

# **APLICAÇÕES DE TÉCNICAS DE AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL PARA AVALIAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO DAS HABITAÇÕES NAS MESORREGIÕES DO ESTADO DO PARANÁ**

**Américo José Marques**  
**Universidade Estadual de Maringá – UEM**  
[ajmarques16@hotmail.com](mailto:ajmarques16@hotmail.com), [ajmarques@uem.br](mailto:ajmarques@uem.br)

## **RESUMO**

O processo diferenciado de colonização ocorrido nas diversas regiões do Estado do Paraná, bem como, as alterações dos tipos de culturas verificadas na área rural, passando em sua maior parte de culturas permanentes, onde se exige um contingente maior de mão-de-obra, para, culturas temporárias (trigo, soja), onde se faz maior uso do plantio mecanizado, acentuou o êxodo rural, principalmente na região norte. A utilização de técnicas de autocorrelação espacial como Índices de Moran Global, Diagrama de Espalhamento de Moran, Box Map, Gráfico de Barras Z X Wz, Índice Local de Associação Espacial (LISA), Lisa Map e Moran Map dos dados de habitação das microrregiões do estado do Paraná, demonstraram ser significativos, auxiliando na identificação de agrupamentos das regiões, áreas de transição e casos atípicos. Estas ferramentas ampliaram a capacidade em extrair informações do conjunto de dados habitacionais, permitindo uma melhor compreensão da dinâmica espacial do fenômeno estudado.

**Palavras-chave:** Formas de cultura; êxodo rural; técnicas de autocorrelação espacial

## **APPLICATIONS OF TECHNIQUES OF SPACIAL AUTOCORRELATION ABOUT TO ASSESSMENT FROM ORGANIZATION IN THE HOUSES ON THE MESORREGIONS OF PARANA STATE**

### **ABSTRACT**

The differentiated process of settling occurred in the diverse regions of the State of the Paraná, as well as, the alterations of the types of verified cultures in the agricultural area, passing in its bigger part of permanent cultures, where it demands a bigger contingent of man power, for, temporary cultures (wheat, soy), where makes greater use of the mechanized plantation, accented the agricultural exodus, mainly in the region north. The use of techniques of space autocorrelation as Indices of Global Moran, Diagram of Scattering of Moran, Box Map, Bar chart Z X Wz, Local Index of Space Association (LISA), Smooth Map and Moran Map of micro regions housing data of the State of Paraná had demonstrated to be significant, assisting in identifying clusters of the regions, transition

areas and atypical cases. These tools had extended the capacity in extracting information of housing data set, allowing a better understanding of spatial dynamics of the phenomenon studied.

**Keywords:** types of culture; agricultural exodus; techniques of special autocorrelation

## INTRODUÇÃO

A ocupação do Estado do Paraná foi iniciada no século XVII e ocorreu em três etapas: Paraná Tradicional, Região Norte e Região Sudoeste (SERRA,1992). A primeira etapa teve sua gênese a partir da segunda metade do século XVII, vinculada ao ciclo da mineração do ouro e a contingentes populacionais provindos de São Paulo para explorá-lo. Após a decadência da exploração do ouro, deu-se origem a novas fazes econômicas, caso do tropeirismo e da extração e beneficiamento de madeira e erva mate, completando, desta forma, esta etapa.

A partir de meados do século XIX, dá-se início a outra etapa de ocupação ocorrida na região norte do estado através da aquisição de expressivas glebas de terras por parte de cafeicultores e após por empresas estrangeiras para a colonização desta área, sendo que a economia era pautada na plantação de café (Decreto n.º 3104 de março de 1994).

A terceira etapa iniciou a partir dos anos quarenta do século passado, com a entrada de gaúchos e catarinenses na região sudoeste do estado, dando origem a uma economia relativamente fechada, onde predominavam as culturas de subsistência e a criação de bovinos e suínos (SERRA, 1992).

Com a implantação de infra-estrutura viária e a introdução de novas e modernas técnicas de produção, a região é integrada na economia estadual e nacional, ocorrendo o encontro das três frentes pioneiras na década de 1960 e conseqüentemente a ocupação de todo o território paranaense.

Segundo (MORO, 1998), com a modernização da agricultura, um grande contingente de mão de obra rural é liberado, passando a ocupar a periferia dos núcleos urbanos mais expressivos, onde agrega-se em parte à economia informal. O processo diferenciado de colonização ocorrido nas regiões do Estado do Paraná, bem como, as alterações dos tipos de culturas verificadas na área rural, passando em sua maior parte de

culturas permanentes, onde se exige um contingente maior de mão-de-obra, para culturas temporárias (trigo, soja), onde se faz maior uso do plantio mecanizado, acentuou o êxodo rural principalmente na região norte.

Com isto, verificou-se um comportamento diferenciado na organização habitacional na região norte em relação às demais regiões do estado. Para a realização do trabalho, foram utilizadas ferramentas de análise exploratória de dados espaciais existentes no SPRING, versão 3.6, como forma de demonstrar a utilidade destas técnicas. Elas foram aplicadas a um conjunto de dados de habitação das microrregiões geográficas do estado do Paraná, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, que demonstraram ser significativos, auxiliando na identificação de agrupamentos das regiões, áreas de transição e casos atípicos. As técnicas como Índices de Moran Global, Diagrama de Espalhamento de Moran, Gráfico de Barras Z X Wz, Box Map Índice Local de Associação Espacial (LISA), Lisa Map e Moran Map foram utilizadas. Essas técnicas são baseadas no conceito de autocorrelação espacial, sendo aplicáveis aos objetos espaciais com área definida e atributos numéricos associados.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do trabalho foram utilizados os dados relativos a questão habitacional no Estado do Paraná, dividido em 39 microrregiões geográficas (Figura 1), de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, relativos ao Censo do ano de 2000. O agrupamento das classes de renda foi efetuado, conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1: Agrupamento das classes pela renda

<b>Classe</b>	<b>Renda</b>
S1	Menor que 1 salário mínimo
S2	entre 1 e 2 salários mínimos
S3	entre 2 e 5 salários mínimos
S4	entre 5 e 10 salários mínimos
S5	entre 10 e 20 salários mínimos
S6	maior que 20 salários mínimos
S7	Outras formas (IBGE)

Os atributos utilizados foram: Casa própria quitada através de algum tipo de financiamento por parte do governo (PQ), casa própria adquirida com recursos próprios (PO) e casa alugada (AL).

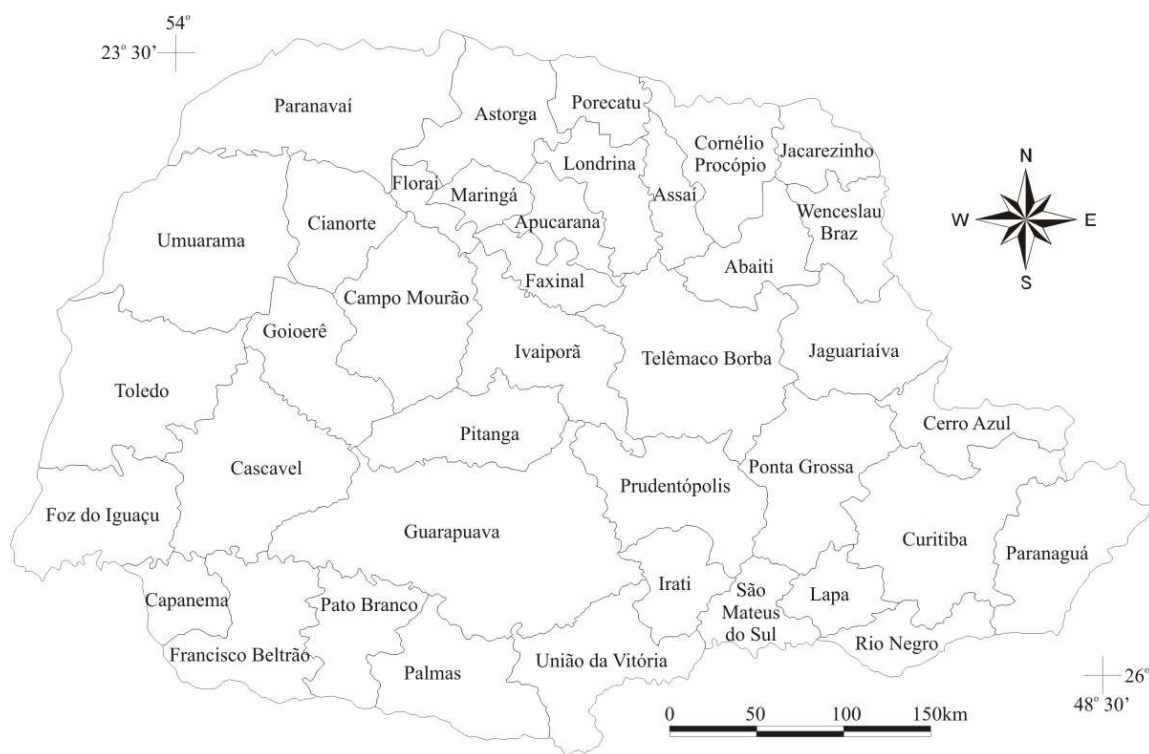


Figura 1: 39 microrregiões geográficas do Estado do Paraná  
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2000.

A base cartográfica foi vetorizada no SPRING e posteriormente cada polígono (microrregião geográfica) foi associado ao devido registro da tabela dos dados habitacionais.

Todas as técnicas de autocorrelação empregadas neste trabalho apresentam três elementos básicos: a matriz de proximidade espacial ( $W$ ), o vetor dos desvios em relação à média ( $Z$ ) e o vetor das médias ponderadas ( $Wz$ ), descritas abaixo, conforme (NEVES et al, 2001).

A matriz de proximidade espacial é uma matriz quadrada  $n \times n$ , onde cada elemento  $w_{ij}$  representa uma medida de proximidade espacial entre o polígono  $i$  e o polígono  $j$ . A medida de proximidade espacial utilizada neste trabalho leva em consideração a questão da

existência ou não de fronteira comum, ou seja, objetos com fronteira comum,  $W_{ij} = 1$  e objetos sem fronteira comum,  $W_{ij} = 0$ .

Para o cálculo do vetor de desvios em relação à média, primeiramente se faz necessário o cálculo da média ( $m$ ) dos valores dos atributos, considerando os  $n$  objetos. Cada elemento  $i$  de  $Z$ ,  $z_i$ , é obtido subtraindo-se o valor da média, do valor do atributo correspondente ( $z_i = y_i - m$ ).

O vetor de médias ponderadas ( $Wz$ ) é obtido pela multiplicação do vetor transposto dos desvios pela matriz de proximidade espacial com linhas normalizadas.

Cabe aqui salientar que cálculo de três elementos é realizado pelo SPRING automaticamente, sendo os mesmos usados para gerar os resultados que serão utilizados em conjunto com as ferramentas de visualização.

As técnicas de autocorrelação espacial aqui utilizadas serão: Índice Global de Moran, Diagrama de Espalhamento de Moran, Box Map, Gráfico de Barras  $Z \times Wz$ , Índice Local de Associação Espacial e Lisa Map, sendo que todas são obtidas através do SIG SPRING.

### **Índice Global de Moran**

Segundo Câmara et al (2000), um aspecto fundamental da análise exploratória espacial é a caracterização da dependência espacial, mostrando como os valores estão correlacionados no espaço. Neste contexto, uma das funções utilizadas para estimar quanto o valor observado de um atributo numa região é dependente dos valores desta mesma variável nas localizações vizinhas é *autocorrelação espacial*, que pode ser expresso, entre outros, pelo índice de Moran.

Os indicadores globais de autocorrelação espacial fornecem um único valor como medida da associação espacial para todo o conjunto de dados que varia de  $[-1$  a  $1]$ , sendo útil para a caracterização da região como um todo. Os valores próximos de zero indicam a inexistência de autocorrelação espacial significativa entre os valores de seus objetos e seus vizinhos. Já os valores positivos indicam autocorrelação espacial positiva, ou seja, o valor do atributo de um objeto tende a ser semelhante aos valores dos seus vizinhos. Em contrapartida, os valores negativos indicam autocorrelação negativa.

Conforme NEVES et al (2001), sua formulação pode ser dada em função dos três elementos básicos vistos anteriormente, conforme segue:

$$I = \frac{Z' * W_z}{Z' * Z}$$

### Diagrama de Espalhamento de Moran

Este dispositivo permite visualizar o comportamento dos dados utilizando um gráfico de espalhamento, onde os valores de desvio dos atributos em relação à média ( $Z$ ), são associados ao eixo X, e o valor da média dos seus vizinhos ( $WZ$ ), ao eixo Y (Figura 2).

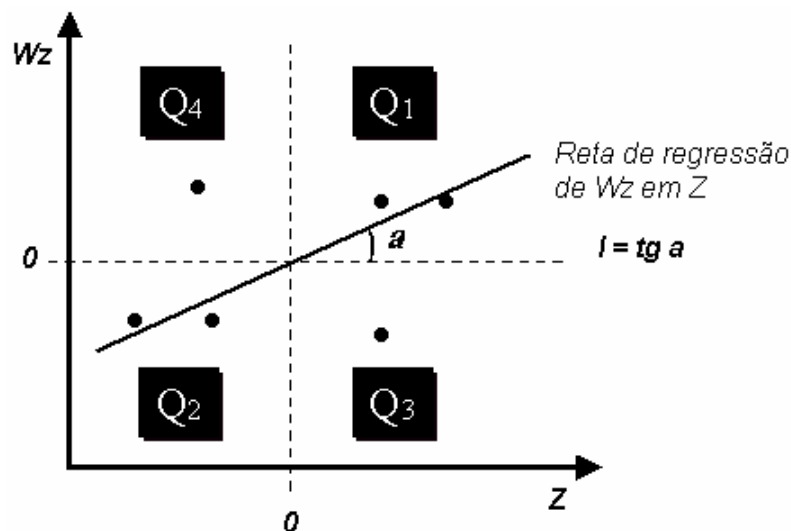


Figura 2: Representação do Diagrama de Espalhamento de Moran

A interpretação deste diagrama se dá da seguinte forma:

- Q1 (valores [+], médias [+]) e Q2 (valores [-], médias [-]) indicam pontos de associação espacial positiva, no sentido que uma localização possui vizinhos com valores semelhantes.
- Q3 (val. [+], médias [-]) e Q4 (val. [-], médias [+]) indicam pontos de associação espacial negativa, no sentido que uma localização possui vizinhos com valores distintos.

Cabe aqui salientar que os pontos localizados em Q3 e Q4 podem ser vistos como extremos, tanto por estar afastados da reta de regressão linear, como por indicar regiões que

não seguem o mesmo processo de dependência espacial das demais observações. Estes pontos marcam **regiões de transição** entre regimes espaciais distintos.

### **Box Map**

Uma forma alternativa e interessante ao Diagrama de Espalhamento de Moran é apresentá-lo em forma de mapa, no qual cada polígono (área) é classificado conforme sua posição em relação aos quadrantes do gráfico de espalhamento, recebendo uma cor correspondente no mapa gerado.

### **Gráfico de Barras Z x WZ**

Este dispositivo permite a visualização simultânea do valor relacionado ao atributo do objeto e do valor correspondente à sua respectiva vizinhança, com o uso de duas barras gráficas sobre a área correspondente ao objeto no mapa. A altura das barras são proporcionais aos valores do atributo do objeto e à média dos vizinhos. Ambas informações podem ser obtidas das colunas na tabela de objetos do SPRING: **Z** e **WZ**.

### **Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA)**

Os Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA) foram propostos por Anselin (1995) como medidas de associação espacial local, sendo que os mesmos provem da decomposição de indicadores globais para a contribuição de cada observação a fim de avaliar a influência de cada local individualmente.

Os LISAs permitem refinar o conhecimento sobre os processos que dão origem à dependência espacial, pois permitem encontrar “bolsões” de dependência espacial que não são evidenciados pelos índices globais. Eles produzem um valor específico para cada objeto, permitindo a identificação de clusters e outliers.

Segundo Anselin (1995) apud Câmara (2000), os Indicadores Locais de Associação Espacial têm que suprir dois objetivos: a) permitir a identificação de padrões de associação espacial significativos; e b) ser uma decomposição do índice global de associação espacial.

O índice local de Moran é dado da seguinte forma:

$$I_i = \frac{z_i \cdot W_{zi}}{\sigma^2}$$

Onde:  $I_i$ : índice local para o objeto  $i$ ;

$z_i$ : valor do desvio do objeto  $i$  em relação à média;

$W_{zi}$ : valor médio dos desvios dos objetos vizinhos de  $i$ ; e

$\sigma^2$ : variância da distribuição dos valores dos desvios

### **LISA Map**

Na geração do LISA Map, a avaliação da significância é feita comparando os valores de LISA obtido, com uma série de valores obtidos por meio de permutações dos valores dos atributos dos vizinhos (número de permutações definida pelo usuário), sob a hipótese nula (não existência de autocorrelação espacial).

Uma vez determinada a significância estatística do índice local de Moran, é muito útil gerar um mapa indicando as regiões que apresentam correlação local significativamente diferente do resto dos dados. Estas regiões podem ser vistas como “bolsões” de não estacionariedade, pois são áreas com dinâmica espacial própria e que merecem análise detalhada. Na sua geração, e os valores do índice local de Moran são classificados em três grupos: não significantes, com significância de 95% ( $1,96\sigma$ ), com significância de 99% ( $2,54\sigma$ ) e com significância de 99,9% ( $3,20\sigma$ ).

### **Moran Map**

No Moran Map, de forma semelhante ao LISA Map, somente os objetos para os quais os valores de LISA foram considerados significantes ( $p < 0,05$ ), são apresentados, porém, classificados em quatro grupos, conforme o quadrante aos quais pertencem no gráfico de espalhamento. Os demais objetos ficam classificados como "sem significância".

## **RESULTADOS**



Foram aplicadas as técnicas de autocorrelação espacial, disponíveis no SPRING, aos dados habitacionais do Estado do Paraná.

O primeiro passo realizado foi o cálculo do Índice Global de Moran para os atributos PO, PQ e AL, em cada uma das sete classes salariais, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2: Índice Global de Moran para as variáveis selecionadas para cada uma das classes salariais

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
PO	0,696	0,732	0,564	0,169	0,015	0,111	0,551
PQ	0,705	0,699	0,528	0,073	-0,121	-0,041	0,635
AL	0,549	0,296	0,213	0,15	0,097	0,163	0,397

Pode-se notar que os valores do Índice Global de Moran mais significativos dos atributos considerados foram encontrados nas classes salariais S1, S2, S3 e S7. Após o cálculo deste índice para cada variável, foram selecionadas essas quatro classes de renda com o índice significativo. Posteriormente, foram aplicadas o restante das técnicas de autocorrelação espacial, onde se pode perceber um comportamento semelhante nestas quatro classes. Por esta razão, optou-se aqui, trabalhar somente com a faixa de renda S1, como representativa das outras três classes. Os resultados serão apresentados através das técnicas de autocorrelação espacial que foram realizadas.

Na figura 3, são apresentados os diagramas de espalhamento de moran e a forma alternativa de apresentação em mapa que é o box map para as variáveis PO, PQ e AL. O que se pode notar é que houve uma nítida separação entre as regiões norte e sul do Estado, com uma faixa de transição na área central, para as três variáveis. Outra observação importante se faz em relação à inversão das três variáveis utilizadas. Com relação às variáveis PO e PQ (Figuras 3a e 3b), de acordo com a interpretação das duas técnicas, a região sul mostrou um número maior de população com casa própria e casa própria quitada (alto – alto), sendo menor este número na região norte do estado (baixo – baixo). Já em relação à variável AL (Figura 3c) é na região norte em que se encontra um maior número de pessoas que pagam aluguel (alto – alto), enquanto que na região sul estes valores foram menores (baixo – baixo).

Na figura 4, foram apresentados os gráficos de barras. A barra cinza dá o valor do atributo de cada região e a barra preta dá o valor médio dos desvios das microrregiões vizinhas. Esta ferramenta permitiu fortalecer o que já havia sido mostrado com o diagrama

de espalhamento de Moran e com o box map. Na região sul há um número de pessoas maior para os atributos PO e PQ (Figuras 4a e 4b) em relação à região norte. Já com relação ao atributo AL (Figura 4c) houve a inversão, na região norte existe um número maior de pessoas que pagam aluguel se comparada com a região sul.

Os mapas apresentados em quatro quantis, conforme figura 5, mostram os agrupamentos e *outliers* relacionados ao Índice local de Moran para as microrregiões geográficas de cada atributo (Figuras 5a, 5b e 5c). Nestes mapas, pode-se visualizar os diferentes regimes espaciais existentes para as três variáveis (PO, PQ e AL). Neste caso os indicadores locais produzem um valor para cada distrito, permitindo assim, a identificação desses agrupamentos com valores de atributos semelhantes (cluster), objetos anômalos (*outliers*) e de mais de um regime espacial como podemos verificar nessas figuras.

Na figura 6 (a,b e c) são apresentados os Lisa Map relacionados às variáveis PO, PQ e AL, com os distritos classificados em função da significância dos valores de seus índices locais, em: não significantes; com significância entre 0,05 e 0,01; com significância entre 0,01 e 0,001; e maior que 0,001. Esta ferramenta permite identificar os agrupamentos de distritos com valores de Lisa significantes, sem, contudo diferencia-los em agrupamentos altos ou baixos valores. Pode-se verificar que o Lisa Mapa para a variável PO e AL apresenta vários distritos com autocorrelação não significativa e alguns distritos com significância de 95% e em menor proporção com significância de 99%. O mesmo ocorre para a variável PQ, mas ela apresenta uma maior autocorrelação entre os distritos. Dessa forma é possível selecionar os agrupamentos mais importantes.

O Moran Map, apresentado na Figura 7, vem complementar o que já havia ocorrido no Diagrama de Espalhamento de Moran e no Box Map. Pode-se perceber facilmente que os agrupamentos encontrados para as variáveis PO e PQ (Figura 7a e 7b) tiveram seus índices maiores na região sul e que a variável AL (Figura 7c) teve seus índices maiores na região norte.

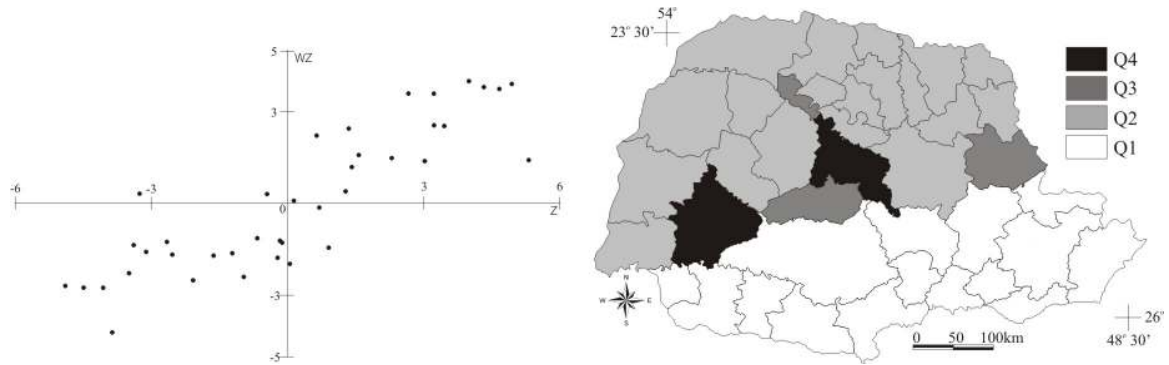


Figura 3a: Diagrama de Espalhamento de Moran e Moran Map para a variável PO.

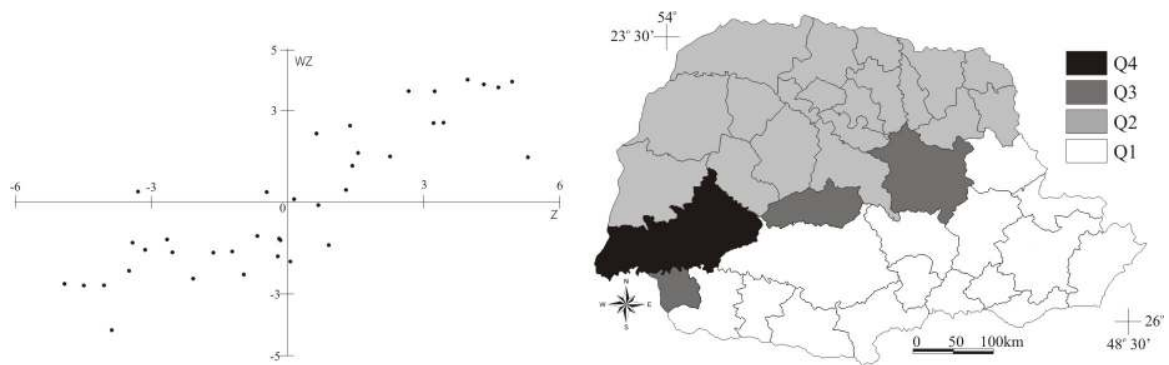


Figura 3b: Diagrama de Espalhamento de Moran e Moran Map para a variável PQ.

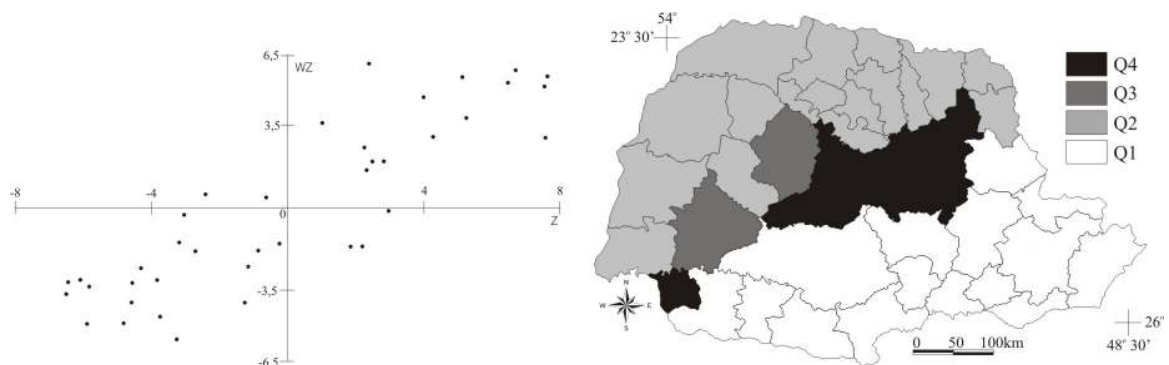


Figura 3c: Diagrama de Espalhamento de Moran e Moran Map para a variável AL.

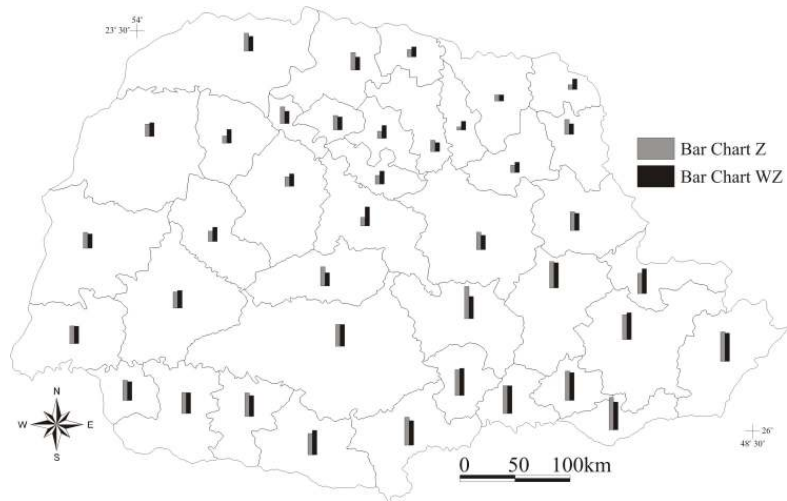


Figura 4a: Gráfico de Barras para a variável PO.

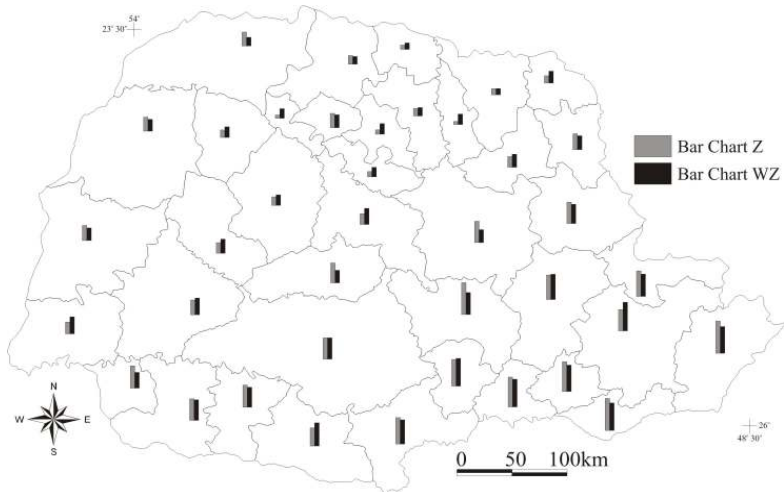


Figura 4b: Gráfico de Barras para a variável PQ.

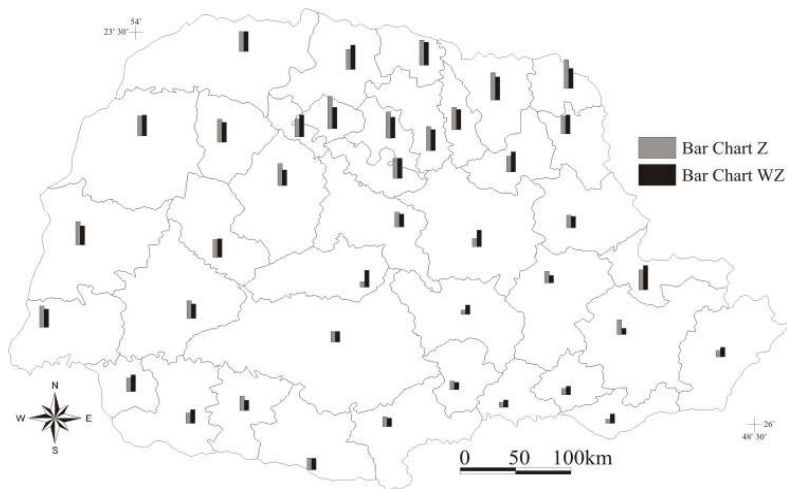


Figura 4c: Gráfico de Barras para a variável AL.

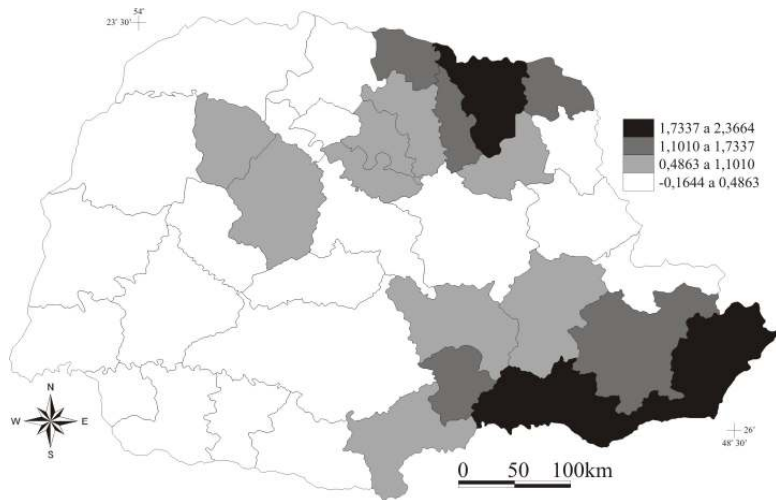


Figura 5a: Índice Local de Moran para a variável PO.

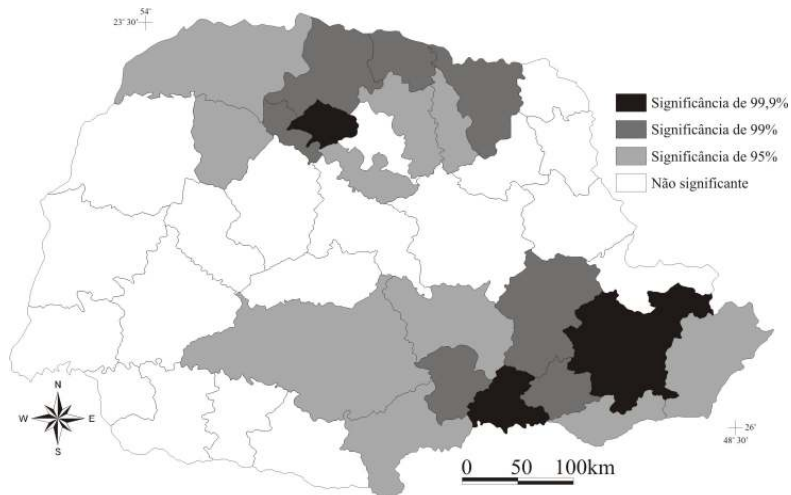


Figura 5b: Índice Local de Moran para a variável PQ.

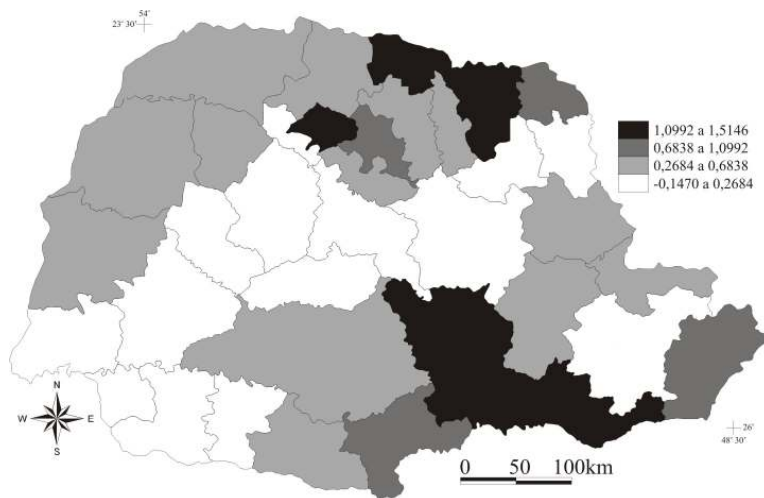


Figura 5c: Índice Local de Moran para a variável AL.

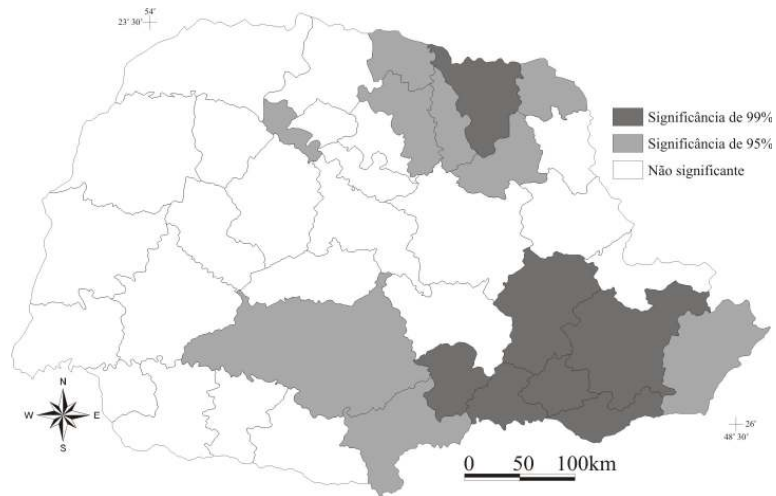


Figura 6a: Lisa Map para a variável PO.

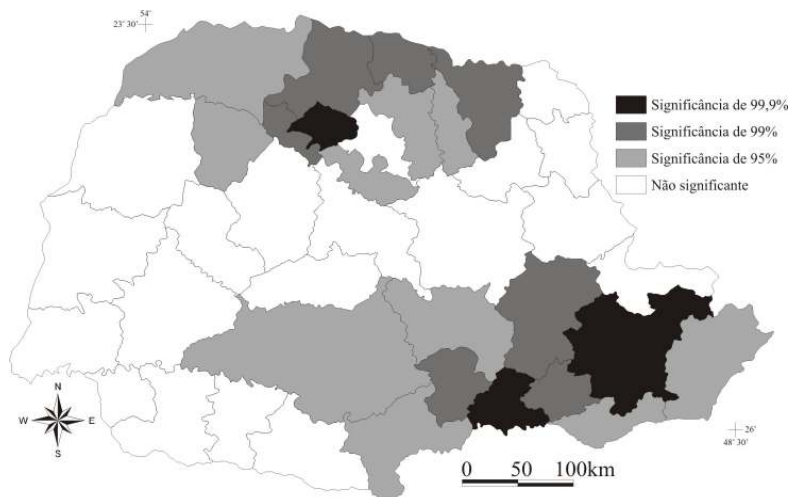


Figura 6b: Lisa Map para a variável PQ.

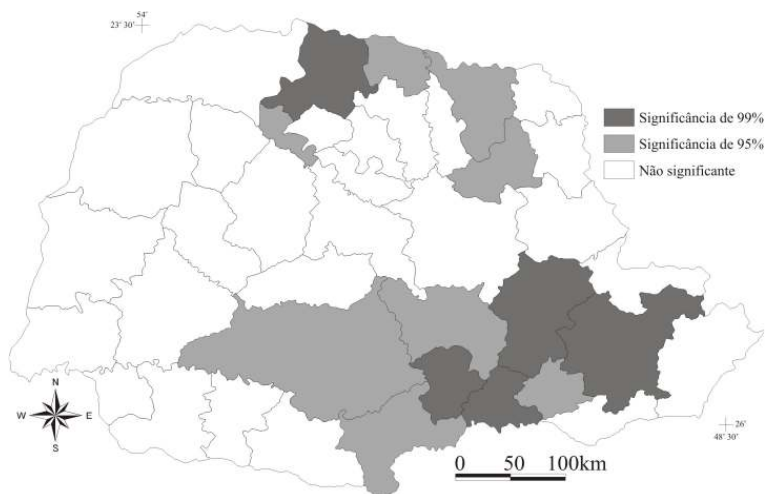


Figura 6c: Lisa Map para a variável AL.

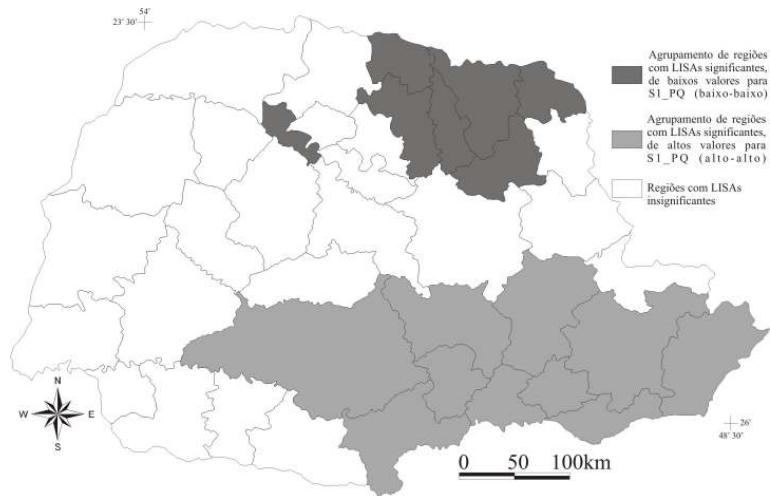


Figura 7a: Moran Map para a variável PO

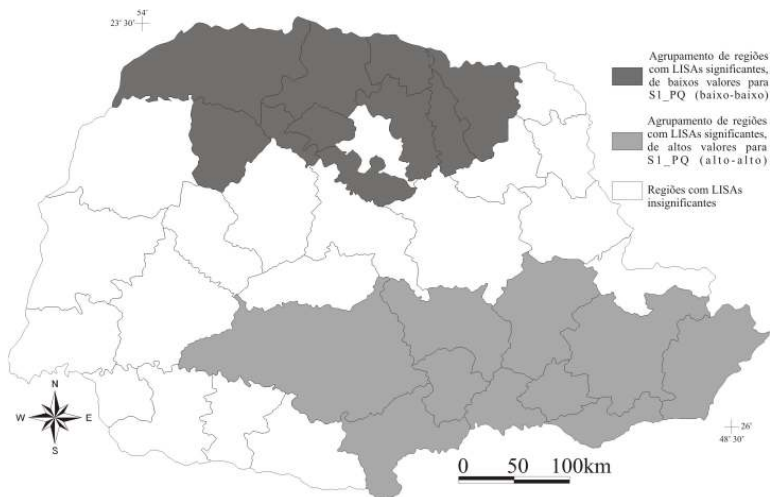


Figura 7b: Moran Map para a variável PQ

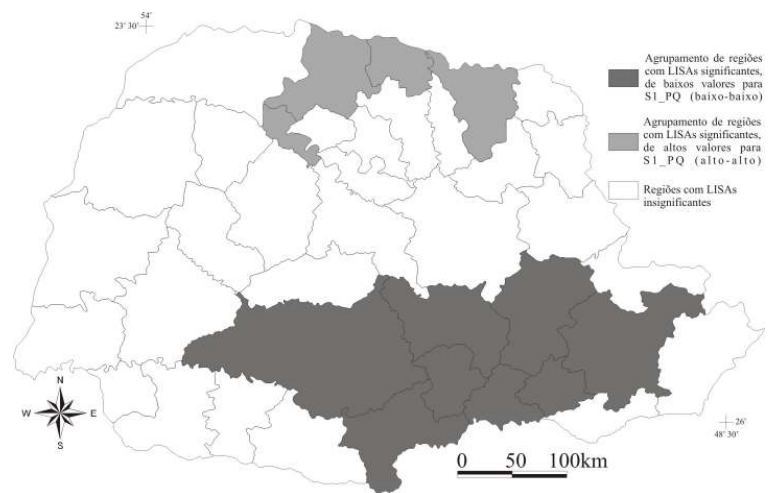


Figura 7c: Moran Map para a variável AL

## CONCLUSÃO

Para os dados habitacionais do Estado do Paraná analisados, foram produzidos, como resultado, uma série de índices de associação espacial, gráficos e mapas, onde pode-se verificar que o conjunto dessas ferramentas aumenta a possibilidade de compreensão da dinâmica espacial dos dados e contribui para o embasamento de hipóteses que explicassem a distribuição e relação espacial dos dados.

As técnicas da autocorrelação espacial mostraram resultados interessantes em relação à formação de agrupamentos de regiões com características semelhantes.

Os três atributos analisados apresentaram autocorrelação positiva, indicando existir uma associação espacial, tendendo haver semelhança entre os valores dos atributos dos distritos fisicamente mais próximos. Foram efetivas na comparação entre os dois atributos utilizados, ou seja, população com renda  $\leq 1$  salário mínimo que pagam aluguel ou possuem casa própria quitada.

As técnicas utilizadas mostraram-se úteis na identificação de agrupamentos contínuos (*clusters* de distritos), de altos e baixos valores, áreas de transição entre *clusters*. Também foi possível, avaliar os agrupamentos quanto ao nível de significância da associação espacial, selecionando os agrupamentos mais importantes.

O trabalho permitiu concluir que o conjunto de ferramentas avaliadas fornece, de fato, a possibilidade de explorar os dados espaciais, extraindo informações adicionais não diretamente perceptíveis, quando se utiliza as técnicas de classificação e visualização comuns.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, S.; CÂMARA, Gilberto; QUINTANILHA, J.A. **Análise Exploratória das relações espaciais do desflorestamento na Amazônia Legal Brasileira**. Disponível em: <[http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/silvana\\_gisbrasil2000.pdf](http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/silvana_gisbrasil2000.pdf)>. Acessado em: out. 2002.

ANSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association – LISA. **Geographical Analysis**, v.27, n.2, p.93-115, 1995.



CAMARA *et al.* Análise **Espacial de Áreas**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE: São José dos Campos-SP: 2002.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano Decreto nº. 3104/1994. Disponível em:  
<<http://www.paranacidade.org.br/docs/fdu/e.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2002.

MORO, A. D. Desenvolvimento econômico e dinâmica espacial da população no Paraná Contemporâneo. **Boletim de Geografia**, Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, ano 16, n.1, 1998, pp. 1-55.

NEVES, M. C. *et al.* Análise Exploratória Espacial de Dados Sócio-Econômicos de São Paulo. **GIS Brasil2000**, Salvador, 2000.

SERRA, E. Os primeiros processos de ocupação da terra e a organização pioneira do espaço agrário no Paraná. **Boletim de Geografia**, Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, ano 10, n.10, pp. 61 – 93, dezembro/1992.