

## **APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE MORAN BIVARIADO PARA A VERIFICAR A CORRELAÇÃO ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE DE MILHO E A POTENCIALIDADE AGRÍCOLA DO SOLO NO ESTADO DO PARANÁ**

**RODOLFO SEFFRIN<sup>1</sup>, EVERTON COIMBRA DE ARAÚJO<sup>2</sup>, CLAUDIO LEONES BAZZI<sup>3</sup>, PAULO SERIGO LOGO RODRIGUES<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Discente do Programa de Mestrado em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio, UTFPR/Medianeira

<sup>2</sup> Docente Dr. do Programa de Mestrado em Tecnologia Computacionais para o Agronegócio - UTFPR/Medianeira

<sup>3</sup> Docente Dr. do Programa de Mestrado em Tecnologia Computacionais para o Agronegócio - UTFPR/Medianeira

<sup>4</sup> Discente do Programa de Mestrado em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio, UTFPR/Medianeira

Apresentado no  
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016  
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

**RESUMO:** O presente estudo tem como intuito analisar a correlação espacial da produtividade de milho dos anos de 2012, 2013 e 2014 com a potencialidade agrícola do solo para os municípios do estado do Paraná, sendo utilizado o índice de Moran global e local bivariado. Para aplicar o índice de Moran foi utilizado o software Geoda. A escolha da cultura do Milho é pela sua importância fundamental na economia do estado, começando pela quantidade de empregos e renda que são gerados em toda sua cadeia produtiva, e também pela previsão do aumento nas exportações nos próximos anos no Brasil. Para correlacionar com a produtividade de milho foi utilizado a variável potencialidade agrícola do solo disponibilizada pelo IBGE, esta variável classifica as áreas do Brasil de acordo com seu potencial produtivo na agricultura. Desta maneira, objetivou-se verificar a existência de correlação espacial entre as duas variáveis, e se a classificação do solo tem influência no potencial produtivo dos municípios do Paraná. Concluiu-se que houve rejeição da hipótese nula, que refere-se à não-existência de correlação espacial bivariada, portanto, para os anos de 2012, 2013 e 2014 existiu correlação significativa a 5%.

**PALAVRAS-CHAVE:** Correlação Espacial, Matriz de vizinhança, Estatística Espacial de Área

## **APPLICATION OF THE INDEX MORAN BIVARIATE TO VERIFY CORRELATION SPATIAL OF THE CORN PRODUCTIVITY AND POTENTIAL AGRICULTURAL SOIL IN THE STATE OF PARANÁ**

**ABSTRACT:** This study is meant to examine the spatial correlation of the years corn yield in 2012, 2013 and 2014 with the agricultural potential of the land for the state of Paraná municipalities are using the global Moran index and bivariate site. To apply the Moran index was used GeoDa software. The corn crop choice is for its fundamental importance in the state's economy, starting with the number of jobs and income that are generated throughout its production chain, and also the expected increase in exports in the coming years in Brazil. To correlate with the corn yield was used to variable soil agricultural potential provided by the IBGE, this variable classifies areas of Brazil according to their productive potential in agriculture. Therefore, we intend to find out if there is spatial correlation between the two variables, and the classification of the soil influences the productive potential on municipalities of the Paraná. It was concluded that there was rejection of the null hypothesis, which refers to the non-existence of bivariate spatial correlation, therefore, for the years 2012, 2013 and 2014 there was 5% significant correlation.

**KEYWORDS:** Spatial Correlation, Neighborhood Matrix, Spatial Statistics Area

**INTRODUÇÃO:** O Milho é o cereal mais produzido do planeta e possui uma imensa versatilidade. Estima-se que existam mais de 3.000 derivados do produto, tanto para o consumo humano como também para o industrial. No Paraná, O milho produzido é utilizado na sua maioria para atender a produção de aves e suínos, sendo que nos anos de 2014/15 a produção ultrapassou 16 milhões de toneladas, tornando o estado o segundo maior produtor brasileiro da cultura. Sendo que no ano de 2014 exportou mais de três milhões de toneladas. Até outubro de 2015 as exportações totalizaram 2,47 milhões de toneladas, volume 1,7% superior ao mesmo período do ano anterior. Em 2014 o milho teve participação de 7,5% do valor bruto de produção paranaense totalizando 5,27 bilhões de reais, no grupo de grãos a cultura representa 22% do total, tendo a soja com 62% no grupo SEAB (2015). Neste cenário econômico, o solo tem um papel fundamental para garantir um bom rendimento médio da cultura. Segundo Lepsch (1987), o solo faz parte de um conjunto complexo de fatores de produção, sendo importante pelo seu papel de fornecer as plantas o suporte físico, como água e nutrientes, que auxiliam no seu desenvolvimento. Logo, conhecer as características inerentes de cada solo, os chamados fatores edáficos, é importante para se concluir a potencialidade agrícola do solo em determinadas regiões. Portanto, o objetivo do trabalho é verificar a existência da correlação espacial da produtividade média de milho com a potencialidade agrícola do solo no estado do Paraná, sendo utilizado o índice de Moran global e local bivariado.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Para a obtenção dos resultados esperados no estudo será utilizada a técnica da análise exploratória de dados espaciais (AEDE), implementada por meio do software econométrico espacial GeoDa (ANSELIN, 2005). O objetivo principal da análise exploratória é verificar as distribuições dos dados no espaço, tentar descobrir algum padrão de associação espacial ou agrupamento, e ainda, propor diferentes formas de instabilidade espacial (não estacionariedade), além de descrever situações atípicas, como *outliers* (ANSELIN, 1988). A estatística I de Moran bivariada pode ser usada para calcular o grau de correlação entre duas variáveis diferentes. A ideia principal é descobrir se os valores de uma determinada variável em uma área, possuem alguma relação com outra variável em áreas vizinhas (ARAÚJO, 2013). De acordo com RIGOTTI e VASCONCELLOS (2005), o coeficiente do I de Moran bivariado, com a matriz W normalizada na linha, é explicado com a seguinte equação:

$$I_{k,l} = \left( \frac{z_k^l W Z_l}{n} \right) \quad (1)$$

Em que,

n - representa o número de observações;

W - a matriz de pesos espaciais;

A soma dos quadrados no denominador é constante e igual a n independente de  $Z^k$  ou de  $Z^l$ .

Portanto, o presente trabalho visa analisar a correlação espacial da produtividade média de Milho da primeira safra ( $t\ ha^{-1}$ ) com a potencialidade agrícola dos solos para os municípios do estado do Paraná que cultivaram milho nos anos de 2012, 2013 e 2014. Os dados utilizados no trabalho foram adquiridos pelo IBGE (2002) (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). A classificação da potencialidade agrícola do solo para cada município foi realizada utilizando o banco de dados postgree (versão 1.20.0) com a extensão postgis (versão 2.1.8), e o arquivo shape com as informações da produtividade média de milho e potencialidade agrícola do solo foi criado usando a função de exportação pgsq2shp do PostGIS para shapefile.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A correlação espacial entre as variáveis produtividade média de Milho e a potencialidade agrícola do solo pode ser verificada pelo coeficiente I de Moran bivariado na matriz da Tabela 1.

Tabela 1 - Índice de Moran Bivariado e o nível descritivo (p-value) com 999 permutações

Matriz de Vizinhança	Produtividade Milho ( $t\ ha^{-1}$ ) x Potencialidade Agrícola do solo		
	2012	2013	2014
Contiguidade Queen	I: 0.1134 P : 0.001	I: 0.1419 P : 0.001	I: 0.0996 P : 0.001
Distância entre o centroide	I: 0.1167 P : 0.001	I: 0.1525 P : 0.001	I: 0.1048 P : 0.001
Vizinho mais Próximo(k=4)	I: 0.1228 P : 0.001	I: 0.1436 P : 0.001	I: 0.0900 P : 0.001

não significativo ( $P>0,05$ ); \*: significativo ( $P<0,05$ ); I: Índice de Moran Global

Pela análise da Tabela 1, verificou-se que houve correlação positiva e significativa (5%) para todos os anos e matrizes de vizinhança, e os valores da correlação foram semelhantes nos anos de 2012, 2013 e 2014, independente da matriz de vizinhança utilizada, tendo o ano de 2013 com a maior correlação espacial e o de 2014 com a menor correlação. Portanto, as repostas obtidas nesta análise indicam a rejeição da hipótese nula, que se refere à não-existência de correlação espacial bivariada. Conforme Druck et al. (2004), para um grande número de áreas, como neste caso, é importante utilizar indicadores de associação espacial local que permitam identificar melhor os agrupamentos de cada município. Calculando o índice de Moran local utilizando a matriz de vizinhança distância entre o centroide, foi possível obter os agrupamentos em algumas regiões do estado do Paraná, conforme Figura 1.

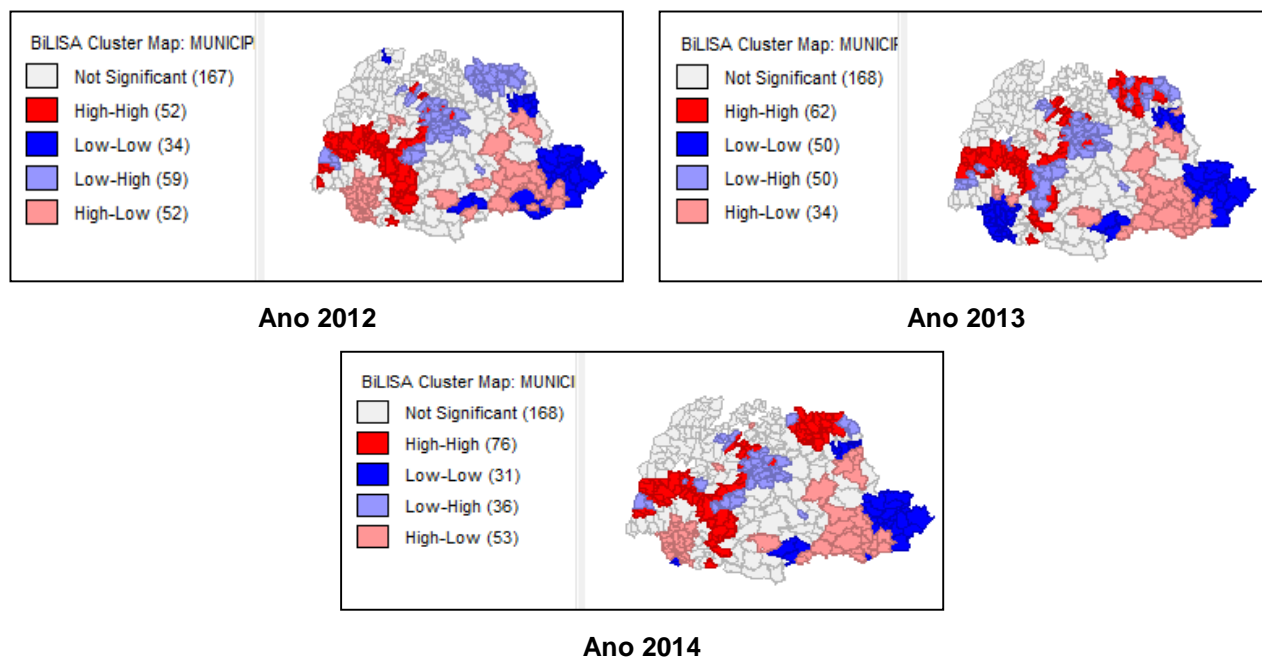


Figura 1 - Mapa de agrupamento do índice de Moran Local Bivariado (Rendimento Médio do Milho x Potencialidade Agrícola do Solo), nível de significância a 5% com 999 permutações

O Mapa de agrupamento da figura 1 para os anos de 2012, 2013 e 2014 resultaram em alguns padrões espaciais, por exemplo, no agrupamento baixo – baixo, conforme legenda em azul, formou-se um cluster na região leste do Paraná nos três anos, em que cidades que obtiveram uma baixa produtividade média de milho estão rodeadas por cidades que apresentam uma classificação baixa para a potencialidade agrícola do solo. O mesmo pode ser observado no agrupamento alto – alto em vermelho, na região oeste do Paraná, aonde cidades que tiveram alta produtividade média de milho estão próximas de cidades com uma alta classificação da potencialidade agrícola do solo. Em alguns casos, ocorreram *outliers*, ou seja, agrupamentos do tipo alto – baixo (legenda em marrom), em que cidade que tiveram uma alta produtividade de milho estão próximas de cidades classificadas com baixo potencial agrícola, e também agrupamento baixo e alto (legenda em azul fraco), cidades que obtiveram baixa produtividade estão rodeadas de cidades com um alto potencial produtivo. Este cenário pode ser explicado devido ao fato do estudo não considerar fatores climáticos, que são de suma importância para o desenvolvimento da cultura.

**CONCLUSÕES:** A partir o estudo foi possível estimar a correlação espacial da produtividade média do milho com a potencialidade agrícola do solo, além de padrões locais de associação espacial, como na região leste e oeste do Paraná, concluindo que para os três anos analisados houve correlação espacial, rejeitando a hipótese nula, que se refere à não-existência de correlação espacial bivariada com um nível de significativa a 5%.

#### **REFERÊNCIAS:**

ARAÚJO, Everton C. de; URIBE-OPAZO, Miguel A.; JOHANN, Jerry A.. Análise de agrupamento da variabilidade espacial da produtividade da soja e variáveis agrometeorológicas na região oeste do Paraná. Eng. Agríc. Jaboticabal , v. 33, n. 4, p. 782-795, Aug. 2013 .

ANSELIN, L. Spatial Econometrics: Methods and Models, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 1988.

ANSELIN, L. Exploring Spatial Data with GeoDaTM: a Workbook. University of Illinois, Urbana-Champaign, 2005.

DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. (ed). Análise Espacial de Dados Geográficos. Brasília: EMBRAPA, 2004. 209p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Potencialidade Agrícola dos Solos. 2002. Disponível em <<http://mapas.ibge.gov.br/tematicos/solos>>. Acesso em: 21 nov. de 2015.

SEAB - Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Milho análise da conjuntura. 2015. Disponível em <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=32>>. Acesso em: 21 nov. de 2015.

LEPSCH, I.F. Influência dos fatores edáficos na produção. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (Coord.) Ecofisiologia da produção. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p.8398.

RIGOTTI, J. I. R; VASCONCELLOS, I. R. P. Uma análise espacial exploratória dos fluxos populacionais brasileiros nos períodos 1986-1991 e 1995-2000. Anais do IV Encontro Nacional Sobre Migrações da Abep. Rio de Janeiro, 2005.