

Dependência espacial das epidemias de malária em municípios da Amazônia Brasileira

Spatial dependence of malaria epidemics in municipalities of the Brazilian Amazon

Rui Moreira Braz^I, Renato Fontes Guimarães^{II}, Osmar Abílio de Carvalho Júnior^{III}, Pedro Luiz Tauil^{IV}

RESUMO: *Introdução:* Em 2010, foram observados 305 (37,8%) municípios com epidemias de malária na Amazônia brasileira. A propagação dos eventos epidêmicos pode ser explicada pelo padrão da distribuição espacial. *Objetivo:* Analisar a dependência espacial, autocorrelação, das epidemias de malária nos municípios dessa região. *Métodos:* Foi utilizado algoritmo automatizado para detecção dos municípios epidêmicos nos anos de 2003, 2007 e 2010. A dependência espacial foi analisada por meio da variável *proporção de meses epidêmicos*, aplicando-se os índices de Moran global e local. Foram identificados os agrupamentos de municípios epidêmicos com o programa TerraView. *Resultados:* Os valores do índice global de Moran foram 0,4 em 2003; 0,6 em 2007; e 0,5 em 2010 ($p = 0,01$), confirmando a existência de dependência espacial entre os municípios epidêmicos. O Box Map e o Moran Map identificaram agrupamentos intermunicipais, interestaduais e fronteiriços com autocorrelação espacial estaticamente significante, sendo 10 clusters em 2003; 9 em 2007; e 8 em 2010 ($p < 0,05$). *Discussão:* Agrupamentos de municípios epidêmicos podem estar vinculados às dificuldades dos serviços de saúde em atuar articuladamente. Limitações estruturais podem ser superadas buscando a integração territorial para sustentação do planejamento e ações de controle, potencializando as intervenções no contexto espacial abrangente. *Conclusão:* A análise rotineira da autocorrelação espacial entre municípios epidêmicos, identificando os agrupamentos com persistência espaço-temporal, poderá fornecer novo indicador de grande utilidade para o planejamento e priorização do controle integrado, no âmbito intermunicipal, interestadual e nas áreas de fronteiras, contribuindo para a redução das epidemias de malária.

Palavras-chave: Malária. Epidemias. Análise espacial. Epidemiologia. Planejamento. Ecossistema Amazônico.

^IDepartamento de Monitoramento e Avaliação do Sistema Único de Saúde, Secretaria Executiva, Ministério da Saúde – Brasília (DF), Brasil.

^{II}Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical, Núcleo de Medicina Tropical, Faculdade de Medicina, Universidade de Brasília – Brasília (DF), Brasil.

^{III}Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade de Brasília – Brasília (DF), Brasil.

^{IV}Faculdade de Medicina, Área de Medicina Social, Universidade de Brasília – Brasília (DF), Brasil.

Autor correspondente: Rui Moreira Braz, Ministério da Saúde, Secretaria Executiva, Departamento de Monitoramento e Avaliação do SUS (DEMAS), Setor de Administração Federal Sul (SAFS), Quadra 2, Lote 5, Edifício Premium, Torre 1, 1º subsolo, CEP: 70070-620, Brasília, DF, Brasil. E-mail: rui.braz@saude.gov.br

Conflito de interesses: nada a declarar – **Fonte de financiamento:** nenhuma.

ABSTRACT: Introduction: In 2010, there were 305 (37.8%) municipalities with malaria epidemics in the Brazilian Amazon. The epidemics spread can be explained by the spatial distribution pattern. **Objective:** To analyze the spatial dependence, autocorrelation, of the malaria epidemics in the municipalities of this region. **Methods:** An automated algorithm was used for the detection of epidemic municipalities in 2003, 2007 and 2010. Spatial dependence was analyzed by applying the global and local Moran index on the epidemic months proportion variable. The epidemic municipalities clusters were identified using the TerraView software. **Results:** The global Moran index values were 0.4 in 2003; 0.6 in 2007; and 0.5 in 2010 ($p = 0.01$), confirming the spatial dependence among the epidemic municipalities. Box Map and Moran Map identified inter-municipal, interstate and borders clusters with spatial autocorrelation ($p < 0.05$). There were 10 epidemic municipalities clusters in 2003; 9 in 2007 and 8 in 2010. **Discussion:** The epidemic municipalities clusters may be linked to the health facilities difficulties on acting together. The structural limitations of the health services can be overcome by territorial integration to support planning and control activities, strengthening the interventions. **Conclusion:** The routine analysis of the epidemic municipalities clusters with spatial and temporal persistence may provide a new indicator of planning and integrated control prioritization, contributing to malaria epidemics reducing in inter-municipal, interstate and borders areas.

Keywords: Malaria. Epidemics. Spatial analysis. Epidemiology. Planning. Amazonian Ecosystem.

INTRODUÇÃO

As epidemias de malária geralmente são influenciadas por processos multicausais, destacando-se os fatores ambientais (vegetação, clima e hidrologia); sociodemográficos (migrações, densidade populacional, situação socioeconômica e atividade laboral da população); biológicos (espécie e densidade de mosquitos do gênero *Anopheles*, espécie de *Plasmodium* e grau de imunidade da população) e; políticos/organizacionais (divisão territorial, organização e efetividade dos serviços de saúde, ocupação desordenada do solo, existência de grandes empreendimentos agropecuários e de infraestrutura). Diante da complexidade desses fatores, um aspecto a ser observado na organização das ações de planejamento e controle é a distribuição espacial da doença. Padrões de morbidade ou de propagação de epidemias não podem ser plenamente compreendidos sem uma abordagem que inclua, também, o espaço como categoria de análise. Os métodos de análise espacial vêm sendo principalmente usados na detecção de aglomerados de casos de doenças, na detecção de áreas de alto risco, no planejamento de ações de controle e no monitoramento da situação de saúde¹, provendo, assim, informações para subsidiar o correto direcionamento das ações investigativas e de controle dos agravos.

Estudo realizado no Brasil utilizou o diagrama de controle por quartis para caracterizar a distribuição das epidemias de malária em um município da região endêmica². Entretanto,

além de abordagens locais, é necessário também considerar o nível de dependência espacial das epidemias de malária em todos os municípios da região, incorporando essa informação nas opções dos tomadores de decisões. Valores significativos de índices de autocorrelação são evidências de dependência espacial e os modelos inferenciais devem levar o espaço em conta nas suas formulações³, apontando áreas prioritárias para as ações de controle.

O método utilizado no Brasil na priorização de municípios para o controle da malária se baseia no Índice Parasitário Anual⁴. A sensibilidade desse índice fica reduzida quando aplicado a grandes extensões geográficas. Sabe-se, porém, que as epidemias de malária apresentam padrões de agregação espacial que muitas vezes ultrapassam os limites e divisas político-administrativas circunscritas aos territórios municipais e estaduais, requerendo esforços conjuntos na solução do problema. O processo epidêmico eventualmente necessita de cooperação internacional para sua contenção. Alguns estudos identificaram agrupamentos de regiões para explicar a transmissão de doenças, aplicando os índices de Moran global e local, como a classificação de diversos tipos de cânceres na Alemanha⁵ e a análise espacial da dengue no município do Rio de Janeiro⁶. Os índices de Moran também foram usados na determinação de áreas prioritárias para controle da malária em Rondônia⁷, no Mato Grosso⁸ e em Roraima⁹.

Os índices de Moran são indicados para análise espacial de áreas quando os eventos são agregados por municípios ou outras divisões que caracterizem regiões, onde não se dispõe da localização exata das ocorrências, mas sim, de um valor representado por indicadores como taxas, proporções, médias ou medianas¹⁰. A agregação espacial de doença pode ser atribuída a fatores demográficos, ambientais ou socioculturais superpostos geograficamente, referindo-se a uma inesperada aglomeração no espaço e/ou tempo¹¹. Portanto, conhecer a estrutura e a dinâmica espacial é importante para a caracterização de situações de saúde¹². O presente estudo objetivou analisar a dependência espacial, autocorrelação, das epidemias de malária nos municípios da Amazônica brasileira, nos anos de 2003, 2007 e 2010, no sentido de gerar mapas temáticos que possam contribuir com a compreensão da distribuição espacial dos fenômenos epidêmicos na região.

MÉTODOS

A Amazônia brasileira (AB) é a área endêmica para malária, composta por 807 municípios, pertencentes aos estados do Acre (AC), Amapá (AP), Amazonas (AM), Maranhão (MA), Mato Grosso (MT), Pará (PA), Rondônia (RO), Roraima (RR) e Tocantins (TO). Desses, 52 municípios fazem fronteira com sete países: Bolívia, Colômbia, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Suriname e Venezuela. Para entender o controle da doença na região foi elaborado um fluxo dos principais procedimentos em cada esfera de gestão: Secretaria Municipal de Saúde (SMS), Secretaria Estadual de Saúde (SES) e Ministério da Saúde (MS). Os municípios epidêmicos foram identificados após a elaboração de um algoritmo automatizado¹³, utilizando códigos do programa Epi Info¹⁴, que resultou no Sistema de Monitoramento da Incidência da

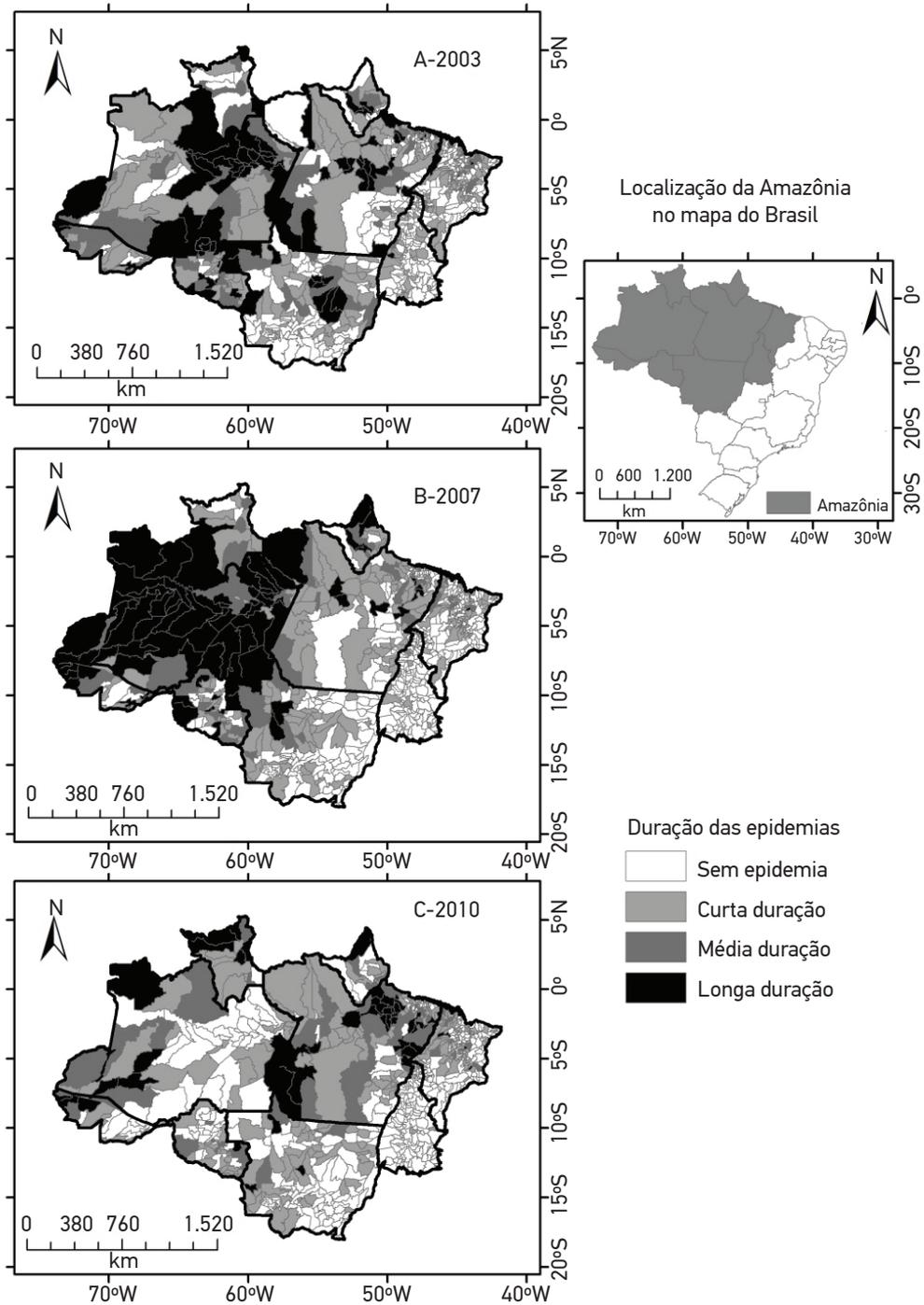
Malária na Amazônia brasileira (SIMAM). Esse sistema processou os dados dos anos de 2003 a 2010, cedidos pelo MS. Para a identificação das epidemias, o SIMAM calculou o 3º quartil do diagrama de controle da série de casos de cada município, conforme estudo realizado no Brasil¹⁵. A duração das epidemias foi classificada em: curta (1 a 4 meses epidêmicos durante o ano); média (5 a 8 meses) e longa (9 a 12 meses).

A dependência espacial das epidemias foi verificada por intermédio da variável aleatória *proporção de meses epidêmicos*, nos anos de 2003, 2007 e 2010. Esses anos foram considerados suficientes para se verificar a dinâmica espaço-temporal da autocorrelação. A autocorrelação deriva do conceito estatístico de correlação entre duas variáveis, tendo sido modificada sua formulação em estudos espaciais^{3,10}, indicando que a correlação é medida para uma mesma variável aleatória em locais distintos do espaço. A análise espacial foi realizada em três etapas utilizando o programa TerraView¹⁶: (1) visualização da distribuição dos municípios conforme duração das epidemias; (2) cálculo do Índice de Moran Global (IMG); (3) cálculo do Índice de Moran Local (IML). As malhas dos municípios foram obtidas no Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (SUS)¹⁷. A hipótese nula testada (H_0) pelo IMG foi de independência espacial entre os municípios em relação à variável aleatória. Valores positivos entre 0 e +1 indicaram autocorrelação direta e valores negativos entre 0 e -1, autocorrelação inversa, com teste de significância estatística para $p \leq 0,01$. O IML produziu valores normalizados, Z (valores da variável proporção de meses epidêmicos subtraídos da média e divididos pelo desvio padrão), para cada município, gerando também, a média ponderada da variável para os respectivos municípios vizinhos, Wz . Esses valores permitiram identificar aglomerados municipais com padrão de associação espacial estatisticamente significativo. Os valores resultantes dessa operação representam os quadrantes do diagrama de espalhamento de Moran. No quadrante 1 (Q1 +/+), constaram os municípios com valores positivos da variável normalizada, cuja média ponderada dos municípios vizinhos também era positiva, significando uma autocorrelação espacial positiva direta. No quadrante 2 (Q2 -/-), constaram os municípios com valores negativos da variável normalizada, cuja média ponderada dos vizinhos era também negativa, indicando uma autocorrelação espacial positiva inversa. No quadrante 3 (Q3 +/-), constaram os municípios com valores positivos da variável normalizada, cuja média ponderada dos municípios vizinhos era negativa, sinalizando uma autocorrelação negativa. No quadrante 4 (Q4 -/+), constaram os municípios com valores negativos da variável normalizada, cuja média ponderada dos municípios vizinhos era positiva, indicando também, uma autocorrelação espacial negativa. Para identificação da dependência espacial foi elaborado o Box Map, representativo do IML, no qual, o Q1 representou os municípios com epidemias de maior duração; o Q2, municípios sem epidemias ou com epidemias de menor duração; o Q3, municípios com epidemias de longa duração com vizinhos sem epidemias ou com epidemias de curta duração; e o Q4, municípios sem epidemias ou com epidemias de curta duração com vizinhos cujas epidemias eram de longa duração. O Moran Map foi construído utilizando os mesmos quadrantes (Q1, Q2, Q3 e Q4) para visualização somente daquelas áreas que apresentaram autocorrelação com significância estatística ($p \leq 0,05$), adicionando, porém, a categoria 0 (zero) para identificar os municípios

com autocorrelação não significativa. Ressalta-se que o presente projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília.

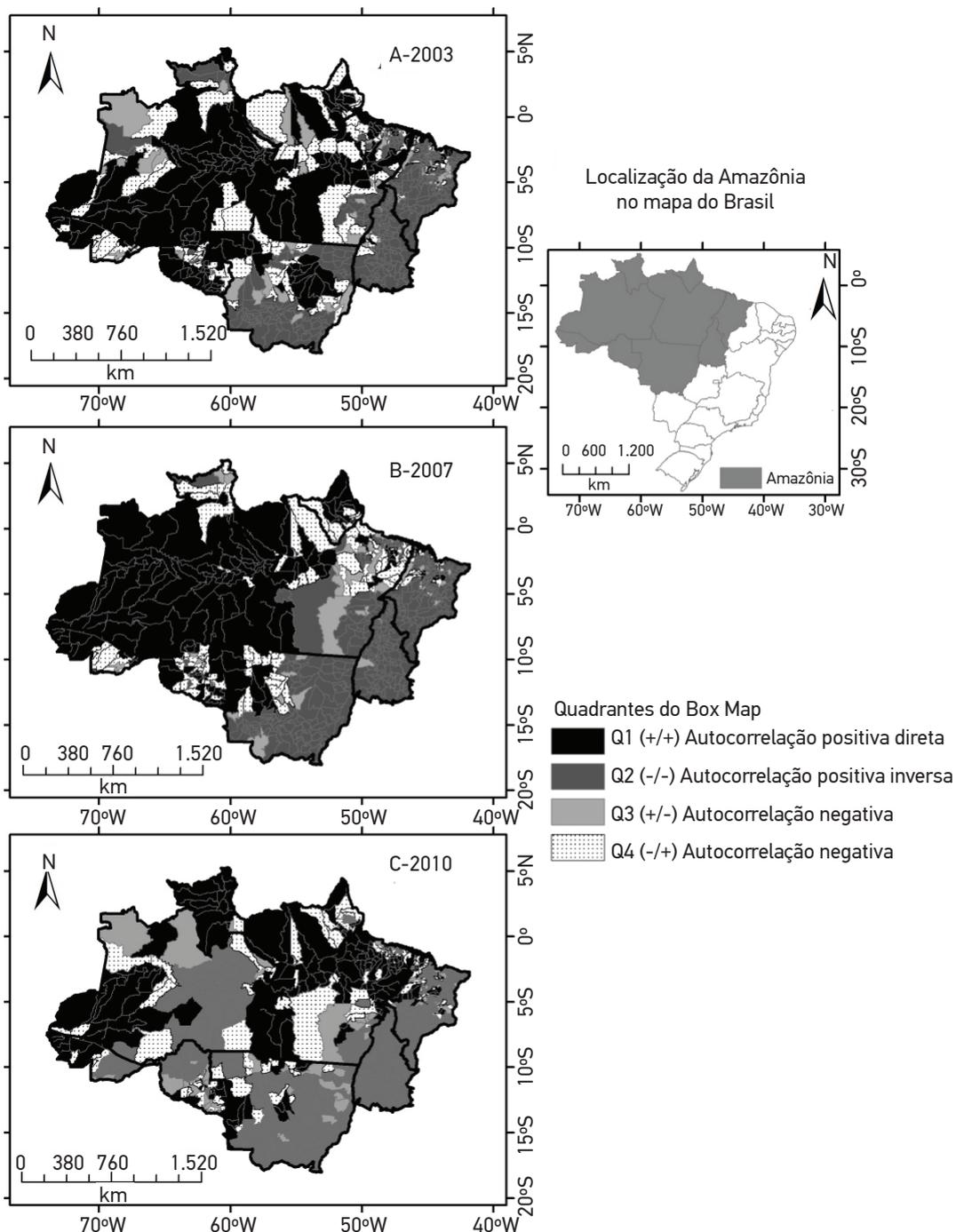
RESULTADOS

O planejamento e controle da malária na AB são realizados pelas SMS, SES e pelo MS, conforme atribuições pactuadas. A maioria das ações de controle é executada diretamente pela SMS, destacando-se o diagnóstico e tratamento do paciente, a detecção ativa de casos, a investigação de fatores de riscos, o controle de vetores e a educação em saúde. As competências das SMS e SES estão adstritas aos respectivos territórios político-administrativos, com possibilidades de desenvolvimento de ações conjuntas quando o problema de saúde ultrapassa os limites territoriais, desde que haja pactuação entre as partes interessadas. Em 2003, foram notificados 408.832 casos da doença na AB, em 2007, 457.409 e em 2010, 333.372 casos. Em 2003, ocorreram epidemias de curta duração em 208 municípios (25,8% do total de municípios da região). Esse número reduziu para 203 (25,2%) em 2007 e para 185 (22,9%) em 2010. As epidemias de média duração ocorreram em 103 (12,8%) municípios em 2003, em 62 (7,7%) em 2007 e em 72 (8,9%) em 2010. As epidemias de longa duração ocorreram em 80 (9,9%) municípios em 2003, 87 (10,8%) em 2007 e 48 (5,9%) em 2010. A maioria dos municípios com epidemias de longa duração formaram agrupamentos predominantes nos estados com maior incidência de malária, enquanto que aqueles com epidemias de média duração estiveram próximos dos municípios com epidemias de longa duração. Os municípios com epidemias de curta duração distribuíram-se dispersivamente na região. Alguns agrupamentos transcenderam o espaço geopolítico das divisas estaduais, atingindo também as áreas de fronteiras internacionais nos estados do AC, AM, AP, PA, RR e RO (Figuras 1A a 1C). Os valores do IMG foram: 0,4 em 2003; 0,6 em 2007 e 0,5 em 2010 ($p = 0,01$ nos 3 anos), confirmando a existência da dependência espacial das epidemias nos municípios da AB. A autocorrelação aumentou em 2007, se comparada com 2003, retornando ao patamar próximo de 2003, em 2010. Os resultados do Box Map (Figura 2) permitiram verificar a dinâmica da variável aleatória nos municípios identificando também as áreas homogêneas. No Q1 (+ / +) foram observados 198 municípios (24,6% do total da região) em 2003, 159 (19,7%) em 2007 e 181 (22,4%) em 2010. O Q1 incorporou os municípios com epidemias de média e longa duração sugerindo que os municípios com epidemias de longa duração exercem forte influência espacial sobre aqueles com epidemias de média duração. No Q2 (- / -) foi encontrada a maioria dos municípios da região, incluindo aqueles com epidemias de menor duração e sem registro do fenômeno epidêmico. No Q2 foram observados 403 municípios (50,1% do total da região) em 2003, outros 473 (58,6%) em 2007 e 445 (55,1%) em 2010. No quadrante Q3 (+ / -) foram detectados 62 municípios (7,7% do total da região) em 2003, outros 50 (6,2%) em 2007 e 59 (7,3%) em 2010. No Q4 (- / +) foram identificados 142 municípios (17,6% do total da região) em 2003, outros 123 (15,2%) em 2007 e 120 (14,9%) em 2010. Os mapas gerados pelo Box Map mostraram a autocorrelação



Fonte: Sistema de Monitoramento da Incidência de Malária na Amazônia Brasileira (SIMAM).

Figura 1. Distribuição dos municípios com epidemias de malária, conforme duração do fenômeno epidêmico. Amazônia brasileira, 2003, 2007 e 2010.



Fonte: Sistema de Monitoramento da Incidência de Malária na Amazônia Brasileira (SIMAM).

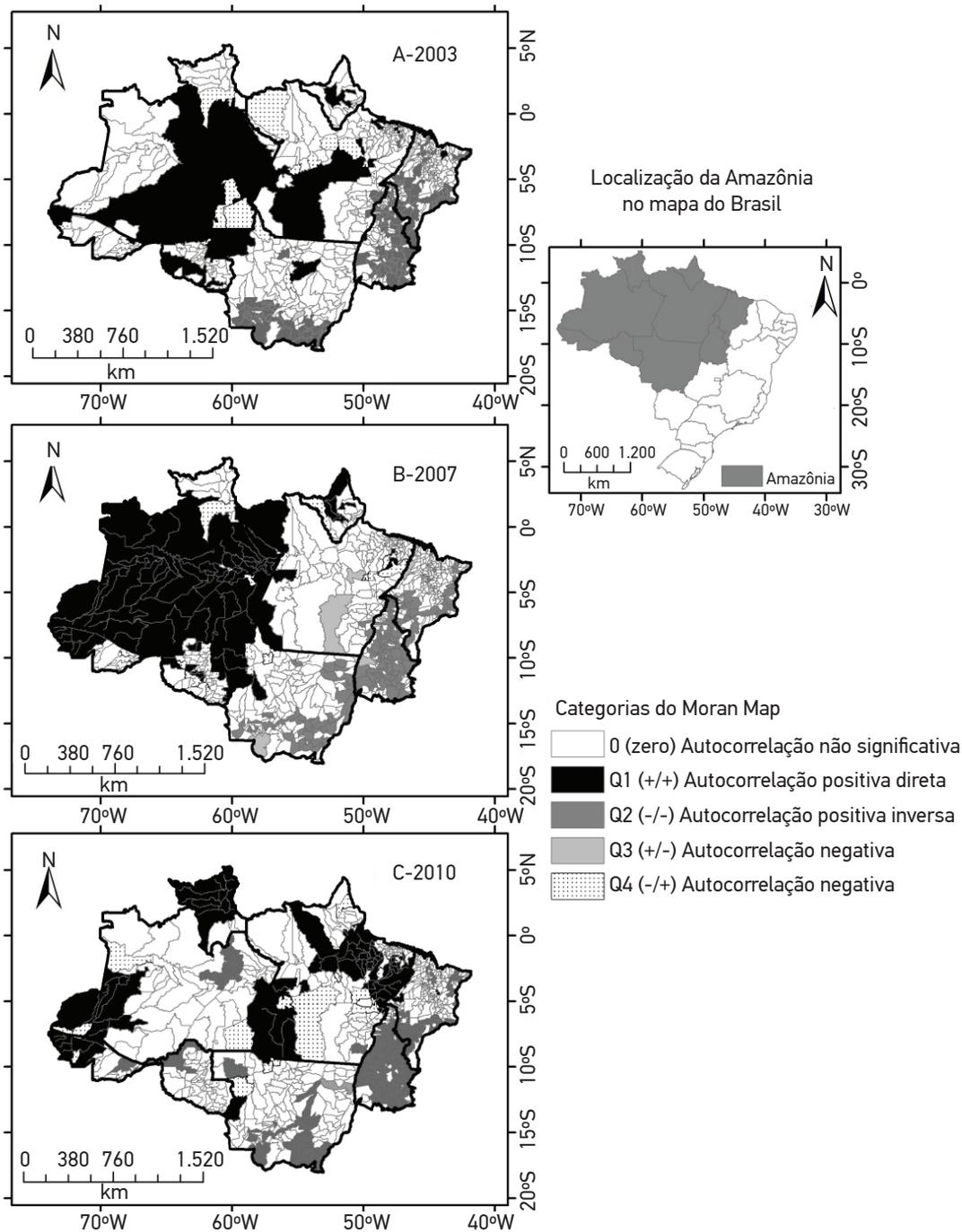
Figura 2. *Box Map* para proporção de meses epidêmicos nos municípios da área endêmica. Amazônia brasileira, 2003, 2007 e 2010.

medida pelo IML, independentemente do nível de significância e a variação do atributo no decorrer do tempo na maioria dos municípios, mesmo nos estados com baixa transmissão de malária como MT, TO e MA (Figuras 2A a 2C).

A dependência espacial das epidemias detectada pelo Moran Map (Figura 3) foi constatada somente nos municípios com autocorrelação espacial estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$). No Q1 (+/+) foram encontrados 101 municípios (12,5% do total da região) em 2003, outros 96 (11,9%) em 2007 e 88 (10,9%) em 2010. Nesse quadrante permaneceram 7 municípios durante os 3 anos. No Q2 (-/-) foram observados 165 (20,5%) municípios em 2003, outros 166 (20,6%) em 2007 e 196 (24,3%) em 2010. Ainda no Q2, 67 municípios permaneceram durante os 3 anos. No Q3 (+/-) foram observados 8 (1,0%) municípios em 2003, mais 5 (0,6%) em 2007 e outros 5 (0,6%) em 2010. No Q3, nenhum município esteve presente durante os três anos. No Q4 (-/+) foram detectados 30 municípios (3,7%) em 2003, outros 21 (2,6%) em 2007 e 28 (3,5%) em 2010. Nenhum município esteve presente no Q4 em todos os anos analisados. A dependência espacial das epidemias nos municípios foi evidenciada pelo Moran Map com os agrupamentos localizados no Q1. Nesse quadrante, foram observados três tipos de agrupamentos: (1) agrupamento intermunicipal, onde todos os municípios pertenciam ao mesmo estado; (2) agrupamento interestadual, onde os municípios pertenciam a estados diferentes; e (3) agrupamento fronteiro, onde os municípios pertenciam a um ou mais estados, porém, alguns se situavam em áreas de fronteiras internacionais.

No ano de 2003 foram detectados 10 agrupamentos no Q1 do Moran Map. O primeiro composto por quatro municípios situados nas divisas do AM (1), AC (3) e fronteira com o Peru. O segundo composto por dez municípios, nas divisas do AM (1), RO (5) e MT (4). O terceiro composto por seis municípios: AM (4), RR (2) e fronteira com a Venezuela. O quarto composto por quatro municípios: AM (3) e PA (1). O quinto composto por dez municípios: AM (3), AC (1), RO (6) e na fronteira com a Bolívia. O sexto composto por 24 municípios, todos no AM. O sétimo composto por 8 municípios, todos no PA. O oitavo composto por 5 municípios, todos no AP. O nono composto por 6 municípios, todos no MT. O décimo agrupamento, composto por 10 municípios, localizados em RO e na fronteira com a Bolívia (Figura 3A).

O Moran Map mostrou que, em 2007, os 96 municípios situados no Q1 formaram um grande agrupamento, subdividido em outros 9 agrupamentos, para facilitar o entendimento geopolítico e administrativo. O primeiro composto por 14 municípios localizados no AM (6), AC (8) e na fronteira com o Peru. O segundo composto por seis municípios localizados no AM (3) e MT (3). O terceiro composto por 11 municípios localizados no AM (5), RR (4), PA (2) e na fronteira com a Venezuela. O quarto composto por seis municípios localizados no AM (4) e PA (2). O quinto composto por seis municípios, localizados no AM (3), AC (1), RO (2) e na fronteira com a Bolívia. O sexto composto por 37 municípios localizados no AM e na fronteira com a Colômbia. O sétimo composto por três municípios localizados no PA. O oitavo composto por cinco municípios localizados no AP e na fronteira com a Guiana Francesa. O nono composto por quatro municípios localizados em RO (Figura 3B).



Fonte: Sistema de Monitoramento da incidência de casos de malária na Amazônia Brasileira (SIMAM).

Figura 3. Moran Map para proporção de meses epidêmicos nos municípios da área endêmica. Amazônia brasileira, 2003, 2007 e 2010.

No ano de 2010, houve uma redução expressiva no número de municípios epidêmicos no estado do AM, em contrapartida, a situação se agravou no PA. Observaram-se oito agrupamentos formados pelos municípios localizados no Q1. O primeiro composto por dez municípios, localizados no AM (3), AC (7) e na fronteira com o Peru. O segundo composto por dez municípios, todos em RR e nas fronteiras com a Venezuela e com a Guiana. O terceiro composto por sete municípios localizados no AM (2) e PA (5). O quarto composto por quatro municípios localizados no PA (3) e MA (1). O quinto composto por oito municípios, todos no AM e fronteira com a Colômbia. O sexto composto por quatro municípios localizados na região do Marajó no PA (2) e AP (2). O sétimo era composto por 39 municípios, todos no PA. O oitavo composto por três municípios, todos localizados no MT (Figura 3C).

DISCUSSÃO

A inaceitável carga da malária e seu impacto socioeconômico colocam a questão como ponto focal para melhorar o controle da doença. Um dos problemas são as limitações operacionais dos serviços de saúde, incluindo ferramentas inadequadas para interromper a transmissão, em alguns locais¹⁸. A esse respeito, o Tribunal de Contas da União declarou que é preciso buscar a conscientização dos gestores para que deem sustentabilidade político-gerecencial à estruturação e ações de vigilância e controle da malária, de forma que se diminua a “exportação” de casos de estados e municípios com ação deficitária para outros cuja ação é mais efetiva¹⁹. Algumas limitações podem ser superadas buscando-se a integração territorial para a sustentação das ações de controle nos municípios, envolvendo também os estados²⁰, e ainda, a esfera federal, de modo a potencializar as intervenções no contexto espacial mais abrangente. A busca da territorialização na saúde vem sendo preconizada por diversas iniciativas, no entanto, muitas vezes o conceito de espaço é reduzido a uma forma meramente administrativa, negligenciando-se o potencial desse conceito para a identificação de problemas sanitários e de propostas de intervenção²¹. No caso das epidemias de malária, ficou evidenciada a necessidade da gestão adequada do território para o êxito no controle do fenômeno, em virtude da sua transcendência no espaço político-administrativo.

A distribuição e a duração das epidemias na AB podem estar vinculadas às dificuldades dos serviços de saúde em responder articuladamente com ações efetivas de contenção. A duração das epidemias é marcada por um intervalo de tempo com começo e fim²² e o prazo entre um e quatro meses foi adequado para a interrupção do fenômeno, pois a maioria dos municípios conseguiu controlar os eventos nesse intervalo de tempo. Devido à diversidade de fatores envolvidos na transmissão da malária, o controle efetivo requer a execução de ações integradas de planejamento para neutralizar os efeitos da dependência espacial das epidemias nos municípios.

Os padrões de morbidade e propagação de epidemias não podem ser explicados sem uma abordagem que considere o espaço e o tempo. A distribuição espacial encontrada forneceu a noção prévia de grupos de municípios epidêmicos que requereriam maior atenção.

Foi necessário, porém, melhorar a análise incorporando técnicas de classificação estatística da estrutura espacial das epidemias, examinando padrões e identificando agrupamentos, conforme os índices de Moran. Os valores da autocorrelação espacial representados pelo IMG estavam próximos daqueles observados para o risco de se contrair malária no estado de RR ($\leq 0,5$)⁹ e RO (0,5 a 0,7)⁷, porém, foram superiores aos valores encontrados em MT (0,3 a 0,4)⁸, sinalizando que a duração das epidemias e o risco de contrair malária podem caminhar na mesma direção para subsidiar a priorização de ações de controle. Os resultados apresentaram evidências significativas de dependência espacial tanto no âmbito estadual como municipal, sugerindo que a localização geográfica é importante como determinante das epidemias. Dessa forma, é necessário considerar a associação espacial da doença nos municípios vizinhos, baseada nos fatores que extrapolam as fronteiras geográficas definidas por critérios exclusivamente políticos e administrativos. No entanto, devido ao fato dessa medida de autocorrelação ter produzido um único valor para o conjunto global dos municípios, ela expressou somente a dependência espacial da região como um todo e exigiu melhor detalhamento por meio do IML.

Com a aplicação do referido índice, foi possível identificar as áreas homogêneas e classificar agrupamentos diferenciados, descartando-se a aleatoriedade espacial na distribuição dos municípios com epidemias de maior duração. Os agrupamentos com autocorrelação espacial estatisticamente significativa, representados no Q1 do Moran Map, foram considerados críticos, nos quais se agregaram municípios em pleno processo epidêmico de maior gravidade. A influência exercida pelos municípios vizinhos na dinâmica da distribuição da proporção de meses epidêmicos provocou alterações observadas em alguns agrupamentos, nos anos analisados. Essa ocorrência esteve relacionada aos diversos fatores contribuintes para o aumento da incidência e a conseqüente produção de epidemias de malária. Contudo, deve-se enfatizar que questões relacionadas à organização intermunicipal dos serviços de saúde podem ter influenciado fortemente para o prolongamento das epidemias nas áreas homogêneas com autocorrelação positiva direta, conforme demonstrado no Q1 do Box Map e do Moran Map. Melhorando a organização da rede de atenção, será possível alcançar a integração regional de ações e serviços de saúde mediante o planejamento regional integrado, o qual poderá garantir a atenção qualificada, de maneira contínua, sendo esse o aspecto priorizado atualmente no SUS. A integração dos serviços de saúde em regiões específicas tem por finalidade garantir a integralidade da assistência e conta com instrumentos legais que possibilitam o financiamento das ações articuladas entre estados e municípios²³. A execução das ações de controle, de forma integrada, poderá prevenir a longa duração das epidemias e reduzir os altos níveis de incidência da doença. A despeito das competências para as ações de controle da malária serem definidas especificamente para cada esfera de gestão²⁴, o sistema de planejamento deve servir para a atuação contínua, articulada, integrada, solidária e harmônica das três esferas de gestão. Esse tipo de atuação possibilitará a consolidação da cultura de planejamento de forma transversal às demais ações desenvolvidas, com pactos objetivamente definidos e estrita observância dos papéis de cada esfera de governo²⁵.

Em relação aos agrupamentos gerados pelo Moran Map, merece destaque aquele localizado no sudoeste do AM com o noroeste do AC e fronteira com o Peru, o qual, apesar da variação na quantidade de municípios no decorrer dos anos, mostrou-se persistente nos três anos estudados. O mesmo foi observado na tríplice divisa do AM, PA e MT. Situação idêntica foi notada no AP, onde houve alternância dos municípios, porém, um agrupamento epidêmico esteve sempre presente naquele estado. A divisa do estado de RO com o MT foi outra área com agrupamento de municípios epidêmicos nos três anos. De forma diferente, o estado de RR e o sudeste do PA apresentaram forte agravamento da situação epidêmica a partir do ano de 2010, reforçando a necessidade da atualização periódica desse tipo de estudo para prover informações destinadas ao planejamento integrado e ao direcionamento das ações de controle. Esses agrupamentos requeriam ações intermunicipais que deveriam ter sido coordenadas pelas SES quando a questão estava ainda restrita à jurisdição estadual. No entanto, nos locais onde as divisas estaduais foram ultrapassadas, caberia ao MS desempenhar o papel de articulador, tanto do planejamento integrado quanto do fomento das ações de controle junto às SMS e SES. Todavia, é importante dar atenção também aos riscos impostos pela malária nas fronteiras internacionais. Nessas áreas, as cidades gêmeas são importantes condicionantes para a mobilidade que favorece a transmissão da malária²⁶, como ocorreu nas fronteiras com os estados do AC, AM, AP e RR. Outros fatores que contribuem para o avanço da doença é o desmatamento de grandes áreas e o contato entre madeireiros, garimpeiros e povos indígenas²⁷. Apesar das dificuldades identificadas, nas fronteiras ainda predomina o setor público na operação da rede de atenção básica, vislumbrando a possibilidade de integração dos sistemas locais de saúde²⁸. A mitigação do problema da malária nas áreas de fronteira depende do conhecimento constante da situação epidemiológica e da cooperação internacional entre o Brasil e os países envolvidos, requerendo articulação permanente no planejamento e execução sistemática do controle da doença. É recomendável que o Programa de Controle da Malária garanta na sua rotina, a análise situacional da doença nos municípios fronteiriços e respectivos países vizinhos, articulando, junto à Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS), ações de planejamento e controle da doença, aproveitando, assim, o mecanismo já disponível para tal finalidade na Rede Amazônica de Vigilância da Resistência dos Antimaláricos (RAVREDA) e na Iniciativa contra Malária na Amazônia (AMI)²⁹.

CONCLUSÃO

Este estudo mostrou que existe dependência espacial das epidemias de malária nos municípios da AB, caracterizada pela autocorrelação positiva direta, e que a dependência espacial das epidemias determinou a ocorrência de conglomerados de municípios epidêmicos com características intermunicipais, interestaduais e interfronteiriços. Esse cenário requer a análise permanente da dependência espacial das epidemias nos municípios, detectando-se os agrupamentos com persistência espaço-temporal e caracterizando-os como um importante indicador para o planejamento e priorização das ações integradas de controle, seja no âmbito

intermunicipal, seja no interestadual ou interfronteiriço, contribuindo dessa forma, para a redução das epidemias da doença.

O Box Map se mostrou uma ferramenta mais sensível para a detecção dos agrupamentos de municípios epidêmicos, podendo ser utilizado, com melhor desempenho, nas áreas de baixa e moderada transmissão de malária. Enquanto que o Moran Map foi mais específico, ideal para a detecção de clusters epidêmicos nas áreas de alta transmissibilidade, onde as epidemias foram mais duradouras. A aplicação rotineira dos instrumentos de análises espaciais nos serviços de saúde para a vigilância e controle da malária poderá potencializar positivamente os resultados a serem alcançados. Porém, ainda se configura em um grande desafio que poderá ser superado com investimento em capacitação técnica daqueles profissionais que estão diretamente envolvidos no controle da doença nas três esferas de gestão, principalmente, se houver uma priorização política em relação ao planejamento e controle regionalizados, conforme está previsto há muito tempo nas normativas orgânicas do SUS.

REFERÊNCIAS

1. Carvalho MS, Souza-Santos R. Análise de dados espaciais em saúde pública: métodos, problemas, perspectivas. *Cad Saúde Pública* 2005; 21(2): 361-78.
2. Braz RM, Duarte EC, Tauil PL. Epidemiology of malaria in the municipality of Cruzeiro do Sul, State of Acre, Brazil, in 2010: uses of a control chart at the local level. *Rev Soc Bras Med Trop* 2012; 45(4): 526-9.
3. Câmara G, Monteiro AM, Fucks SD, Carvalho MS. Análise espacial e geoprocessamento. In: Druck S, Carvalho MS, Câmara G, Monteiro AMV (Org.). Análise espacial de dados geográficos. Brasília: EMBRAPA; 2004. p. 21-54.
4. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria Executiva. Plano Nacional de Saúde-PNS: 2012-2015 [Internet]. Brasília; 2012. Disponível em: http://conselho.saude.gov.br/biblioteca/Relatorios/plano_nacional_saude_2012_2015.pdf. (Acessado em 11 de setembro de 2012).
5. Cromley EK, Cromley RG. An analysis of alternative classification schemes for medical atlas mapping. *Eur J Cancer* 1996; 32A(9): 1551-9.
6. Almeida AS, Medronho RA, Valencia LI. Spatial analysis of dengue and the socioeconomic context of the city of Rio de Janeiro (Southeastern Brazil). *Rev Saúde Pública* 2009; 43(4): 666-743.
7. Rodrigues AF, Escobar AL, Souza-Santos R. Análise espacial e determinação de áreas para o controle da malária no Estado de Rondônia. *Rev Soc Bras Med Trop* 2008; 41(1): 54-64.
8. Atanaka-Santos M, Souza-Santos R, Czeresnia D. Análise espacial na estratificação de áreas prioritárias para o controle da malária no Estado de Mato Grosso, Brasil. *Cad Saúde Pública* 2007; 23(5): 1099-112.
9. Dias RC. Uma contribuição ao estudo da malária no estado de Roraima e sua associação com a precipitação pluviométrica no período de 1985 a 1996. [tese de doutorado]. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública da Fiocruz; 2003.
10. Câmara C, Carvalho MS, Cruz OG, Correa V. Análise espacial de áreas. In: Druck S, Carvalho MS, Câmara G, Monteiro AMV (Org.). Análise espacial de dados geográficos. Brasília: EMBRAPA; 2004. p. 157-82.
11. Werneck GL, Struchiner CJ. Estudos de agregados de doença no espaço-tempo: conceitos, técnicas e desafios. *Cad Saúde Pública* 1997; 13(4): 611-24.
12. Barcellos CC, Sabroza PC, Peiter P, Rojas LI. Organização espacial, saúde e qualidade de vida: análise espacial e uso de indicadores na avaliação de situações de saúde. *IESUS* 2002; 11(3): 129-38.
13. Braz RM, Duarte EC, Tauil PL. Caracterização das epidemias de malaria nos municípios da Amazônia Brasileira em 2010. *Cad. Saúde Pública* 2013; 29(5):935-44.
14. Epi Info™. Database and statistics software for public health professionals. [computer program]. Version 3.5.1. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Atlanta (GA): Computerized Systems; 2008.
15. Braz RM, Andreozzi VL, Kale PL. Detecção precoce de epidemias de malária no Brasil: uma proposta de automação. *Epidemiol Serv Saúde* 2006; 15(2): 21-33.
16. TerraView. Programa para visualização e análise de dados geográficos. [computer program]. Version 4.1.0. Copyright 2001-2011, INPE, Tecgraf PUC-Rio e FUNCATEC Parceiros: LESTE/UFGM. São José dos Campos: Computerized Systems; 2011.

17. Brasil. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do SUS. Mapas Tabwin [Internet] 2001 e 2005. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=060206&item=14>. (Acessado em 04 de abril de 2012).
18. Alonso PL, Brown G, Arevalo-Herrera M, Binka F, Chitnis C, Collins F, et al. A research agenda to underpin malaria eradication. *PLoS Med* 2011; 8(1):e1000406.
19. Brasil. Tribunal de Contas da União. Secretaria-Geral de Controle Externo. Secretaria de Fiscalização e Avaliação de Programas de Governo. Avaliação do TCU sobre o Programa Nacional de Controle da Malária [Internet]. Brasília; 2004. Disponível em: <http://portal2.tcu.gov.br/portal/pls/portal/docs/2054390.PDF>. (Acessado em 06 de novembro de 2012).
20. Loiola CCP, da Silva CJM, Tauil PL. Controle da malária no Brasil: 1965 a 2001. *Rev Panam Salud Publica* 2002; 11(4): 235-44.
21. Monken M, Barcellos C. Vigilância em saúde e território utilizado: possibilidades teóricas e metodológicas. *Cad Saúde Pública* 2005; 21(3): 898-906.
22. Rouquayrol MZ. O processo epidêmico. In: Rouquayrol MZ, Filho NA (Org.). *Epidemiologia & Saúde*. Rio de Janeiro: Médica e Científica; 1999. p. 118-40.
23. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão Estratégica e Participativa. Comitê Gestor do Decreto 7508. Contrato Organizativo da Ação Pública da Saúde [Internet]. Brasília; 2011. Disponível em: http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/contrato_organizativo_acao_publica_saude.pdf. (Acessado em 17 de dezembro de 2012).
24. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Programa Nacional de Controle da Malária. Brasília: Editora MS; 2004. p. 41.
25. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria Executiva. PlanejaSUS): uma construção coletiva [Internet]. Brasília; 2009. Disponível em: http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/planejaSUS_livro_1a6.pdf. (Acessado em 11 de novembro de 2012)..
26. Brasil. Ministério da Integração Nacional. Grupo de Trabalho Interfederativo de Integração Fronteiriço. Bases para uma proposta de desenvolvimento e integração da faixa de fronteira. Brasília: MIN; 2010.
27. Peiter PC. A geografia da saúde na faixa de fronteira continental do Brasil na passagem do milênio [tese de doutorado]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2005.
28. Levino A, Carvalho EF. Análise comparativa dos sistemas de saúde da tríplice fronteira: Brasil/Colômbia/Peru. *Rev Panam Salud Publica* 2011; 30(5): 490-500.
29. Pan American Health Organization. RAVREDA-AMI: Amazon Network for the Surveillance of Antimalarial Drug Resistance (RAVREDA)/Amazon Malaria Initiative (AMI). [Internet]. 2012. Disponível em: <http://www.paho.org/english/ad/dpc/cd/ravreda-ami-obj.htm>. (Acessado em 24 de junho de 2012).

Recebido em: 05/02/2013

Versão final apresentada em: 13/01/2014

Aceito em: 14/02/2014

ERRATA

Revista Brasileira de Epidemiologia 2014;17(3): 615, 617, 619, 621, 623, 625 e 627
DOI: 10.1590/1809-4503201400030004

Artigo: Dependência espacial das epidemias de malária em municípios da Amazônia Brasileira

Nas páginas 615, 617, 619, 621, 623, 625 e 627, onde se lê:
Dependência espacial das epidemias de malária em municípios da Ecossistema Amazônico

Leia-se:
Dependência espacial das epidemias de malária em municípios da Amazônia Brasileira