

Abordagem bayesiana na epidemiologia espacial de notificações de casos de dengue no Estado de Goiás

Fabrizia Gioppo Nunes¹

¹Universidade Federal de Goiás – UFG/IESA/LAPIG
Caixa Postal 131 - Goiânia - GO, Brasil
fabrizia.iesa.ufg.@gmail.com

Abstract. Thematic maps are largely used in public health for the description and analysis of geographic variations of events, like diseases, aiming to detect high risk areas or spatial predominance. The present work is part of a number of studies of mapping of spatial epidemiology applying Bayesian methodology. In this case, as input was entered crude rates of incidence of dengue disease, which were corrected using Global Empirical and Local Empirical Bayesian estimators. We focus in Goiás State (Brazil) estimating regions where local people is submitted to epidemiologic risks. Dates were obtained from Sistema de Informação de Agravos de Notificações (SINAN-NET) in DATASUS for the years of 2009, 2010 and 2011. Spatial statistics calculations were run in the software of geographic system information (TerraView 4.2.0) to give cartographic representations that show the risk distribution obtained for each estimator: crude rates, Local Bayesian and Global Bayesian. The results show that the Bayesian estimators yield more accuracy in risks estimate for events recorded. These can minimize problems due null notifications (false positive) and avoid influence of population size. Therefore, this approach points clearly the most affected cities by the disease.

Palavras-chave: cartografia, epidemiologia, dinâmica espacial, saúde pública, cartography, epidemiology, special dynamics, public health.

1. Introdução

A Epidemiologia Espacial estuda a distribuição geográfica da saúde e da doença. O uso de mapas de índices ou taxas de incidência permite a análise refinada da dispersão e dos padrões espaciais do risco de ocorrência de um determinado evento, quando os dados estão dispostos a partir de contagens por áreas e agregados por regiões geograficamente definidas, como regiões administrativas ou sanitárias. Para Santos et al. (2005) um grande problema associado ao uso de taxas brutas de ocorrência, é a alta instabilidade que elas possuem para expressar o risco de eventos raros em regiões de população pequena. Alternativamente, são apresentadas as Taxas Bayesianas Empíricas, que utilizam informações de toda a região ou da vizinhança para estimar o risco de ocorrência do evento em cada área.

Flutuações aleatórias casuais, como a ocorrência de um ou dois casos do evento a mais ou a menos numa localidade, causam variações substanciais nas taxas brutas se a população for pequena. Para situações em que não ocorrem casos do evento em algumas regiões, a taxa bruta estima o risco de ocorrência do evento como zero, algo irreal tratando-se de dados como doenças (Santos et al., 2005).

É importante entender que um mesmo número de casos terá diferentes impactos em grupos populacionais de tamanhos distintos, uma vez que a taxa de incidência é calculada como a razão entre o número de casos e o tamanho da população. Em regiões administrativas com populações muito pequenas, poucos casos podem levar a altas taxas, o que, na visão global, pode perturbar a análise do fenômeno. Neste sentido, é necessária a busca por taxas de incidência mais confiáveis (Cunha e Fonseca, 2010).

Dentre as alternativas conhecidas, os Métodos Bayesianos Empíricos têm sido largamente utilizados como solução deste problema. Para estimar o risco de uma área, estes métodos, utilizam-se da informação das outras áreas que compõem a região de estudo, de modo a diminuir o efeito das flutuações aleatórias dos atributos associados ao risco. O resultado são mapas mais suaves e informativos (Assunção et al., 2005).

Castro et al. (2004) explicam que o Estimador Bayesiano Empírico permite que a informação a respeito do risco contida nos dados de todas as outras áreas seja usada para

estimar o risco de uma determinada área. O método elimina parcialmente a variabilidade presente nas taxas brutas que não estão associadas a fatores de risco. Para os autores o estimador Bayesiano é uma das melhores estimativas disponíveis para inferir riscos em pequenas áreas.

O estimador Bayesiano Empírico Global calcula uma média ponderada entre a taxa bruta da localidade e a taxa global da região, razão entre o número total de casos e a população total. O estimador Bayesiano Empírico Local inclui efeitos espaciais, utilizando somente os vizinhos geográficos da área na qual se deseja estimar a taxa, convergindo assim, em direção a uma média local em vez de uma média global. As taxas corrigidas são menos instáveis, pois levam em conta no seu cálculo não só a informação da área, mas também a informação de sua vizinhança (Assunção et al., 1998). Detalhes da formulação do cálculo e exemplos de uso desses estimadores, podem ser encontrados em Câmara et al. (2004).

É no âmbito dessa abordagem que se insere o presente trabalho, pertence à série de estudos sobre a metodologia Bayesiana, para mapeamento de Epidemiologia Espacial. O trabalho introduz resultados de estudos de ocorrência de acasos de dengues, obtidos pelos Estimadores Bayesianos Empírico Global e Empírico Local, comparados à Taxa Bruta. Tem como objetivo central a estimativa da população em risco dos municípios pertencentes ao Estado de Goiás, por intermédio do cálculo de estatística espacial e representações cartográficas.

2. Metodologia de Trabalho

No presente estudo optou-se por trabalhar com métodos cuja efetivação está disponível em programas computacionais gratuitos, e cuja aplicação em dados de saúde pública, é bem conhecida das literaturas específicas. Para a estimativa de riscos de casos de dengue e visualização de sua distribuição espacial, foram empregadas a Taxa Bruta e a abordagem metodológica Bayesiana, baseadas na aplicação dos estimadores espaciais de Taxa Bruta, Bayesiano Empírico Global e Bayesiano Empírico Local.

Todos os cálculos de estatística espacial e representações cartográficas, bem como os diagramas de dispersões utilizados para a comparação dos índices gerados por cada estimador, foram elaborados no programa de Sistema de Informação Geográfica TerraView 4.2.0 que possui ferramentas de análises estatísticas, com foco em análises espaciais e, de fácil manuseio.

Para retratar a taxa de incidência da doença foram utilizados dados de notificações de casos de dengue, registrados no Sistema de Informação de Agravos de Notificações (SINAN-Net) ofertado pelo DATASUS anos base 2009, 2010 e 2011, visando à visualização da evolução temporal da epidemiológica de dengue, nestes três últimos anos.

A base de dados vetorial georreferenciada dos municípios referentes ao Estado de Goiás foi extraída do SIEG (Sistema Estadual de Estatística e de Informação Geográfica de Goiás) e os dados censitários da população residente, em cada município avaliado, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE-Cidade).

Todos os resultados foram obtidos pelo cálculo da dispersão por incidência de casos de dengue em cada município, adotada como a relação do número de casos de dengue notificados para cada 1.000 habitantes. Para tanto, as taxas Bayesianas Global e Local, foram calculadas com correção da taxa multiplicativa igual a 1.000 e, se valendo do número de notificações e do total da população municipal de cada ano observado. A matriz de vizinhança construída e utilizada nas análises foi a do critério de contiguidade, ou seja, usou-se o valor 1 (um) para os municípios vizinhos e o valor 0 (zero) quando os municípios não apresentaram fronteira adjacente.

Para analisar algumas questões socioambientais que podem estar relacionadas à ocorrência da dengue, foram gerados mapas de quintil retratando a percentagem de domicílios

que possuem rede geral de instalação sanitária e abastecimento de água (variáveis que caracterizam o acesso da população a serviços básicos de saneamento adequado). Foi mapeado também, para cada município, o percentual de domicílios particulares permanentes atendidos por coleta de lixo domiciliar. Dados estes, disponíveis no site do IBGE-Cidade, censo 2010.

3. Resultados e Discussão

O Estado de Goiás vem sendo sistematicamente atingido por epidemias de dengue ao longo dos últimos anos. Desde que esta doença passou a ser de notificação compulsória, várias epidemias já foram registradas. Em 2010, foram notificados 102.071 casos prováveis de dengue, um aumento de 135,1% em comparação a 2009 com 43.411 notificações registradas. Já em 2011 foram notificados 33.059 casos, observando assim, um maior controle da doença, com redução de 208,7% de casos prováveis em relação a 2010.

As subnotificações da Taxa Bruta ao expressar os riscos de dengue nas unidades geográficas de população pequena, em comparação com as estimativas Bayesianas, nos três anos analisados, estão representadas na Figura 1.

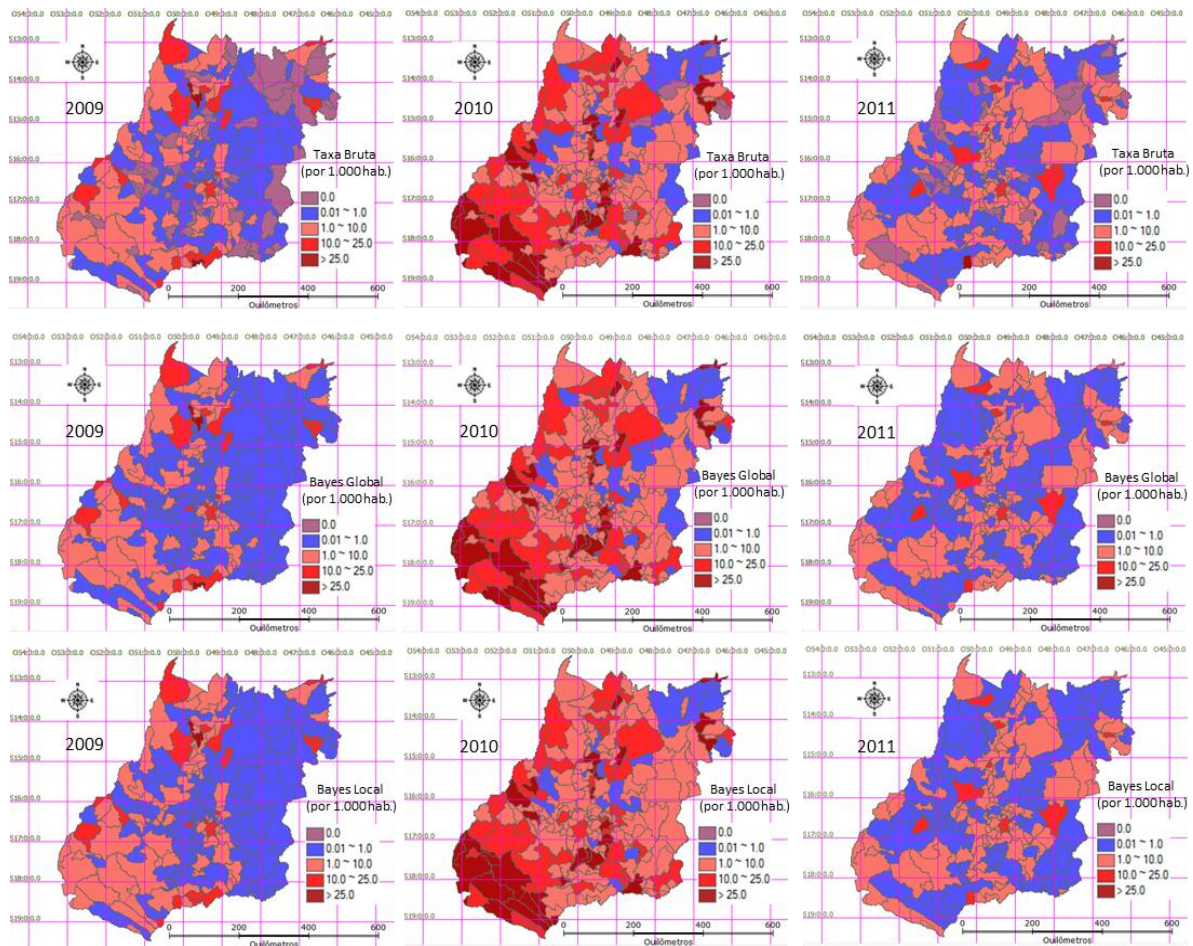


Figura 1. Dispersão de incidências de casos de dengue nos municípios de Goiás, aplicativos da Taxa Bruta e, Estimativas Bayesianas Global e Local (anos base 2009, 2010 e 2011).

Tanto nos mapas como nos diagramas de dispersão, observa-se um grande número de municípios cujo risco da dengue é estimado pela Taxa Bruta como nulo, o que significaria dizer que a população não está sujeita a risco da doença nestas regiões, algo que obviamente não correspondente à realidade. Como correção da Taxa Bruta, a aplicação dos Estimadores Bayesianos Global e Local, resultou na eliminação total dos municípios de risco nulo.

A padronização adotada pelo Programa Nacional de Controle da Dengue do Ministério da Saúde, considera de baixa incidência os municípios que apresentam menos de 1 caso de dengue a cada 1.000 habitantes. De 1 a 3 casos de dengue a cada 1.000 habitantes, de média incidência e, de alta incidência, acima de 3 casos de dengue por 1.000 habitantes.

Na Figura 1, em comparação com os mapas gerados pelos Estimadores Bayesianos, os mapas temáticos de Taxas Brutas apresentam um predomínio maior de números de municípios pertencentes às colorações azul-rosa, que representam valores baixos de taxas de incidência, ou seja, valores de zero a menos de 1 caso de dengue registrado por 1.000 habitantes. Nestes mapas é observada também a maior dispersão dos municípios pertencentes à coloração vermelho-rosa, por todo o Estado, ou seja, municípios que representam taxas acima de 1 caso por 1.000 habitantes.

Para os mapas de Taxas Bayesianas Global o padrão observado é de predomínio de valores em torno de uma média global, com formação de áreas de *clusters*, apresentando taxas menores, e outras, apresentando taxas bem maiores. Já nos mapas de Taxas Bayesianas Local verifica-se um padrão mais avermelhado da coloração, principalmente no mapa referente ao ano base de 2010, evidenciando o surto epidemiológico da doença registrado neste ano, em comparação com os anos de 2009 e 2011.

Na taxa Bayesiana Local os municípios próximos no espaço possuem tons semelhantes, permitindo visualizar mais precisamente os padrões de associação espacial, ou seja, a regionalização local do melhor grupamento dos municípios vizinhos, com altos ou baixos índices de ricos.

A Figura 2 apresenta diagramas de dispersão entre as Taxas Brutas e as Taxas Bayesianas Empíricas Global e Local. O eixo da abcissa representa a Taxa Bruta, o eixo da ordenada representa as Taxas Bayesianas e cada ponto representa um município.

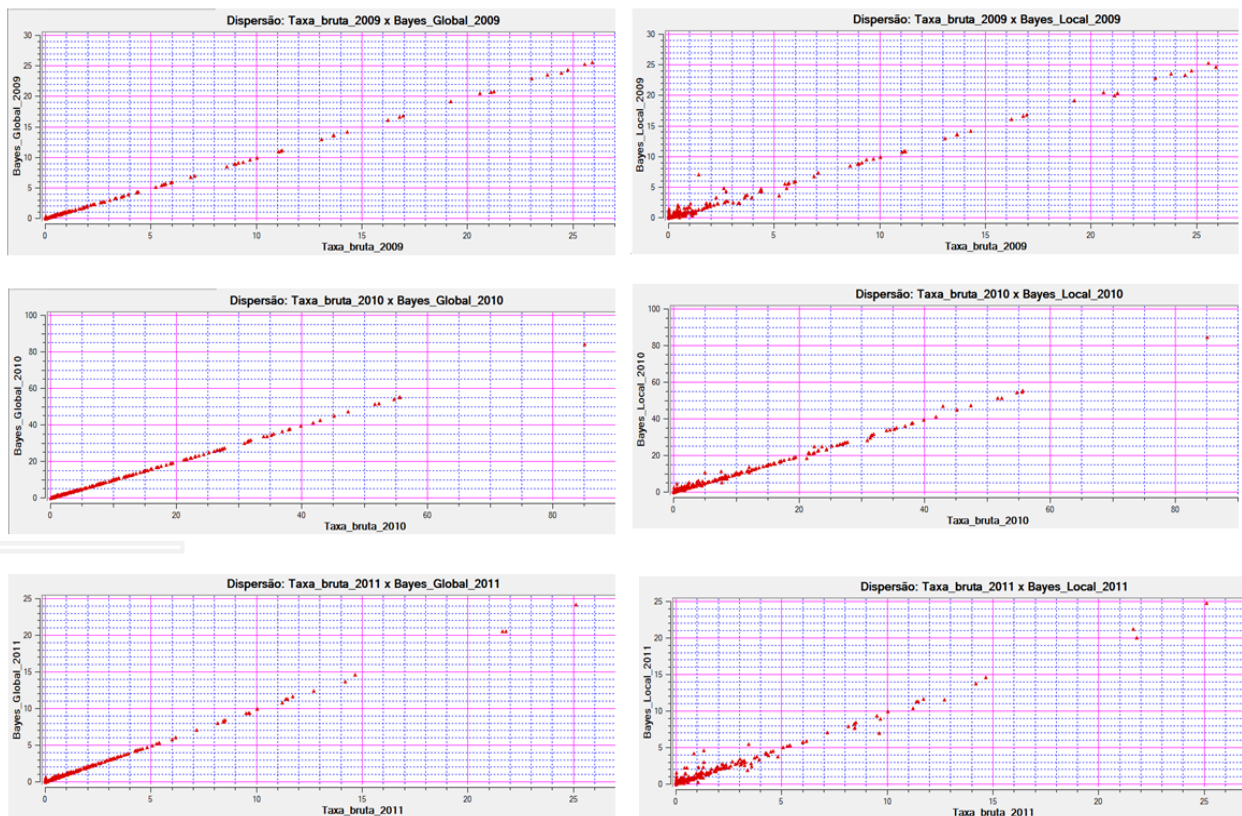


Figura 2. Diagramas de dispersão da Taxa Bruta em comparação com as Estimativas Bayesianas Global e Local.

No comportamento seqüencial das estimativas, os diagramas revelam que nas variáveis corrigidas pela Estimativa Local os valores se dispersam mais da Taxa Bruta do que nas variáveis corrigidas pela Estimativa Global, em ambos os três anos analisados.

Verifica-se que a maior concentração da dispersão linear dos valores plotados, situa-se principalmente na proximidade da base dos diagramas, ou seja, nos pontos que representam os municípios de população pequena e de baixas notificações, o que evidencia a subnotificação da representação da Taxa Bruta. Uma vez que a dispersão concentra-se nos valores de baixas notificações, este fato reflete também, na menor dispersão apresentada pelos Diagramas Bayesianos representativos do ano de 2010, que possuem maiores taxas de surto epidemiológico de dengue, em comparação com os anos de 2009 e 2011.

O gráfico da Figura 3 corrobora para a quantificação e visualização da correção da subnotificações da Taxa Bruta em relação aos índices gerados pelos Estimadores Bayesianos.

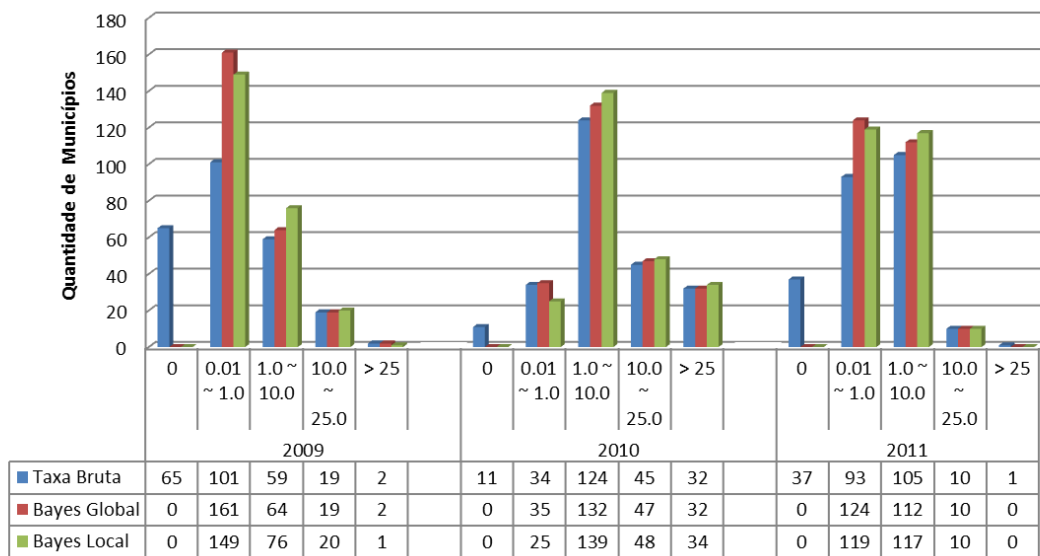


Figura 3. Quantidade de municípios pelo número de casos de dengue notificados no Estado de Goiás, anos base 2009, 2010 e 2011.

No ano de 2009 dos 246 municípios de Goiás estimados pela Taxa Bruta, 166 possuem valores menores que 1 caso de dengue por 1.000 habitantes e, 80 possuem valores maiores que 1 caso de dengue por 1.000 habitantes. Para a estimativa Bayesiana Global estes índices corrigidos foram de 161 municípios com menos de 1 caso de dengue por 1.000 habitantes e 85 municípios com índices superior a 1 caso por 1.000 habitantes.

Na estimativa Local os valores foram de 149 municípios com menos de 1 caso por 1.000 habitantes e 96 municípios com mais de um caso registrado por 1.000 habitantes, ou seja, a Estimativa Local apresentou 16 municípios a mais com média a alta incidência em comparação a Taxa Bruta. Para o índice Global, este valor foi de 5 municípios a mais para todo o Estado de Goiás.

Os cálculos da Taxa Bruta revelaram também, que do total de municípios analisados, 45 possuem índices menores que 1 caso de dengue para cada 1.000 habitantes, com 201 municípios possuindo valores maiores que 1 caso a cada 1.000 habitantes em 2010. No ano de 2011 foi verificado 130 municípios com baixo índice de dengue e, 160 municípios com média a alta incidência da doença.

Estes valores corrigidos na estimativa Global foram de 35 municípios com mesmo de 1 caso de dengue a cada 1.000 habitantes e de 211 municípios com média a alta incidência, ano

base 2010. Para o ano de 2011 os valores registrados foram 124 municípios com menos de 1 caso a cada 1.000 habitantes e 122 municípios com mais de 1 caso para cada 1.000 habitantes.

Na estima Bayesiana Local, que considera somente as áreas adjacentes na correção da Taxa Bruta, os índices estimados foram de 25 municípios com incidência de 1 caso por 1.000 habitantes e 221 municípios com mais de 1 caso por 1.000 habitantes, observados no ano de 2010. Para o ano de 2011 as taxas corrigidas foram de 119 municípios com baixa incidência e 127 municípios com média a alta incidência.

Em suma, na Estimativa Local foram contabilizados 20 municípios a mais com média a alta incidência de caso de dengue no ano de 2010 e 11 municípios a mais no ano de 2011, em relação aos valores registrados pela Taxa Bruta. Na Estimativa Bayesiana Global estes valores contabilizados foram de 10 municípios a mais com média a alta incidência em 2010 e de 6 municípios a mais em 2011.

Nos mapas da Figura 4 verifica-se que não existe uma correlação direta de municípios, com alto índice de dengue e, precariedade do saneamento básico e da coleta de lixo domiciliar. Mesmo nos mapas das taxas corrigidas, os índices elevados estão mais associados à influência da proximidade dos municípios a capital do Estado e do Distrito Federal, bem como das características de sua estrutura populacional, do que com as próprias questões socioambientais analisadas.

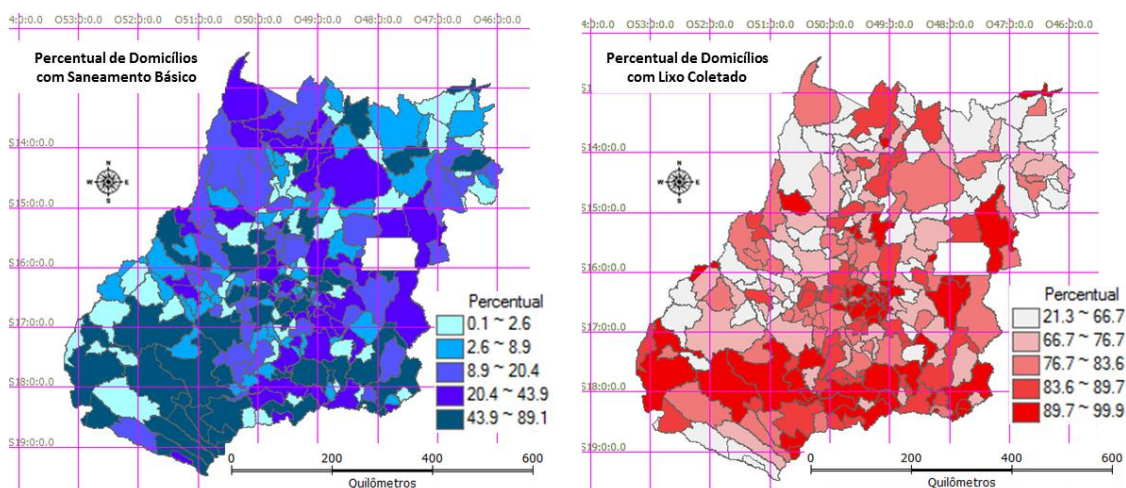


Figura 4. Mapas das estimativas espaciais para as variáveis socioambientais.

4. Conclusões

Os mapas de dispersão de incidências ajudam a visualizar quais são os municípios que ainda possuem taxas elevadas, prioritários para a atuação da vigilância epidemiológica Estadual. Nestes mapas observa-se que a maior percentagem de municípios com média a alta incidência da doença, concentram-se nas regiões central e sudoeste do Estado, em Goiânia e seu entorno e no entorno do Distrito Federal.

Verifica-se que a multiplicação da doença no espaço geográfico é proporcionada principalmente pela elevada circulação da população entre cidades de importância política, econômica e administrativa e das áreas de influência dos municípios de fronteiras, com o estado do Mato Grosso do Sul. Estado este, que têm sofrido vários surtos epidemiológicos de dengue, contribuintes no alcance geográfico de mosquitos vetores e vírus.

As Abordagens Bayesianas utilizadas contribuíram para a suavização dos índices notificados, reduzindo a alta variação que ocorre em razão de flutuações aleatórias do cálculo das Taxas Brutas. O trabalho demonstrou que os Estimadores Bayesianos ajudaram a

minimizar os problemas de subnotificação e da influência do tamanho populacional, nos municípios goianos.

Os resultados da implementação das ferramentas de geoprocessamento podem ser considerados como dados úteis para os profissionais da área da saúde, em especial os da epidemiologia, uma vez que contribuem na identificação de padrões espaciais dos eventos estudados, salientando regiões com altas ou baixas taxas do evento analisado.

Referências Bibliográficas

Assunção, R. M.; Barretos, S. M.; Guerra, H. L.; Sakurai, Emília. Mapas de taxas epidemiológicas: uma abordagem Bayesiana. **Caderno de Saúde Pública**, v. 14, n. 4, p. 713-723, 1998.

Assunção, P. R.; Schmertmann, C.; Potter, J.; Cavenaghi, S. Empirical Bayes Estimation of Demographic Schedules for Small Areas. **Statistics in Medicine**, v. 42, p. 537-558, 2005.

Boletim Epidemiológico de Dengue do Portal da Saúde. Disponível em: < <http://portal.saude.gov.br>>. Acessado em: junho de 2012.

Câmara, G.; Carvalho, M. S.; Cruz, O. G.; Correa, V. Análise espacial de áreas. In: Druck, S.; Carvalho, M. S.; Câmara, G.; Monteiro, A. V. M. (Org.). **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004. cap. 5.

Castro, M. S. M.; Silva, B. F. A.; Assunção, R. M.; Beato Filho, C. C. Regionalização como estratégia para a definição de políticas públicas de controle de homicídios. **Caderno de Saúde Pública**, v. 20, n. 5, p. 1269-1280, 2004.

Cunha, R. G.; Fonseca, A. B. M. A epidemia de dengue em 2007-2008 no Município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil: uma investigação de seus padrões espaciais e temporais. In: 19º SINAPE - Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística, 2010, São Pedro, SP. **Anais...** São Pedro, SP: ABE, 2010. Trabalho completo, p. 1-6. CD-ROM, On-line. Disponível em: <<http://www.ime.unicamp.br/sinape/19sinape/node/358>>. Acessado em: jul. 2010.

IBGE-Cidade. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: julho de 2012.

Santos, A. E. dos; Rodrigues, A. L.; Lopes, D. L. Aplicações de estimadores bayesianos empíricos para análise espacial de taxas de mortalidade. In: VII Simpósio Brasileiro de Geoinformática, 2005, Campos do Jordão, SP. **Anais...** Campos do Jordão, SP: INPE, 2005. Artigo, p. 300-309. CD-ROM, On-line. Disponível em: <<http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/geoinfo%4080/2006/07.11.13.29/doc/P63.pdf>>. Acessado em: abril de 2012.

SINAN-Net. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil. Disponível em: <<http://www.datasus.gov.br>>. Acesso em: agosto de 2012.