**. In: *Tese (Doutorado em Agronomia, Área de concentração: Energia na Agricultura)* (p. 116). Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, FCAUNESP.

Cardim, M. (2001). **Mapeamento do comportamento multivariado das principais variáveis climáticas de interesse agrícola do estado de São Paulo**. In: *Tese (Doutorado em Agronomia, Área*

de concentração: Energia na Agricultura) (p. 124). Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, FCA/UNE.

Castilho, H. J. (1998). **Estudo da distribuição espacial de cupins subterrâneos através da Geoestatística em área de cultivo de cana-de-açúcar**. In: *Tese (Doutorado em Ciências Biológicas)*, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (p. 165). São Carlos: Universidade de São Paulo.

Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo. (2010). **Ferrugem Alaranjada da Cana-de-açúcar *Puccinia kuehni***. Acesso em 13 de Abril de 2010, disponível em <http://www.cda.sp.gov.br/arquivos/ferrugem-alaranjada.pdf>

Diniz, R. A. (1997). **A aplicação da metodologia Geoestatística para a classificação geomecânica de uma camada da “hangwall” na mina São Bento**. In: *Dissertação (Mestrado em Geotécnia)* (p. 154). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, USP.

GOOVAERTS, P. (1997). **Geostatistics for natural resources evaluation**. New York: Oxford University Press, Inc.

Isaaks, E. H., & Srivastava, R. M. (1989). **An Introduction to Applied Geostatistics**. New York: Oxford University Press.

JIAN, X., OLEA, R. A., & YU, Y. S. (1995). **Semivariogram modeling by weighted least squares**. *Computers & Geosciences*.

MAPA. (s.d.). **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Fonte: <http://www.agricultura.gov.br/>

Maxfiel, W. (2002). **Aprendendo Mysql & PHP**. São Paulo: Makron Books.

Mendes, M. A., & Freitas, V. M. (2005). **Espécies de fungos exóticas para a cultura da cana-de-açúcar**. *Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia - Comunicado Técnico 128 (INFOTECA-E)*.

Paiva, L. (Fevereiro de 2010). **Revista CanaMix**. Acesso em 12 de Junho de 2011, disponível em <http://www.canamix.com.br/revista/ed22/>

Revista Coplana. (s.d.). **Ferrugem Laranja: Ameaça iminente aos canaviais brasileiros**. Acesso em 15 de Março de 2010, disponível em <http://www.coplana.com/gxpfiles/ws001/design/RevistaCoplana/2008/Novembro/pag22.pdf>

Shiratsuchi, L. S. (2001). **Mapeamento da variabilidade espacial das plantas daninhas com a utilização de ferramentas da agricultura de precisão**. In: *Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de concentração: Fisitecnia)* (p. 96). Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP.

Vieira, S. R. (2000). **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo**. In: R. F. Novais, V. Alvarez, V.H., & G. R. Schaefer, *Tópicos em ciência do solo* (Vol. 1, pp. 1-54). Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Vieira, S. R., Hatfield, J. L., Nielsen, D. R., & Biggar, J. W. (1983). **Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties**. *51* (3), 1-75.

Welling, L., & Thomson, L. (2005). *PHP e MYSQL Desenvolvimento Web*. São Paulo: Elsevier Editora Ltda.