

**DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DA MALÁRIA NO AMAZONAS, DE 2003 A 2019**  
**TEMPORAL AND SPATIAL DISTRIBUTION OF MALARIA IN THE AMAZON, FROM 2003 TO 2019**

**Fernanda Rodrigues Fonseca**

Pós-Graduação em Clima e Ambiente,  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade do Estado do Amazonas  
Instituto Leônidas e Maria Deane, Fundação Oswaldo Cruz (ILMD, Fiocruz Amazônia)  
[fernanda.fonseca@fiocruz.br](mailto:fernanda.fonseca@fiocruz.br)

**Jean-Michel Martinez**

Institut de Recherche pour le Développement  
[jean-michel.martinez@ird.fr](mailto:jean-michel.martinez@ird.fr)

**Naziano Pantoja Filizola Junior**

Universidade Federal do Amazonas  
Pós-Graduação em Clima e Ambiente,  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade do Estado do Amazonas  
[nazianofilizola@ufam.edu.br](mailto:nazianofilizola@ufam.edu.br)

**RESUMO**

O estudo visa conhecer a evolução da incidência de malária nos municípios do estado do Amazonas, durante o período de 2003 a 2019, bem como analisar a existência de sazonalidade da doença. Através do uso do teste estatístico de Pettitt, mudanças no padrão da distribuição de malária foram encontradas, em especial a partir de 2011. Em média, altos valores de incidência da malária foram observados até 2010/2011, atingindo em alguns municípios, incidência mensal de 40. Após aquele ano, houve uma tendência de queda da malária, em grande parte dos municípios. Ademais, o alto risco da doença que predominava em quase todo o estado do Amazonas nos primeiros anos da série histórica, a partir de 2010/2011, concentrou-se nas regiões Norte e Sudoeste do estado. A sazonalidade da doença foi identificada com mais intensidade na região Sudoeste, apresentando valores mais elevados entre os meses de maio a agosto. Os resultados da pesquisa auxiliaram na compreensão da dinâmica da malária no Amazonas, mostrando que ainda existe uma enorme carga da doença. O estudo fornece subsídios relevantes para auxiliar a vigilância em saúde, com reconhecimento das áreas suscetíveis a presença do vetor.

**Palavras-chaves:** Malária. Distribuição espacial. Distribuição temporal. Sazonalidade. Amazônia.

**ABSTRACT**

The study aims to know the evolution of the malaria incidence in the municipalities of the state of Amazonas, during the period from 2003 to 2019, as well as to analyze the existence of seasonality of the disease. Using Pettitt's statistical test, changes in the pattern of malaria distribution were found, especially after 2011. On average, high values of malaria incidence were observed until 2010/2011, reaching, in some municipalities, a monthly incidence of 40. After that year, there was a trend towards a reduction in malaria in most municipalities. In addition, the high risk of the disease that predominated in almost the entire state of Amazonas in the first years of the historical series, after 2010/2011, it was concentrated in the North and Southwest regions of the state. The seasonality of the disease was more intensely identified in the Southwest region, with higher values between the months of May and August. The research results helped to understand the dynamics of malaria in the Amazon, showing that there is still a large amount of the disease. The study provides relevant subsidies to help health surveillance, with recognition of areas susceptible to the presence of the vector.

**Keywords:** Malaria. Spatial distribution. Temporal distribution. Seasonality. Amazon.

## INTRODUÇÃO

A malária ainda é um grave problema de saúde pública, que afetam milhões de pessoas em todo mundo, sobretudo em países tropicais e subtropicais. Em 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estimou que 241 milhões de casos de malária ocorreram em 85 países e cerca de 627 mil mortes no mundo (WHO, 2021). Deste número alarmante, a maioria dos casos concentram-se no continente Africano, o restante está distribuído na Ásia e Américas. No Brasil, aproximadamente 99% dos casos de malária concentram-se na região Amazônica, sendo o Amazonas, um dos estados de maior incidência da doença (BRASIL, 2022).

Ela é uma doença infecciosa febril aguda, causada por parasitas do gênero *Plasmodium* e transmitida ao homem pela picada da fêmea do mosquito *Anopheles*. No Brasil, as três principais espécies de parasitas (*Plasmodium*) responsáveis pelas infecções humanas são: *P. vivax*, *P. falciparum* e *P. malariae*. É extremamente baixa a incidência de *P. malariae* no país. *P. falciparum* é a principal causa da malária clínica grave e que leva indivíduos a óbito. Contudo, a espécie *P. vivax* é a mais comum encontrada na Amazônia, com aproximadamente 86% dos casos registrados no Brasil e a espécie mais prevalente nas Américas. Embora a maioria dos casos de malária grave seja causada por infecções por *P. falciparum*, os casos provocados por *P. vivax* também podem acarretar doença grave e morte (BRASIL, 2022; NEVES, 2005; ALEXANDRE *et al*, 2010; SATO, 2021).

Fortemente associada à pobreza, a malária afeta populações que vivem em condições precárias de habitação e saneamento, com acesso limitado aos estabelecimentos de saúde e conseqüentemente com maiores dificuldades ao tratamento efetivo da doença (BRASIL, 2022; COWMAN *et al*, 2016). É uma doença com alto potencial epidêmico e sua dinâmica é influenciada por variações climáticas e socioambientais, mas principalmente, variações na qualidade e quantidade de intervenções de controle (BRASIL, 2022).

Compreender a distribuição espacial e temporal da malária pode auxiliar a identificação de áreas suscetíveis a presença do vetor, assim como o acompanhamento, no tempo, de locais de riscos da incidência da doença. Neste sentido, para conhecer o padrão da malária no espaço e tempo, bem como sua sazonalidade, o objetivo deste estudo foi analisar, no estado do Amazonas, a evolução da incidência da malária no período de 2003 a 2019.

## METODOLOGIA

Trata-se de um estudo ecológico baseado na análise da série temporal da incidência da malária, anual e mensal, de 2003 a 2019, para os 62 municípios do estado do Amazonas.

Os dados sobre notificações de casos de malária foram obtidos pelo Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica da Malária (SIVEP - Malária). A forma mais comum de medir e comparar a frequência de doenças em populações, é através do cálculo de sua incidência. Sendo assim, para comparação no tempo, da dispersão da malária entre os 62 municípios do estado do Amazonas, calculou-se a Incidência Parasitária Anual de Malária (IPA), cujo método de cálculo e conceituação são detalhados em RIPS (2008) e corresponde ao número de exames positivos de malária no ano (para todas espécies de parasitas), considerando o município provável de infecção, dividido pela estimativa da população municipal no ano considerado, ao final padronizado por 1000 habitantes. Os dados populacionais foram extraídos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), provenientes do Censo Demográfico de 2010 e das estimativas populacionais para os demais anos (intercensitários).

O IPA é um indicador comumente usado para analisar variações anuais da distribuição da incidência de positividade laboratorial para malária em áreas endêmicas, como parte do conjunto de ações de vigilância epidemiológica da doença. Para a análise da sazonalidade e série histórica mensal da malária de 2003 a 2019, neste trabalho calculou-se ainda um indicador mensalmente, utilizando a população de cada ano como denominador no respectivo mês. O indicador mensal foi denominado neste trabalho de Incidência Parasitária Mensal de Malária (IPM). Considerando-se que há possibilidade de múltiplas ocorrências de malária no mesmo indivíduo, assim, a cada mês a mesma população estaria exposta ao risco de adquirir a doença. Desse modo, foi possível realizar uma análise comparativa em uma série temporal mensal de 2003 a 2019, devidamente ponderada pela população anual.

Para a análise exploratória dos dados, foram construídos mapas ilustrando a distribuição espacial e temporal de IPA, além de mapeamentos dos valores medianos mensais de IPM, com o objetivo de avaliar a sazonalidade da doença. Foram elaborados ainda gráficos boxplot (diagramas de caixas), com o intuito de avaliar a dispersão e comportamento sazonal da doença, permitindo a comparação entre os diferentes municípios.

Para a representação da série histórica da incidência da malária e identificação de tendência na distribuição, calculou-se a média móvel da variável IPM, com suavização em 3 meses. Também foram realizados testes de Pettitt (VERSTRAETEN *et al*, 2006), com o objetivo de encontrar mudanças na tendência central da distribuição de IPM. O teste de Pettitt tem sido amplamente usado em estudos hidrometeorológicos, para auxílio na detecção do ponto provável, no tempo, de mudanças na tendência da série histórica dos dados.

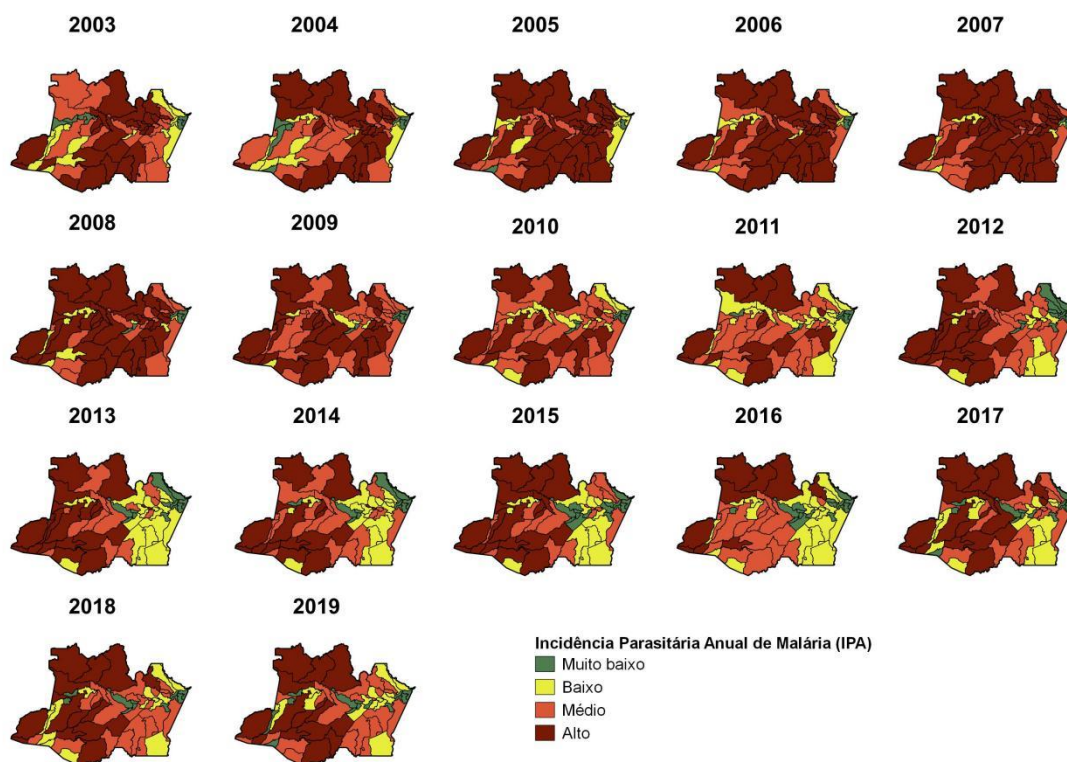
Os dados foram analisados por meio dos programas R, versão 4.1.0 (<http://www.r-project.org>), RStudio, versão 1.4 (<https://www.rstudio.com>) e Quantum GIS, versão 3.0 (<https://www.qgis.org>).

A pesquisa atendeu aos critérios da Resolução n. 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde e aprovado por um Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos. Por se tratar de uma pesquisa que usou somente dados secundários, houve dispensa do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliação do risco anual da malária nos municípios do Amazonas, a figura 1 apresenta a distribuição espacial de IPA, para cada ano investigado. Baseado na classificação das áreas de risco de malária: muito baixo risco (IPA < 1 caso/1.000 habitantes), baixo risco (IPA entre 1 e 10 casos/1.000 hab.), médio risco (IPA entre 10 e 50 casos/1.000 hab.) e alto risco (IPA >= 50 casos/1.000 hab.); muitos municípios apresentaram médio ou alto risco em determinados períodos da série histórica.

Figura 1 – Distribuição espacial da Incidência Parasitária Anual de Malária (IPA), 2003 a 2019.



Fonte: Base de dados - Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica da Malária (SIVEP - Malária); base cartográfica - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Elaboração: Os autores.

É observado que a distribuição de IPA varia tanto no espaço quanto no tempo. Regiões que no início da série histórica eram classificadas como alto risco da doença, ao longo dos anos passam a ser consideradas de baixo/médio risco ou vice-versa. Outros municípios permanecem como áreas de alto risco em quase todos os anos observados, como exemplo os municípios da região Norte do estado: São Gabriel da Cachoeira, Santa Isabel do Rio Negro e Barcelos. Dentre os 62 municípios analisados, a grande maioria dos municípios diminuíram o risco da doença ao comparar os primeiros e últimos anos da série estudada. Em 2005, por exemplo, 61% dos municípios foram classificados como alto risco da

doença, 19% como médio, 16% como baixo e 3% de muito baixo risco. Já em 2019, as regiões de alto risco reduziram consideravelmente, passando a serem classificadas como alto (23%), médio (32%), baixo (24%) e muito baixo risco (21%).

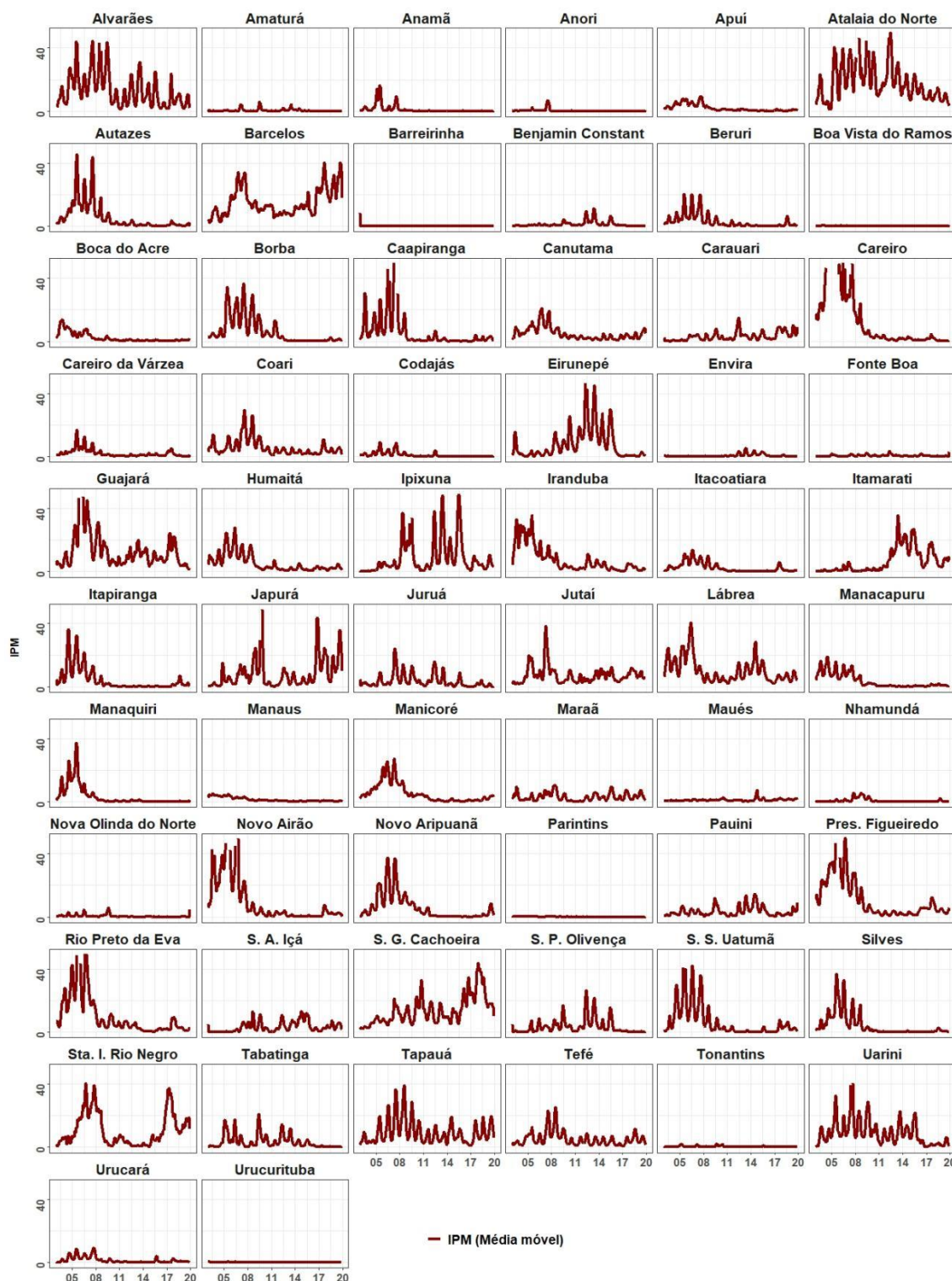
Uma das observações que chama a atenção nos resultados apresentados da distribuição espacial de IPA (figura 1), é que nos primeiros anos investigados até por volta de 2010/2011, a incidência da malária era alta em quase todo o estado do Amazonas, predominando nas regiões Norte, Leste e Centro do estado. A partir daquele ano até 2019, o alto risco da doença foi se concentrando nas regiões Sudoeste e Noroeste do estado (região de fronteira), indicando que a doença permaneceu nestas regiões. Nos últimos anos da série temporal, os maiores valores de IPA foram observados nos municípios da região Noroeste (São Gabriel da Cachoeira, Santa Isabel do Rio Negro e Barcelos) e no Sudoeste, compreendendo o município de Japurá, a região da bacia do alto Solimões (Atalaia do Norte, Alvarães, Tefé e Uarini), no rio Juruá (Eirunepé, Ipixuna, Itamarati e Juruá) e no rio Purus (Tapauá e Lábrea).

Embora acredita-se que a alta incidência da malária nas regiões Noroeste e Sudoeste possa estar ligada a problemas de vigilância em saúde, uma vez que a atuação política em regiões de fronteira é mais difícil de ser aplicada, pesquisadores apontam o papel das mudanças climáticas, como força motriz para a concentração da malária nestas regiões ao longo dos anos (FONSECA, 2022). O estudo de Fonseca (2022) demonstra que as regiões Noroeste e Sudoeste do Amazonas possuem altitudes mais elevadas, quando comparadas às demais regiões do estado. A cada aumento de 100 metros na altitude, há uma diminuição de 0,6° C na temperatura (STRAHLER, 1973). Estágios aquáticos dos mosquitos *Anopheles* não sobrevivem em grande número se as médias diárias caírem abaixo dos 16°C (JEPSON *et al*, 1947) ou se aproximarem de 40° C (LINDSAY & MARTENS, 1998). Desta forma, sabendo que o vetor da malária é bastante sensível à temperatura, um aquecimento no clima pode ser um dos fatores impulsionadores para o avanço e permanência da malária em regiões mais altas. Esta percepção também foi verificada em outros estudos na África (LINDSAY & MARTENS, 1998; HIMEIDAN & KWEKA, 2012; AFRANE *et al*, 2011) e de acordo com a sugestão de Afrane *et al* (2011), as altas temperaturas auxiliaram a conduzir a malária para zonas de altitudes mais elevadas.

A figura 2 apresenta os resultados da distribuição temporal de IPM, ao longo dos anos de 2003 a 2019 e retrata a existência de uma grande variabilidade de IPM ao longo do tempo e grande heterogeneidade entre os municípios.



Figura 2 – Média móvel da Incidência Parasitária Mensal de Malária (IPM), para os municípios do Amazonas, ao longo de 2003 a 2019.



Fonte: Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica da Malária (SIVEP - Malária). Elaboração: Os autores.

Nota-se que em grande parte dos municípios, há uma tendência de queda de IPM ao longo do tempo. Apesar da grande maioria dos municípios reduzirem os valores de IPM após o ano 2010/2011, alguns municípios permaneceram com valores altos de IPM, em especial os municípios de Alvarães, Atalaia

do Norte, Barcelos, Ipixuna, Lábrea, Santa Isabel do Rio Negro, São Gabriel da Cachoeira, São Paulo de Olivença, Tabatinga, Tapauá e Uarini. De maneira oposta, os municípios de Eirunepé, Itamarati e Japurá, que antes de 2010/2011 observava-se baixos valores de IPM, a partir daquele período elevam suas taxas de incidência. Nota-se que São Gabriel da Cachoeira, Santa Isabel do Rio Negro e Barcelos, possuem um comportamento diferenciado dos demais municípios. Estes três municípios possuíam altos valores de IPM em anos anteriores a 2010, no entanto, após este ano, sofrem queda na taxa de incidência, porém voltam a obter altos valores de IPM ao longo dos próximos anos.

Com o objetivo de encontrar mudanças na tendência central da distribuição de IPM, a tabela 1 apresenta o resultado do teste de Pettitt, revelando o provável ponto de mudança no tempo da distribuição de IPM para cada município. O provável ponto de mudança está localizado na observação onde  $U^*$  (estatística do teste) tem seu valor máximo. A probabilidade aproximada é adequada quando valor-p for inferior ou igual a 0,05.

Tabela 1 – Resultado do teste de Pettitt, com a identificação por município, do provável ponto de mudança no tempo da distribuição de IPM.

Municípios	U*	Mudança no Tempo	Valor-p	Municípios	U*	Mudança no Tempo	Valor-p
Atalaia do Norte	4496	ago/14	< 0,001	Careiro da Várzea	7645	set/08	< 0,001
Benjamin Constant	5407	jul/16	< 0,001	Itacoatiara	9420	nov/10	< 0,001
Tabatinga	5835	nov/15	< 0,001	Urucurituba	4235	jan/08	< 0,001
São Paulo de Olivença	4688	out/15	< 0,001	Parintins	8602	mar/11	< 0,001
Amaturá	4519	dez/15	< 0,001	Humaitá	9235	mai/09	< 0,001
Santo Antônio do Içá	6924	fev/07	< 0,001	Manicoré	10075	jul/11	< 0,001
Tonantins	4448	dez/10	< 0,001	Novo Aripuanã	9407	set/11	< 0,001
Fonte Boa	2831	fev/07	0,0071	Borba	10219	jan/12	< 0,001
Boa Vista do Ramos	8067	jan/10	< 0,001	Nova Olinda do Norte	9599	ago/10	< 0,001
Ipixuna	5480	dez/07	< 0,001	São Gabriel da Cachoeira	6682	dez/09	< 0,001
Eirunepé	5713	jan/16	< 0,001	Santa Isabel do Rio Negro	4410	fev/16	< 0,001
Itamarati	9892	jun/11	< 0,001	Barcelos	5364	ago/16	< 0,001
Carauari	6156	dez/11	< 0,001	Novo Airão	9129	nov/08	< 0,001
Juruá	5909	set/13	< 0,001	Manaus	9832	ago/10	< 0,001
Boca do Acre	9408	nov/09	< 0,001	Rio Preto da Eva	8897	jan/11	< 0,001
Pauini	2689	mar/12	0,012	Presidente Figueiredo	9416	fev/09	< 0,001
Lábrea	6486	out/07	< 0,001	Urucará	7028	jan/10	< 0,001
Canutama	7866	out/09	< 0,001	Autazes	9700	set/10	< 0,001
Tapauá	2531	fev/05	0,022	Maués	4845	mai/14	< 0,001
Beruri	8812	set/10	< 0,001	Apuí	9514	jun/09	< 0,001
Japurá	4812	jun/16	< 0,001	Barreirinha	3989	nov/07	< 0,001
Maraã	2783	mar/13	0,0086	Irlanduba	9018	out/08	< 0,001
Uarini	6242	out/15	< 0,001	Caapiranga	8856	dez/08	< 0,001
Alvarães	5830	out/09	< 0,001	Careiro	10089	jan/11	< 0,001
Tefé	4068	out/09	< 0,0001	Envira	5465	set/10	< 0,001
Coari	6885	set/10	< 0,001	Guajará	4349	jul/09	< 0,001
Codajás	9678	dez/12	< 0,001	Itapiranga	9157	nov/09	< 0,001

Anori	7546	mai/09	< 0,001	Manaquiri	9338	mar/09	< 0,0001
Anamã	8512	out/09	< 0,001	Nhamundá	8203	mar/11	< 0,001
Manacapuru	10020	ago/10	< 0,001	Silves	9774	out/10	< 0,001
Jutaí	2993	jul/04	0,0037	São Sebastião do Uatumã	8290	out/10	< 0,001

Fonte: Dados da pesquisa. Elaboração: Os autores.

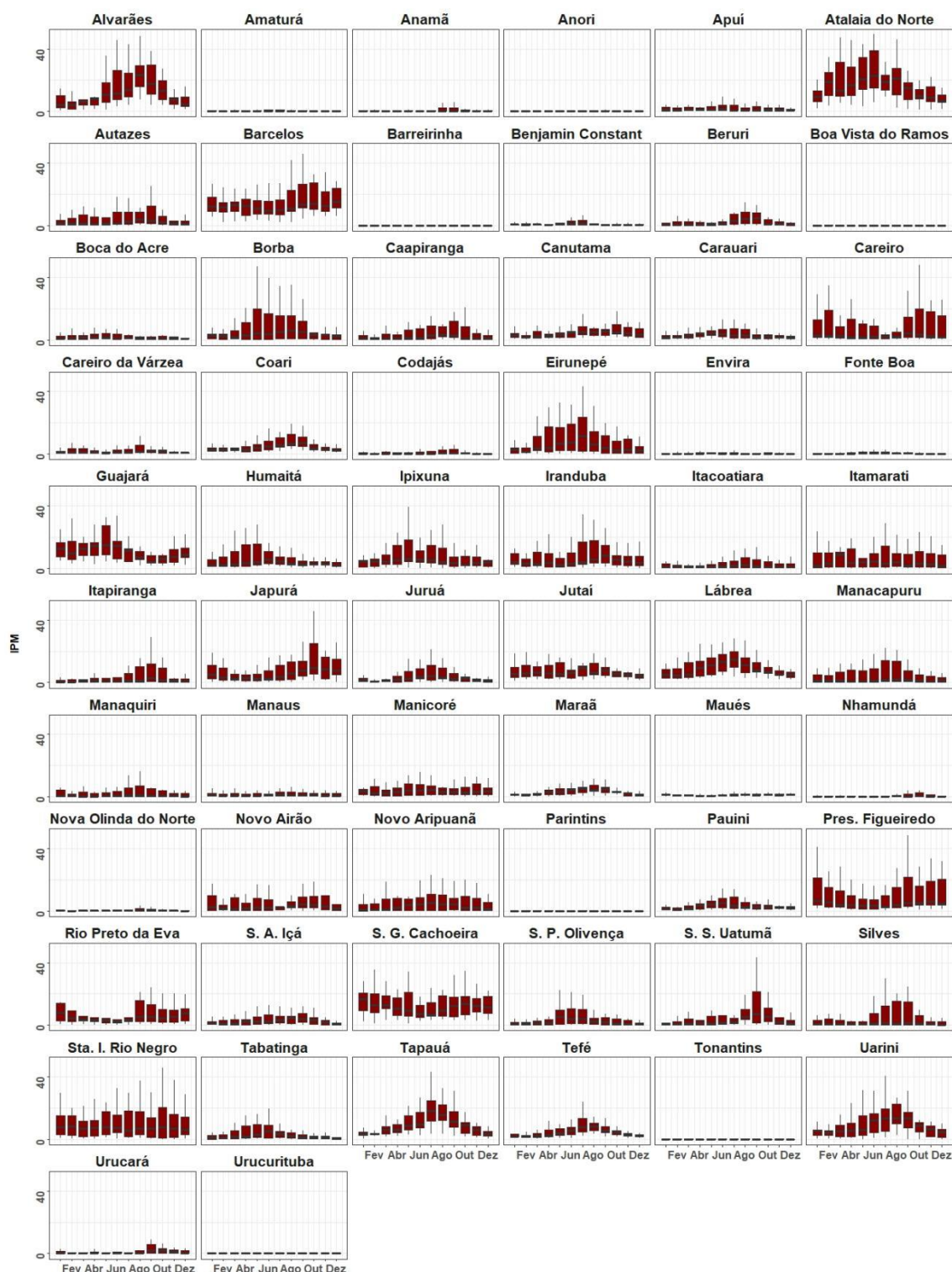
Os resultados apresentados nas figuras 1, 2 e tabela 1 indicam que, em média, houve uma mudança no padrão de distribuição da incidência da malária no estado do Amazonas, em especial a partir de 2011, sendo verificado, na média dos municípios investigados, valores mais altos de IPM até por volta daquele ano. Após 2010/2011, houve uma tendência de queda de IPA e IPM, em grande parte dos municípios.

Esta constatação pode ser explicada pela priorização na agenda política da saúde, sobre a necessidade de conter o aumento acentuado da incidência da doença. Em 2007, houve um grande investimento nas ações de prevenção, controle e vigilância da malária no estado do Amazonas, impulsionando o progresso no combate à malária. A Fundação de Vigilância em Saúde do Amazonas (FVS) implantou o Plano Plurianual das Ações de Controle da Malária no estado do Amazonas (PPACM 2007/2010), onde foram pactuadas metas com os municípios do estado, no qual o objetivo era atingir, até 2010, 80% de redução da malária em relação ao ano de 2007. O PPACM visava uma diminuição sustentável do número de casos de malária por meio do fortalecimento técnico dos municípios e do incentivo à descentralização dos programas de vigilância (SAMPAIO *et al.*, 2015). Grande sucesso foi alcançado durante o período de fiscalização. Segundo a FVS, o estado do Amazonas obteve uma redução de 77% durante este período.

Ao longo dos anos, também houve uma grande melhora na rede de laboratórios de diagnósticos. A rede se expandiu durante a execução do PPACM e essas medidas, aliadas à preocupação do estado com a qualidade do diagnóstico, ajudaram o Amazonas a alcançar um excelente nível de controle de qualidade e diagnóstico da malária (SAMPAIO *et al.*, 2015).

Para melhor compreensão da variabilidade dos dados e entendimento da sazonalidade da malária, a figura 3 apresenta os gráficos de boxplot para cada município observado, da IPM acumulada de 2003 a 2019.

Figura 3 – Comportamento sazonal da Incidência Parasitária Mensal da Malária (IPM), dos municípios do estado do Amazonas: dados acumulado de 2003 a 2019.



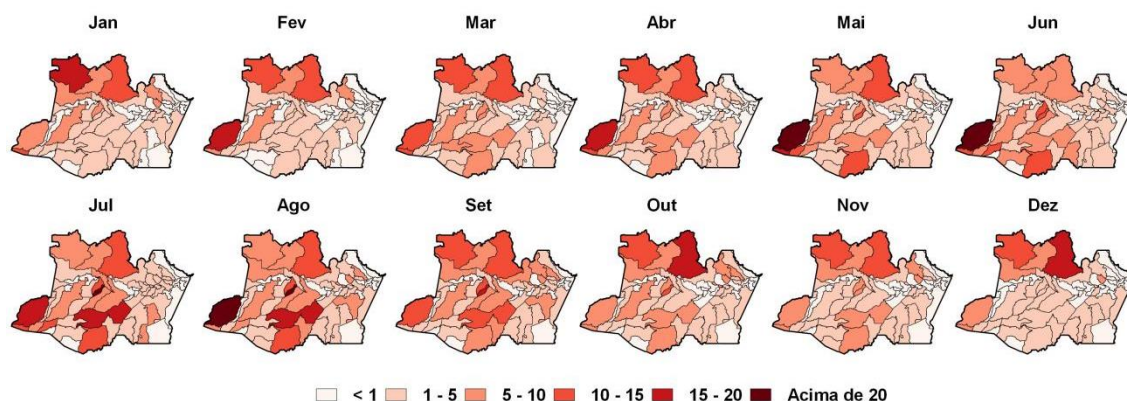
Fonte: Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica da Malária (SIVEP - Malária). Elaboração: Os autores.

Como apresentado na figura 3, a alta amplitude das caixas interquartílicas, que representam 50% dos dados e mostram a distância entre o primeiro e o terceiro quartil, indicam que grande parte dos municípios possuem alta variabilidade de IPM. Municípios que apresentaram baixa variabilidade de IPM, em geral foram áreas de baixo risco de malária, com IPM abaixo de 5. Observa-se ainda a existência de uma sazonalidade mais evidente nos municípios de Atalaia do Norte, Eirunepé, Ipixuna, Juruá, Lábrea, Tapauá, Alvarães, Borba, Coari, Humaitá, Tefé, Uarini e Guajará. Os municípios de



Amaturá, Benjamin Constant, Barreirinha, Boa Vista do Ramos, Fonte Boa, Tonantins, Anamá, Anori, Envira, Novo Olinda do Norte, Parintins, Urucurituba, Maués e Nhamundá, em razão dos baixos valores de IPM, não expressaram uma sazonalidade aparente. A interpretação visual dos mapas ilustrados na figura 4 reforça a existência de sazonalidade distinta em cada município.

Figura 4 – Distribuição espacial do padrão sazonal da Incidência Parasitária Mensal da Malária (IPM), da mediana de 2003 a 2019.



Fonte: Base de dados - Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica da Malária (SIVEP - Malária); base cartográfica - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Elaboração: Os autores.

Como apresentado na figura 4, os dados medianos acumulados de 2003 a 2019, exibem que na porção Noroeste (em especial nos municípios de São Gabriel da Cachoeira, Santa Isabel do Rio Negro e Barcelos) e região Sudoeste do estado, são observados valores mais altos de IPM. Na região Noroeste a sazonalidade não é muito evidente, por outro lado, na região Sudoeste, são observados valores mais altos de IPM entre os meses de maio a agosto.

A influência do clima e ambiente na transmissão da malária pode ser observada no perfil sazonal da doença, que se caracteriza por maior intensidade de transmissão no período seco e vazante dos rios, quando se formam criadouros temporários nas margens dos rios, promovendo condições ideais para o desenvolvimento dos mosquitos *Anopheles* (WOLFARTH-COUTO *et al*, 2019; WOLFARTH-COUTO *et al*, 2020; FONSECA *et al*, 2022).

De acordo com Fonseca *et al* (2022), além da oscilação dos rios, a diferença de sazonalidade nas regiões Noroeste e Sudoeste no estado do Amazonas, também pode estar ligada ao tipo de coloração das águas dos rios, com sazonalidade mais marcada em municípios às margens de rios de águas brancas, coincidindo com os municípios pertencentes a região Sudoeste do estado do Amazonas. Municípios às margens de águas pretas (região Noroeste), apesar de apresentarem alta incidência de malária, a sazonalidade não é muito evidente. O tipo de cor dos rios possui relação direta com a concentração de sedimentos suspensos nas águas. Os rios de água branca, são caracterizados por transportar grande quantidade de sedimentos suspensos, com períodos bem definidos de alta e baixa concentração de sedimentos no ano, enquanto os rios de água preta, possuem baixos níveis de sedimentos ao longo de todo ano (SIOLI, 1957). Baseados nisso, pesquisadores apontam que a malária é mais intensa em locais e períodos de baixos sedimentos nos rios, sendo esta uma das condições adequadas para o desenvolvimento do ciclo da doença (FONSECA *et al*, 2022).

Ademais, vários estudos reforçam que a alta incidência e sazonalidade da malária está relacionada também a alterações nos padrões de chuva, oscilação dos rios, temperatura, umidade, altitude do terreno e cobertura vegetal, podendo favorecer ambientes suscetíveis à disseminação da malária, aumentando a densidade e longevidade do vetor, tendo um impacto significativo na transmissão da doença (AFRANE *et al*, 2011; FONSECA *et al*, 2022; HAY *et al*, 2004; OLSON *et al*, 2009; ALEMU *et al*, 2011; HIWAT & BRETAS, 2011; STEFANIE *et al*, 2011; WOLFARTH-COUTO *et al*, 2019; WOLFARTH-COUTO *et al*, 2020).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As metodologias empregadas neste trabalho se mostraram eficazes para a compreensão da dinâmica da malária no Estado do Amazonas e apontaram resultados relevantes para auxiliar a vigilância em

saúde, com reconhecimento das áreas suscetíveis a presença do vetor. Apesar das iniciativas governamentais e esforços no combate à malária, os resultados deste estudo mostram que ainda há uma enorme carga da doença. O grande desafio de eliminar a transmissão da malária no estado do Amazonas e no mundo ainda se encontra distante, esbarrando em grandes obstáculos, como fatores ambientais, impactos do clima, financiamento insuficiente, dificuldades de capacitação e manutenção de recursos humanos e problemas de gestão, principalmente em áreas mais remotas da Amazônia.

## REFERÊNCIAS

- AFRANE Y.; GITHEKO A.; YAN G. Malaria transmission in the African highlands in a changing climate situation: Perspective from Kenyan highlands. In: CASALEGNO S., editor. **Global Warming Impacts - Case Studies on the Economy, Human Health, and on Urban and Natural Environments**. London: IntechOpen, v. 4, p 53-66, 2011. <https://doi.org/10.5772/24946>
- ALEMU A. et al. Climatic variables and malaria transmission dynamics in Jimma town, South West Ethiopia. **Parasites & Vectors**, v. 4, p 30, 2011. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-4-30>
- ALEXANDRE M.A. et al. Severe plasmodium vivax malaria, Brazilian amazon. **Emerging Infectious Diseases**, v. 16, p 1611-1614, 2010. <https://doi.org/10.3201/eid1610.100685>
- BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde. **Malária**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/m/malaria/malaria>. Acesso em: 20 ago. 2022 .
- COWMAN A.F. et al. Malaria: biology and disease. **Cell**, v. 167, p 610-624, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2016.07.055>
- FONSECA F. **Impacto da variabilidade hidro-climática e ambiental sobre a incidência da malária no Estado do Amazonas, com foco na diferença de cor das águas fluviais**. 2022. Tese (Doutorado em Clima e Ambiente) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA e Universidade do Estado do Amazonas - UEA, Manaus, 2022. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/38695>
- FONSECA F. et al. Hydrological Scenarios and Malaria Incidence in the Amazonian Context, **Water**, v. 14, p. 1283, 2022. <https://doi.org/10.3390/w14081283>
- JEPSON W.; MOUTIA A.; COURTOIS C. The malaria problem in mauritius: the bionomics of mauritian anophelines. **Bulletin of Entomological Research**, v. 38, p. 177-208, 1947. <https://doi.org/10.1017/S0007485300030273>
- HAY S. et al. The global distribution and population at risk of malaria: past, present, and future. **The Lancet Infectious Diseases**, v. 4, p. 327-336, 2004. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(04\)01043-6](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(04)01043-6)
- HIMEIDAN Y.; KWEKA E. Malaria in east african highlands during the past 30 years: impact of environmental changes. **Frontiers in Physiology**, v. 3, p. 315, 2012. <https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00315>
- HIWAT H.; BRETAS G. Ecology of Anopheles darlingi Root with respect to vector importance: a review. **Parasites & Vectors**, v. 4, p. 177, 2011. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-4-177>
- LINDSAY S.; MARTENS P. Malaria in the African highlands: Past, present and future. **Bull World Health Organ**, v. 76, p. 33-45, 1998.
- NEVES D. **Parasitologia Humana**. 11<sup>th</sup> ed. São Paulo: Atheneu, 2005. <https://doi.org/10.11606/issn.2176-8099.pcs0.2004.68086>
- OLSON S.H. et al. Links between climate, malaria, and wetlands in the Amazon Basin. **Emerging Infectious Diseases**, v. 15, p. 659-662, 2009. <https://doi.org/10.3201/eid1504.080822>
- RIPSA Rede Interagencial de Informação para a Saúde. **Indicadores básicos para a saúde no Brasil: conceitos e aplicações**. 2nd. ed. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2008, 349. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/tabdata/livroidb/2ed/indicadores.pdf>
- SAMPAIO V.S. et. al. Malaria in the State of Amazonas: a typical Brazilian tropical disease influenced by waves of economic development, **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 48, 2015. <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0275-2014>

SATO S. Plasmodium - a brief introduction to the parasites causing human malaria and their basic biology. **Journal of Physiological Anthropology**, v. 40, p. s40101-020-00251-9, 2021.

<https://doi.org/10.1186/s40101-020-00251-9>

SIOLI H. Sedimentation im Amazonasgebiet. **Geologische Rundschau**, v. 45, p. 608-633, 1957.

<https://doi.org/10.1007/BF02296856>

STEFANIE A. et al. Environmental, entomological, socioeconomic and behavioural risk factors for malaria attacks in Amerindian children of Camopi, French Guiana, **Malaria Journal**, v. 10, p. 246, 2011. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-10-246>

STRAHLER A. **Introduction to Physical Geography**. New York: Wiley, 1973.

VERSTRAETEN G. et al. Long-term (105 years) variability in rain erosivity as derived from 10-min rainfall depth data for Ukkel (Brussels, Belgium): Implications for assessing soil erosion rates. **Journal of Geophysical Research Atmospheres**, v. 111, p D22109, 2006.

<https://doi.org/10.1029/2006JD007169>

WHO World Health Organization: **World Malaria report 2021**. Geneva, WHO, 2021. Disponível em: <https://www.who.int/teams/global-malaria-programme/reports/world-malaria-report-2021>. Acesso em: 15 jan. 2022.

WOLFARTH-COUTO B.; FILIZOLA N.; DURIEUX L. Padrão sazonal dos casos de malária e a relação com a variabilidade hidrológica no Estado do Amazonas, Brasil, **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 23, 2020. <https://doi.org/10.1590/1980-549720200018>

WOLFARTH-COUTO B.; SILVA R.A.; FILIZOLA N. Variabilidade dos casos de malária e sua relação com a precipitação e nível d'água dos rios no Estado do Amazonas, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, 2019. <https://doi.org/10.1590/0102-311x00020218>