

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE AGLOMERAÇÃO
ESPACIAL PARA ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF SPATIAL CLUSTERING METHODS
FOR EPIDEMIOLOGICAL STUDIES**

**Malu Micilly Porfírio Santos Pinto¹; Laísa Ribeiro de Sá²;
Rackynelly Alves Sarmiento Soares²; Ana Tereza de Medeiros³;
Jordana de Almeida Nogueira³; Ronei Marcos de Moraes³**

¹ Mestre em Modelos de Decisão e Saúde
Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil
Cidade Universitária, CEP: 58051-900, s/n.
E-mail: malumicilly_ita2006@hotmail.com

² Doutora em Modelos de Decisão e Saúde
Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil

³ Professor do Programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde
Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil

Recebido 04 de Setembro de 2018, aceito 21 de Maio de 2020

Resumo: Este estudo tem como objetivo realizar uma análise comparativa entre métodos de detecção de aglomerados espaciais, a saber: Estatística *Scan* Espacial, *Besag* e *Newell*, *Getis-Ord*, Estatística M e Estatística Tango. **Metodologia:** Trata-se de um estudo epidemiológico, retrospectivo de abordagem quantitativa, cujos dados utilizados para análise são referentes ao número de casos confirmados anuais de dengue notificados no estado da Paraíba, Brasil, e que correspondem ao ano de 2015. **Resultados:** Foram registrados em todo o estado da Paraíba, 14.053 casos confirmados de dengue no ano de 2015. Embora diferentes entre si, alguns métodos conseguiram apresentar resultados melhores quando comparado ao mapa de Razão de Incidências Espacial. **Discussão:**

Do ponto de vista epidemiológico, percebeu-se que a Estatística *Scan* Espacial foi a mais eficaz em encontrar todos os aglomerados de valores de alta Razão de Incidências Espacial. O método também detectou aglomerados de baixo valor, ou seja, que possui certa proteção quanto ao vetor da doença. **Conclusão:** Os métodos utilizados neste estudo apresentaram uma variabilidade nos resultados quando comparados, demonstrado a importância de aplicar e avaliar o método mais adequado para o objeto de estudo.

Palavras-chave: epidemiologia, análise espacial, dengue.

Abstract: This study aims to perform a comparative analysis between methods of detection of spatial clusters, namely: Statistics Space Scan, Besag and Newell, Getis-Ord, Statistics M and Statistics Tango. **Methodology:** This is an epidemiological, retrospective study of a quantitative approach, whose data used for analysis refer to the number of confirmed annual cases of dengue reported in the state of Paraíba and corresponding to the year 2015. **Results:** There were recorded in the entire state of Paraíba, 14.053 confirmed cases of dengue in 2015. Although different from each other, some methods have managed to produce better results when compared to the Spatial Incidences Ratio map. **Discussion:** From the epidemiological point of view, it was noticed that the Space Scan Statistics was the most effective in finding all clusters of high Ratio Spatial Incidences values. The method also detected clusters of low value, that is, that has some protection as the vector of the disease. **Conclusion:** The methods used in this study showed a variability in the results when compared, demonstrated the importance of applying and evaluating the most appropriate method for the object of study.

Keywords: epidemiology, spatial analysis, dengue.

1. INTRODUÇÃO

O geoprocessamento constitui-se uma ferramenta importante para a identificação de áreas propensas ao risco de transmissão de endemias, pois permite a

localização mais precisa dos casos da doença, assim como a localização da presença dos vetores. É definido, de acordo com Rezende *et al.* (2015), como um conjunto de técnicas de coleta, tratamento e exibição de informações referenciadas geograficamente, que permite a visualização de eventos de saúde em informações gráficas (mapas). Por essas características o geoprocessamento é tomado como instrumento de suporte no âmbito da saúde pública, sobretudo por subsidiar o planejamento e monitoramento de ações em saúde, direcionar os processos de trabalho e induzir intervenções seletivas e diferenciadas mais condizentes às necessidades locais de saúde.

Dentre as diversas técnicas de geoprocessamento disponíveis pode-se destacar o Sistema de Informação Geográfica (SIG), que tem como objetivo principal representar, em ambiente computacional, os fenômenos geográficos que se pretende estudar. Logo, a distribuição espacial das doenças pode ser mapeada e analisada por meio do SIG, por sua capacidade para armazenar informações geográficas, correlacioná-las com dados tabulares, podendo ser empregado para coleta, armazenagem, interrogação e exibição dos dados espaciais, atributos que contribui para determinar a localização espacial das doenças e a análise gráfica dos indicadores epidemiológicos (REZENDE *et al.*, 2015; MENDES *et al.*, 2015).

Sua aplicação na pesquisa em saúde é muito importante por apresentar possibilidades aos pesquisadores de novos métodos para o manejo da informação espacial, tornando-se uma poderosa ferramenta para a conexão entre a saúde e o ambiente (BARRETO *et al.*, 2014; MENDES *et al.*, 2015). Essa técnica de geoprocessamento possibilita o desenvolvimento de modelos que dão suporte ao processo de tomada de decisão a partir da previsão do risco da doença, do mapeamento das condições socioambientais, da identificação dos fatores de risco e agrupamentos, bem como auxilia no direcionamento para programas

e políticas públicas voltadas para a melhoria da saúde, com o objetivo de aumentar a eficácia na utilização de recursos públicos por meio da definição de áreas prioritárias de atuação (BARBOSA *et al.*, 2014; REZENDE *et al.*, 2015; MENDES *et al.*, 2015; MELO *et al.*, 2017)..

Na área da saúde, principalmente no âmbito da epidemiologia, necessita-se de métodos que consigam georreferenciar os fenômenos em estudo, já que este tipo de informação é primordial para o seu entendimento. Sendo assim, os métodos de aglomeração espacial constituem-se como instrumentos que se dispõem a buscar alternativas potentes para enfrentar as questões de saúde, tendo em vista que são técnicas que utilizam informações de georreferenciamento para identificar aglomerados espaciais significativos e não significativos de um evento em estudo, em uma região geográfica específica.

Dentre as diversas possibilidades presentes na literatura científica, estudos (HOLMES *et al.*, 2015; MELO *et al.*, 2016; KAJEGUKA *et al.*, 2017; SEIDAHMED *et al.*, 2018) apontam para o uso de métodos de análises espaciais de dados de saúde, tais como: *Getis-Ord* (GETIS; ORD, 1992), Estatística *Scan* Espacial (KULLDORFF; NAGARWALLA, 1995), *Besag e Newell* (BESAG; NEWELL, 1991), Estatística M (ROGERSON; SUN, 2001; ROGERSON, 2001) e *Tango* (TANGO, 1995).

Vale salientar que, apesar da variedade de métodos de aglomeração espacial disponíveis, é pertinente a compreensão de que todos utilizam diferentes metodologias de implementação, gerando resultados distintos uns dos outros. Dessa forma, mapas de Razão de Incidências Espacial (RIE) serão gerados e utilizados para comparar com os mapas provenientes dos métodos de aglomeração espacial, tendo em vista que não existe uma forma direta de checar

qual desses resultados é o mais próximo da realidade epidemiológica.

Sendo assim, baseado nas diferenças existentes nos resultados e análises de cada método de aglomeração espacial, este trabalho objetivou realizar uma análise comparativa entre métodos de detecção de aglomerados espaciais. Para tanto, recortou-se como objeto do estudo de caso a incidência de dengue no estado da Paraíba, Brasil, referente ao ano de 2015, a fim de compreender a metodologia disponível mais adequada para explicar a dinâmica de transmissão da doença, corroborando assim os pressupostos sobre os processos de prevenção e combate dos casos de dengue.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A Paraíba é uma das 27 unidades federativas do Brasil, localizada no leste da região Nordeste do país e tem como capital o município de João Pessoa. Possui uma área de 56.468,435 km², população total de 3.766.528 habitantes e uma densidade demográfica de 66,70 habitantes/km², conforme dados do Censo Populacional de 2010. O Estado da Paraíba está dividido em quatro mesorregiões (Figura 1) e 223 municípios. As mesorregiões são: Mata Paraibana, Agreste Paraibano, Borborema e Sertão Paraibano, assim divididas de acordo com suas características e formas de organização socioeconômica e política. Possui clima quente e úmido, do tipo intertropical na mesorregião da Mata Paraibana, especificamente na região litorânea; e clima quente e seco, caracterizado pelas chuvas escassas e irregulares, no interior do estado. Apresenta duas estações bem definidas, uma seca no verão e outra chuvosa no inverno e outono (IBGE, 2010).

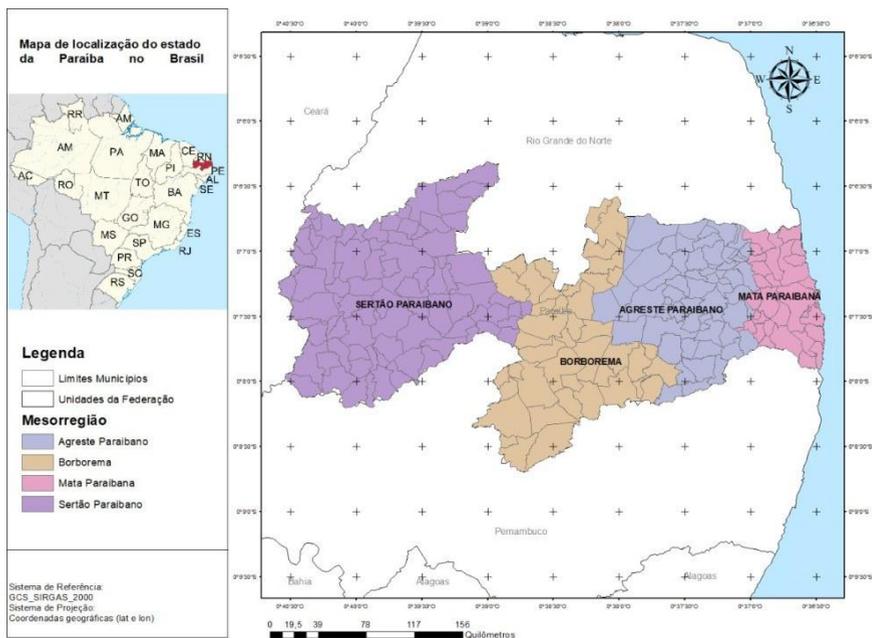


Figura 1 - À esquerda: mapa do Brasil com destaque para o estado da Paraíba, em vermelho. À direita: estado da Paraíba subdividido em quatro mesorregiões: mata paraibana, agreste paraibano, borborema e sertão paraibano.

2.2 Caracterização do Estudo

No Brasil, segundo dados divulgados pelo Ministério da Saúde, em 2016, foram registrados 1.500.535 casos prováveis de dengue. Em 2017, o número total de registros alcançou 252.054. Já em 2018, até 10 de março, foram notificados 51.930 casos. No estado da Paraíba, nos anos de 2016 e 2017 foram notificados respectivamente 44.014 e 3.568 da doença. Em 2018, até 16 de fevereiro, período em que foi publicado o mais recente boletim epidemiológico do governo da Paraíba, já foram notificados 317 casos suspeitos de dengue (BRASIL, 2016; BRASIL, 2017; BRASIL, 2018).

Os dados que foram utilizados para análise são referentes ao número de casos

anuais de dengue notificados no estado da Paraíba e correspondem ao ano de 2015, tendo sido obtidos junto a secretaria estadual de saúde.

Foram gerados mapas de RIE e de métodos de detecção de aglomerados espaciais. A RIE corresponde à razão entre a taxa de incidência em uma subárea, sobre a taxa de incidência em toda a área de estudo, ou seja, representa a intensidade de ocorrência de um fenômeno com relação a todas as regiões de estudo. Nesta pesquisa é definida como a razão entre a taxa de incidência em um município, sobre a taxa de incidência em todo o estado da Paraíba. Trata-se de uma medida que permite uma padronização das informações em função da população sob risco, proporcionando, portanto, análises comparativas mais consistentes (LIMA; VIANNA; MORAES, 2019; LIMA *et al.*, 2019; HOLMES *et al.*, 2015; MORAES *et al.*, 2014).

Por outro lado, os métodos de detecção de aglomerados espaciais fazem uma busca por toda a região geográfica do estudo a fim de encontrar um conjunto de áreas que apresentam risco significativamente alto de acontecer determinado evento, embora não seja esperado tal evento nestas áreas. O interesse consiste em descobrir se o evento possui uma distribuição espacial aleatória ou se apresenta aglomerados espaciais (LIMA; VIANNA; MORAES, 2019; HOLMES *et al.*, 2015).

Os métodos utilizados foram: *Getis-Ord* (GETIS; ORD, 1992), Estatística *Scan* Espacial (KULLDORFF; NAGARWALLA, 1995), *Besag* e *Newell* (BESAG; NEWELL, 1991), Estatística M (ROGERSON; SUN, 2001; ROGERSON, 2001) e *Tango* (TANGO, 1995).

2.3 Métodos de Aglomeração Espacial

Getis-Ord

O índice ou estatística *Getis-Ord* é uma medida de autocorrelação espacial que tem como função medir as dependências espaciais de dados de estudos que não sigam uma distribuição normal. Seu objetivo é identificar aglomerações espaciais

baseadas nesses dados, ou seja, detectar as realizações de uma variável aleatória em lugares distintos do espaço.

Getis & Ord (1992) propuseram duas funções estatísticas: a estatística global G , que é similar às medidas tradicionais de aglomeração espacial que se resume a um único valor, e as estatísticas locais G_i e G_i^* , que são medidas de autocorrelação espacial para cada área i . A principal diferença entre G_i e G_i^* é que no primeiro a área de referência i não é incluída no cálculo da estatística, enquanto que no segundo ela o é (COSTA; MORAES, 2009). Nesse estudo foi utilizado o índice local G_i^* , em que se considera a posição i diante da soma das posições.

A avaliação desse método é feita com base no valor do índice e de sua significância: o valor positivo e significativo do índice indica aglomeração espacial de valores elevados, enquanto valores negativos e significantes indicam aglomeração espacial de valores baixos. O valor do índice varia de -1 a 1 (como qualquer medida de correlação). Quanto mais próximo de 1 (um), maior a semelhança entre vizinhos. O valor 0 (zero) indica inexistência de correlação, e valores negativos indicam dessemelhança. Dessa forma, uma restrição para aplicação deste método, por sê-lo baseado em medidas de distância, é a sua destinação apenas as observações de valores positivos (SILVA *et al.*, 2007).

Estatística *Scan* Espacial

A estatística *Scan* espacial (KULLDORFF; NAGARWALLA, 1995) é um método que tem como objetivo identificar aglomerados espaciais, ou seja, faz uma busca por toda região para encontrar áreas cuja ocorrência de um fenômeno seja significativamente mais provável de acontecer. É aplicada a dados que não necessitam de uma distribuição normal. Dentre os modelos probabilistas

possíveis de uso na estatística *Scan* Espacial foi adotado nesse estudo, o modelo de Poisson (KULLDORFF; NAGARWALLA, 1995). O seu uso se justifica por dois motivos: por se tratar de dados de contagem (KULLDORFF, 1997) e também porque se tratar de um caso em que a probabilidade de um agravo é pequena e o número da população é grande.

Nesse método faz-se uma associação da informação da área com um único ponto dentro de um polígono, seja ele um círculo (KULLDORFF *et al.*, 2006), uma elipse (NEIL *et al.*, 2005), um retângulo (DUCZMAL; ASSUNÇÃO, 2004) ou outra forma geométrica (TANGO; TAKAHASHI, 2005). Este ponto é chamado de centroide e representa o centro de cada área da região. Neste estudo foi utilizado o formato circular, uma vez que facilita a observação da funcionalidade do método.

A estatística *Scan* circular gera uma janela *Z* em cada centroide das sub-regiões, em que uma janela consiste no círculo criado a partir do centroide. Para qualquer destes centroides, o raio do círculo varia continuamente desde zero até um percentual da população em risco a ser coberta, estabelecido pelo usuário. Logo se uma janela contém o centroide de uma sub-região, o raio do círculo crescerá até englobar, nesta janela, o percentual da população estabelecido (MELO *et al.*, 2016).

Em relação ao percentual da população sob risco, no qual o raio de busca aumenta até englobar um percentual máximo da população, não existe na literatura uma padronização, apenas é recomendado que não ultrapasse 50% da população (KULLDORFF, 2009), sendo necessário a comparação desses percentuais com os mapas de RIE.

Uma das vantagens dessa estatística é capacidade de controle da probabilidade de erro do tipo I, designado por alfa (α) e entendido como a probabilidade de

rejeitar a hipótese nula quando ela é verdadeira. Além disso, segundo estudo comparativo (COSTA; ASSUNÇÃO, 2005), o método *Scan* espacial tende a apresentar melhores resultados no que tange a detecção de aglomerados espaciais quando aplicado a regiões com baixa população, bem como seu uso é preferível quando o interesse é buscar áreas de alta incidência com pouco conhecimento prévio (THOMAS; CARLIN, 2003).

Besag e Newell

O método de *Besag e Newell*, assim como a estatística *Scan* Espacial também é aplicado a dados que não seguem uma distribuição normal. Tem por objetivo a identificação de aglomerados espaciais a partir de círculos, que são expandidos a partir dos seus centroides, porém, com um número de casos fixos (k) (BESAG; NEWELL, 1991).

Nesse método é testado se em seu interior contem k ou mais casos. Se for encontrado k casos, o processo é interrompido; caso contrário, aumenta-se o raio até envolver o centroide mais próximo. Portanto, enquanto não for obtido um valor igual ou superior a k (valor previamente definido), o raio do círculo é aumentado até abranger outro centroide (COSTA; ASSUNÇÃO, 2005).

O método *Besag e Newell* apresenta boa capacidade de identificação de aglomerados com alta população, e com o propósito da possibilidade de configurar vários parâmetros. Com isso, uma das vantagens desse método é a possibilidade de poder definir o número mínimo de casos, em contrapartida, uma das desvantagens consiste na incapacidade desse método de controlar a probabilidade de erro do tipo I (COSTA; ASSUNÇÃO, 2005). Além disso, é um método originalmente aplicado para doenças raras, apresentando nesse contexto, resultados satisfatórios na detecção de aglomerados espaciais (BESAG; NEWELL, 1991).

Estatística M

A Estatística M é um método de detecção de aglomerados espaciais do qual é aplicada a estatística global e posteriormente, dependendo do resultado obtido, a local (YAMADA; THILL, 2007). Existem três opções para calcular a estatística M, todavia o modelo probabilista de Poisson tem sido o mais utilizado, pois ele fornece, na maioria das vezes, os melhores resultados (LEE; YAMADA; ROGERSON, 2007). Para detectar a existência do aglomerado espacial a estatística M tem um valor crítico (M^a). A hipótese nula de que não há aglomerados espaciais se dá quando a estatística M é menor ou igual que o valor crítico M^a (ROGERSON; SUN, 2001; ROGERSON, 2001).

Estatística Tango

A estatística Tango compara os valores observados e esperados dentro de cada área geográfica e estima os possíveis centros destes aglomerados espaciais por meio de interações entre áreas geográficas vizinhas. O objetivo desse método está em analisar a quantidade de observações de cada subárea, levando em consideração a população de cada uma (TANGO, 1995).

Neste método os dados não precisam seguir uma distribuição normal. Em estudo comparativo, a estatística Tango, tem se demonstrado um excelente teste para verificar a heterogeneidade espacial, entre os métodos selecionados para avaliação global de aglomerados. Também tem sido considerado mais fácil na identificação do aglomerado espacial para os usuários sem muito conhecimento das características geográficas da região de estudo (JACKSON *et al.*, 2009).

3. RESULTADOS

Em todo o estado da Paraíba foram registrados 14.053 casos confirmados de dengue no ano de 2015. O mapa de Razão de Incidências Espacial mostra heterogeneidade da distribuição da doença em todo estado (Figura 2), sendo a RIE mínima apresentada de zero.

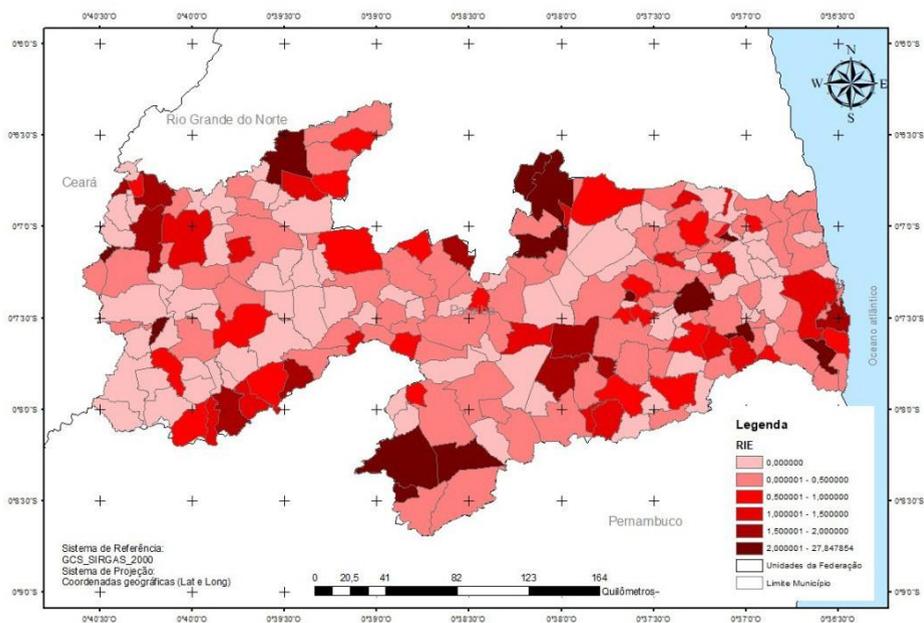


Figura 2 - Mapa do estado da Paraíba, Brasil, representando a Razão de Incidências Espacial de Dengue para o ano de 2015.

Para este estudo foram calculados os aglomerados de cada geo-objeto da Paraíba, entendendo geo-objetos como entidades distintas e localizáveis que compõem a área de interesse (MELO *et al.*, 2016). No mapa da Estatística *Scan* Espacial (Figura 3), para o ano de 2015, foram identificados 32 municípios (geo-objetos) significativos (valor- $p < 0,05$), também chamados de aglomerados

espaciais, representados no mapa com pontos vermelhos. Observou-se que os aglomerados espaciais estão distribuídos em todas as mesorregiões do estado da Paraíba. Em relação ao percentual da população sob risco, foram testados os seguintes valores: 10%, 7%, 5%, 3%, 1% e 0,7%.

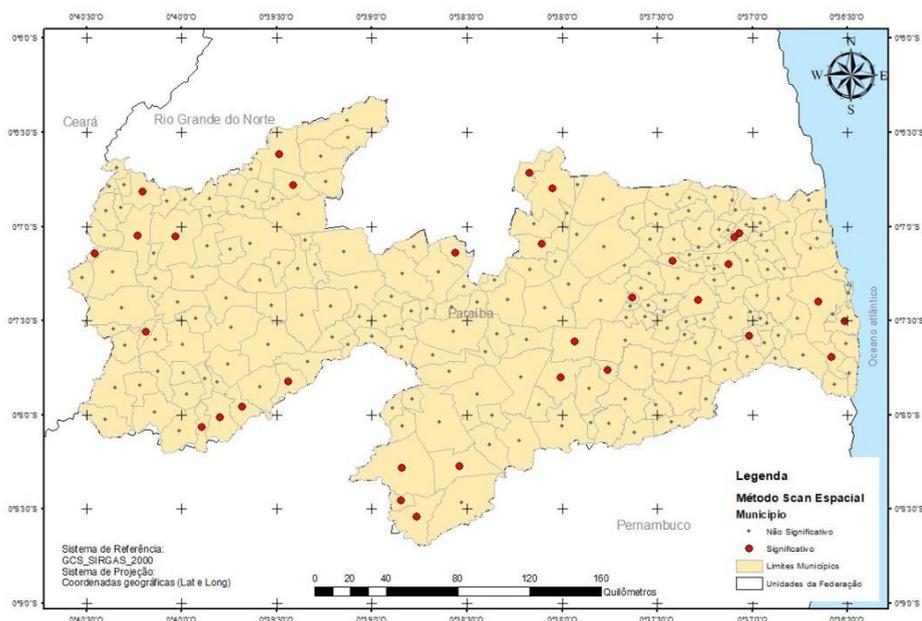


Figura 3 - Mapa do estado da Paraíba, Brasil, representando o método Scan Espacial para o ano de 2015.

Em relação ao mapa do Método *Besag* e *Newell* (Figura 4), foram identificados 10 municípios significativos, também representados no mapa com pontos vermelhos. Observou-se, neste caso, uma maior concentração de aglomerados espaciais nas mesorregiões da Mata Paraibana, Agreste e Borborema que ocupam o leste do estado da Paraíba. Na mesorregião do Sertão Paraibano localizado na zona oeste do estado houve o registro de apenas 1 (um) aglomerado espacial.

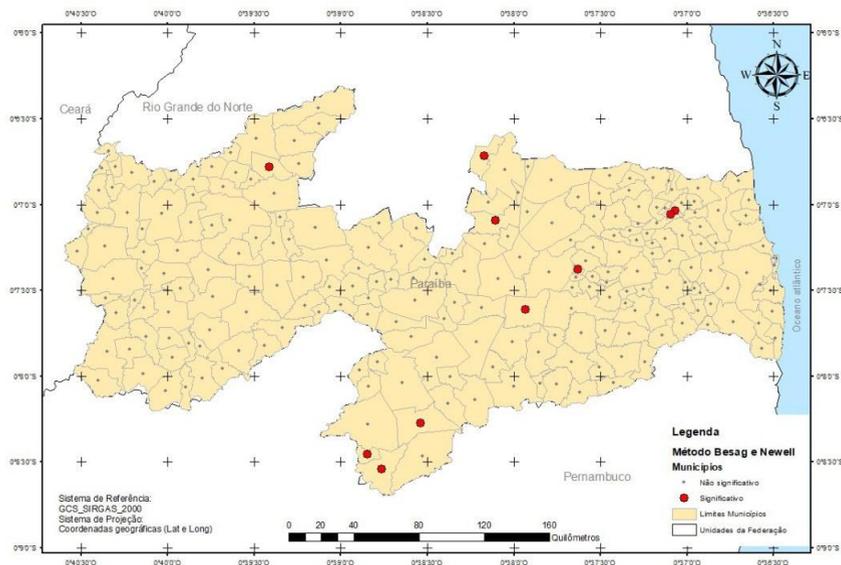


Figura 4 - Mapa estado da Paraíba, Brasil, representando o método de Besag e Newell para o ano de 2015.

No mapa gerado pelo *Getis-Ord* (Figura 5), do ano de 2015, foram identificados aglomerados espaciais de valores positivos e negativos. Verificou-se uma presença maior de aglomerados espaciais de valores negativos em todo o estado. Os aglomerados espaciais de valores positivos concentraram-se na região da Borborema Paraibana (região central do mapa). Percebe-se que o método apresentou concordância com respeito ao mapa de RIE (Figura 2), na detecção de aglomerados de valores baixos ou nulos, já os aglomerados de alto valor foram pouco detectados.

Nos mapas gerados pela Estatística M e Tango, a cor azul escuro indica a presença de aglomerados espaciais de valores baixos ou nulos e a cor vermelha indica a presença de aglomerados espaciais de valores altos. Ao compará-los com o mapa de RIE (Figura 2), observou-se que a maioria dos aglomerados espaciais detectados correspondeu aos municípios com valores altos da Razão de Incidências Espacial, conforme as figuras 6 e 7.

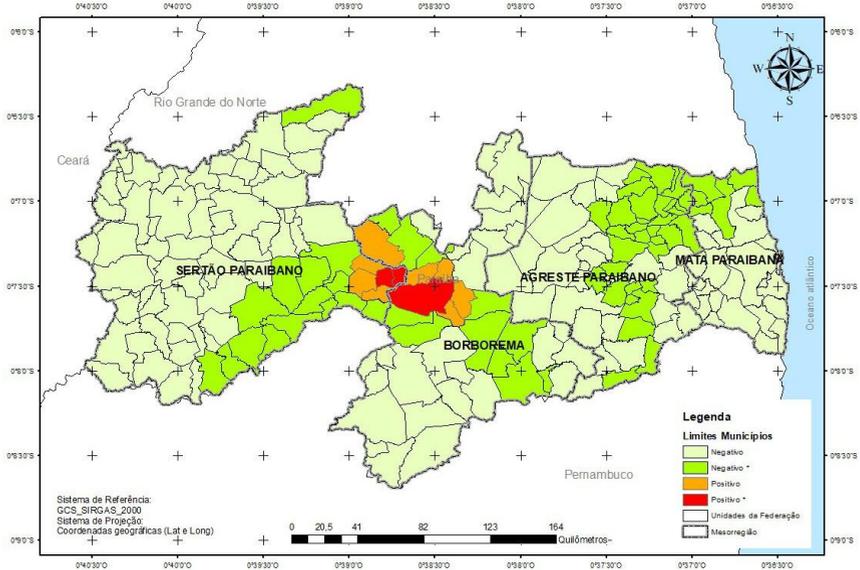


Figura 5 - Mapa do estado da Paraíba, Brasil, representando o método de Getis-Ord para o ano de 2015.

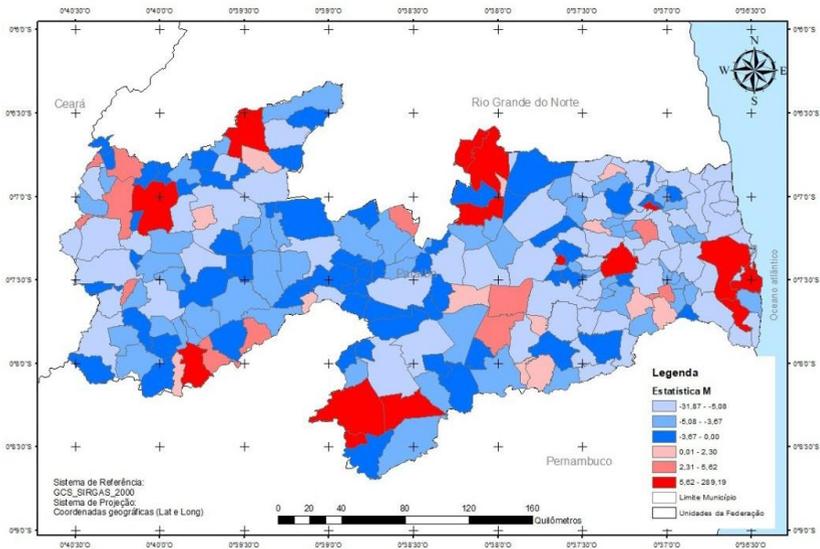


Figura 6 - Mapa do estado da Paraíba, Brasil, representando o método Estatística M para o ano de 2015.

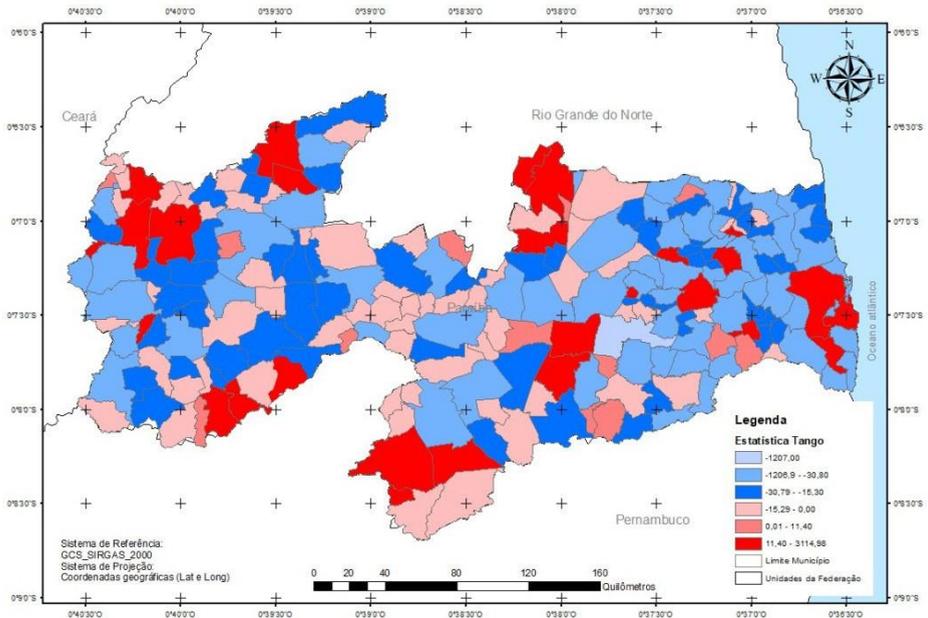


Figura 7 - Mapa do estado da Paraíba, Brasil, representando o método Estatística Tango para o ano de 2015.

4. DISCUSSÃO

A aplicação de métodos de detecção de aglomerados espaciais está sendo cada vez mais utilizada na epidemiologia. Essas metodologias destacam melhor os processos ambientais e sociais podendo interferir nos padrões de transmissão da doença, do que decorre a relevância de sua adoção quando se pretendem medidas eficazes de prevenção e controle de agravos (ARAÚJO *et al.*, 2017).

No Brasil, segundo dados divulgados pelo Ministério da Saúde, foram registrados em 2015, ano do estudo, 1.649.008 casos suspeitos de dengue no país, enquanto que no estado da Paraíba, nesse mesmo período, a notificação de casos confirmados de dengue foi correspondente a 14.053 casos (BRASIL, 2016).

Os métodos de aglomerados espaciais são responsáveis pela análise dos fenômenos em estudo identificando os aglomerados espaciais significativos e não significativos (HOLMES; MORAES; VIANNA, 2015). Dessa forma, quando os gestores públicos efetuam investimentos financeiros na saúde e utilizam como critério para seleção das áreas, as regiões detectadas como aglomerados significativos de valores altos de RIE, eles procuram métodos que lhe forneçam os melhores resultados, sendo esses, considerados, portanto, como os métodos de aplicação mais viáveis e com capacidade de redução de gastos.

Comparando-se os métodos de detecção de aglomerados espaciais com o Mapa de RIE (Figura 2), percebe-se que a Estatística *Scan* Espacial, Estatística M e o Tango foram os métodos que obtiveram melhores resultados, pois os aglomerados considerados como significativos coincidiram com os valores de alta RIE apresentados no mapa de RIE (Figura 2). Em contrapartida, o método que mais se diferenciou dos resultados de alto valor do mapa de RIE foi o *Getis-Ord*. Isto pode se justificar pelo fato deste utilizar a incidência dos casos, enquanto que os outros lidam com a porcentagem da população em risco e o número de casos registrados, tornando-o, dessa forma, ineficaz na identificação dos aglomerados espaciais para os casos de dengue na Paraíba.

Do ponto de vista epidemiológico, neste estudo a Estatística *Scan* Espacial foi a mais eficaz em encontrar todos os aglomerados de valores de alta RIE, uma vez que os aglomerados encontrados pelo método conseguiram cobrir todas as regiões de valores altos no mapa de RIE. O método também detectou aglomerados de baixo valor, ou seja, que possui certa proteção quanto ao vetor da doença, fazendo com que sejam notificados poucos ou nenhum caso da doença. Isso gera a possibilidade, portanto, de realização de futuros estudos com o objetivo de investigar o que leva aquela região ao risco baixo ou inexistente.

Com isso, dada à situação de dengue na Paraíba, utilizar o método *Scan*

Espacial para as possíveis intervenções no combate à doença pode ser uma alternativa eficaz na diminuição deste agravo, pois o mesmo detecta os aglomerados espaciais, tanto os de alto quanto os de baixo valor, sem diferenciação. Porém, para fazer uso desse método orienta-se a utilização em conjunto com a RIE, ou seja, uma comparação de forma indireta dos mapas de RIE com os mapas dos métodos de aglomeração espacial, tendo em vista as especificidades de pressupostos e de geração de resultados de cada método (MORAES *et al.*, 2014).

5. CONCLUSÃO

Os métodos aqui discutidos apresentam uma variabilidade nos resultados quando comparados com os resultados da RIE, demonstrando a importância de aplicar e avaliar o método mais adequado para o objeto de estudo tendo como base as características dos dados utilizados e as indicações e pressupostos de cada método.

A estatística *Scan* Espacial foi o método que apresentou os melhores resultados quando comparado ao mapa RIE, identificando os aglomerados espaciais de alto e baixo valor. Trata-se, portanto, de um bom método para avaliar a distribuição espacial da dengue no estado da Paraíba, Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, V. E. M.; BEZERRA, J. M. T.; AMÂNCIO, F. F.; PASSOS, V. M. A.; CARNEIRO, M. (2017) Aumento da carga de dengue no Brasil e unidades federadas, 2000 e 2015: análise do Global Burden of Disease Study 2015. **Rev Bras Epidemiol.**, v. 20, supl. 1, p. 205-216.

BARBOSA, G. L.; DONALISIO, M. R.; STEPHAN, C.; LOURENCO, R. W.; ANDRADE, V. R.; ARDUINO, M. B., *et al.* (2014) Spatial Distribution of the Risk of Dengue and the Entomological Indicators in Sumare, State of Sao Paulo, Brazil. **PLoS Negl Trop Dis.**, v. 8, n.5, p. 1-9.

BARRETO, J. G.; BISANZIO, D.; GUIMARÃES, L. S.; SPENCER, J. S.; VAZQUEZ-PROKOPEC, G. M.; KITRON, U., *et al.* (2014) Spatial Analysis Spotlighting Early Childhood Leprosy Transmission in a Hyperendemic Municipality of the Brazilian Amazon Region. **PLoS Negl Trop Dis.**, v. 8, n. 2, p. 1-10.

BESAG, J. NEWELL, J. (1991) The detection of clusters in rare diseases. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 154, n. 1, p.143-155.

BRASIL. Ministério da Saúde (2016) Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim epidemiológico** (jan.2015/jan.2016), v. 47, n.3.

BRASIL. Ministério da Saúde (2017) Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim epidemiológico** (jan./dez.2016), v. 48, n.3.

BRASIL. Ministério da Saúde (2018) Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim epidemiológico** (jan./dez.2017), v. 49, n.2.

COSTA, D. C. S.; MORAES, R. M. (2009) Análise dos acidentes de trânsito utilizando técnicas de análise espacial. In: Proceedings of Safety Health and Environmental World Congress 2009. **Anais...** Mongaguá (Brasil): SHEWC'2009, 2009, p. 81-84.

COSTA, M. A.; ASSUNÇÃO, R. M. (2005) A fair comparison between the spatial scan and the Besag-Newell Disease Clustering Tests. **Environmental and Ecological Statistics**, v. 12, p. 301-319.

DUCZMAL, L.; ASSUNÇÃO, R. (2004) A simulated annealing strategy for the detection of arbitrarily shaped spatial clusters. **Comput Stat Data Anal.**, v. 45, n. 2, p. 269-286.

GETIS, A.; ORD, J. K. (1992) The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. **Geographical Analysis**, v. 24, n. 3, p. 189-206.

HOLMES, D. C. S. C.; MORAES, R. M.; VIANNA, R. P. T. (2015) A Rule for Combination of Spatial Clustering Methods. In: The Seventh International Conferences on Pervasive Patterns and Applications. **Anais...** Nice (França): PATTERNS 2015, p. 55-59.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA - IBGE (2010) População residente, total, urbana total e urbana na sede municipal, em números absolutos e relativos, com indicação da área total e densidade demográfica, segundo as Unidades da Federação e os municípios – 2010. Brasília: IBGE.

JACKSON, M. C.; HUANG, L.; LUO, J.; HACHEY, M.; FEUER, E. (2009) Comparison of tests for spatial heterogeneity on data with global clustering patterns and outliers. **International Journal of Health Geographics**, v. 8, n. 55, p. 1-14.

KAJEGUKA, D. C.; KAAAYARD, R. D., DESROCHERS, R.; IRANPOUR, M.; KAVISHE, R. A.; MWAKALINGA S., *et al.* (2017) Mapping clusters of chikungunya and dengue transmission in northern Tanzania using disease exposure and vector data. **Tanzania Journal of Health Research**, v. 19, n. 4, p. 1-12.

KULLDORFF, M.; HUANG, L.; PICKLE, L.; DUCZMAL, L. (2006) An elliptic spatial scan statistic. **Statistics in Medicine**, v. 25, n. 22, p. 3929–3943.

KULLDORFF, M.; NAGARWALLA, N. (1995) Spatial disease clusters: detection and inference. **Statistics in Medicine**, v.14, p. 799-810.

KULLDORFF, M. (1997) A spatial scan statistic. **Commun. Statist-Theory Meth.**, v. 26, n. 6, p. 1481-1496.

KULLDORFF, M. (2009) SaTScan™ User Guide.

LEE, G.; YAMADA, Y.; ROGERSON, P. A. (2007) **GeoSurveillance 1.1 User's Manual**. NCGIA (National Center for Geographic Information and Analysis). Department of Geography.

LIMA, L. M. M.; SÁ, L. R., MACAMBIRA, A. F. U.; NOGUEIRA, J. A.; VIANNA, R. P. T.; MORAES, R. M. (2019) A new combination rule for Spatial Decision Support Systems for epidemiology. **International Journal of Health Geographics**, v. 18, n. 25, 10 p.

LIMA, L. M. M.; VIANNA, R. P. T.; MORAES, R. M. (2019) Análise espacial e espaço-temporal das anomalias congênitas do sistema nervoso no Estado da Paraíba entre os anos de 2010 a 2016. **J Hum Growth Dev.**, v. 29, n. 2, p. 169-176.

MELO, H. A.; ROSSONI, D. F.; TEODORO, U. (2017) Spatial distribution of cutaneous leishmaniasis in the state of Paraná Brazil. **PLoS ONE**, v. 12, n. 9, p. 1-10.

MELO, J. C. S.; MELO, A. C. O.; MORAES, R. M. (2016) Comparação dos Métodos Scan Circular e Flexível na Detecção de Aglomerados Espaciais de Dengue. In: Escola de Informática Teórica e Métodos Formais. **Anais...** Natal (Brasil): ETMF 2016, p. 11-19.

MENDES, R. V.; COELHO, L. S.; MACEDO, P. F.; SOUZA, T. B. P.; SANTOS, T. F. C.; GAIÃO, L. (2015) Distribuição Espacial e Geoprocessamento de Pacientes com Fissura Labiopalatina na Cidade de Imperatriz, Maranhão, Brasil. **R bras ci Saúde**, v. 19, n. 4, p. 261-268.

MORAES, R. M.; NOGUEIRA, J. A.; SOUSA, A. C. A. (2014) A New Architecture for a Spatio-Temporal Decision Support System for Epidemiological Purposes. In: 11th International FLINS Conference on Decision Making and Soft Computing. **Anais...** João Pessoa (Brasil): FLINS 2014, p. 17-23.

NEIL, D. B.; MOORE, A. W.; SABHNANI, M. (2005) Detecting Elongated Disease Clusters. **Morbidity and mortality weekly report**, v. 54, (Supl.), p. 197.

REZENDE, C. F.; CARVALHO, S. A. S.; MACIEL, F. J.; NETO, R. O.; PEREIRA, D. V. T.; LEMOS, S. M. A. (2015) Rede de saúde auditiva: uma análise espacial. **Braz J Otorhinolaryngol**, v. 81, n. 3, p. 232-239.

ROGERSON, P. A.; SUN, Y. (2001) Spatial monitoring of geographic patterns: an application to crime analysis. **Computes, Environment and Urban Systems**, v. 25, n.6, p. 539-556.

ROGERSON, P. A. (2001) A Statistical Method for the Detection of Geographic Clustering. **Geographical Analysis**, v. 33, n. 3.

SEIDAHMED, O. M. E.; LU, D.; CHONG, C. S.; NG, L. C.; ELTAHIR, E. A. B. (2018) Patterns of Urban Housing Shape Dengue Distribution in Singapore at Neighborhood and Country Scales. **GeoHealth**, 2.

SILVA, A. H. A.; MARINHO, P. R. D.; LUCENA, S. E. F.; MORAES, R. M. (2007) Utilização de métodos estatísticos na análise da distribuição espacial da incidência do dengue no município de João Pessoa no período de 2001 a 2006. In: Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional. **Anais...** Recife (Brasil): ERMAC'2007, 8p.

TANGO, T.; TAKAHASHI, K. (2005) A flexibly shaped spatial scan statistic for detecting clusters. **Int J Health Geogr.**, v. 4, n. 11, p. 1-15.

TANGO T. (1995) A class of tests for detecting ‘general’ and ‘focused’ clustering of rare diseases. **Statistics in Medicine**, v.14, p. 2323-2334.

THOMAS, A.; CARLIN, B. (2003) Late detection of breast and colorectal cancer in Minnesota counties: an application of spatial smoothing and clustering. **Statistics in Medicine**, v. 22, p. 113–127.

YAMADA, I.; THILL, J-C. (2007) Local Indicators of Network-Constrained Clusters in Spatial Point Patterns. **Geographical Analysis**, v. 39, n.3, p. 268–292.