

ARBOALVO: estratificação territorial para definição de áreas de pronta resposta para vigilância e controle de arboviroses urbanas em tempo oportuno

ARBOALVO: territorial stratification for definition of areas for prompt response by surveillance and timely control of urban arbovirus infections

ARBOALVO: estratificación territorial para la definición de áreas de respuesta rápida para la vigilancia y control de arbovirosis urbanas en el momento oportuno

*Jefferson Pereira Caldas dos Santos 1,2
Hermano Gomes Albuquerque 2,3
Alexandre San Pedro Siqueira 2,3
Heitor Levy Ferreira Praça 2,3
Leandro Vouga Pereira 2,3
Alessandre de Medeiros Tavares †
Eduardo Viana Vieira Gusmão 4
Paulo Roberto de Abreu Bruno 5
Christovam Barcellos 6
Marília de Sá Carvalho 7
Paulo Chagastelles Sabroza 5
Nildimar Alves Honório 2,3*

doi: 10.1590/0102-311X00110121

Resumo

O objetivo deste trabalho foi apresentar a proposta metodológica denominada de "Pronta Resposta" modelada nas cidades de Belo Horizonte (Minas Gerais) e Natal (Rio Grande do Norte), Brasil. A metodologia visa identificar e delimitar áreas prioritárias para o direcionamento das ações de vigilância em tempo oportuno, buscando a redução da intensidade e velocidade da dispersão de epidemias em áreas urbanas endêmicas. Para tanto, a metodologia utiliza três variáveis, que representam as causas necessárias para a produção e reprodução da dengue: casos notificados (vírus), ovos de Aedes (vetor) e população (hospedeiro). Trata-se de um estudo ecológico que utilizou os dados dos três planos de informações agregados em escalas temporais e espaciais mais finas, de três a quatro semanas e grades de 400 a 600 metros respectivamente. As áreas de pronta resposta foram definidas por meio de análise estatística de varredura Scan, com definição de clusters espaciais simultâneos para os três planos por meio do programa SaTScan. Os resultados observados foram: na cidade de Natal, as áreas definidas como pronta resposta ocuparam em média 15,2% do território do município e concentraram 67,77% dos casos de dengue do período posterior ao utilizado na delimitação das áreas de pronta resposta, e em Belo Horizonte, os números observados foram de 64,16% dos casos em 23,23% do território. Esses resultados foram obtidos em duas cidades com realidades socioambientais e geográficas diferentes e com perfis epidemiológicos também distintos, apontando que a metodologia pode ser aplicada em diferentes realidades urbanas, criando a possibilidade de os programas de controle atuarem em porções reduzidas do território e impactar num alto percentual de casos em tempo oportuno.

Dengue; Arboviroses; Vigilância

Correspondência

*J. P. C. Santos
Rua Ângelo Bittencourt 72, Rio de Janeiro, RJ
20560-210, Brasil.
jefferson.santos@far.fiocruz.br*

¹ Instituto de Tecnologia em Fármacos, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.

² Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.

³ Núcleo Operacional Sentinel de Mosquitos Vetores, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.

⁴ Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte, Belo Horizonte, Brasil.

⁵ Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.

⁶ Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.

⁷ Programa de Computação Científica, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.

† Falecido.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições, desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Introdução

A dengue é uma doença infecciosa aguda causada pelos vírus DENV e transmitida por fêmeas infecadas de mosquitos do gênero *Aedes*, em especial o *Aedes aegypti*, que se encontra em plena expansão global. A emergência dos vírus Zika e chikungunya em áreas de transmissão endêmica da dengue, com que compartilham o principal vetor, impôs novos e importantes desafios para as políticas de vigilância e controle de arboviroses, se configurando atualmente como uma questão relevante de saúde pública no Brasil e no cenário internacional^{1,2,3}.

As graves sequelas já conhecidas das infecções pelos três arbovírus somam-se as incertezas diante da pouca compreensão sobre as repercussões clínicas em situações de hiperendemicidade e a circulação simultânea de dengue, Zika e chikungunya, mais especificamente, frente às infecções sequenciais ou mesmo coinfecções^{4,5,6}.

Fatores como o crescimento urbano não planejado e suas repercussões nas condições de infraestrutura, associados às condições climáticas favoráveis e à mobilidade humana, favorecem a proliferação do *Ae. aegypti*, ao mesmo tempo em que dificultam as ações de prevenção e controle^{7,8}.

No Brasil, a circulação simultânea desses arbovírus ampliou sensivelmente a magnitude dos problemas relacionados às arboviroses transmitidas pelo *Ae. aegypti* em ambientes urbanos^{9,10,11}. Nesse sentido, estratégias de controle vetorial que integrem informações entomológicas, epidemiológicas e características socioambientais particulares de cada território são prementes para o manejo integrado das arboviroses urbanas¹².

A maioria das medidas de controle vetorial tem demonstrado um certo grau de efetividade¹³, como as visitas domiciliares para cobertura de recipientes de desenvolvimento larval produtivos, o uso de larvicida (Pyriproxyfen) para regular o crescimento de insetos e o tratamento espacial a partir de aplicações com ultra baixo volume (popularmente conhecidos como carros “fumacê”). Essas estratégias possuem efetividade se sua operacionalização é padronizada, realizada de forma intensiva, com ampla cobertura territorial e sustentada no tempo². Sob as condições de rotina dos serviços de controle, nenhuma dessas medidas demonstrou potencial para impedir a transmissão em longo prazo, em grande medida pelos desafios de implementação^{14,15}.

Diante da limitação de recursos para a aplicação de estratégias de controle vetorial em todo o território, associada à heterogeneidade espacial e suas demandas por ações específicas para cada contexto, destaca-se a relevância de estratégias de estratificação de áreas de risco a que seja possível incorporar a complexidade do território e gerar informações em tempo oportuno, subsidiando ações de controle vetorial e bloqueio da transmissão viral⁸.

Além disso, por conta de sua complexa rede de determinação geográfica de causalidades, os processos que resultam na produção e reprodução das arboviroses são entendidos como a dinâmica de transmissão associada aos seus determinantes sociais, ambientais e territoriais. Dessa maneira, precisa ser abordado em diferentes escalas temporais e espaciais, o que exige a adoção de políticas públicas intersetoriais de longo, médio e curto prazos, a serem implementadas de acordo com as especificidades de cada porção do território⁸. Vale destacar que o conhecimento do território, de modo a se definirem prioridades nos processos de planejamento, alocação de recursos e orientação programática, é um dos princípios da Política Nacional de Vigilância em Saúde¹⁶.

Nesse cenário, o mapeamento de risco, também conhecido como projeto ARBOALVO, que visa estratificar áreas prioritárias de intervenção para arboviroses urbanas transmitidas por *Aedes*, tem atuado em diferentes escalas espaciais e temporais, se revelando uma estratégia promissora para identificar localidades prioritárias em períodos cujo risco de transmissão esteja acima do esperado. Ademais, o projeto ARBOALVO elaborou um conjunto de propostas metodológicas de estratificação de áreas de risco para dengue, Zika e chikungunya em cidades endêmicas brasileiras em sintonia com o Ministério da Saúde e Secretarias Municipais de Saúde: Belo Horizonte (Minas Gerais), Campo Grande (Mato Grosso do Sul), Natal (Rio Grande do Norte) e Recife (Pernambuco), com base em três princípios orientadores: (a) utilização de dados produzidos pelos serviços de saúde locais e por outras agências governamentais; (b) adoção de programa de formação para o fortalecimento dos serviços de vigilância e controle locais; e (c) reconhecimento e análise da realidade epidemiológica, entomológica, sociossanitária e territorial local como determinante no processo de manutenção da transmissão de arboviroses urbanas^{17,18}. Com efeito, a identificação de conglomerados espaço-temporais de casos de

arboviroses, quando aplicada em escalas territoriais operacionalizáveis pelos serviços de vigilância, é essencial para orientar ações localizadas e imediatas no território, capazes de impactar significativamente a força e a magnitude de transmissão dessas doenças⁸.

Este trabalho apresenta a metodologia de “Pronta Resposta” para direcionamento de ações de vigilância e controle para arboviroses urbanas, com capacidade de identificar áreas prioritárias para intervenção imediata com vistas à vigilância e ao controle da transmissão, a partir das condições que propiciam o desenvolvimento de arboviroses urbanas associadas ao mosquito *Ae. aegypti*. Para tanto, utiliza variáveis disponíveis na rotina de vigilância vetorial dos municípios do estudo – que não se compara à da maioria dos municípios brasileiros, principalmente no que tange aos dados de monitoramento sistemático por ovitrampas –, tais como a densidade populacional humana, a de ovos de *Aedes* e a incidência da arbovírose (que neste estudo é a dengue). Tais pressupostos técnicos permitem que essa metodologia seja adotada em diversos outros territórios, o que contribui para a criação de modelos de risco e alertas precoces, a partir do estudo realizado em dois municípios endêmicos brasileiros: Belo Horizonte e Natal.

Metodologia

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em duas capitais brasileiras consideradas endêmicas para a dengue: Belo Horizonte e Natal.

Belo Horizonte é a sexta maior cidade do país e a capital do Estado de Minas Gerais, localizado na Região Sudeste do país. Sua população estimada é de 2,5 milhões de habitantes, distribuídos em uma extensão territorial de 331,401km²¹⁹. A cidade está localizada nas coordenadas geográficas 19°49'01"S e 43°57'21"O, em uma altitude de 852m acima do nível do mar. O clima é caracterizado por um inverno seco e verão chuvoso, com temperatura média anual de 21°C, 65% de umidade relativa do ar e precipitação média de 1.500mm²⁰. O município é dividido em nove regiões administrativas que coincidem com os limites do território dos Distritos Sanitários (DS), estrutura de saúde tecnicamente vinculada à Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte (SMS-BH). Os DS se subdividem em 152 áreas de abrangência das unidades básicas de saúde, em que se desenvolvem ações de vigilância e promoção à saúde (Figura 1).

Natal é a capital do Estado do Rio Grande do Norte, situado no litoral da Região Nordeste do Brasil. Possui aproximadamente 870 mil habitantes distribuídos em 167km² de área¹⁹. Localizada nas coordenadas geográficas 05°47'42"S e 35°12'32"O, com altitude de 31m, seu clima é tropical úmido, com temperatura média anual de 28°C, caracterizado por estação chuvosa curta, temperaturas quentes e alta umidade relativa ao longo do ano²⁰. O município é dividido em 36 bairros, que compõem quatro regiões administrativas com diferentes características territoriais, físicas, demográficas e de infraestrutura (Figura 1).

Aspectos éticos

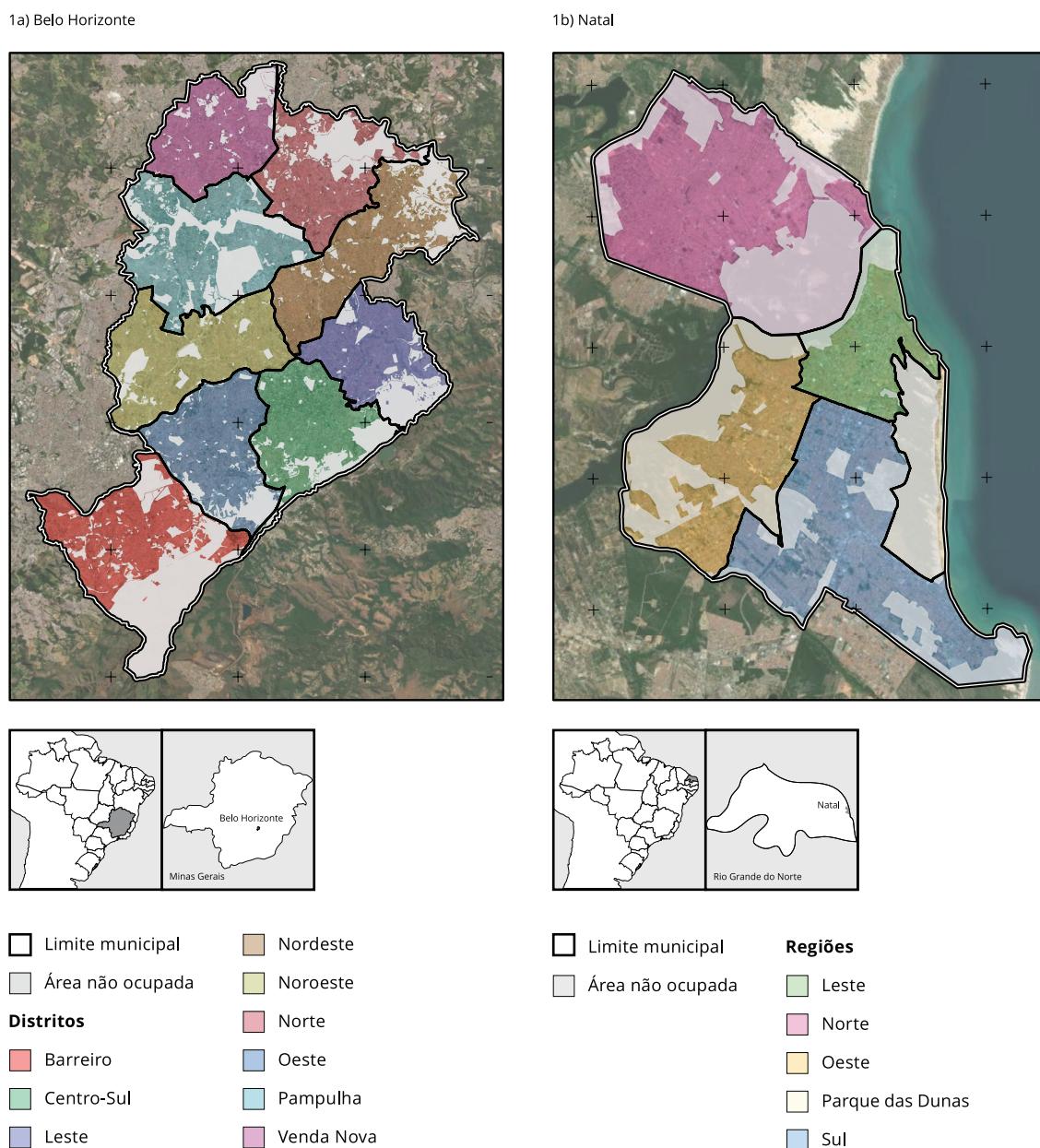
O presente estudo foi aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz (CAAE 51057015.5.0000.5537).

Aquisição e integração das diferentes bases de dados

Foram compiladas e compatibilizadas bases de dados entomológicos, epidemiológicos e demográficos em um sistema de informação geográfica (SIG). Por se tratar de dados de diferentes origens e geometrias, optou-se pela criação de grades que cobrissem toda a área habitada das cidades, com resolução espacial que permitisse a construção de indicadores de situação, bem como sua operacionalização para o trabalho de campo de agentes de saúde e técnicos de vigilância.

Figura 1

Mapa de localização e divisão administrativa dos municípios de Belo Horizonte (Minas Gerais) e Natal (Rio Grande do Norte), Brasil.



As malhas cartográficas no formato digital referentes aos setores censitários e às faces de rua dos municípios de Belo Horizonte e Natal foram adquiridas junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os bancos de dados referentes à população e ao número de domicílios foram obtidos, respectivamente, a partir do *Censo Demográfico* de 2010 e do Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE), ambos realizados pelo IBGE²¹. Os dados de notificação de casos (confirmados e suspeitos) de dengue nos anos de 2016 e 2017, registrados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), foram obtidos junto às Secretarias Municipais de Saúde das

cidades de Belo Horizonte e de Natal, respectivamente, georreferenciados por endereço de residência por ambas as secretarias. Os dados das ovitrampas para 2016 e 2017 foram obtidos das secretarias municipais supracitadas e foram georreferenciados pelos pares de coordenadas de cada ponto de instalação das ovitrampas.

Construção da base cartográfica das Unidades de Pronta Resposta

Esses planos de informação (camadas de um SIG) foram compatibilizados por meio de operações algébricas de mapas em grades regulares, que constituíram as bases cartográficas das Unidades de Pronta Resposta (UPR). A definição das distâncias para construção de cada grade foi orientada pelo diálogo com os gestores locais que, por sua vez, as definiram com base na capacidade operacional do serviço, bem como na disposição territorial das ovitrampas. Em Natal, a distância média entre as armadilhas é de 600m e em Belo Horizonte, de 400m. Já os dados populacionais oriundos das grades estatísticas do IBGE possuem uma resolução espacial de 200m. Desse modo, optou-se por uma grade formada por células de 600m para Natal e 400m para Belo Horizonte, que compõem as unidades de agregação e análise dos dados.

Construção dos planos de informação

A escolha por utilizar anos diferentes para cada cidade é justificada pela intenção de avaliar a metodologia em diferentes contextos epidemiológicos, socioambientais e operacionais. Optou-se por utilizar um ano epidêmico com taxa de incidência acima de 400 casos por 100 mil habitantes²² (2016 para Belo Horizonte) e outro não epidêmico (2017 para Natal).

Os três planos de informação utilizados neste trabalho foram agregados nos recortes temporais e espaciais escolhidos para cada cidade. Para o Município de Natal, foi utilizada a escala temporal de três semanas e a espacial de 600m e em Belo Horizonte a escala temporal foi de quatro semanas e a espacial de 400m. As escalas temporais foram definidas com base na capacidade operacional do serviço de vigilância de cada município, levando em conta dois critérios: a periodicidade da produção dos dados entomológicos, que em Natal é semanal e em Belo Horizonte quinzenal, e o tempo de processamento da informação, execução da análise e planejamento de estratégias de acordo com os resultados obtidos. Essa discussão foi feita em conjunto com a gestão municipal e, ao agregar os dois critérios, chegou aos recortes temporais de três semanas em Natal e quatro em Belo Horizonte.

Dados populacionais

O plano de informação foi construído utilizando dois bancos distintos: o de face de ruas e o de setores censitários, ambos disponibilizados pelo IBGE. Primeiramente, a malha cartográfica de faces de rua no formato de linha, com o número de domicílios para cada face, foi transformada para o formato de pontos com o valor do número de domicílios associado. No segundo momento, por meio da interseção da malha cartográfica de face de ruas no formato de pontos com a malha de setores censitários (que possui o valor médio de moradores por domicílio associado), foi possível atribuir à malha cartográfica de faces de rua no formato de pontos a informação da média de moradores por domicílio do setor correspondente a cada ponto. A terceira etapa foi caracterizada pela multiplicação da informação do número de domicílios por face de rua pela média de moradores por domicílio do setor censitário ao qual ela pertence. Obteve-se, assim, uma estimativa populacional mais precisa que a usualmente utilizada (escala de setor censitário). Num quarto momento, foi realizada a interpolação desses valores pelo método da Ponderação pelo Inverso da Distância (IDW), o que gerou uma superfície contínua com dados populacionais para todo o território municipal. Finalmente, agregamos pela média os dados do raster gerado pela interpolação pela malha cartográfica de grades regulares das UPR de 360.000m² e 160.000m² para Natal e Belo Horizonte, respectivamente.

Dados entomológicos

O plano de informação entomológico foi construído com dados de números de ovos de *Aedes* oriundos do monitoramento por ovitrampas realizado em cada município, considerando que Natal faz a instalação e a coleta das suas 397 armadilhas de oviposição a cada semana, enquanto Belo Horizonte faz quinzenalmente o mesmo com as suas 1.785 ovitrampas. A ovitrampa consiste em um recipiente plástico da cor preta (500mL de volume), com uma palhetas de compensado de Eucatex (com dimensões aproximadas de 12,5cm de comprimento x 5,5mm de espessura x 2,5cm de largura) presa por um clipe na sua borda. A parte rugosa da palhetas deve ficar voltada para o lado do centro do vaso, local onde as fêmeas de *Aedes* depositam seus ovos²³. Primeiramente, foi construído um banco de dados geográficos, com o número de ovos de *Aedes* detectado em cada ovitrampa, agregados pelo recorte temporal utilizado na modelagem para cada município (três semanas para Natal e quatro para Belo Horizonte). Com os dados agregados, foi realizada a espacialização das ovitrampas e a criação da malha cartográfica, no formato de pontos, com os dados de número de ovos de *Aedes* agregados. Posteriormente, foi realizada a interpolação pelo método IDW para obter uma superfície contínua com dados de número de ovos de *Aedes* para todo o território. A última etapa consistiu em agregar pela média os valores do raster gerado pela interpolação na malha cartográfica de grades regulares das UPR para Natal e Belo Horizonte, respectivamente.

Dados epidemiológicos

O plano de informação epidemiológico foi construído com dados dos casos notificados de dengue de 2016 para o Município de Belo Horizonte e de 2017 para o Município de Natal, ambos obtidos a partir do SINAN. Primeiramente, os bancos foram trabalhados e processados para a retirada das duplicidades e das inconsistências. A seguir, foi realizado o georreferenciamento dos casos pelo endereço de residência com o uso de ferramentas de geocodificação automática pelos municípios e posterior revisão com taxa de localização de 100% para Natal e de 92% para Belo Horizonte. Os casos georreferenciados foram agregados na escala temporal de três semanas para Natal e de quatro para Belo Horizonte, de acordo com as grades de UPR. Todos os dados, entomológicos, epidemiológicos e demográficos, foram reunidos e compatibilizados em um SIG.

Detecção de conglomerados espaciais (SaTScan)

A grade de UPR foi convertida em pontos que representam o centroide de cada célula dessa unidade. Quando esse ponto se localizava em áreas não habitadas, foi feito seu deslocamento para as áreas ocupadas de cada UPR²⁴.

Foi realizada a análise de conglomerados espaciais simultâneos (*clusters*) para identificar áreas com alto risco para os planos de informação do número de casos notificados, contagem de ovos de *Aedes* e população para cada recorte temporal utilizado em cada cidade do estudo. Foram usados como *offset* (denominador) população para o número de casos (incidência de casos de dengue), e para dados de contagem de ovos foi utilizada a área da quadrícula (UPR), gerando uma informação *proxy* de densidade de ovos de *Aedes* (ovos/m²). O mesmo processo foi realizado com os dados de contagem da população humana.

Foi empregada a estatística de varredura Scan para múltiplos dados²⁵ para detecção e identificação dos *clusters* simultâneos com maior risco nas UPR. Foi utilizada em ambas as análises a distribuição de probabilidade de Poisson, com simulação de Monte Carlo e 999 repetições com nível de significância de 5%. O teste de razão de verossimilhança (LLR) foi utilizado para avaliar a formação dos *clusters*. O *cluster* mais provável é o que possui o maior valor de LLR.

Para evitar efeitos indesejados ligados a diferentes tamanhos de janela de varredura²⁶, foram utilizados, após testes com diferentes tamanhos para a janela, o percentual máximo de 10% da população total do município. Esse critério possibilitou que o bairro mais populoso formasse um conglomerado, além de garantir que a plausibilidade epidemiológica dos resultados apresentados fosse adequada às escalas espaciais de operação dos serviços de combate e controle das arboviroses dos dois municípios.

Quanto ao fator temporal, foram utilizados os *clusters* que ocorreram em até 50% do período do estudo, este valor é o padrão do programa e se mostrou válido.

A metodologia Scan foi realizada no programa SaTScan, versão 9.4.2 (<http://www.satscan.org>), e as técnicas de geoprocessamento e mapeamentos foram realizadas no programa ArcGis 10.2 (<http://www.esri.com/software/arcgis/index.html>).

Definição de áreas prioritárias persistentes para pronta resposta

Para analisar a persistência espacial das áreas definidas como de pronta resposta em ambos os municípios, os *clusters* definidos para cada período analisado foram mapeados e posteriormente sobrepostos e somados por meio da metodologia de álgebra de mapas. Um mapa síntese foi construído para cada município com a indicação de quantas vezes na série temporal do estudo determinada área foi classificada como de pronta resposta.

Validação dos resultados da análise de conglomerados espaciais

Para testar a capacidade preditiva de curto prazo das áreas definidas como de pronta resposta, foram sobrepostos os casos de dengue georreferenciados do período (grupamento de semanas, no caso, três para Natal e quatro para Belo Horizonte) posterior ao utilizado para a delimitação das áreas de pronta resposta e calculado o percentual de casos localizados na zona de influência (*buffer* com valor do raio das UPR) daquelas anteriormente definidas. Além do cálculo dos percentuais de casos posteriores que caíram em áreas de pronta resposta definidas anteriormente, também foi calculada a taxa de casos incidentes por 100 mil habitantes do período posterior nas áreas delimitadas anteriormente como de pronta resposta e nas que não o foram. Esse processo foi realizado para todos os períodos analisados no estudo para ambas as cidades.

A mesma estratégia foi utilizada para validar as áreas de pronta resposta persistentes no Município de Belo Horizonte, com o uso dos casos notificados de dengue de 2017 geocodificados para a sobreposição das áreas de pronta resposta de 2016 em cada nível de persistência e na totalidade das áreas.

Resultados

Município de Natal

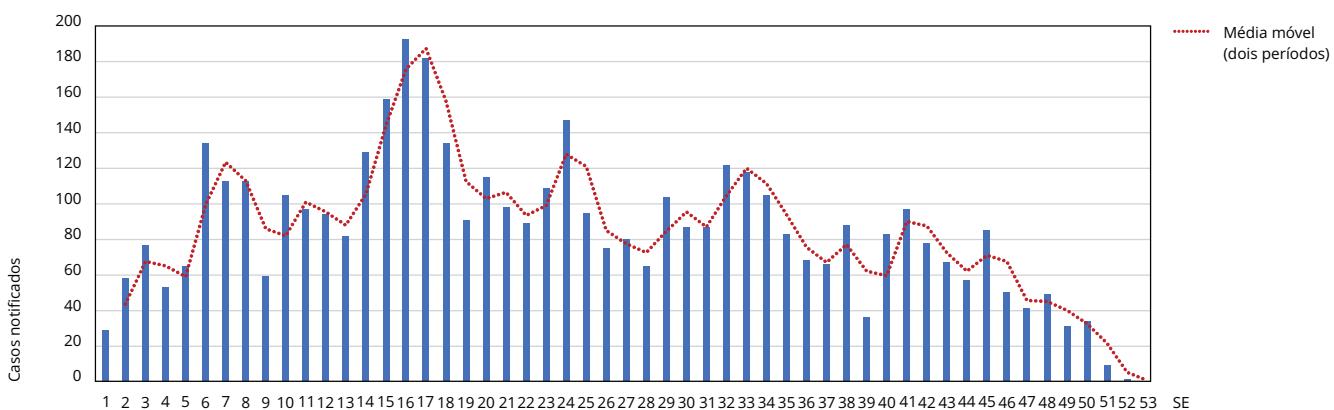
Foram notificados no Município de Natal 4.486 casos de dengue em 2017, com maior frequência observada entre as Semanas Epidemiológicas (SE) 14 e 18 (797 casos) e a menor entre as SEs 49 e 52 (75 casos). A curva de casos de dengue do período analisado não sugere um padrão de ano epidêmico, que em geral apresenta um aumento acentuado nos primeiros meses do ano. Foi observada sazonalidade levemente marcada, com aumento da frequência de casos de dengue até a janela das SEs 15 a 17, seguida de redução com estabilização até o final da série analisada (Figura 2).

O potencial preditivo da metodologia para o Município de Natal aponta que as áreas definidas como pronta resposta ocuparam em média 15,2% do território do município e concentraram 67,77% dos casos notificados de dengue no período posterior ao utilizado na delimitação das áreas de pronta resposta. Além disso, apresentaram aproximadamente um valor de incidência de casos do período posterior cinco vezes maior que as áreas não classificadas como de pronta resposta (Tabela 1).

A área definida para pronta resposta situada entre as regiões oeste e sul da cidade é um conglomerado espacial de alta incidência, densidade populacional e de ovos de *Aedes* que se repete ao longo de toda a série temporal (10 períodos) (Figura 3). Na região norte do município foram observadas áreas de pronta resposta em quase toda a série temporal do estudo. Há outros conglomerados que se formaram ao longo do período de análise, mas sem apresentar um padrão de contiguidade espacial (Figuras 2 e 4).

Figura 2

Série temporal dos casos notificados de dengue em Natal, Rio Grande do Norte, Brasil, até a Semana Epidemiológica (SE) 53 de 2017.

**Tabela 1**

Dados relativos sobre área, casos e incidência de dengue em áreas de pronta resposta (*clusters*) em relação à área total do Município de Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

Áreas de pronta resposta/Semanas Epidemiológicas	% da área total do município	% casos do período posterior em áreas de pronta resposta	Taxa de incidência * dos casos do período posterior em áreas de pronta resposta	Taxa de incidência * dos casos do período posterior fora das áreas de pronta resposta
(1) 3 a 5	15,13	71,39	103,13	17,94
(2) 6 a 8	18,08	67,82	60,31	15,86
(3) 9 a 11	18,82	69,84	65,34	18,50
(4) 12 a 14	13,10	47,00	110,20	47,53
(5) 15 a 17	17,53	72,94	93,22	16,51
(6) 18 a 20	16,42	79,39	79,64	11,55
(7) 21 a 23	12,73	74,45	96,41	14,00
(8) 24 a 26	7,93	45,78	85,79	19,55
(9) 27 a 29	14,76	73,31	84,95	13,91
(10) 30 a 32	17,53	75,82	79,88	13,89
Período todo	15,20	67,77		

* Por 100.000 habitantes.

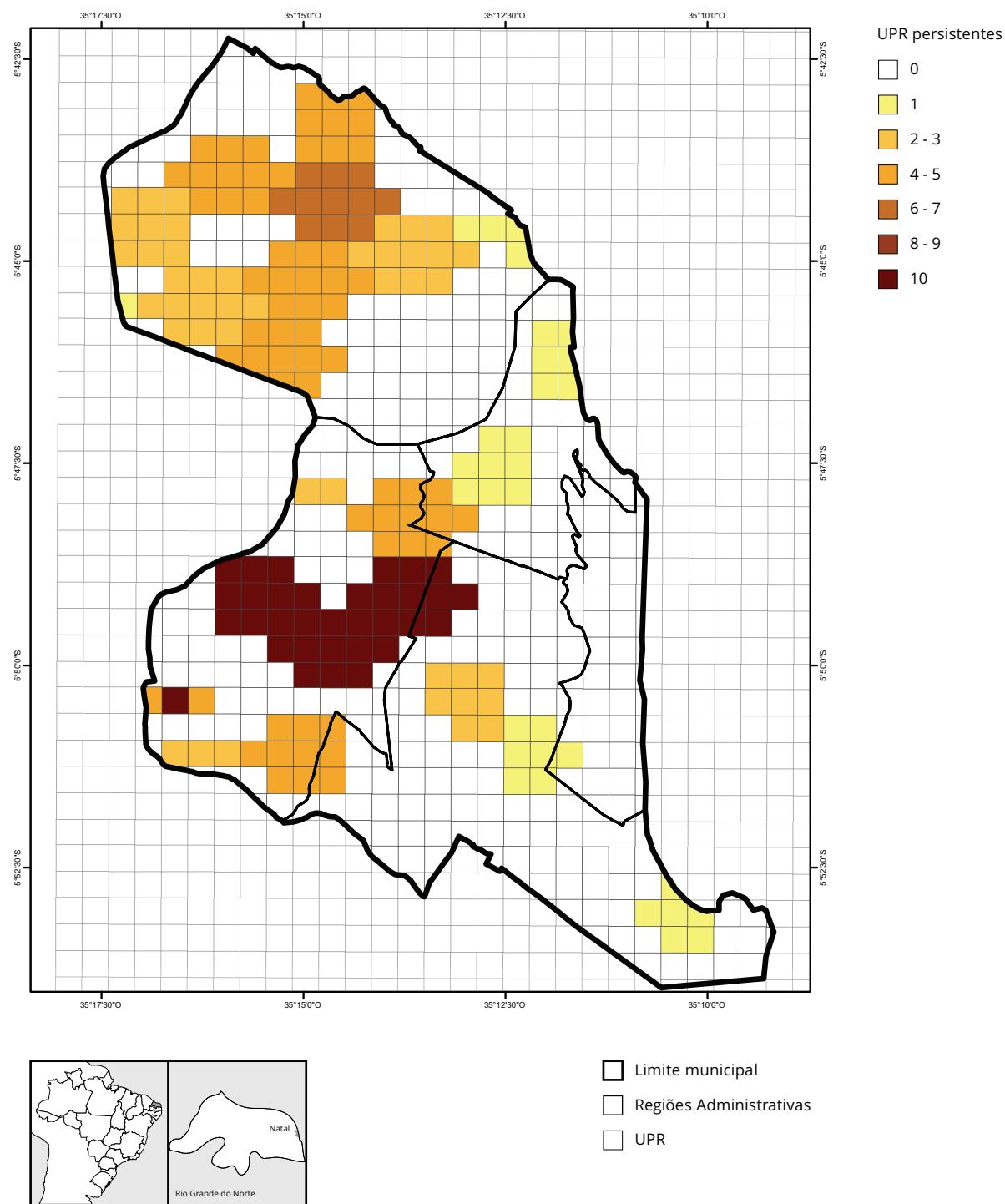
Município de Belo Horizonte

Em Belo Horizonte foram registrados 171.700 casos notificados de dengue entre as SEs 1 e 53 de 2016. A distribuição de casos de dengue nesse período indica um padrão típico de ano epidêmico, com maior incidência de casos entre as SEs 8 e 16 (109.575 casos), enquanto a menor frequência foi observada entre as SEs 35 e 41 (593 casos) (Figura 5).

Nesse município, as áreas identificadas para pronta resposta ocuparam, em média, o equivalente a 23,23% do total do seu território a cada período e concentraram 64,16% dos casos notificados de dengue em períodos posteriores. Além de apresentarem aproximadamente um valor de incidência de

Figura 3

Áreas de pronta resposta persistentes ao longo da série temporal no Município de Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

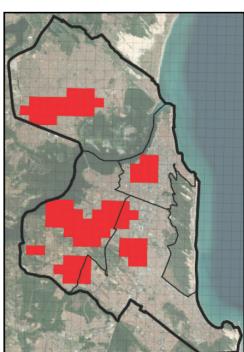


UPR: Unidades de Pronta Resposta.

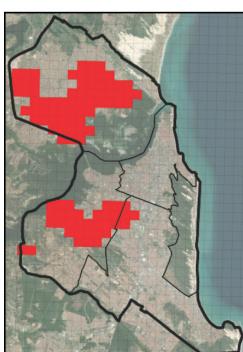
Figura 4

Áreas de pronta resposta identificadas no Município de Natal, Rio Grande do Norte, Brasil, em 2017.

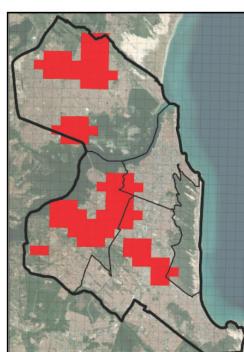
4a) SEs 3 a 5



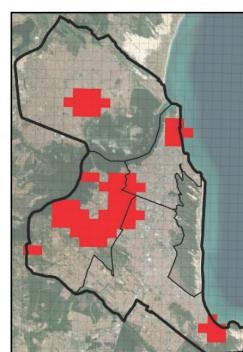
4b) SEs 6 a 58



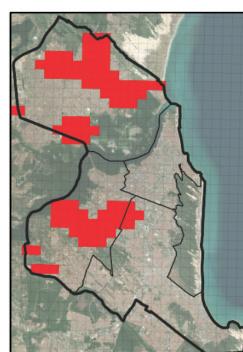
4c) SEs 9 a 11



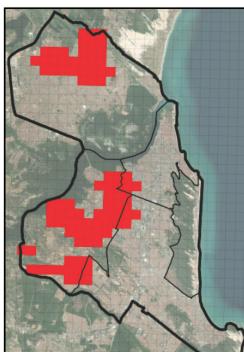
4d) SEs 12 a 14



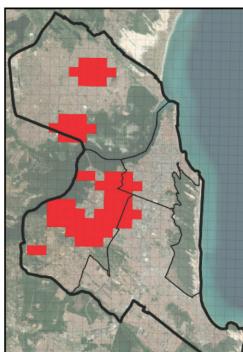
4e) SEs 15 a 17



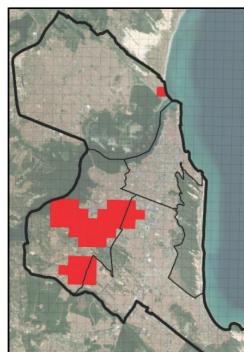
4f) SEs 18 a 20



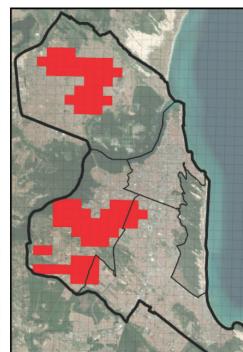
4g) SEs 21 a 23



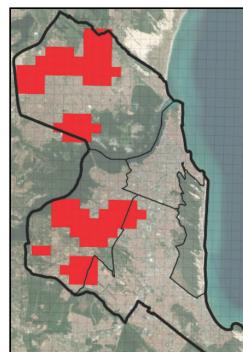
4h) SEs 24 a 26



4i) SEs 27 a 29



4j) SEs 30 a 32



■ Região Administrativa

■ Grade regular (600 metros)

■ Áreas de pronta resposta



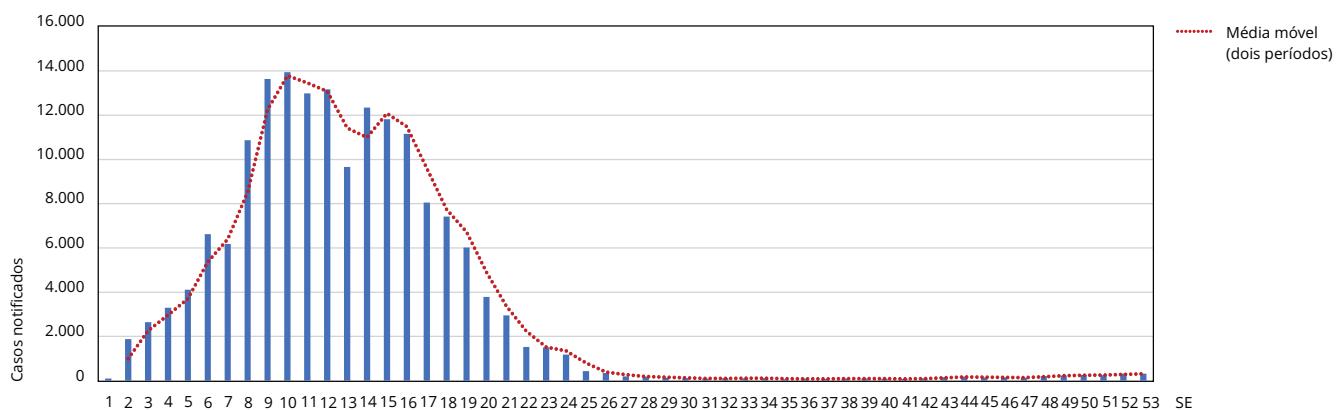
UPR: Unidades de Pronta Resposta.

casos do período posterior três vezes maior que o das áreas não classificadas como de pronta resposta (Tabela 2).

A análise das áreas de pronta resposta do Município de Belo Horizonte indicou três regiões com maior número de áreas com persistência de conglomerados de pronta resposta ao longo de todo o período analisado. As áreas estão situadas nas zonas periféricas e limítrofes das regiões norte, nordeste, noroeste e leste do município. Observa-se conglomerado persistente na região de Barreiro em diferentes períodos de análise. No período entre as SEs 21 e 28, a ocorrência de conglomerados na região central da cidade conecta as áreas de pronta resposta das regiões noroeste e leste, com identificação de *clusters* entre as regiões nordeste, leste, centro-sul e noroeste (Figuras 6 e 7).

Figura 5

Série temporal dos casos notificados de dengue em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, até a Semana Epidemiológica (SE) 53 de 2016.

**Tabela 2**

Dados relativos à área, casos e incidência de dengue em áreas de pronta resposta (*clusters*) em relação à área total do Município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

Áreas de pronta resposta/Semanas Epidemiológicas	% da área total do município	% casos do período posterior em áreas de pronta resposta	Taxa de incidência * dos casos do período posterior em áreas de pronta resposta	Taxa de incidência * dos casos do período posterior fora das áreas de pronta resposta
(1) 1 a 4	23,37	65,27	1996,72	599,23
(2) 5 a 8	16,61	46,75	4012,82	1511,70
(3) 9 a 12	26,04	65,03	2720,35	1089,47
(4) 13 a 16	24,59	62,51	1663,53	604,21
(5) 17 a 20	25,77	66,86	457,53	161,32
(6) 21 a 24	28,68	74,13	71,90	22,25
(7) 25 a 28	23,96	68,05	31,30	9,57
(8) 29 a 32	16,83	64,74	39,32	7,08
Período todo	23,23	64,16		

* Por 100.000 habitantes.

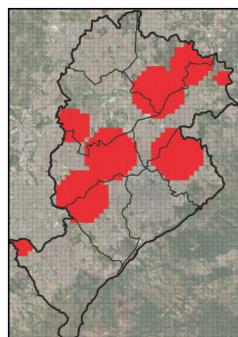
Os resultados das Tabelas 1 e 2 demonstram a estabilidade nos valores do percentual ocupado pelas áreas de pronta resposta e o percentual de casos notificados de dengue.

A Tabela 3 apresenta a validação das áreas persistentes para pronta resposta no Município de Belo Horizonte em 2016. Os resultados revelam que o total das áreas definidas como conglomerados simultâneos ao longo do ano ocupou 51,5% da área do município e concentrou 79,5% dos casos notificados de dengue em 2017. Na observação da relação entre a taxa de incidência dos casos de 2017 e cada classe de persistência, não foi possível observar uma tendência clara de aumento, ao menos linear, conforme o aumento da área de pronta resposta ao longo do período de análise (Tabela 3).

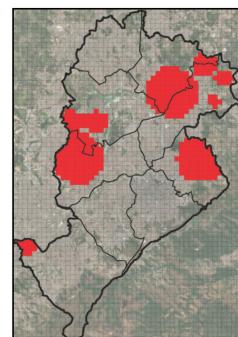
Figura 6

Áreas de pronta resposta detectadas no Município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, para 2016.

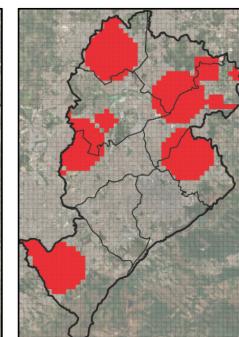
6a) SEs 1 a 4



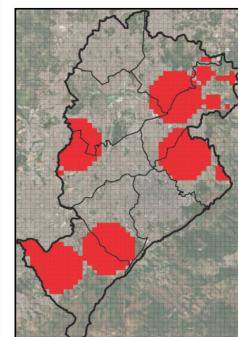
6b) SEs 5 a 8



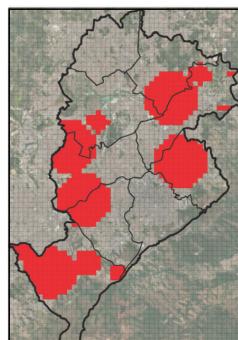
6c) SEs 9 a 11



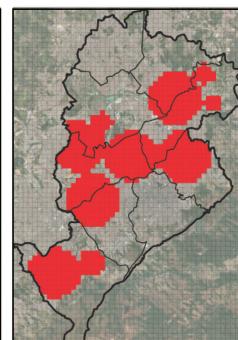
6d) SEs 13 a 16



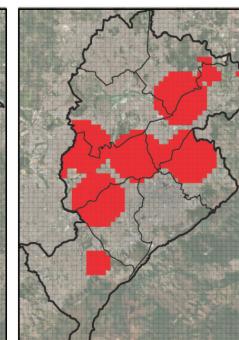
6e) SEs 17 a 20



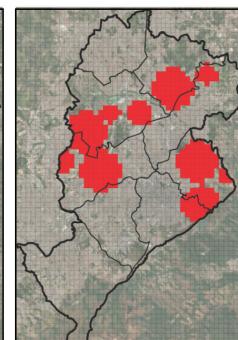
6f) SEs 21 a 24



6g) SEs 25 a 28



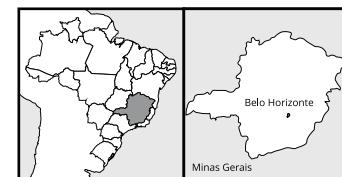
6h) SEs 29 a 32



■ Região Administrativa

■ Grade regular (400 metros)

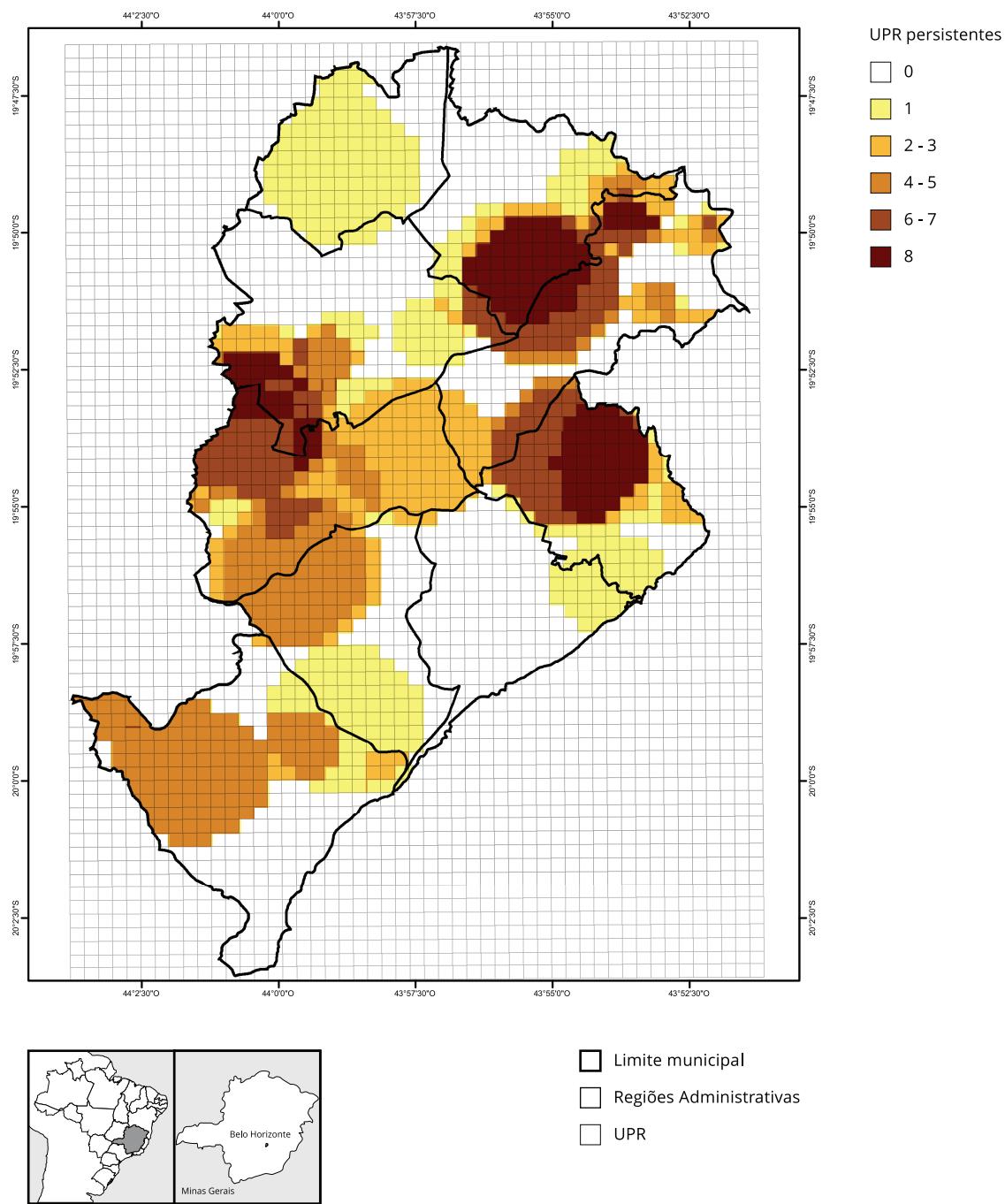
■ Áreas de pronta resposta



SEs: Semanas Epidemiológicas.

Figura 7

Áreas de pronta resposta persistentes detectadas ao longo da série temporal de 2016 em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.



UPR: Unidades de Pronta Resposta.

Tabela 3

Dados relativos à área, casos e incidência de dengue nos diferentes níveis de persistência de áreas de pronta resposta em relação à área total do Município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

Número de persistência como área de pronta resposta (2016)	% da área total do município	Casos de 2017 dentro de áreas de pronta resposta (2016)	% casos de 2017 dentro de áreas de pronta resposta (2016)	Taxa de incidência * dos casos de 2017
1	16,2	2020	19,0	459,42
2	4,2	617	5,8	513,11
3	5,2	898	8,4	538,64
4	9,6	1551	14,6	391,11
5	3,4	472	4,4	387,20
6	3,7	711	6,7	456,03
7	3,1	562	5,3	441,94
8	6,2	1630	15,3	590,71
Total de áreas de pronta resposta (2016)	51,5	8461	79,5	

* Por 100.000 habitantes.

Discussão

Os desafios para o controle da dengue e de outras arboviroses no Brasil e no mundo são tidos como questões prioritárias pelas principais organizações de saúde globais⁸. Os debates acerca das principais estratégias para o controle das arboviroses urbanas consideram o paradigma das estratégias integradas como fundamental, em que tanto as iniciativas para um controle vetorial efetivo, como a busca por uma vacina de alta eficácia devem caminhar juntas para que o controle dessas arboviroses seja alcançado^{23,24}.

Neste trabalho, descrevemos a construção de uma metodologia voltada para o melhoramento das estratégias de vigilância e controle das arboviroses existentes. A integração de informações entomológicas, epidemiológicas e relativas ao contexto socioambiental de cada território são fundamentais para o manejo integrado das arboviroses urbanas, descrito a título de introdução^{10,27,28}.

Além disso, é importante destacar as limitações de recursos para a aplicação de estratégias de controle vetorial em todo o território, de acordo com as peculiaridades de cada uma das regiões da cidade, que demandam ações específicas para atendê-las de forma adequada e eficiente. Esse contexto aponta para a necessidade de adoção de estratégias de estratificação dessas áreas em distintas classes de risco, o que precisa ocorrer em tempo oportuno para que haja ações de controle vetorial e bloqueio da transmissão viral efetivas^{8,24,29,30}.

Este estudo demonstra que a definição de conglomerados espaciais formados simultaneamente pelos casos incidentes de dengue, densidade de ovos de *Aedes* e densidade populacional em escala espacial e temporal reduzidas são capazes de delimitar pequenas porções do território (20% das áreas do estudo, aproximadamente) em que se concentram grande parte (70% aproximadamente) dos casos incidentes do período subsequente. Esses resultados foram obtidos em duas cidades com realidades econômicas, sociais, territoriais e geográficas diferentes e analisados em anos com perfis epidemiológicos também distintos, o que aponta que o método pode ser aplicado a diferentes realidades, tanto estruturais como conjunturais.

Outros estudos buscaram estratificar o território em áreas de risco para dengue; contudo, em sua maioria, utilizaram escalas espaciais mais abrangentes, o que os levou a discriminar em menor grau as particularidades do espaço urbano ocupado^{24,27,31,32}. A infraestrutura urbana e o processo de uso e ocupação do solo são importantes parâmetros para a definição de áreas prioritárias para intervenção que respondam aos determinantes mais estruturais do processo saúde-doença^{27,33,34}. Por outro lado, o processo de determinação da dengue é dinâmico e muda em pequenas janelas temporais e espaciais, em decorrência de fatores referentes à imunidade e aos fluxos de pessoas pelo tecido urbano^{35,36}. O

modelo proposto deve, portanto, ser flexível a essas alterações, que podem ser captadas por dados permanentemente atualizados.

A utilização de uma malha regular com áreas pequenas, de 600 e 400 metros (UPR) como recorte espacial, e o agregado de três e quatro semanas como recorte temporal, foram fundamentais para captar as diferentes realidades territoriais de maneira mais acurada. A padronização dos dados epidemiológicos, entomológicos e populacionais e das escalas espaciais e temporais em unidades de pronta resposta é também uma forma de contornar a heterogeneidade das unidades espaciais dos municípios de países endêmicos (bairros com área e tamanho populacional muito variados).

Na análise de áreas de pronta resposta persistentes em Belo Horizonte em 2016 foi observado que, quanto maior o nível de persistência, maior é a concentração de casos notificados de dengue por unidade de área (2,46), quando comparadas com aquelas menos persistentes (1,17) (Tabela 3), ao longo de 2017. Essas áreas de persistências devem sempre ser atualizadas anualmente já que, tanto pela dinâmica epidemiológica como também pelas ações de controle impetradas no espaço geográfico, essas áreas tendem a ter deslocamentos no território.

Foi possível verificar, no Município de Belo Horizonte, que a predição das áreas para pronta resposta e casos notificados de dengue posteriores foi mais eficaz nas análises feitas a cada quatro semanas, quando comparada à análise de *clusters* persistentes que utilizou o recorte temporal de um ano, em que podem atuar de maneira mais forte algumas variáveis de confusão, como a imunidade, principalmente. Esse resultado reforça a importância do desenvolvimento de metodologias que busquem captar a dinâmica de transmissão das arboviroses urbanas em escalas espaciais e temporais que possam servir para disparar respostas em tempo oportuno e localmente direcionadas, além de otimizarem a aplicação de recursos e os processos de trabalho.

A identificação, em tempo oportuno, de áreas estratificadas em função da densidade de ovos de *Aedes*, da densidade populacional e da incidência de dengue em nível local é um aspecto fundamental para a pronta execução, pelos serviços de vigilância local, de ações focalizadas com vistas ao bloqueio ou mesmo à redução da velocidade de dispersão de epidemias de arboviroses em cidades endêmicas brasileiras³⁷. Uma grande limitação para aplicação de metodologias que buscam a ação em tempo oportuno está na existência e obtenção dos dados em escalas temporais e espaciais mais finas. Em especial os dados referentes à dimensão entomológica, já que a maioria dos municípios brasileiros ainda não tem em sua rotina de trabalho o monitoramento da densidade vetorial contínuo e cobrindo todo o município. Além disso, é importante destacar a necessidade de profissionais da vigilância dos municípios com capacitação técnica, principalmente para o manuseio dos dados referentes às dimensões entomológicas, epidemiológicas e do geoprocessamento, incluindo a análise e processamento de bases de dados georreferenciadas. Nesse sentido, conjuntamente com outras estratégias adotadas pela Coordenação-Geral de Vigilância das Arboviroses do Departamento de Imunização e Doenças Transmissíveis da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (CGARB/DEIDT/SVS), o projeto ARBOALVO vem capacitando profissionais de municípios brasileiros acima de 100 mil habitantes para a execução dessa metodologia, como uma iniciativa para o fortalecimento da vigilância dessas Unidades Federativas.

A metodologia aqui proposta se mostrou robusta e com boa capacidade preditiva, com a utilização de três planos de informação que refletem as causas necessárias para o estabelecimento de epidemias: hospedeiro (densidade populacional), vetor (densidade de ovos de *Aedes*) e vírus (incidência de dengue). Adicionalmente, o uso da estatística Scan ofereceu um arcabouço estatístico consistente para a detecção de áreas prioritárias para intervenção. Dessa maneira, essa metodologia possibilita a focalização e reforça as ações de enfrentamento e controle em áreas específicas.

O processo de uso e ocupação do solo de uma cidade está intimamente ligado à conformação de lugares e paisagens singulares dentro do território urbano^{24,27,29,31}. A estratificação do território em áreas para pronta resposta visa responder em escalas temporais e espaciais mais acuradas, que permitem planejar ações de vigilância e controle de base territorial em tempo oportuno^{8,18,24,27}. A metodologia apresentada no estudo, mesmo sendo realizada em cidades com características populacionais, epidemiológicas e entomológicas muito distintas, e em momentos epidêmicos diferentes, mostrou um bom poder preditivo em ambos os casos, o que indica sua viabilidade em diferentes contextos urbanos e permite a atuação em porções reduzidas do território, impactando um alto percentual de casos notificados de dengue.

Considerando que as epidemias de arboviroses, de forma geral, dificultam o funcionamento da rede assistencial devido à concentração de muitos casos em um período curto, a presente metodologia pode contribuir para redução da magnitude, da força de transmissão e da velocidade de dispersão epidêmica no território, por meio de intervenções diferenciadas e oportunas nas áreas de pronta resposta.

Adicionalmente, a orientação de ações de controle intensificadas nessas áreas pode contribuir para reorganizar a logística das ações operacionais, o que otimizaria a alocação de recursos financeiros, assim como a definição sobre o melhor uso de materiais e equipamentos, além do emprego adequado da força de trabalho dos programas de vigilância de arboviroses locais.

Contudo, essa ferramenta não tem a capacidade de alterar o quadro de determinação, produção e manutenção da doença no território, já que não atua nas condições de receptividade e vulnerabilidade que levam à ocorrência da doença. Somente mudanças e alterações nas condições estruturais e conjunturais do território podem alterar o processo de saúde-doença da dengue nesses municípios, o que somente pode ser alcançado por meio da implementação de políticas intersetoriais que envolvam saneamento, habitação, educação e trabalho.

Em última análise, cabe destacar a importância de se considerar as características territoriais e a capacidade operativa dos serviços locais no delineamento da metodologia proposta, como forma de garantir a adesão e sustentabilidade na sua execução pelos programas de vigilância local.

Colaboradores

J. P. C. Santos e N. A. Honório contribuíram com a concepção e projeto do estudo, análise e interpretação dos dados, redação e revisão crítica; aprovaram a versão final a ser publicada; e são responsáveis por todos os aspectos do trabalho na garantia da exatidão e integridade de qualquer parte da obra. H. G. Albuquerque, A. S. P. Siqueira, H. L. F. Praça, L. V. Pereira e P. R. A. Bruno contribuíram com a análise e interpretação dos dados, redação e revisão crítica; e aprovaram a versão final a ser publicada. A. M. Tavares, E. V. V. Gusmão, C. Barcellos, M. S. Carvalho e P. C. Sabroza contribuíram com a concepção e projeto do estudo, análise e interpretação dos dados, redação e revisão crítica; e aprovaram a versão final a ser publicada.

Informações adicionais

ORCID: Jefferson Pereira Caldas dos Santos (0000-0001-9780-9911); Hermano Gomes Albuquerque (0000-0002-8883-2789); Alexandre San Pedro Siqueira (0000-0002-0326-6053); Heitor Levy Ferreira Praça (0000-0002-5531-2832); Leandro Vouga Pereira (0000-0002-8110-7795); Alessandre de Medeiros Tavares (0000-0001-6505-5828); Eduardo Viana Vieira Gusmão (0000-0002-1871-711X); Paulo Roberto de Abreu Bruno (0000-0001-6803-7211); Christovam Barcellos (0000-0002-1161-2753); Marília Sá Carvalho (0000-0002-9566-0284); Paulo Chagastelles Sabroza (0000-0001-8235-0562); Nildimar Alves Honório (0000-0002-2535-3844).

Agradecimentos

Os autores agradecem: TED 90/2016 e TED 139/2019 (Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde); Instituto Oswaldo Cruz/Fiocruz; Prefeitura de Natal e profissionais do Centro de Controle de Zoonoses de Natal; Prefeitura de Belo Horizonte e profissionais da Subsecretaria de Promoção e Vigilância em Saúde de Belo Horizonte; Rede Dentarget (<http://dentarget.finlay.edu.br/>); equipe do projeto ARBOALVO – em memória de Alessandre de Medeiros Tavares, por contribuírem significativamente com as discussões sobre estratégia territorial das arboviroses.

Referências

- Bhatt S, Gething PW, Brady OJ, Messina JP, Farlow AW, Moyes CL, et al. The global distribution and burden of dengue. *Nature* 2013; 496:504-7.
- Paixão ES, Teixeira MG, Rodrigues LC. Zika, chikungunya and dengue: the causes and threats of new and re-emerging arboviral diseases. *BMJ Glob Health* 2018; 3:e000530.
- Lowe R, Barcellos C, Brasil P, Cruz OG, Honório NA, Kuper H, et al. The Zika virus epidemic in Brazil: from discovery to future implications. *Int J Environ Res Public Health* 2018; 15:96.
- Ribeiro GS, Kikuti M, Tauro LB, Nascimento LCJ, Cardoso CW, Campos GS, et al. Does immunity after Zika virus infection cross-protect against dengue? *Lancet Glob Health* 2018; 6:e140-1.
- Rodriguez-Barraquer I, Costa F, Nascimento EJM, Nery NJ, Castanha PMS, Sacramento GA, et al. Impact of preexisting dengue immunity on Zika virus emergence in a dengue endemic region. *Science* 2019; 363:607-10.
- Oliveira RA, Oliveira-Filho EF, Fernandes AI, Brito CA, Marques ET, Tenório MC, et al. Previous dengue or Zika virus exposure can drive to infection enhancement or neutralisation of other flaviviruses. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2019; 114:e190098.
- Gubler DJ. Dengue, urbanization and globalization: the unholy trinity of the 21st century. *Trop Med Health* 2011; 39(4 Suppl):3-11.
- Vanlerberghe V, Gómez-Dantés H, Vazquez-Prokopec G, Alexander N, Manrique-Saide P, Coelho G, et al. Changing paradigms in *Aedes* control: considering the spatial heterogeneity of dengue transmission. *Rev Panam Salud Pública* 2017; 41:e16.
- Honório NA, Câmara DCP, Calvet GA, Brasil P. Chikungunya: uma arbovirose em estabelecimento e expansão no Brasil. *Cad Saúde Pública* 2015; 31:906-8.
- Ribeiro LS, Marques RE, Jesus AM, Almeida RP, Teixeira MM. Zika crisis in Brazil: challenges in research and development. *Curr Opin Virol* 2016; 18:76-81.
- Lima-Camara TN. Emerging arboviruses and public health challenges in Brazil. *Rev Saúde Pública* 2016; 50:36.
- Carvalho MS, Honório NA, Garcia LMT, Carvalho LCS. *Aedes aegypti* control in urban areas: a systemic approach to a complex dynamic. *PLoS Negl Trop Dis* 2017; 11:e0005632.
- Bowman LR, Donegan S, McCall PJ. Is dengue vector control deficient in effectiveness or evidence? Systematic review and meta-analysis. *PLoS Negl Trop Dis* 2016; 10:e0004551.

14. Cattand P, Desjeux P, Guzmán MG, Jannin J, Kroeger A, Medici A, et al. Tropical diseases lacking adequate control measures: dengue, leishmaniasis, and african trypanosomiasis. In: Jamison DT, Breman JG, Measham AR, Alleyne G, Claeson M, Evans DB, et al., editors. Disease control priorities in developing countries. Washington DC: World Bank; 2006. p. 451-66.
15. Ranson H, Burhani J, Lumjhan N, Black IV WC. Insecticide resistance in dengue vectors. TropIKA 2010; 1(1). http://journal.tropika.net/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2078-86062010000100003&lng=en&nrm=iso.
16. Conselho Nacional de Saúde. Resolução MS/CNS nº 588, de 12 de julho de 2018. Diário Oficial da União 2018; 13 ago.
17. Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde. Relatório da Reunião International para Implementação de Alternativas para o Controle do *Aedes aegypti* no Brasil. Boletim Epidemiológico 2016; 47(15). <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2016/abril/05/2016-012---Relatorio-reuniao-especialistas-Aedes-publica----o.pdf>.
18. Honório N. Proposta metodológica de estratificação de áreas de risco para dengue, Chikungunya e Zika, 2017. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz; 2017.
19. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010: resultados do universo por setor censitário. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2011.
20. Instituto Nacional de Metereologia. Portal do Instituto Nacional de Meteorologia. <https://portal.inmet.gov.br/> (acessado em 25/Fev/2005).
21. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativa da população. Características gerais da população: resultados da amostra. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2017.
22. Carvalho MS, Freitas LP, Cruz OG, Brasil P, Bastos LS. Association of past dengue fever epidemics with the risk of Zika microcephaly at the population level in Brazil. Sci Rep 2020; 10:1752.
23. Fay RW, Eliason DA. A preferred oviposition site as a surveillance method for *Aedes aegypti*. Mosq News 1966; 26:531-5.
24. Santos JPCD, Honório NA, Nobre AA. Definition of persistent areas with increased dengue risk by detecting clusters in populations with differing mobility and immunity in Rio de Janeiro, Brazil. Cad Saúde Pública 2019; 35:e00248118.
25. Kulldorff M. A spatial scan statistic. Commun Stat Theory Methods 1997; 26:1481-96.
26. Chen J, Roth RE, Naito AT, Lengerich EJ, Maceachren AM. Geovisual analytics to enhance spatial scan statistic interpretation: an analysis of U.S. cervical cancer mortality. Int J Health Geogr 2008; 7:57.
27. Santos JPC, Honório NA, Barcellos C, Nobre AA. A perspective on inhabited urban space: land use and occupation, heat islands, and precarious urbanization as determinants of territorial receptivity to dengue in the city of Rio de Janeiro. Int J Environ Res Public Health 2020; 17:6537.
28. Freitas LP, Schmidt AM, Cossich W, Cruz OG, Carvalho MS. Spatio-temporal modelling of the first chikungunya epidemic in an intra-urban setting: the role of socioeconomic status, environment and temperature. PLoS Negl Trop Dis 2021; 15:e0009537.
29. Freitas LP, Lowe R, Koepp AE, Alves SV, Dondero M, Marteleto LJ. Identifying hidden Zika hotspots in Pernambuco, Brazil: a spatial analysis. medRxiv 2021; 18 mar. <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.03.15.21253657v2>.
30. Achee NL, Gould F, Perkins TA, Reiner Jr. RC, Morrison AC, Ritchie SA, et al. A critical assessment of vector control for dengue prevention. PLoS Negl Trop Dis 2015; 9:e0003655.
31. Almeida AS, Medronho RA, Valencia LIO. Análise espacial da dengue e o contexto socioeconômico no município do Rio de Janeiro, RJ. Rev Saúde Pública 2009; 43:666-73.
32. Bisanzio D, Dzul-Manzanilla F, Gomez-Dantés H, Pavia-Ruz N, Hladish TJ, Lenhart A, et al. Spatio-temporal coherence of dengue, chikungunya and Zika outbreaks in Merida, Mexico. PLoS Negl Trop Dis 2018; 12:e0006298.
33. Sampaio Morais GA, Sobreira DB, De Lima JE. Padrão e determinantes da infraestrutura urbana das microrregiões brasileiras. Geosul 2018; 33:262-91.
34. Almeida LS, Cota ALS, Rodrigues DF. Saneamento, arboviroses e determinantes ambientais: impactos na saúde urbana. Ciênc Saúde Colet 2020; 25:3857-68.
35. Katzelnick LC, Ben-Shachar R, Mercado JC, Rodriguez-Barraquer I, Elizondo D, Arguello S, et al. Dynamics and determinants of the force of infection of dengue virus from 1994 to 2015 in Managua, Nicaragua. Proc Natl Acad Sci U S A 2018; 115:10762-7.
36. Zellweger RM, Cano J, Mangeas M, Taglioni F, Mercier A, Despinoy M, et al. Socioeconomic and environmental determinants of dengue transmission in an urban setting: an ecological study in Nouméa, New Caledonia. PLoS Negl Trop Dis 2017; 11:e0005471.
37. Pan American Health Organization. Epidemiological update: dengue – 11 November 2019. <https://www.paho.org/en/documents/epidemiological-update-dengue-11-november-2019> (acessado em Nov/2019).

Abstract

The study aimed to present the methodological proposal entitled "Prompt Response", modelled in the cities of Belo Horizonte (Minas Gerais State) and Natal (Rio Grande do Norte State), Brazil. The proposal aims to identify and demarcate priority areas for timely targeting of surveillance activities, aiming to reduce the intensity and velocity in the spread of epidemics in endemic urban areas. The methodology uses three variables that represent the necessary causes for the production and reproduction of dengue: notified cases (virus), Aedes eggs (vector), and population (host). This was an ecological study that used data from three information planes aggregated in finer temporal and spatial scales of 3 to 4 weeks and 400 to 600-meter grids, respectively. The prompt response areas were defined by Scan statistical analysis with definition of simultaneous spatial clusters for the three planes via the SaTScan program. In Natal, the areas defined as prompt response occupied, on average, 15.2% of the city's territory and concentrated 67.77% of the dengue cases in the period following demarcation of the prompt response areas. In Belo Horizonte, the observed proportions were 64.16% of cases in 23.23% of the territory. These results were obtained in two cities with different socioenvironmental and geographic realities and distinct epidemiological profiles, indicating that the methodology can be applied to different urban realities, allowing control programs to concentrate on reduced portions of the territory and impacting a high percentage of cases in timely fashion.

Dengue; Arbovirus Infections; Surveillance

Resumen

El objetivo del trabajo fue presentar la propuesta metodológica, denominada de "Resposta Rápida", modelada en las ciudades de Belo Horizonte (Minas Gerais) y Natal (Rio Grande do Norte), Brasil. Esta última tiene como meta identificar y delimitar áreas prioritarias para la ejecución de acciones de vigilancia en el momento oportuno, buscando la reducción de la intensidad y velocidad de la dispersión de epidemias en áreas urbanas endémicas. Para tal fin, la metodología utiliza tres variables, que representan las causas necesarias para la producción y reproducción del dengue: casos notificados (virus), huevos de Aedes (vector) y población (huésped). Se trata de un estudio ecológico que utilizó los datos de los tres planos de información agregados en escalas temporales y espaciales más finas, de 3 a 4 semanas y tablas de 400 a 600 metros respectivamente. Las áreas de respuesta rápida se definieron a través del análisis estadístico de exploración Scan, con definición de clústeres espaciales simultáneos para los tres planos mediante el programa SaTScan. Los resultados observados fueron: en la ciudad de Natal, las áreas definidas como de respuesta rápida ocuparon de media un 15,2% del territorio del municipio y concentraron un 67,77% de los casos de dengue del período posterior al utilizado en la delimitación de las áreas de respuesta rápida y, en Belo Horizonte, los números observados fueron un 64,16% de los casos en un 23,23% del territorio. Estos resultados se obtuvieron en dos ciudades con realidades socioambientales y geográficas diferentes y con perfiles epidemiológicos también distintos, apuntando que la metodología se puede aplicar en diferentes realidades urbanas. Dando la posibilidad de que los programas de control actúen en secciones reducidas del territorio e impactar en un alto porcentaje de casos en el momento oportuno.

Dengue; Arbovirosis; Vigilancia

Recebido em 03/Mai/2021

Versão final reapresentada em 09/Out/2021

Aprovado em 22/Out/2021