

# Algoritmo para monitoramento da incidência da malária na Amazônia brasileira, 2003 a 2010

Rui Moreira Braz,<sup>1</sup> Elisabeth Carmen Duarte<sup>2</sup>  
e Pedro Luiz Tauil<sup>2</sup>

## Como citar

Braz RM, Duarte EC, Tauil PL. Algoritmo para monitoramento da incidência da malária na Amazônia brasileira, 2003 a 2010. Rev Panam Salud Publica. 2014;35(3):186-92.

## RESUMO

**Objetivo.** Avaliar um algoritmo para detecção da variação da incidência da malária nos municípios da Amazônia brasileira.

**Métodos.** Avaliou-se um sistema de monitoramento automatizado, baseado em um algoritmo desenvolvido anteriormente pelos autores. O algoritmo utiliza o diagrama de controle por quartis para classificação dos municípios em quatro grupos, conforme a variação da incidência da malária: grupo 1 (redução da incidência)–aqueles com incidência abaixo dos valores esperados; grupo 2 (incidência esperada)–aqueles com incidência dentro dos valores esperados; grupo 3 (epidemia)–aqueles com incidência acima dos valores esperados; grupo 4 (caso esporádico)–aqueles com apenas um caso durante o ano. O período de análise foi de 2003 a 2010. Foram estudados todos os municípios existentes nos nove estados que compõem a Amazônia brasileira (805 municípios em 2003 e 807 a partir de 2004).

**Resultados.** Com base nessa metodologia, os municípios da região foram assim classificados: grupo 1, 152 municípios (18,8% da região) em 2003 e 109 (13,5%) em 2010; grupo 2, 206 (25,6%) em 2003 e 331 (41,0%) em 2010; grupo 3, 391 (48,6%) em 2003 e 308 (38,2%) em 2010; e grupo 4, 56 (7,0%) em 2003 e 59 (7,3%) em 2010.

**Conclusões.** O algoritmo possibilitou verificar que, na Amazônia brasileira, o número de municípios com epidemias de malária em 2010 diminuiu em relação a 2003, enquanto o número de municípios com incidência esperada aumentou. No mesmo período, houve pouca variação no número de municípios com redução da incidência e daqueles com casos esporádicos.

## Palavras-chave

Malária; monitoramento; epidemiologia; Brasil.

No período de 2003 a 2010, foram registrados, anualmente, acima de 300 mil casos de malária no Brasil. Desses, mais de 99% ocorreram na Amazônia brasileira (1). Várias intervenções foram adotadas no país para conter os avanços da doença: a Operação Impacto,

em 1986; o Projeto de Controle da Malária na Bacia Amazônica, em 1989; o Programa de Controle Integrado da Malária, em 1992 (2); o Plano de Intensificação das Ações de Controle da Malária, em 2000; o Programa Nacional de Controle da Malária (PNCM), desde 2003 (3); e um programa para melhorar o acesso à prevenção e controle da malária para populações vulneráveis na Amazônia brasileira, em 2009 (4). Apesar dos avanços introduzidos, a incidência da doença continua alta. Essa

grave situação epidemiológica indica a necessidade de melhorar as intervenções nos municípios com baixa resposta às medidas de controle. Uma alternativa é a utilização de sistemas de informação para detecção oportuna da variação da incidência da doença. Esses sistemas já foram adotados na Tailândia (5) e em alguns países africanos (6) para melhorar a vigilância e o controle da malária.

Os sistemas de informação em saúde, quando de alta qualidade, são instrumentos úteis para detectar eventos de forma

<sup>1</sup> Departamento de Monitoramento e Avaliação do SUS, Secretaria Executiva, Ministério da Saúde, Brasília (DF), Brasil. Correspondência: Rui Moreira Braz, rui.braz@saude.gov.br

<sup>2</sup> Faculdade de Medicina, Área de Medicina Social, Universidade de Brasília, Brasília (DF), Brasil.

oportuna. Eles são também importantes para subsidiar ações de controle de doenças. O emprego dos algoritmos é uma tecnologia usada para a automação dos sistemas de informação em saúde (7) e, principalmente, para reduzir o tempo de processamento de grandes bases de dados (8), como aquelas utilizadas pelo PNCM no Brasil.

O PNCM adota o sistema de informação de vigilância epidemiológica (Sivep-Malária) como principal ferramenta de notificação de casos e análise situacional. Esse sistema apresenta boa qualidade e oportunidade para direcionar as intervenções com base em evidências. Contudo, possui limitações relacionadas às análises baseadas em critérios estatísticos, principalmente por não possuir rotinas para identificar oportunamente as epidemias, identificar a redução efetiva da doença e identificar os municípios em situação de alerta, que não apresentam redução nem aumento da incidência da malária.

O objetivo do presente estudo foi avaliar um algoritmo desenvolvido anteriormente pelos autores para a automação do diagrama de controle por quartis como novo subsídio para o monitoramento estatístico da variação da incidência de malária na Amazônia brasileira. O desenvolvimento do algoritmo baseou-se na seguinte necessidade percebida: as instituições de saúde precisam conhecer, sistematicamente, os níveis de variação da incidência da malária na Amazônia brasileira para subsidiar as ações de vigilância e controle.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

A Amazônia brasileira abrange os estados do Acre (AC), Amapá (AP), Amazonas (AM), Mato Grosso (MT), Pará (PA), Rondônia (RO), Roraima (RR), Tocantins (TO) e Maranhão (MA). Os nove estados da região tinham 805 municípios em 2003 e 807 a partir de 2004. Desses municípios, 52 fazem fronteira com sete países: Bolívia, Colômbia, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Suriname e Venezuela. Todos os municípios foram estudados.

### Diagramas de controle

Foram considerados “casos de malária” os casos autóctones da doença em cada

município. Para tanto, foram excluídos: os casos com lâminas de verificação de cura (LVC) positivas, as quais são obtidas a partir da repetição de exame laboratorial em paciente já positivo para malária a fim de monitorar o clareamento da parasitemia; e os casos em que o município provável de infecção não foi identificado ou registrado por qualquer razão, ou por ser importado de outro país. Para cada um dos municípios e para cada ano do período de 2003 a 2010, foram construídos diagramas de controle baseados em quartis. Para a construção dos limites inferior (LIC) e superior (LSC) de controle, foram utilizados os 7 anos anteriores ao ano em avaliação, excluindo-se, para cada mês, as duas observações com os maiores números de casos. Isso aumentou a sensibilidade do diagrama de controle e reduziu a probabilidade do erro tipo II (não detectar a epidemia quando ela de fato ocorrer). Por exemplo, para a avaliação dos anos de 2003 e de 2004, os limites de controle foram construídos com dados de 1996–2002 e de 1997–2003, respectivamente, e assim por diante para todo o período. Todos os dados, segundo o ano e o mês, resultaram em uma matriz de dados brutos com 60 pontos (5 anos X 12 meses).

A escolha e a construção do diagrama de controle por quartis atendeu às recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS) (9), corroboradas por estudos publicados no Brasil em 2006 (10) e 2012 (11), considerando-se a possibilidade de automação, a simplicidade e a facilidade de entendimento dos resultados pelos técnicos dos serviços de saúde.

### Algoritmo para automação do diagrama de controle

Utilizou-se um algoritmo desenvolvido anteriormente (11) para automatizar a construção dos diagramas de controle. Esse algoritmo, do tipo descrição narrativa, buscou identificar o problema e todos os componentes sequenciais e condicionais necessários para sua resolução, utilizando um conjunto de comandos lógicos escritos em português brasileiro, desenvolvido em sete etapas, conforme discutido por Araújo (12): 1) definição do problema a ser solucionado; 2) identificação das variáveis; 3) solução esperada; 4) detalhamento dos dados de entrada; 5) dados de saída; 6) providências para obtenção e tratamento dos dados; e 7) descrição narrativa da solu-

ção encontrada. Essas rotinas de processamento de dados foram denominadas Sistema de Monitoramento da Incidência da Malária na Amazônia brasileira (SIMAM), composto por cinco módulos, de acordo com o comportamento da doença (diminuição, estabilidade ou aumento): módulo 1—listagem dos municípios do grupo 1, estratificados por estados e tempo de duração da redução da incidência da malária; módulo 2—listagem dos municípios do grupo 2, estratificados por estados; módulo 3—listagem dos municípios do grupo 3, estratificados por estados, tempo de duração da epidemia; módulo 4—listagem dos municípios do grupo 4, estratificados por estados; módulo 5—geração do diagrama de controle individualizado por município e por localidades sub-municipais (13).

### Classificação dos municípios

Com base no SIMAM, foram gerados relatórios sobre a variação da incidência da malária nos municípios classificados em quatro grupos. O grupo 1 foi definido pela redução da incidência além da esperada (zona de êxito), ou seja, municípios com variação da incidência abaixo do limite inferior do canal endêmico do diagrama de controle (LIC) em qualquer mês do ano e que nunca ultrapassaram o LSC. O grupo 2 compreendeu municípios onde houve manutenção da incidência esperada (zona de alerta): municípios com variação da incidência entre o LIC e o limite superior do canal endêmico do diagrama de controle durante os 12 meses do ano monitorado. O grupo 3 (zona epidêmica) incluiu municípios onde a incidência mensal ficou acima do esperado, ultrapassando o LSC, em qualquer mês do ano. Nesse grupo, definiu-se epidemia de acordo com critérios da OMS (14) e de Medronho e Perez (15). Uma frequência mensal superior a um caso acima do LSC foi considerada uma epidemia (mês epidêmico). O grupo 4 abrangeu casos esporádicos (zona de casos críticos): municípios onde a incidência ultrapassou o LSC, mas houve apenas um caso autóctone no ano.

Após a classificação, os municípios foram estratificados utilizando-se duas variáveis: duração da redução da incidência e duração da epidemia. A duração da redução da incidência foi classificada como curta (4 ou menos meses de redução); média (5 a 8 meses de redu-

ção) ou longa (9 ou mais meses de redução). A duração da epidemia também foi classificada como curta (1 a 4 meses epidêmicos), média (5 a 8 meses) ou longa ( $\geq 9$  meses epidêmicos). Os resultados referentes às epidemias do ano de 2010 estão de acordo com estudo já publicado (16) e foram utilizados neste estudo para completar a série histórica analisada.

### Fontes e análise dos dados

Os dados de malária foram obtidos do sistema de informação Sivep-Malária, do Ministério da Saúde, em 20 de abril de 2010. As populações dos municípios foram extraídas do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (17). No tratamento e análise dos dados, foram usados os programas eletrônicos Dbase e Epi Info. Para elaboração dos mapas, utilizou-se o TerraView.

### Considerações éticas

O projeto deste estudo foi aprovado pelo Conselho de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília (parecer CEP-FM-049/2010).

## RESULTADOS

Após o processamento dos dados pelo SIMAM, verificou-se que o total de municípios com redução na incidência da malária decresceu 28,3% no período

estudado, passando de 152 (18,8%) municípios em 2003 para 109 (13,5%) em 2010 (tabela 1). Esses municípios apresentaram, principalmente, reduções classificadas como de longa duração (mais de 50% dos municípios). No mesmo período, o número de municípios com redução de curta duração (1 a 4 meses) diminuiu 30%, e o número daqueles com redução de média duração (5 a 8 meses) caiu 7,5%. O mesmo padrão foi observado nos municípios com redução de longa duração (9 ou mais meses), com queda de 37,8%. No período de 2003 a 2010, observaram-se nove municípios com redução da incidência da malária, entre 5 e 8 anos contínuos, demonstrando redução efetiva de casos autóctones que variaram de 68,3% no município de Marabá a 99,9% em Santana do Araguaia, ambos no estado do Pará.

No período analisado, aumentou o número de municípios classificados com manutenção por 12 meses da incidência esperada da endemia, passando de 206 (25,6%) em 2003 para 331 (41,0%) em 2010, com um incremento de 60,7% de municípios nessa categoria (tabela 1). A quase totalidade desses municípios (98,5% em 2003 e 95,5% em 2010) concentrou-se em apenas três estados: Maranhão, Mato Grosso e Tocantins. Nesse grupo, a transmissão da malária foi praticamente nula. Na maioria dos municípios, a incidência de casos foi zero, representando, do total do grupo, 98,5% em 2003 e 95,8% em 2010.

O número de municípios com epidemias caiu 21,2%, passando de 391 (48,6% do total da região) em 2003 para 308 (38,2%) em 2010 (tabela 1). Entre os municípios que tiveram epidemias, aqueles com epidemias de curta duração (1 a 4 meses epidêmicos) foram os mais frequentes e representaram 53,2% em 2003 ( $n = 208$  municípios), passando a 61% em 2010 ( $n = 188$ ). O percentual de municípios com epidemias de média duração (5 a 8 meses) manteve-se entre 26,3%, em 2003, e 23,4%, em 2010. O número de municípios com epidemias de longa duração ( $> 9$  meses) passou de 80 (20,5% dentre os que apresentaram epidemias) em 2003 para 48 (15,6%) em 2010.

Quanto à distribuição espacial dos municípios de acordo com a variação da incidência da malária (redução, esperado, epidemia e esporádico), houve diminuição da área coberta pelos municípios epidêmicos, principalmente nos estados do Amazonas e Rondônia (figura 1).

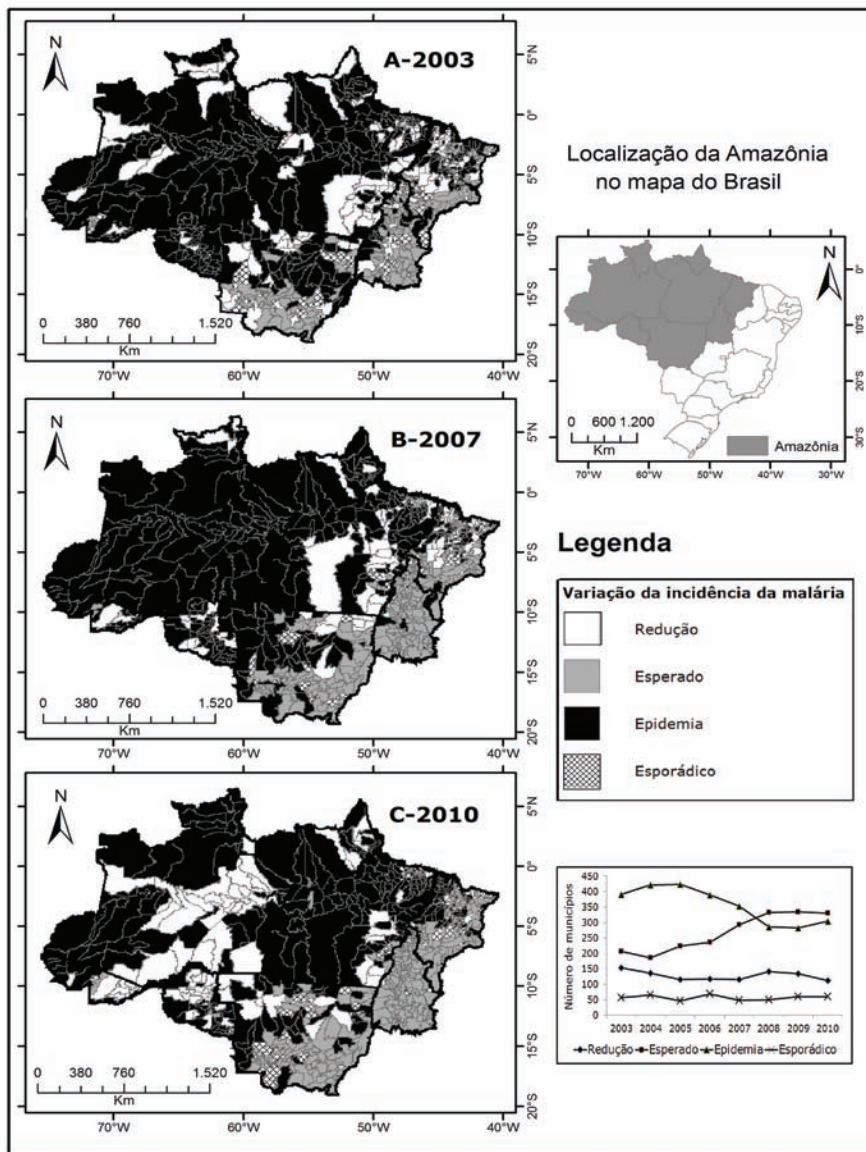
Houve pouca variação no total anual de municípios com casos esporádicos de malária (tabela 1): 56 (7%) municípios em 2003 e 59 (7,3%) em 2010, sendo a maioria (86,4%) diferente de 2003. Os estados que apresentaram maior número de municípios nesse grupo foram: Mato Grosso (33,9%), Maranhão (42,4%) e Tocantins (10,2%). No Amapá e em Roraima, não foi registrado nenhum município com este perfil.

**TABELA 1.** Distribuição do número de municípios segundo o ano e a variação da incidência da malária, Amazônia brasileira, 2003 a 2010

	Ano															
	2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009		2010	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
<b>Varição da incidência</b>																
Redução	152	18,8	135	16,7	114	14,2	116	14,3	115	14,3	141	17,4	133	16,4	109	13,5
Esperado	206	25,6	186	23,2	223	27,6	235	29,2	292	36,2	332	41,2	333	41,3	331	41,0
Epidemia	391	48,6	422	52,2	424	52,5	388	48,1	352	43,6	285	35,3	282	34,9	308	38,2
Esporádico	56	7,0	64	7,9	46	5,7	68	8,4	48	5,9	49	6,1	59	7,4	59	7,3
Total	805	100	807	100	807	100	807	100	807	100	807	100	807	100	807	100
<b>Duração da redução da incidência</b>																
Curta	30	19,7	31	22,9	34	29,8	37	31,8	40	34,7	39	27,6	38	28,5	21	19,3
Média	40	26,4	36	26,7	48	42,1	38	32,8	34	29,6	41	29,1	27	20,3	37	33,9
Longa	82	53,9	68	50,4	32	28,1	41	35,4	41	35,7	61	43,3	68	51,2	51	46,8
Total	152	100	135	100	114	100	116	100	115	100	141	100	133	100	109	100
<b>Duração da epidemia</b>																
Curta	208	53,2	225	53,4	206	48,5	194	50,0	203	57,6	200	70,2	175	62,1	188	61,0
Média	103	26,3	88	20,8	94	22,2	99	25,5	62	17,6	42	14,7	65	23,1	72	23,4
Longa	80	20,5	109	25,8	124	29,3	95	24,5	87	24,8	43	15,1	42	14,8	48	15,6
Total	391	100	422	100	424	100	388	100	352	100	285	100	282	100	308	100

**Fonte:** Sistema de monitoramento da incidência da malária na Amazônia Brasileira (SIMAM).

**FIGURA 1.** Distribuição espacial da variação da incidência da malária, Amazônia brasileira, 2003, 2007 e 2010



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

## DISCUSSÃO

O alcance da meta de redução continuada da incidência da malária ainda é um problema de difícil solução, objeto de diversas intervenções governamentais. Algumas dessas intervenções resultaram em queda significativa da incidência da doença, sem conseguir, entretanto, manter a sustentabilidade dos ganhos obtidos (2). O cenário analisado evidenciou a necessidade de novas ferramentas que possam auxiliar não apenas na redução da incidência da malária, mas também na manutenção dessa redução

efetiva, conforme objetivos do PNCM (3) e as metas do milênio (18). Apesar das barreiras ambientais e socioeconômicas na Amazônia brasileira (19), o fator político-organizacional, se bem conduzido, parece ser o grande desafio para uma redução sustentável da malária, conforme ocorreu nos municípios com redução continuada entre 5 e 8 anos, no período analisado. Com o SIMAM, os gestores poderão basear-se em parâmetros estatísticos e em uma série histórica para definir metas de redução da doença e ajustes necessários para sua sustentabilidade ao longo dos anos.

No grupo com incidência esperada, dois perfis foram revelados. O primeiro inclui municípios com incidência zero, compondo quase a totalidade do grupo. O segundo abrange um pequeno número de municípios com baixa incidência de casos. Nesse grupo de baixa incidência, os municípios concentraram-se em estados situados em áreas de transição da vegetação amazônica para a de cerrado, onde as condições ambientais e antrópicas não favorecem a reprodução do vetor da malária—e onde é possível planejar a eliminação da transmissão. É possível, também, manter estratégias para prevenir a reintrodução da transmissão nesses municípios com incidência zero, mantendo-se a detecção e a contenção rápida de surtos eventuais.

Em relação às epidemias, é importante utilizar métodos que permitam detectar e conter rapidamente o fenômeno, sem considerar, inicialmente, todas as causas de sua ocorrência (20), prestando assistência imediata aos pacientes e investigando logo a seguir os fatores determinantes da epidemia, para aplicação das medidas de controle apropriadas. É importante destacar a existência de três tipos de epidemias: aquelas produzidas por *P. vivax* (tipo I) e por *P. falciparum* (tipo II), exclusivamente, e aquelas produzidas por ambas as espécies (tipo III) simultaneamente (16). Esses tipos de epidemias, com superposição das duas espécies parasitárias, ocorrem com frequência em países fora da África (21).

A duração das epidemias está relacionada a diferentes fatores, como desmatamento, aglomerações populacionais desprotegidas, falta de estrutura de saúde e falhas operacionais (22). O prazo entre 1 e 4 meses mostrou-se adequado para a detecção e a contenção de epidemias, pois a maioria dos municípios conseguiu controlá-las nesse intervalo de tempo. Para que as decisões sejam mais oportunas, os dados devem ser atualizados e analisados semanalmente, conforme ocorreu no Brasil, em um município do estado do Acre (11), e no Irã (23). Outro fator relevante constatado em estudo anterior (16) é que, nas áreas especiais, como assentamentos, garimpos, áreas indígenas e de fronteira, o risco de ocorrer epidemias é maior que nos municípios sem essas áreas. Existe forte associação entre o aumento na incidência da malária e a ati-

vidade garimpeira (24), e também entre o aumento da malária e os projetos de assentamento (25). Nos assentamentos, a transmissão é alta devido à derrubada de matas para plantio e à presença de população suscetível (26), a qual apresenta probabilidade de infecção 2,9 vezes maior do que as populações de outras áreas endêmicas (27). O risco de contrair a doença na população indígena é também duas vezes maior que na população não indígena da Amazônia brasileira como um todo (3). Nas fronteiras internacionais, a transmissão da malária é influenciada pela complexidade das relações naquele espaço (28), como o contato entre madeireiros, garimpeiros e povos indígenas, conforme verificado em outros países (29).

A quantidade de municípios com caso esporádico não sofreu grandes variações no período. A existência de municípios com apenas um caso autóctone anual remete a possíveis imperfeições nos processos de vigilância. Essas falhas podem ocorrer na investigação do município provável de infecção, levando ao registro de casos importados como autóctones. O mesmo pode ocorrer na digitação das notificações e também em decorrência da discordância no resultado do diagnóstico, como por exemplo, o registro de resultado positivo como negativo (30). Os casos esporádicos podem ser, ainda, consequência da indefinição dos vínculos epidemiológico, espacial e temporal com o caso índice. Descartada a hipótese de falhas, o caso esporádico pode resultar do contato acidental do indivíduo, isoladamente, com os fatores ambientais, incluindo o vetor infectado com o plasmódio. A investigação do caso esporádico permitirá sua classificação em uma das seguintes categorias: importado, recaída, induzido, introduzido, críptico ou autóctone (31). A detecção dos casos esporádicos mostrou a boa sensibilidade do SIMAM para revelar qualquer ocorrência inesperada.

Ressalta-se que o SIMAM poderá apresentar limitações, como por exemplo: a ocorrência de dois casos durante o ano poderá não significar uma epidemia, pois os casos podem não ter vínculo epidemiológico, espacial ou temporal. Outra limitação é a dificuldade de distinguir o vínculo entre as espécies parasitárias, se elas forem monitoradas em conjunto. Se uma investigação de baixa qualidade imputar transmissão da doença em mu-

nicipios sem autoctonia, o SIMAM interpretará essa informação como epidemia. Ao contrário, a indefinição do município provável de infecção reduzirá a sensibilidade e a oportunidade na detecção das epidemias e da reintrodução da doença em áreas livres de transmissão. Devido à alta sensibilidade do diagrama de controle, o SIMAM poderá disparar alarmes falsos positivos para epidemias, os quais, a princípio, não trarão prejuízos para o controle da malária, por demandar maior oportunidade no início das ações de contenção do fenômeno epidêmico.

Apesar dessas limitações, ficou evidenciada a efetividade do algoritmo para o monitoramento da incidência da malária. Embora o método utilizado para desenvolver o algoritmo seja o mais antigo e o mais simples disponível (12), mesmo assim permitiu análise aprofundada da variação da incidência da malária nos municípios e em localidades sub-municipais (áreas especiais), por meio do SIMAM. Esse método garante a qualidade dos resultados por ser altamente reprodutível, possibilitando subsidiar o processo de monitoramento de maneira oportuna e com confiabilidade. A utilização do número de casos autóctones absolutos para construção do LSC converge com a definição de epidemia adotada pela OMS (14) e por Medronho e Perez (15).

A taxa de incidência não foi utilizada neste trabalho por apresentar limitações relacionadas à característica focal da epidemia, que reduz a sensibilidade do diagrama de controle, tornando tardia a detecção das epidemias em áreas com grandes populações e vastas extensões territoriais, além de dificultar a detecção da reintrodução da doença em localidades livres de transmissão, onde a presença de poucos casos implica em taxa de incidência igual a zero. A série de dados mensais utilizada na construção do diagrama também está de acordo com a OMS (32) e estudos realizados na Tailândia (5), Quênia (33), Peru (34) e outros países africanos (6). A originalidade do SIMAM está na possibilidade de inserir uma ferramenta automatizada na rotina do controle da doença e de permitir o monitoramento em tempo real pelos gestores municipais, estaduais e federal.

A análise dos relatórios do SIMAM possibilitou a detecção das epide-

mias e, também, o monitoramento da redução efetiva da incidência da doença e das situações de alerta em locais onde a incidência permaneceu dentro dos limites esperados. Devido à heterogeneidade da distribuição da malária e à dificuldade de acesso às localidades desmalariações, dentro dos municípios, o algoritmo poderá subsidiar a gestão descentralizada do controle da doença, conforme mostrou um estudo piloto realizado no município de Cruzeiro do Sul (11) e outro estudo que analisou a probabilidade de ocorrer epidemias nas localidades sub-municipais de assentamentos, garimpos, áreas indígenas e de fronteiras (16). Na rotina dos serviços de saúde, o SIMAM poderá ser implantado como um módulo automatizado acoplado ao Sivep-Malária, gerando relatórios estratificados e disparando alertas por municípios e por localidades sub-municipais. Poderá ser acessado, simultaneamente, via internet, nos municípios, nos estados e no Ministério da Saúde. Dessa forma, os três níveis de gestão atuarão cooperativamente com os municípios na missão de reduzir ao máximo a transmissão da doença na região. Nos municípios, os relatórios do SIMAM poderão ser analisados semanalmente para direcionamento imediato das ações de controle; nos estados e no Ministério da Saúde, os relatórios podem ser avaliados quinzenalmente ou mensalmente, para monitoramento, junto ao município, de qualquer situação anormal percebida. Nas localidades fronteiriças, poderão ser articuladas ações de planejamento e controle integrado da doença com os países vizinhos, com apoio da Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). A partir das informações geradas pelo algoritmo, os serviços de saúde poderão analisar rotineiramente a autocorrelação espacial das epidemias de malária nos municípios, possibilitando o planejamento e o controle integrado da doença.

Para que o algoritmo possa ser utilizado efetivamente como suporte ao controle da malária, é recomendável o apoio dos gestores da saúde pública, nos âmbitos municipal, estadual, nacional e continental. Esse apoio deverá ser no sentido de converter os códigos de programação utilizados pelo SIMAM em um sistema informatizado mais robusto, que seja capaz de processar com estabilidade e rapidez as bases de dados do Programa de Controle da Malária. Dessa forma, o SIMAM poderá ser implantado

e apoiar, também, o controle da doença nos demais países que compõem a Região Amazônica, onde as características da transmissão da malária são similares às que ocorrem no Brasil.

**Agradecimentos.** À Coordenação Geraldo Programa Nacional de Controle da Malária, Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde, pelo

apoio financeiro à execução de algumas atividades de campo.

**Conflitos de interesse.** Nada declarado pelos autores.

## REFERÊNCIAS

1. Brasil, Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Nota técnica nº 26/CGPNM/SVS/DEVEP/MS/2011. Situação da malária na Amazônia com ênfase nos municípios do estado do Pará. Brasília: Ministério da Saúde; 2011.
2. Lioiolla CCP, Silva CJM, Tauil PL. Controle da malária no Brasil: 1965 a 2001. *Rev Panam Salud Publica.* 2002;11(4):235–43.
3. Brasil, Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Programa Nacional de Controle da Malária-PNCM. Brasília: Ministério da Saúde; 2004.
4. The Global Fund to Fight AIDS, Tuberculosis and Malaria. Improving access to malaria prevention and control for vulnerable people in Brazilian Amazon. Disponível em: <http://portfolio.theglobalfund.org/en/Grant/Index/BRA-809-G04-M> Acessado em março de 2013.
5. Cullen JR, Chitprarop U, Doberstyn EB, Sombattwattanakul K. An epidemiological early warning system for malaria control in northern Thailand. *Bull World Health Organ.* 1984;62(1):107–14.
6. Thomson MC, Connor SJ. The development of Malaria Early Warning Systems for Africa. *Trends Parasitol.* 2001;17(9):438–45.
7. Portela MC, Schramm JMA, Pepe VLE, Noronha MF, Pinto CAM, Ciani MPC. Algoritmo para a composição de dados por internação a partir do sistema de informações hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS)—composição de dados por internação a partir do SIH/SUS. *Cad Saude Publica.* 1997;13(4):771–74.
8. Camargo JKR, Coeli CM. Reclink: aplicativo para o relacionamento de bases de dados, implementando o método probabilístico record linkage. *Cad Saude Publica.* 2000;16(2):439–47.
9. World Health Organization. A framework for field research in Africa: Malaria Early Warning Systems: concepts, indicators and partners. Geneva: WHO; 2001. Disponível em: [http://whqlibdoc.who.int/hq/2001/who\\_cds\\_rbm\\_2001.32.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2001/who_cds_rbm_2001.32.pdf) Acessado em março de 2014.
10. Braz RM, Andreozzi VL, Kale PL. Detecção precoce de epidemias de malária no Brasil: uma proposta de automação. *Epidemiol Serv Saude.* 2006;15(2):21–33.
11. 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.
12. Araújo EC. Algoritmos: fundamento e prática. Florianópolis: Visual Books; 2005.
13. Braz RM. Monitoramento da incidência da malária na Amazônia brasileira utilizando algoritmo automatizado. Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Medicina, Núcleo de Medicina Tropical; 2013. Disponível em: [http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/13212/1/2013\\_RuiMoreira-Braz.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/13212/1/2013_RuiMoreira-Braz.pdf) Acessado em março de 2014.
14. World Health Organization. Disease outbreaks. Geneva: WHO; 2011. Disponível em: [http://www.who.int/topics/disease\\_outbreaks/en/](http://www.who.int/topics/disease_outbreaks/en/) Acessado em novembro de 2011.
15. Medronho RA, Perez MA. Distribuição das doenças no espaço e no tempo. Em: Medronho RA, Carvalho DM, Bloch KV, Luiz RR, Werneck GL, eds. *Epidemiologia.* São Paulo: Atheneu; 2003. Pp. 57–71.
16. Braz RM, Duarte EC, Tauil PL. Caracterização das epidemias de malária nos municípios da Amazônia Brasileira em 2010. *Cad Saude Publica.* 2013;29(5):935–44.
17. Brasil, Ministério da Saúde. População residente no Brasil, 1996 a 2010, segundo município. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?ibge/cnv/popbr.def> Acessado em novembro de 2011.
18. United Nations. 2005 World Summit Outcome: resolution adopted by the General Assembly. New York: UN; 2005. Disponível em: <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/un/unpan021752.pdf> Acessado em março de 2014.
19. Tauil PL. The prospect of eliminating malaria transmission in some regions of Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 2011; 106(Suppl 1):105–6.
20. Rodríguez J, Prieto S. Dinâmica de la epidemia de malaria: predicciones de su trayectoria. *Rev Med.* 2010;18(2):152–60.
21. World Health Organization. Field guide for malaria epidemic assessment and reporting. Geneva: WHO; 2004. Disponível em: [http://whqlibdoc.who.int/hq/2004/WHO\\_HTM\\_MAL\\_2004.1097.pdf?ua=1](http://whqlibdoc.who.int/hq/2004/WHO_HTM_MAL_2004.1097.pdf?ua=1) Acessado em março de 2014.
22. Vasconcelos CH, Novo EMLM, Donalisio MR. Uso do sensoriamento remoto para estudar a influência de alterações ambientais na distribuição da malária na Amazônia Brasileira. *Cad Saude Publica.* 2006;22(3):517–26.
23. McKelvie WR, Haghdoost AA, Raeisi A. Defining and detecting malaria epidemics in south-east Iran. *Malar J.* 2012;11:81.
24. Duarte EC, Fontes CJF. Associação entre produção anual de ouro em garimpos e incidência de malária no Mato Grosso-Brasil, 1985-1996. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2002;35(6):665–8.
25. Santos VR, Yokoo EM, Souza-Santos R, Atanaka-Santos M. Fatores socioambientais associados à distribuição espacial de malária no assentamento Vale do Amanhecer, município de Juruena, estado de Mato Grosso, 2005. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2009;42(1):47–53.
26. Barata RCB. Malária no Brasil: panorama epidemiológico na última década. *Cad Saude Publica.* 1995;11(1):128–36.
27. Oliveira EC, Santos ES, Zeilhofer P, Souza-Santos R, Atanaka-Santos M. Spatial patterns of malaria in a land reform colonization project, Juruena municipality, Mato Grosso, Brazil. *Malar J.* 2011;10:1–9.
28. Brasil, Ministério da Integração Nacional, Grupo de Trabalho Interfederativo de Integração Fronteiriça. Bases para uma proposta de desenvolvimento e integração da faixa de fronteira. Brasília: MIN; 2010. Disponível em: [http://www.integracao.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=ab3fdf20-dcf6-43e1-9e64-d6248ebd1353&groupId=10157](http://www.integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=ab3fdf20-dcf6-43e1-9e64-d6248ebd1353&groupId=10157) Acessado em março de 2014.
29. Konchom S, Singhasivanon P, Kaewkungwal J, Chuprapawan S, Thimasarn K, Kidson C, et al. Chronicle of malaria epidemics in Thailand, 1980-2000. *Southeast Asian J Trop Med Public Health.* 2005;36(Suppl 4):64–7.
30. Luna-Pereira MP, Iguchi T, Santos EGOB. Avaliação de discordâncias encontradas nos exames de gota espessa para o diagnóstico da malária realizados por microscopistas dos Estados do Amapá e do Maranhão, Brasil, entre 2001 e 2003. *Epidem Serv Saude.* 2006;15(2):35–45.
31. Pampana E. Erradicación de la malaria. Cidade do México: Limusa-Wiley; 1963.
32. World Health Organization. Disease surveillance for malaria control: an operational manual. Geneva: WHO; 2012. Disponível em: [http://whqlibdoc.who.int/publications/2012/9789241503341\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2012/9789241503341_eng.pdf) Acessado em março de 2014.
33. Hay SI, Rogers DJ, Shanks GD, Myers MF, Snow RW. Malaria early warning in Kenya. *Trends Parasitol.* 2001;17(2):96–9.
34. Calderón L, València W, Albújar J. Análisis de la epidemia de malaria en la zona del Alto Pastaza Región Loreto (1989-1996). *Rev Peru Epidemiol.* 1996;9(2):19–23.

Manuscrito recebido em 7 de junho de 2013. Aceito em versão revisada em 20 de janeiro de 2014.

---

**An algorithm to monitor  
the incidence of malaria  
in the Brazilian Amazon,  
2003 to 2010**

**ABSTRACT**

*Objective.* To evaluate an algorithm developed for detecting variations in the incidence of malaria in the Brazilian Amazon.

*Methods.* An evaluation was conducted of an automated monitoring system based on an algorithm that had been previously developed by the authors. The algorithm employs quartile diagrams to classify municipalities according to variations in the incidence of malaria: group 1 (reduced incidence)—municipalities with below the expected incidence rates; group 2 (expected incidence)—within the expected incidence rates; group 3 (epidemics)—higher than the expected incidence rates; and group 4 (sporadic case)—a single case during a year. The period from 2003 to 2010 was analyzed. All the municipalities in the nine states that make up the Brazilian Amazon were studied (805 municipalities in 2003 and 807 starting in 2004).

*Results.* Based on this method, Amazonian municipalities were classified as follows: group 1, 152 (18.8%) municipalities in 2003 and 109 (13.5%) in 2010; group 2, 206 (25.6%) municipalities in 2003 and 331 (41.0%) in 2010; group 3, 391 (48.6%) municipalities in 2003 and 308 (38.2%) in 2010; and group 4, 56 (7.0%) municipalities in 2003 and 59 (7.3%) in 2010.

*Conclusions.* The use of the algorithm revealed that in 2010, the number of Amazonian municipalities in group 3 (epidemics) decreased when compared to 2003, while the number of municipalities in group 2 (expected incidence) increased. In the same period, there was no significant variation in the number of municipalities in group 1 (reduced incidence) and in group 4 (sporadic case).

**Key words**

Malaria; monitoring; epidemiology; Brazil.

---