



DOI: 10.5380/abclima

Seção Temática: Prêmio ABCLima “Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro” - Edição 2021

ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA MORBIDADE DA MALÁRIA EM MANAUS, AMAZONAS, BRASIL

*A social and environmental analysis of malaria morbidity in
Manaus, Amazonas, Brazil*

*Análisis socioambiental de la morbilidad por malaria en
Manaus, Amazonas, Brasil*

Rayane Brito de Almeida  

Doutoranda e Professora de Geografia pela Secretaria de Estado de Educação/SEDUC
Itacoatiara, Amazonas, Brasil
rayane.almeida@seducam.pro.br

Natacha Cíntia Regina Aleixo  

Professora do Programa de Pós-Graduação em Geografia/Departamento de Geografia,
Universidade Federal do Amazonas/UFAM
natachaaleixo@ufam.edu.br

Resumo: Este estudo teve como objetivo compreender a dinâmica socioambiental sobre a morbidade da malária em Manaus. Para isso, utilizou-se da fundamentação teórica-metodológica do ritmo climático e do Sistema Ambiental Urbano (S.A.U.). Foram analisados os dados das variáveis climáticas e hidrológicas obtidas no INMET e Porto de Manaus, dados socioeconômicos e ambientais urbanos obtidos na IMPLURB e os dados referentes aos casos confirmados de malária foram obtidos no SIVEPMALÁRIA. Os dados foram tratados com técnicas estatísticas descritivas, regressão múltipla e o método das medianas para identificação da vulnerabilidade socioambiental da morbidade da Malária em Manaus. Os resultados mostraram que a ocorrência da malária apresenta padrão bimodal em Manaus, sendo que a precipitação pluvial mensal e as cotas fluviais influenciaram na epidemiologia da doença e apresentaram maior poder de explicação entre as variáveis. A análise rítmica demonstrou que os dias consecutivos com elevadas temperaturas do ar, com pouca ou nenhuma nebulosidade e pequenos volumes diários de precipitação pluvial se relacionam positivamente ao desenvolvimento do vetor. O risco e a vulnerabilidade socioambiental predominaram em bairros com saneamento ambiental precário, maior distância dos postos de saúde, baixa renda e taxa de alfabetização. Os resultados apresentados podem contribuir para a (re) formulação de políticas públicas visando a melhoria das condições socioambientais e do controle epidemiológico da doença.

Palavras-chave: Ritmo Climático. Risco. Vulnerabilidade Socioambiental. Malária. Manaus.

Abstract: The purpose of this study was to understand the socioenvironmental dynamics of malaria morbidity in Manaus. To that end, the theoretical-methodological foundation of the climate rhythm and the Urban Environmental System (S.A.U.) was applied. We have analyzed data on climatic and hydrological variables, which were obtained from INMET and the Port of Manaus; socioeconomic and urban environmental data obtained from IMPLURB and data referring to confirmed cases of malaria gathered from SIVEPMALÁRIA. The data were assessed through descriptive statistical techniques, multiple regression and the median method in order to identify the socioenvironmental vulnerability of malaria morbidity in Manaus. The results have shown that the occurrence of malaria displays a bimodal pattern in Manaus, with monthly rainfall and river quotas having an influence on the disease's epidemiology, presenting a greater explanatory power among the variables. Rhythmic analysis revealed that consecutive days with high air temperatures, with little or no cloudiness and small daily volumes of rainfall are positively related to the vector's growth. Socioenvironmental risk and vulnerability have predominated in neighborhoods with poor environmental sanitation, greater distance from health centers, low income and literacy rate. The attained results may contribute to the (re) formulation of public policies aimed at improving the socioenvironmental conditions and epidemiological control of the disease.

Keywords: Climatic Rhythm. Risk. Social and Environmental Vulnerability. Malaria. Manaus.

Resumen: Este estudio tuvo como objetivo comprender la dinámica socioambiental sobre la morbilidad de la malaria en Manaus. Para ello, fue utilizada la fundamentación teórica-metodológica del ritmo climático y del Sistema Ambiental Urbano (S.A.U.). Fueron analizados los datos de las variables climáticas e hidrológicas obtenidas en el INMET y Puerto de Manaus, datos socioeconómicos y ambientales urbanos obtenidos en la IMPLURB y los datos referentes a los casos confirmados de malaria fueron obtenidos en el SIVEPMALARIA. Los datos fueron tratados con técnicas de estadística descriptiva, regresión múltiple y el método de las medianas para la identificación de la vulnerabilidad socioambiental de la morbilidad de la malaria en Manaus. Los resultados mostraron que la ocurrencia de la malaria presenta estándar bimodal en Manaus, siendo que la precipitación pluvial mensual y las cuotas influenciaron en la epidemiología de la enfermedad y presentaron mayor poder de explicación entre las variables. El análisis rítmico demostró que los días consecutivos con elevadas temperaturas del aire, con poca o ninguna nubosidad y pequeños volúmenes diarios de precipitación pluvial se relacionan positivamente al desarrollo del vector. El riesgo y la vulnerabilidad socioambiental predominaron en barrios con saneamiento ambiental precario, mayor distancia de los puestos de salud, renta baja y tasa de alfabetización. Los resultados presentados pueden contribuir para la (re) formulación de las políticas públicas visando la mejora de las condiciones socioambientales y del control epidemiológico de la enfermedad.

Palabras clave: Ritmo Climático. Riesgo. Vulnerabilidad Socioambiental. Malaria. Manaus.

Submetido em: 30/10/2021

Aceito para publicação em: 14/05/2022

Publicado em: 10/06/2022

1. INTRODUÇÃO

Ainda nos anos trinta e quarenta a incidência da malária se tornou um fator preocupante à saúde pública na região Amazônica, fazendo com que cientistas de diversos institutos na época pesquisassem profundamente suas formas de transmissão em diversas localidades da Amazônia e quais ações poderiam ajudar na diminuição e prevenção da doença, visto que naquela época ocorreu profunda migração de nordestinos para trabalhar em seringais na região (GUALBERTO; GONÇALVES, 2015).

As primeiras pesquisas identificaram os hábitos do vetor da malária, anos depois identificaram que o regime de chuvas influenciava na proliferação do *Anopheles*, e consequentemente nos casos de malária (HAYES e CHARLWOOD, 1979; DEANE, 1989).

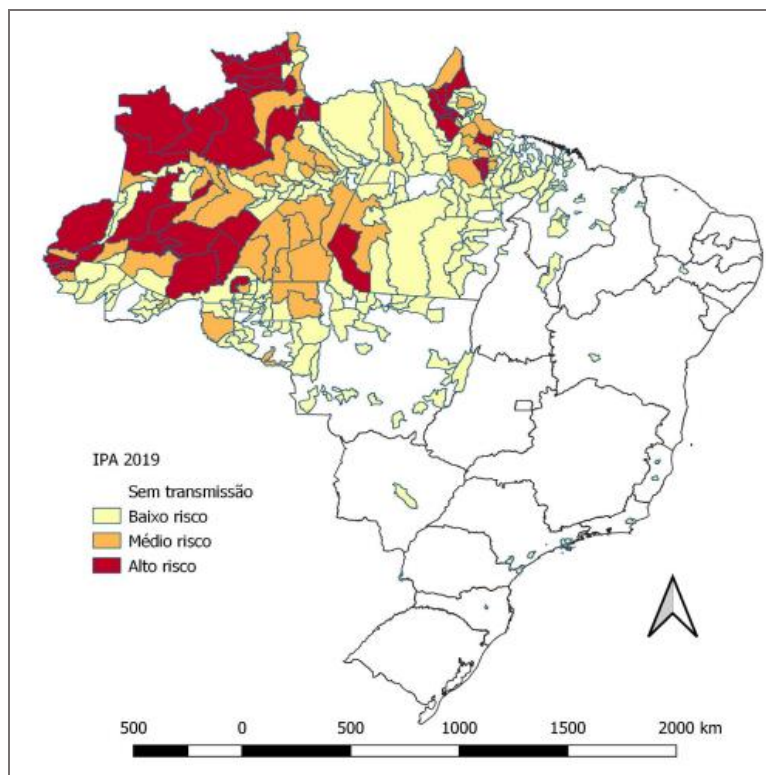
Barcellos (2009, p.295) também aponta que a grande extensão geográfica da área endêmica e as condições climáticas contribuem no desenvolvimento dos transmissores e agentes causais da malária pelas espécies de *P. vivax*, *P. falciparum* e *P. malariae* (este último com menor frequência), sobretudo na Amazônia Legal, onde a transmissão é instável e geralmente focal, alcançando picos principalmente posteriores aos períodos chuvosos do ano.

Sobre o período de maior incidência da malária, Souza (2017) cita que esta apresenta uma alta incidência no segundo semestre do ano no Amazonas, porém, é importante para vigilância em saúde o monitoramento dessa doença, pois, nas cheias dos rios Solimões/Amazonas e do rio Negro, existe grande mobilidade populacional, das áreas inundadas para as áreas seguras, onde as pessoas doentes, juntamente com o mosquito transmissor, tornam-se propagadoras da malária (SOUZA, 2017, p.145).

Em estudos mais recentes, publicado por Wolfarth-Couto, Silva e Filizola (2019, p.02), Almeida (2019, p.117-118) e Aleixo e Almeida (2020), a malária é caracterizada como uma doença infecciosa de alta transmissão na região Amazônica, onde sua dinâmica e distribuição espacial podem variar, dependendo da interação de fatores ambientais, socioculturais, econômicos, políticos e da acessibilidade e oferta dos serviços de saúde. Quanto a isso, Confaloniere (2005) sempre alertou a importância de se analisar a região Amazônica com uma atenção maior, visto que suas particularidades socioambientais possuem influência diretamente no quadro epidemiológico da região. Mais precisamente sobre a incidência da malária a região Amazônica concentra 99% das ocorrências dessa

doença no Brasil (Figura 1), o que a faz ser uma região endêmica (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2019). Somando a isso, as cidades amazônicas apresentam grandes deficiências de oferta e qualidade dos serviços de saneamento ambiental, formando condições de vulnerabilidade socioambiental destas populações à diversos riscos de diferentes naturezas.

Figura 1 - Mapa de risco de malária por município de infecção, Brasil, 2019. O risco é definido com base no IPA – Índice Parasitário Anual



Fonte: Dados oficiais e publicação do Ministério da Saúde/SVS – Sistema de Informação de Agravos de Notificação – Sinan Net (2019).

A ciência geográfica na análise desta relação de influência do clima na ocorrência da malária tem muito a contribuir, “o tempo e o clima influenciam a fisiologia humana e a saúde das populações, contudo, é necessária a compreensão dos processos socioespaciais, políticos, culturais e biogeográficos para análise da complexa relação que se estabelece na configuração do processo saúde-doença.” (ALEIXO & SANT’ANNA NETO, 2017, p.99).

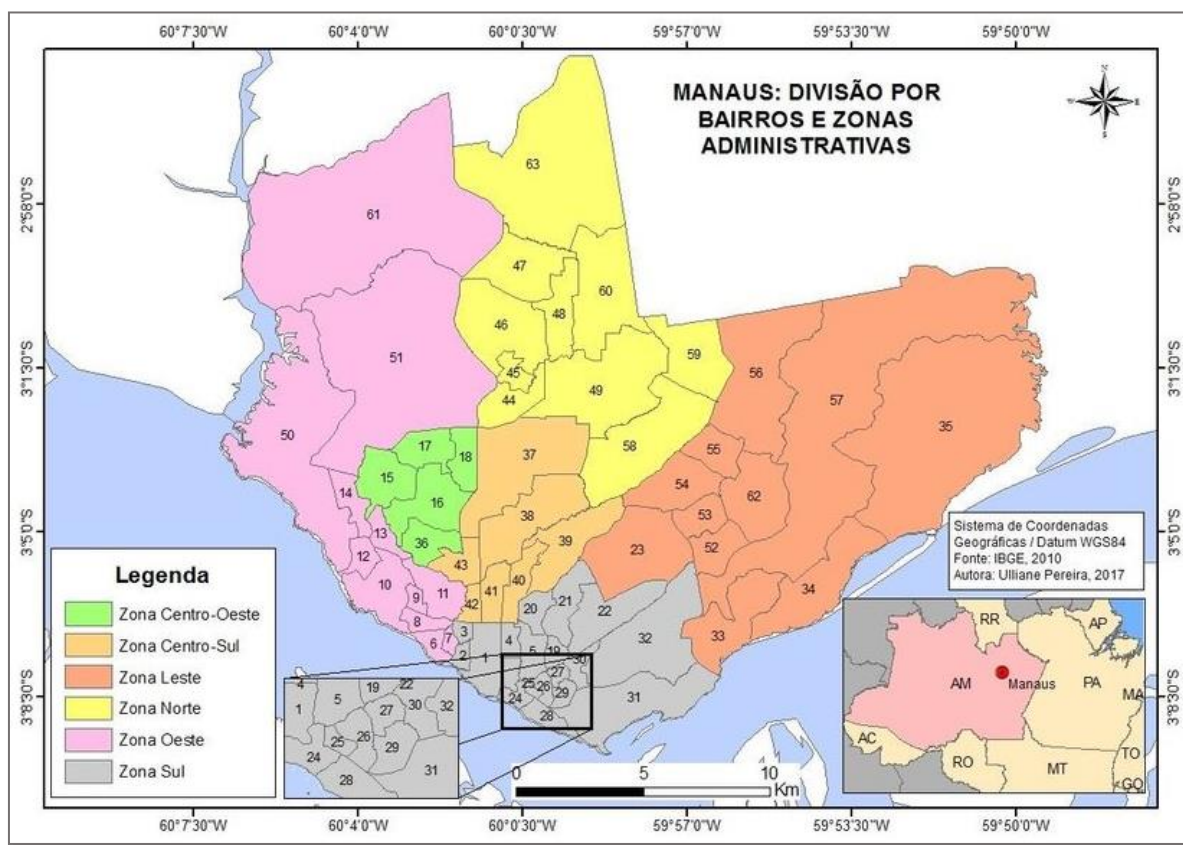
Sabendo da importância de compreender a morbidade da malária, este artigo tem como objetivo analisar a influência climática e as condições de vulnerabilidade socioambiental à malária na cidade de Manaus (AM).

2. METODOLOGIA

2.1. Área de Estudo

A área de estudo corresponde a cidade de Manaus, capital do Estado do Amazonas, localizada na Região Norte do Brasil. Possui uma população de 1.802.014 pessoas, conforme o último censo realizado pelo IBGE (2010). Atualmente seu território constitui-se dividido em seis zonas administrativas e é composto por 63 bairros conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 – Localização da área de estudo, evidenciando os bairros e as divisões de zonas administrativas da cidade



Fonte: Pereira e Aleixo (2017).

Segundo Marengo e Nobre (2009, p.203), a amplitude térmica sazonal é de 1 a 2°C, com média mensal da temperatura máxima entre 25,8 e 27,9°C. As chuvas apresentam maior variabilidade ao longo do ano com duas estações: chuvosa e seca. A região Amazônica como um todo recebe a média anual de chuvas da ordem de 2.460mm.

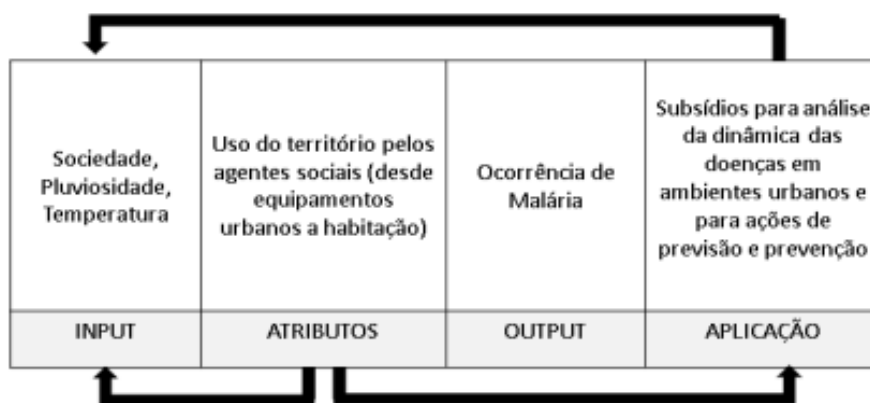
Segundo a classificação climática publicada no IBGE, em 1978, o clima é caracterizado como equatorial quente e úmido. Na Amazônia Central, o período com maior registro de chuvas ocorre nos meses entre dezembro e maio devido à alta atividade convectiva. A baixa atividade convectiva diz respeito ao período de diminuição dos totais pluviais nos meses de junho a setembro.

Diferentes sistemas atmosféricos influenciam na precipitação pluvial na Amazônia Central como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Alta da Bolívia, Sistemas Frontais, Linhas de Instabilidade, Complexos Convectivos e brisas fluviais (FISCH, 1996; MARENGO e NOBRE, 2009). Além disso, conforme Marengo e Nobre (2009) a variabilidade interanual da precipitação pluvial é modulada especialmente pelos fenômenos El Niño Oscilação Sul (ENOS) que ocorre no Pacífico equatorial juntamente com o Atlântico Tropical.

2.2. Procedimentos Metodológicos

A fundamentação teórica parte do referencial proposto por Monteiro (1971) para a compreensão do ritmo climático relacionado aos casos da malária em Manaus, adotando-se a técnica da análise rítmica. Além disso, a pesquisa foi embasada na abordagem socioambiental de Mendonça (2004), a partir da aplicação do Sistema Ambiental Urbano (S.A.U.) o qual considera a dinâmica da natureza e da sociedade (*input*) em constante interação (atributos), relação que pode resultar em problemas socioambientais (*output*). A Figura 3 representa a esquematização teórica e metodológica aplicada no estudo.

Figura 3 – Adaptação da esquematização do S.A.U. ao estudo da morbidade da malária em Manaus



Fonte: elaboração das autoras (2019).

A partir do S.A.U., as doenças são vistas como um risco na relação sociedade e natureza, mas socialmente condicionadas pelos atributos como o uso do território pelos agentes sociais, a distribuição dos serviços de infraestrutura e saúde, bem como dos equipamentos urbanos.

A investigação propendeu a coleta dos dados secundários dos elementos climáticos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET); os dados das ocorrências da malária foram obtidos na Secretaria Municipal de Saúde (SEMSA) e Fundação de Vigilância em Saúde (FVS); a base cartográfica de Manaus foi obtida no Instituto Municipal de Planejamento Urbano. As variáveis utilizadas e fontes estão detalhadas na Tabela 01.

Tabela 1- Dados secundários, período de análise e suas respectivas fontes.

Variáveis	Fontes	Período de análise
Precipitação pluviométrica		
Temperatura do ar		
Umidade	INMET	2003 a 2017
Direção e Velocidade do Vento		
Nebulosidade		
Sistemas Atmosféricos	GOES-13/CPTEC	
Cota do Rio Negro	Porto de Manaus	
ENOS	NOAA	
Casos autóctones de Malária	SEMSA/FVS	2003 a 2017
Pessoas com renda de até 2 salários-mínimos;		
Pessoas com mais de 10 anos de idade que são alfabetizadas;		
População absoluta dos bairros;	IMPLURB e IBGE	Censo 2010
Domicílios que possuem abastecimento de água por rede geral e por poços artesianos;		
Domicílios que tem o lixo coletado;		
Totais de postos de saúdes, hospitais por bairro.	SEMSA	Banco de dados de 2019

Organização: ALMEIDA, 2020.

Os dados coletados foram tratados com técnicas estatísticas descritivas e no segundo momento foi aplicada a Regressão Múltipla, esta é uma extensão lógica da Regressão Simples, para situações em que existem vários previsores. Conforme a equação (1), expressa em Chagas (2016):

$$(1) \quad Y = b_0 + (b_1 * x_1) + (b_2 * x_2) + \dots + (b_n * x_n) + e_i$$

A equação apresenta um intercepto (constante b_0), um coeficiente de regressão para cada variável previsor (b_1, b_2, \dots) e diferença entre o modelo e os valores reais (e_i). Onde Y é a variável dependente (malária); b é a contribuição de cada variável independente; x representa as variáveis independentes (precipitação, temperatura média, cota máxima do rio, cota mínima do rio, cota média do rio, ENOS); e é o erro ou a diferença entre os valores estimados com o modelo e os valores observados.

Para realização da regressão múltipla foi utilizado o software *IBM SPSS Statistics 20*, (*Statistical Package for Social Sciences*); como existem vários previsores, o SPSS produz um coeficiente de correlação múltiplo (R), que representa a correlação entre os valores observados de Y e os valores de Y previstos pelo modelo de Regressão Múltipla. Além da correlação (R) o SPSS fornece os dados de R-quadrado (R^2), o fator de explicação, o quanto as variáveis explicam a variável dependente, no caso, a malária.

A partir da análise da influência do clima sobre a malária, analisou-se os indicadores socioambientais para definição do índice de vulnerabilidade socioambiental. Foi aplicada sobre os dados a técnica das medianas, essa metodologia foi utilizada nos trabalhos do Centro de Estudos e mapeamento referente à exclusão social para políticas públicas - CEMESPP/FCT-UNESP (2003) nas cidades de São José do Rio Preto e Presidente Prudente. Tal metodologia calcula a mediana da série de dados (neste caso o censo de 2010) e, posteriormente, com o valor da mediana calcula-se sua faixa inferior e superior da série de dados de ocorrência em cada setor censitário em relação ao total do mesmo setor. Foi aplicado o valor inferior (categoria 4) representando a situação ruim, maior vulnerabilidade; e o valor superior (categoria 1) representa uma situação ótima, vulnerabilidade baixa. A aplicação pode ser observada na Tabela 2, bem como as caracterizações de vulnerabilidade socioambiental.

Tabela 2 - Etapas da construção e caracterização dos indicadores socioambientais.

Categorias segundo a mediana	Indicador de vulnerabilidade	Características do indicador de vulnerabilidade socioambiental
1	Baixa	Ótimo acesso aos serviços de saneamento ambiental; renda alta; alta taxa de alfabetização; postos de saúde próximos.
2	Média-baixa	O acesso aos serviços de saneamento ambiental é bom; renda média; taxa média de alfabetização; postos de saúde um pouco próximos.
3	Média-alta	Pouco acesso aos serviços de saneamento ambiental; renda baixa; pouca taxa de alfabetização; postos de saúde um pouco distantes.
4	Alta	Acesso ruim aos serviços de saneamento ambiental; renda muito baixa; taxa de alfabetização muito baixa; postos de saúde distantes.

Organização: ALMEIDA, 2020.

O indicador síntese de vulnerabilidade socioambiental (ISVS) foi construído a partir da aplicação de pesos 2 e 3 nos indicadores que apresentaram maior poder de explicação à vulnerabilidade alta em relação problemas de desigualdade de acesso aos serviços de saneamento ambiental, menor renda e taxa baixa de alfabetização. As etapas do indicador síntese são mostradas na Tabela 3.

Tabela 3 – Etapas da aplicação de pesos 2 e 3 na construção do mapa de indicador síntese de vulnerabilidade socioambiental à malária

1º etapa:	2º etapa:	3º etapa	4º etapa:
Escolha das variáveis socioambientais	Pesos		Aplicação da mediana e construção do ISVS
Domicílios com acesso a rede geral de abastecimento	2		Baixa
Domicílios com acesso a coleta de lixo	3		
Domicílios com acesso a rede geral de esgoto	3	Categorias + Pesos aplicados	Média-baixa
Pessoas que possuem renda de até ½ salário mínimo	3		
Pessoas que possuem renda de até 1 salário mínimo	2		Média-alta
Pessoas que possuem renda de até 2 salários mínimos.	NPA*		
Pessoas com 10 anos ou mais de idade que são alfabetizadas	3		Alta
Total de UBS e hospitais por bairros	3		

NPA* = nenhum peso aplicado, pois “2 salários mínimos” é superior às demais variáveis referentes a renda (até ½ e 1 salário mínimo).

Elaboração: ALMEIDA, 2020.

Foram construídos dois mapas sínteses para fins de análise da dimensão que explica a morbidade da malária em Manaus: mapa do Risco da malária e do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental à Malária

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. Análise Rítmica

A partir da análise rítmica realizada em 2015, ano que apresentou a maior incidência dos casos da doença, foi possível compreender quais sistemas atmosféricos estavam atuando antes (período de incubação) e durante os dias em que se registrou aumento dos casos de malária, ademais, como estes sistemas influenciaram nas demais variáveis meteorológicas.

O mês de março foi o que apresentou a menor ocorrência de malária (variando entre 0 e 30 casos) ao longo do ano de 2015, durante o período chuvoso. Embora seja um mês com registros frequentes diários de precipitação pluvial (24 dias com chuva), a análise rítmica permitiu identificar 7 dias sem chuva (Figura 2). Registrou-se o pico de 110mm de precipitação pluvial em março, e verificou-se a diminuição da temperatura do ar (variação entre 25 e 28 °C) devido ao aumento da nebulosidade e frequência dos eventos de precipitação pluvial com a elevação da umidade relativa do ar (70 e 90%).

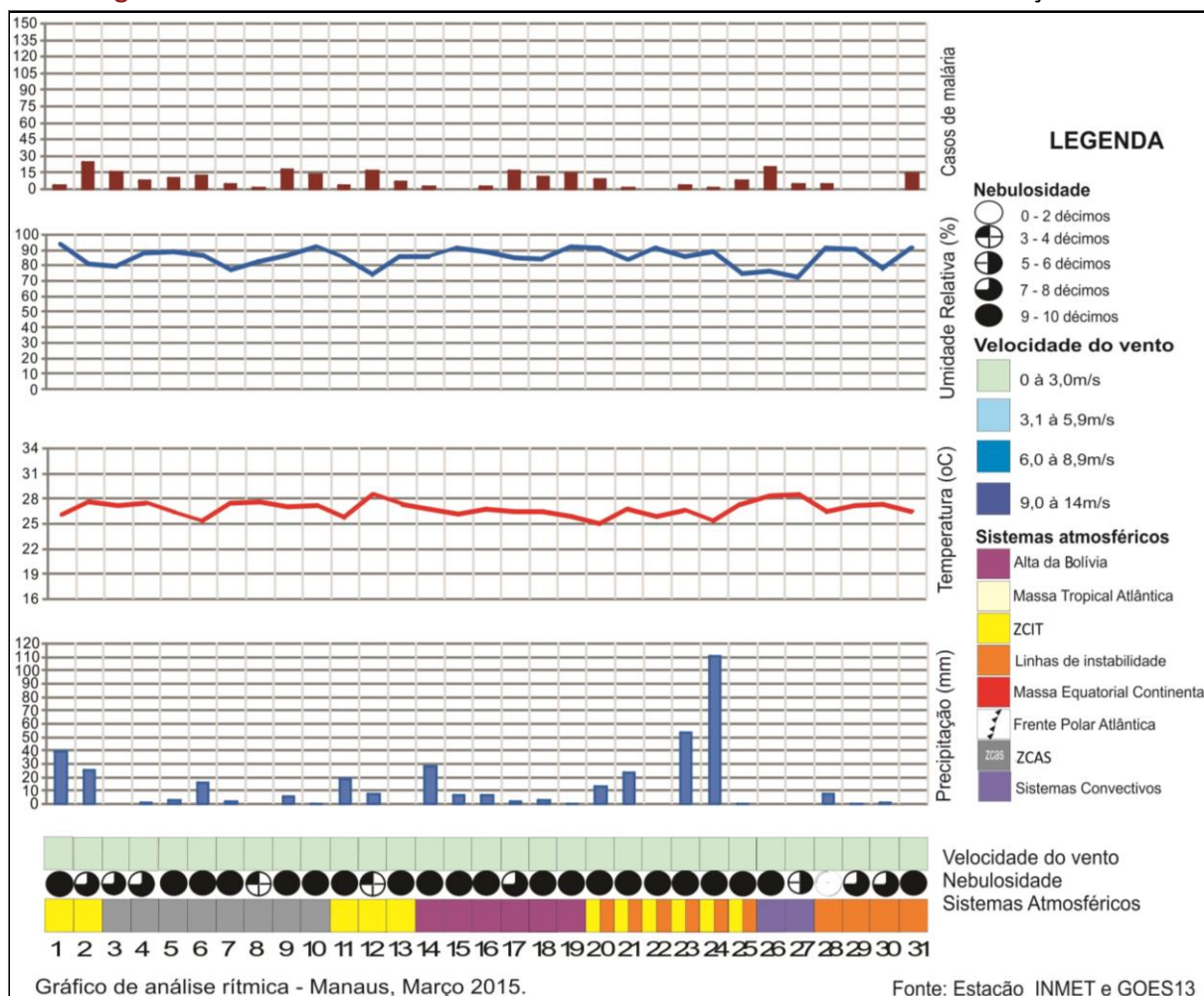
Os sistemas atmosféricos que predominaram em março foram Zona de Convergência Intertropical, Zona de Convergência do Atlântico Sul, Alta da Bolívia e Linhas de Instabilidade. O Sistema Convectivo atuou apenas em dois dias, mas não contribuiu com altos volumes de chuva, como pode ser observado na figura 4.

Devido aos consecutivos dias chuvosos e muita nebulosidade, as condições não foram favoráveis ao desenvolvimento do vetor da malária. Mas isso não impediu de que não houvesse casos de malária. Os casos podem ser explicados pelos criadouros “temporários”, que segundo Confaloniere (2003, p.197) são formados por poças em início e fim de dias chuvosos nesta época.

O espaço de tempo entre a picada do mosquito infectante e o aparecimento do quadro clínico varia, em geral de 12 até 30 dias, dependendo da espécie do agente

infecioso. Quando a infecção se deve a uma transfusão de sangue, o período de incubação pode ser de até dois meses (FIOCRUZ, acessado em 01 de dezembro de 2018).

Figura 4 - Análise rítmica das variáveis climáticas com os casos de malária - março 2015

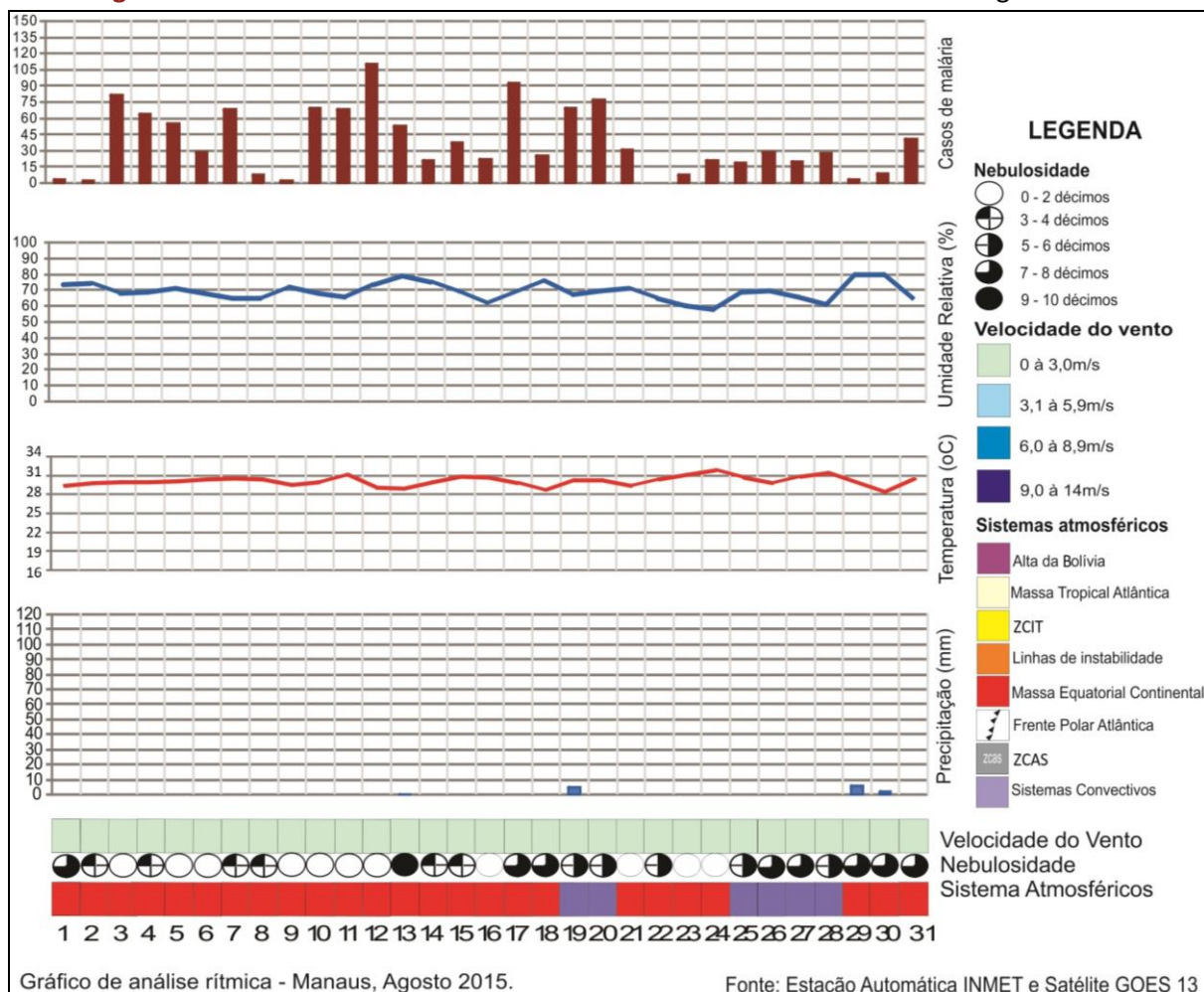


Fonte: INMET, Satélite GOES 13 (2015) e SIVP-MALÁRIA, (2018). Elaboração das autoras (2019).

A Figura 5 apresenta o mês de agosto. Optou-se por analisar este mês devido apresentar o maior número de picos (sendo nove) dos casos de malária em todo o ano. Ressalta-se que na série temporal analisada (2003-2017) os meses de agosto, setembro e outubro representativos do período seco (diminuição das chuvas) e fevereiro (período chuvoso) apresentaram as médias mensais mais elevadas de casos confirmados da doença, se relacionando ao denominado padrão bimodal de ocorrência da malária, verificado nos estudos realizados em diferentes recortes espaciais da Amazônia Legal Confalonieri (2003) e Wolfarth-Couto et al. (2019).

Em relação aos sistemas atmosféricos atuantes, foi observado o predomínio da atuação da Massa Equatorial Continental e alguns dias consecutivos de Sistemas Convectivos de Mesoescala nos dias 19-20 e 25 a 28 do mês, contudo, foi registrado apenas três dias com chuvas de até 10mm. A Massa Equatorial Continental atuou em 25 de 31 dias, uma característica regional de condições de alta umidade e temperatura do ar e nebulosidade constante na maior parte dos dias. A umidade relativa se manteve, principalmente, entre 55% e 70%, porém, alguns dias alcançaram 80% de umidade. A variação da temperatura média foi de 29 e 34 °C. A doença se apresentou em formas de picos com até 105 casos diários confirmados.

Figura 5 - Análise rítmica das variáveis climáticas com os casos de malária - agosto 2015



Fonte: INMET, Satélite GOES 13 (2015) e SIVIP-MALÁRIA, (2018). Elaboração das autoras (2019).

Segundo Terrazas (2005), há uma à necessidade das larvas de exposição a certo grau de luz solar para garantir sua maturação. Por isso, podemos observar que as condições de

nebulosidade quando estão baixas, favorecem a maturação do vetor, posteriormente a infecção do próprio vetor pela *malariae* e o contato destes com a população, posteriormente, nas semanas seguintes ocorreu o aumento dos casos. Diferente do mês de março, em que as precipitações pluviais na maior parte dos dias e a alta nebulosidade, não favoreceram a maturação do vetor.

3.2. Análise a partir da Regressão Múltipla

Evidencia-se no Quadro 1 e 2, a análise da regressão múltipla que no período da cheia apresentou o valor de $R = 0,723$ e mostrou uma associação positiva alta entre as variáveis independentes com a variável dependente; o R^2 foi 0,523, o que significa que as variáveis inseridas no modelo explicam 52,3% os casos da malária.

Quando se trata da contribuição de cada variável preditora em relação à malária, houve uma variação acentuada entre elas, as variáveis cota máxima e cota mínima não apresentaram significância, *sig.* = 0,00; ou seja, não há uma probabilidade de contribuírem em na explicação dos casos de malária. Já as outras variáveis analisadas apresentaram significância na explicação da doença: ENOS *sig.* = 0,097; precipitação *sig.* = 0,239; cota média *sig.* = 0,669; temperatura média *sig.* = 0,663, respectivamente.

Quadro 1 - Valores explicativos da regressão linear múltipla para as variáveis climáticas e hidrológicas durante o período de cheia do rio e chuvoso.

Valor de R = ,723 Modelo	R ² = ,523		95% intervalo de confiança para B	
	B	Sig.	Limite inferior	Limite superior
precipitação	1,442	0,239	-0,973	3,858
temperatura média	14,697	0,663	-51,923	81,317
cota máxima	827,833	0,000	448,567	1207,098
cota média	- 173,553	0,619	-863,628	516,522
cota mínima	- 756,671	0,00	-1145,463	-367,88
ENOS	-101,38	0,097	-221,44	18,68

A associação das variáveis preditoras com os casos de malária durante o período menos chuvoso e estiagem hidrológica, resultou em $R=0,720$. O poder de explicação destas variáveis foi de 51,8%, como pode ser observada no Quadro 2. Também foi observado que o valor da significância da variável cota máxima, média e ENOS foram explicativas no

período chuvoso, teve o valor menos significativo, *sig.*=0,339. A cota mínima continuou não sendo explicativa, *sig.*=0,032.

Quadro 2 - Valores explicativos da regressão linear múltipla para as variáveis climáticas e hidrológicas durante o período de estiagem do rio e menos chuvoso.

Modelo	Valor de R = ,720		R ² = ,518		95% intervalo de confiança para B	
	B	Sig.	Limite inferior	Limite superior		
precipitação	-11,807	0,001	-18,341	-5,272		
temperatura média	-809,327	0,000	-1192,689	-425,964		
cota máxima	199,602	0,339	-213,878	613,083		
cota média	128,478	0,747	-662,288	919,243		
cota mínima	-495,825	0,032	-948,352	-43,298		
ENOS	-11,124	0,859	-135,992	113,744		

Dentre as variáveis que apresentaram significância, ENOS foi principal (*sig.*=0,859). Este, por sua vez, influencia diretamente na dinâmica pluvial e hidrológica na região Amazônica, variáveis que também apresentaram significância importante na explicação dos casos da doença, deste modo, compreende-se que o ENOS, estatisticamente, influencia indiretamente os casos de malária. (CONFALONIERE, 2003; WOLFARTH et al., 2019).

A mudança dos valores da significância nas duas sazonalidades pode ser explicada pelas variáveis climáticas e também hidrológicas, em particular a diminuição da precipitação pluvial, assim como o período de vazante do rio Negro, o que implica, por exemplo, no desenvolvimento do *Anopheles* e no acometimento da doença. Terraza (2005) e Saraiva et al. (2009) também relacionaram a média de chuva mensal e a cota do rio Negro com as ocorrências de malária, identificando que após a cheia e início da vazante, os casos de malária se intensificavam.

3.3. Análise do Risco e Vulnerabilidade Sociambiental à Morbidade da Malária

O risco não é estudado apenas pela ciência geográfica e por conta disso há diferentes conceituações sobre o risco, alguns foram aprofundados a partir de determinadas catástrofes naturais que causaram prejuízos à sociedade ou quando abordados meios de previsão e prevenção dos tipos de risco.

Conforme Veyret (2007), há diversos tipos de riscos, porém, nem todos são

abordados na Geografia. Os riscos cuja percepção e gestão são acompanhadas de uma dimensão espacial, e por isso são abordados pela ciência geográfica, são classificados de acordo com os processos que os causam (ALMEIDA, 2012). Dessa forma, a classificação dos riscos (que apresentam expressão espacial), em resumo, pode ser assim estabelecida: riscos ambientais (riscos naturais e riscos naturais agravados pelo homem); riscos tecnológicos; riscos econômicos, geopolíticos e sociais; e outros tipos de riscos (ex.: riscos maiores – terremotos, tsunamis; riscos urbanos).

Para Castro (2005, p.12) o risco, de maneira mais ampla, consiste na “probabilidade de ocorrência de processos no tempo e no espaço, não constantes e não determinantes, e à maneira como estes processos afetam (direta ou indiretamente) a vida humana”.

O conceito de vulnerabilidade foi ganhando espaço nas discussões científicas quando foi mapeado as vítimas de catástrofes naturais ao longo do período 1973-2002. Conhecer a vulnerabilidade da população infectada pela malária é fundamental para a compreensão de ações que visem mitigar a incidência desta doença. À medida que novas áreas em Manaus foram produzidas, expandido a cidade, foram identificadas as desigualdades socioespaciais, o que é característico nas cidades metropolitanas: ao mesmo tempo em que criam oportunidades civilizatórias, também se transformam em armadilha ambiental (SANT’ANNA NETO & ALEIXO, 2017). Os equipamentos urbanos que beneficiam a população não chegam a elas à medida que as ocupações na cidade acontecem, e isto expõe uma parte da população em riscos como a malária, tanto a população como o ambiente em que vivem estão vulneráveis, por isso vulnerabilidade socioambiental.

A formação de ambientes vulneráveis ao desenvolvimento de vetores segue essa lógica, pois, as cidades são produzidas de forma desigual, segue a lógica de produção e reprodução do capitalismo, ou seja, a seletividade socioespacial: áreas que são desenvolvidas e valorizadas e outras que são desvalorizadas, esta segunda é potencializada com maior vulnerabilidade socioambiental, como foi o caso de Manaus.

Em relação à malária como um risco à sociedade, como uma construção social, a figura 6 evidencia os bairros que apresentaram maior risco da ocorrência da malária ao longo do período de 2003 a 2017.

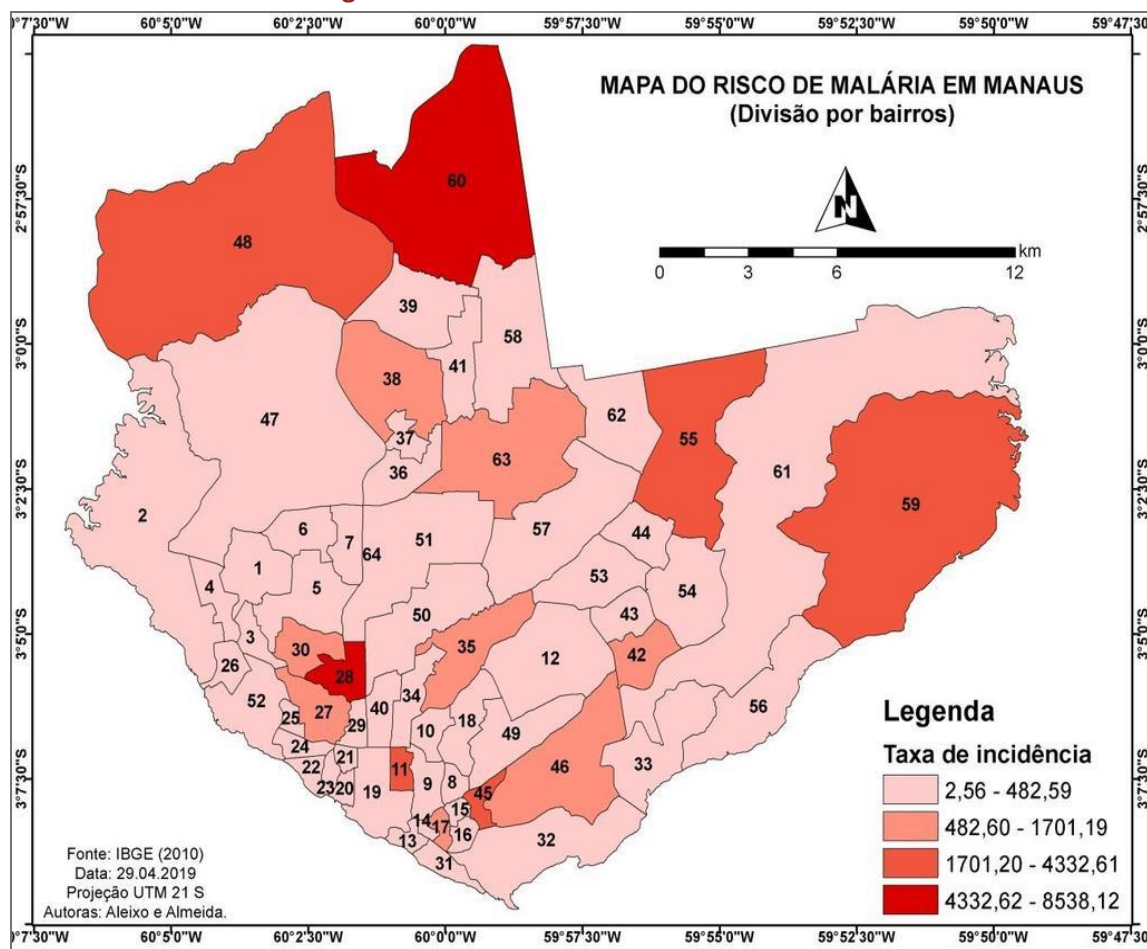
A incidência e reincidência nestes bairros apresentaram valores muito acima do que a própria classificação do Ministério da Saúde utiliza, o IPA, este refere-se à um índice que

classifica o grau de risco da malária em determinada área. Os graus de risco são expressos em valores como: baixo (<10,0), médio (10,0-49,9) e alto ($\geq 50,0$). Ainda que a análise fosse feita de forma anual, os índices de incidência ainda ultrapassavam à $\geq 50,0$.

Sabendo que a figura 6 sintetiza um longo período de análise da incidência e reincidência da malária, pode-se dizer que o risco também é reproduzido ao longo dos anos. Assim, o bairro que apresentou maior risco da malária foi o bairro Lago Azul (nº60), porém, outros bairros merecem atenção das ações de controle, tais como Tarumã-Açu (nº 48), Jorge Teixeira (nº55) e Puraquequara (nº59).

O bairro Chapada (nº28) também apareceu como maior risco da incidência de malária, porém, isso ocorreu devido à baixa quantidade de população absoluta do bairro comparado aos demais, sendo que ao longo dos anos analisados a ocorrência da malária neste bairro variou apenas entre 1 e 2 casos anualmente.

Figura 6 - Risco da Malária em Manaus-AM.

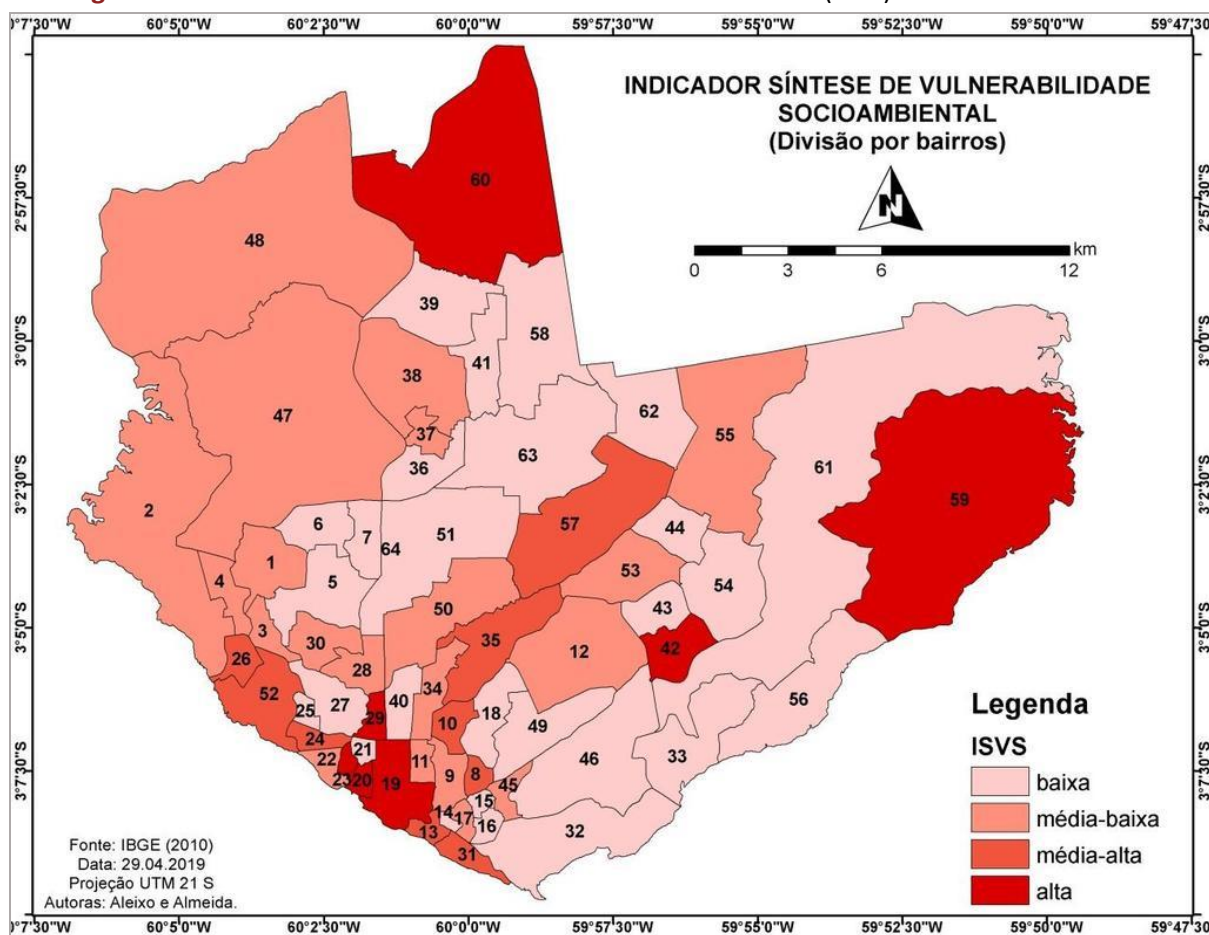


Fonte: SIVEP-MALÁRIA (acessado em 13 de setembro de 2018); Base cartográfica obtida no IBGE (2010).
Organização e Elaboração Almeida (2019).

O mapa síntese da malária evidencia que ao longo desse período analisado, os bairros com maior risco da doença apresentaram condições de vulnerabilidade socioambientais diferentes, ou seja, a presença de particularidades do lugar que permitem condições de vulnerabilidade à determinado risco, como estudou Cutter (1993 e 1996).

A explicação para o risco da malária ter predominado em bairros específicos da cidade de Manaus, pode ser compreendida melhor no mapa do Indicador Síntese de Vulnerabilidade Socioambiental (ISVS) representado na figura 7 a seguir.

Figura 7 - Indicador Síntese de Vulnerabilidade Socioambiental (ISVS) à malária em Manaus



Fonte: Base cartográfica e dados do Censo de 2010 obtidos no IBGE. Organização e elaboração das autoras (2019).

Os bairros que apresentaram vulnerabilidade socioambiental alta foram Nossa Senhora Aparecida (nº19), Centro (nº20), São Geraldo (nº29), Armando Mendes (nº42), Puraquequara (nº59) e Lago Azul (nº60). Dentre esses bairros citados, apenas os dois últimos

apresentaram maior risco à doença, como foi identificado na figura 6. Os demais bairros apresentaram vulnerabilidade alta em decorrência dos indicadores como coleta de lixo e renda de até dois salários mínimos que tiveram peso 3 no indicador síntese e apesar de não se associarem ao risco da malária, também necessitam de políticas públicas mais justas para a promoção da saúde, visto que apresentaram condições de saneamento ambiental precário, maior deslocamento e dificuldade de acesso a serviços de saúde, baixa renda e nível de alfabetização, conforme os indicadores apresentados na Tabela 2 anteriormente.

As observações da regressão sobre as variáveis cota máxima, média e mínima que apresentaram maior significância repercute na relação entre a incidência nos bairros nº42, 59 e 60 por estarem próximas os igarapés/pequenos rios que apresentam variabilidade hidrológica mais significativa. Em relação ao ISVS, apenas os bairros nº 59 e 60 se associam com o número de casos.

A reprodução de áreas de risco à malária na escala do bairro juntamente com a vulnerabilidade socioambiental contrapõe a afirmação de que todo o bairro apresenta a mesma magnitude de risco à doença.

Porém, também foi identificado que os dados espaciais da doença precisariam ser mais precisos, para uma análise em escala mais fina, uma vez que a abrangência espacial dos bairros na metrópole demonstra diferenciações na sua materialidade que são generalizadas nos indicadores. Para isso, seria necessário o avanço no registro da localização dos dados por residência, por exemplo; todavia, dados desse nível espacial não estão disponíveis na FVS. Mesmo assim, esta escala permitiu evidenciar onde o risco da doença está sendo reproduzido.

Pelas desigualdades socioespaciais o risco de malária também se manifestou de forma desigual. Ao ser compreendido o risco da malária, não há como estudar e propor meios de controle da doença que não incorporem os fatos sociais, nem os mecanismos da natureza, como a variabilidade pluvial e fluvial que foram importantes para entender suas implicações no vetor *Anopheles*.

O risco da malária, deste modo, teve sua materialização em decorrência de mecanismos naturais e sociais, todavia, foram às formas e processos associados a produção desigual do espaço urbano que determinaram as reproduções de áreas de risco da doença na cidade de Manaus.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a análise rítmica tenha sido proposta no início dos anos setenta, mostrou-se de fundamental importância para estudos de clima e saúde, evidenciando as condições da sucessão habitual dos tipos de tempo e as variáveis meteorológicas que favoreceram o desenvolvimento do vetor da malária e posteriormente a repercussão na ocorrência da morbidade.

A discrepância dos totais mensais de casos da malária em meses de diferentes sazonalidades pluviométricas, em decorrência da atuação de diferentes sistemas atmosféricos atuantes no período e condições de nebulosidade, demonstraram influência no desenvolvimento do vetor, sobretudo, na maturação das larvas. Essa maturação do vetor *Anopheles* ocorreu em dias com pouca ou nenhuma nebulosidade, menores totais de chuva, temperaturas do ar e umidade relativa do ar elevadas.

A análise por regressão múltipla, evidenciou que a pluviosidade e a cota do rio Negro mostraram maior poder de explicação no aumento dos casos da malária.

A pesquisa apresentou avanços na compreensão de variáveis e situações associadas ao processo saúde-doença da malária em escala local. Esta pesquisa não objetivou naturalizar a malária como uma determinação da natureza, apenas apontar as influências da variabilidade climática e hidrológica e do ritmo climático, no ciclo de vida do *Anopheles* e na potencialização junto com outros determinantes socioambientais, do aumento da incidência da doença.

As condições de saneamento ambiental e socioeconômicas da população também influenciaram na reprodução de condições de vulnerabilidade e risco da doença. O indicador síntese de vulnerabilidade socioambiental apontou três bairros periféricos com vulnerabilidade alta à doença, o que demonstrou às desigualdades socioespaciais materializadas no espaço urbano de Manaus associadas ao processo saúde-doença da população.

Portanto, a análise da dinâmica socioambiental urbana permitiu a consideração do risco da malária como uma construção social.

AGRADECIMENTOS

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida. À Associação Brasileira de Climatologia (ABCLima) pelo Prêmio Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. Ao laboratório HIDROGEO/UFAM e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

REFERÊNCIAS

ALEIXO, Natacha Cíntia Regina. **Pelas lentes da climatologia e da saúde pública: doenças hídricas e respiratórias na cidade de Ribeirão Preto**. 2012. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, São Paulo, 2012.

ALEIXO, Natacha Cintia Regina; SANT'ANNA NETO, João Lima. Clima e Saúde: diálogos geográficos/ Climate and Health: Geographic Dialogues. **Geonorte**, Manaus, v. 8, n.30, p.78-103, 2017. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/4070>. Acesso em: 06 set. 2021.

ALMEIDA, Lutiane Queiroz. **Riscos e vulnerabilidades nas cidades brasileiras: conceitos, metodologias e aplicações**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012. 215 p.

ALMEIDA, Rayane Brito. **Análise socioambiental da morbidade da malária em Manaus-AM**. 2019. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/7388?mode=full>. Acesso em: 20 nov. 2021

ALMEIDA, Rayane Brito; ALEIXO, Natacha Cintia Regina. Variabilidade hidroclimática e as ocorrências de malária em Manaus, Amazonas, Brasil. *In*: ALEIXO, Natacha Cintia Regina; MURARA, Pedro Germano Santos (org.). **Clima e Saúde no Brasil**. Jundiaí: Paco Editorial, 2020. cap.10, p.247-272.

AQUINO JUNIOR, José. **A dengue na área contínua de Maringá/PR: uma abordagem socioambiental da epidemia de 2007**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

BACURI, Rita; BARCELLOS, Christovam; SILVA, Diego. **Diagnóstico preliminar da vulnerabilidade e as previsões dos efeitos das mudanças climáticas na saúde pública no município de Manaus**. Manaus: Fiocruz, 2009, 100 p.

BARCELLOS, Christovam *et. al.* Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Revista Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v.18, n.03, p.285-304, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742009000300011>.

CENTRO DE ESTUDO E MAPEAMENTO DE EXCLUSÃO SOCIAL E POLÍTICAS PÚBLICAS. CEMESPP/FCT – UNESP. Mapeando a distribuição de renda em Presidente Prudente: 2003. Disponível em [<https://www.fct.unesp.br/#!/pesquisa/grupos-de-estudo-e-pesquisa/cemespp/producao-cientifica/relatorios/>](https://www.fct.unesp.br/#!/pesquisa/grupos-de-estudo-e-pesquisa/cemespp/producao-cientifica/relatorios/). Acesso em 18 out. 2018.

CONFALONIERE, Ulisses. Variabilidade climática e vulnerabilidade social e saúde no Brasil. **Revista Terra Livre**, São Paulo, v.01, n.19, p.193-204, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242530647_Variabilidade_climatica_vulnerabilidade_social_e_saude_no_Brasil. Acesso em: 18 set. 2018.

CUTTER, Suzan. **Living with risk: the geography of technological hazards**. Londres: Arnold, 1993. 214 p.

CUTTER, Suzan. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in Human Geography**, London, v.20, n.4, p.529-539, 1996. Disponível em: http://webra.cas.sc.edu/hvri/docs/Progress_Human_Geography.pdf. Acesso em: 23 out. 2018.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Diagnóstico preliminar da vulnerabilidade e as previsões dos efeitos das mudanças climáticas na saúde pública no município de Manaus. Manaus: Editora da FIOCRUZ, 2009. Disponível em: http://www.climasaude.icict.fiocruz.br/docs/manaus_observatorio.pdf. Acesso em: 01 dez. 2018.

FISCH, Gilberto.; MARENGO, José; NOBRE, Carlos. Variabilidade e mudança climática no Brasil e América do Sul. **Climanálise: Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, Cachoeira Paulista, p. online, 1996. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/fish.html>. Acesso em: 15 jan. 2019.

GAGNON, Alexandre; BUSH, Andrew. The El Niño Southern Oscillation and malaria epidemics in South America. **International Journal of Biometeorology**. [s.l.], v. 46, n. 2, p. 81-89, 2002. DOI: <https://dx.doi.org/10.1007/s00484-001-0119-6>.

GOMES, Margarete. *et al.* Malária na fronteira do Brasil com a Guiana Francesa: a influência dos determinantes sociais e ambientais da saúde na permanência da doença. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 29, n.2, p.1-14. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sausoc/a/zStygpGPKwZsG9zZTnqhZ9S/?lang=pt#>. Acesso em: 8 set. 2021.

GUALBERTO, Ana Katly; GONÇALVES, Jacirema. Aspectos epidemiológicos e ambientais da malária em Manaus, 1998-2010. In: FREITAS, Carlos. Machado; GIATTI, Leandro Luis (org.). **Sustentabilidade, Ambiente e Saúde na cidade de Manaus**. Manaus: Edua e Fiocruz, 2015, cap. 9, p.183-192.

HAYES, Jack; CHARLWOOD, Dereck. Dinâmica estacional de uma população de *Anopheles darlingi*, numa área endêmica de malária no Amazonas. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 9, n. 1 p. 79-86, 1979. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-43921979091079>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Classificação Climática do Brasil**: 1978. Rio de Janeiro: Editora do IBGE, 1978. Disponível em: https://atlascolar.ibge.gov.br/images/atlas/mapas_brasil/brasil_clima.pdf Acesso em: 07 set. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. **Panorama Manaus**: 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/manaus/panorama>. Acesso em 06 ago. 2021.

DEANE, Leônidas. A cronologia da descoberta dos transmissores da malária na Amazônia brasileira. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Manaus, v. 84, n. 4, p.149-156, 2009. Suplemento. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0074-02761989000800030>.

MENDONÇA, Francisco. Sistema socioambiental urbano (S.A.U.): Uma abordagem dos problemas socioambientais da cidade. *In*: _____. (org.). **Impactos socioambientais urbanos**. Curitiba, Editora da UFPR, 2004, cap. 1, p.185-208.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Mudança Climática e Saúde: Um Perfil do Brasil**. Brasília, MS, 2021. Disponível em: (<http://www.sucen.sp.gov.br/doencas>). Acesso em 07 set. 2021.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Climatologia**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-21, 1971. Acesso em: 15 jun. 2018.

OGASHAWARA, Igor. Análise rítmica e a climatologia geográfica brasileira. **Revista GeoAraguaia**, Barra do Garças, v. 2, n. 2, p.57-72, 2012. Disponível em: <http://www.periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/4814/3224>.> Acesso em: 07 fev. 2019.

OSHIMA, Wichelly; PEDRACI, Emanuele; HIER, Mitchel Druz. Clima e doenças respiratórias: estudo de caso sobre a estiagem em Londrina no inverno de 2018. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA E GESTÃO TERRITORIAL, 1.; SEMANA DE GEOGRAFIA, 34., 2018. Londrina. **Anais** [...]. Londrina, 2018. Disponível em: <http://anais.uel.br/portal/index.php/sinagget/article/view/417>. Acesso em: 12 abr. 2019.

PEREIRA, Ulliane; ALEIXO, Natacha. Os resíduos sólidos urbanos como condicionante de doenças na cidade de Manaus – AM/. **Geonorte**, Manaus, v. 9. n. 31, p. 32-53, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21170/geonorte.2018.V.9.N.31.32.53>.

SARAIVA, Maria *et al.* Expansão urbana e distribuição espacial da malária no município de Manaus, Estado do Amazonas. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Uberaba, v. 42, n. 42, p. 515-522, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0037-86822009000500008>.

SOUZA, Renato. Doenças e agravos no contexto das grandes inundações graduais no estado do Amazonas. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 13, n. 26, p. 139-147, 2017. DOI: <https://doi.org/10.14393/Hygeia132611>.

TERRAZAS, Wagner Cosme. **Desenvolvimento de SIG para Análise Epidemiológica da Distribuição Espacial da Malária no Município de Manaus**. 2005. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2005.

VEYRET, Yvety. **Os riscos: o homem como vítima e agressor do ambiente**. 2007. 320 p.

WOLFARTH-COUTO, Bruna.; SILVA, Rosimeire; FILIZOLA, Naziano. 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**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 2, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00020218>.