

SAÚDE E AMBIENTE

V.9 • N.1 • 2022 - Fluxo Contínuo

ISSN Digital: 2316-3798

ISSN Impresso: 2316-3313

DOI: 10.17564/2316-3798.2022v9n1p185-201



FEBRE AMARELA: PERFIL EPIDEMIOLÓGICO E ÁREAS DE ATENÇÃO NO RIO DE JANEIRO DURANTE O SURTO DE 2017 A 2018

YELLOW FEVER: EPIDEMIOLOGICAL PROFILE AND ATTENTION
AREAS IN RIO DE JANEIRO DURING THE OUTBREAK FROM
2017 TO 2018

FIEBRE AMARILLA: PERFIL EPIDEMIOLÓGICO Y ÁREAS DE ATENCIÓN
EN RIO DE JANEIRO DURANTE EL BROTE DE 2017 A 2018

Maíra Mendonça da Rocha¹
Júlia Célia Mercedes Strauch²
Cassio Freitas Pereira de Almeida³

RESUMO

O Rio de Janeiro não integra a área endêmica brasileira de febre amarela, mas entre janeiro de 2016 e março de 2018, foram registrados 308 casos confirmados, com uma letalidade de 32%. O presente trabalho apresenta uma metodologia para determinação de áreas de risco, empregando variáveis ambientais e demográficas para construção de um modelo de regressão logística que identifique as áreas com maior probabilidade de humanos contraírem a febre amarela. Os resultados para o estado do Rio de Janeiro indicam que as variáveis explicativas mais relevantes são a temperatura média anual e a presença de casos de epizootia. Pela metodologia é recomendada a vacinação contra febre amarela na Região Serrana, por suas temperaturas mais baixas em relação ao restante do estado e a presença de epizootias. A Região Metropolitana do Rio de Janeiro, que estava inserida na área de recomendação de vacinação com dose fracionada devido ao elevado número de casos, não se mostra inteiramente como prioritária de acordo com o estimador. Os municípios do Norte Fluminense estariam em uma área na qual a recomendação de vacinação contra febre amarela não seria necessária, apesar de registros de casos no local.

PALAVRAS-CHAVE

Febre Amarela. Regressão Logística. Razão de Chances. Epidemiologia.

ABSTRACT

Rio de Janeiro is not part of the Brazilian endemic area of yellow fever, but between January 2016 and March 2018, 308 confirmed cases were recorded, with a lethality of 32%. This paper presents a methodology for determining priority areas for vaccination employing environmental and demographic variables to construct a logistic regression model that identifies the area's most likely to contract yellow fever. The results indicate that for the Rio de Janeiro state, the most relevant explanatory variables are the average annual temperature and the presence of epizootic cases. According to the methodology, vaccination against yellow fever in the Serrana Region is recommended, due to its lower temperatures compared to the rest of the state and the presence of epizootics. The Metropolitan Region of Rio de Janeiro, which was included in recommendation area for fractional dose vaccination due to the high number of cases, is not entirely a priority according to the estimator. The municipalities of Norte Fluminense would be in an area where a recommendation for yellow fever vaccination would not be necessary, despite case reports on the site.

KEYWORDS

Yellow Fever. Logistic Regression. Odds Ratio. Epidemiology.

RESUMEN

Río de Janeiro no forma parte del área endémica brasileña de fiebre amarilla, pero entre enero de 2016 y marzo de 2018 se registraron 308 casos confirmados, con una tasa de letalidad del 32%. El presente trabajo presenta una metodología para la determinación de áreas de riesgo utilizando variables ambientales y demográficas para construir un modelo de regresión logística que identifique las áreas con mayor probabilidad de que los humanos contraigan fiebre amarilla. Los resultados para el estado de Río de Janeiro indican que las variables explicativas más relevantes son la temperatura media anual y la presencia de casos epizooticos. La metodología recomienda la vacunación contra la fiebre amarilla en la Región Serrana, debido a sus temperaturas más bajas en comparación con el resto del estado y la presencia de epizootias. La Región Metropolitana de Río de Janeiro, que fue incluida en el área de recomendación para vacunación en dosis fraccionada por el elevado número de casos, no parece ser del todo prioritaria según el estimador. Los municipios del Norte Fluminense estarían en una zona en la que no sería necesaria la recomendación de vacunación contra la fiebre amarilla, a pesar de los registros de casos en el lugar.

PALABRAS CLAVE

Fiebre amarilla. Regresión logística. Razón de probabilidades. Epidemiología.

1 INTRODUÇÃO

A febre amarela é uma infecção causada por um vírus do gênero *Flavivirus*, Família *Flaviviridae*, presente em regiões tropicais dos continentes africano e americano. A doença recebeu esse nome devido aos sintomas mais característicos apresentados, a febre e a icterícia. A inexistência de tratamento específico e alta taxa de mortalidade fazem com que a febre amarela seja considerada um problema de saúde pública relevante (VASCONCELOS, 2003; MENEZES *et al.*; 2008; REZENDE, 2009; MONATH; VASCONCELOS, 2015; HAMRICK *et al.*, 2017).

A circulação do vírus é endêmica em regiões da África subsaariana e na América do Sul, devido a condições climáticas e existência de vetores, mosquitos da Família *Culicidae*, e hospedeiros primatas não humanos, sendo locais onde periodicamente há surtos ou epidemias. O vírus é transmitido por meio da picada de algumas espécies de mosquitos, que diferem entre os dois continentes. Existem dois ciclos principais para circulação do vírus: i) o silvestre, no qual o principal hospedeiro é um primata não humano e diversas espécies de mosquitos atuam como vetores; e ii) o urbano, no qual o principal hospedeiro é o ser humano e o principal vetor é *Aedes aegypti*.

Os seres humanos ao serem picados por mosquitos infectados podem servir de hospedeiros vi-rêmicos para transmissão entre humanos em áreas urbanas, e, assim, gerar epidemias (MONATH; VASCONCELOS, 2015; HAMRICK *et al.*, 2017; SHEARER *et al.*, 2018; HENRIQUES, 2018; SILVA *et al.*, 2018). Os mecanismos de manutenção do vírus entre um surto e outro da doença ainda não são completamente conhecidos, mas as hipóteses indicam infecções persistentes em primatas não humanos e transmissão vertical em mosquitos (CARRINGTON; AUGUSTE, 2013).

O Brasil possui uma vasta área de endemismo para o vírus da febre amarela em seu ciclo silvestre, distribuídas nas bacias dos rios Amazonas, Araguaia-Tocantins, Paraná e Orinoco. O principal vetor para a doença é o mosquito *Haemogogus janthinomys*; além dele participam do ciclo silvestre outros mosquitos do mesmo gênero e do gênero *Sabethes*, como vetores secundários (VASCONCELOS *et al.*, 2001). Nessas áreas estima-se que cerca de 95% da população esteja vacinada contra a febre amarela, enquanto nas áreas não endêmicas, esse percentual é muito baixo (VASCONCELOS, 2003). Embora sejam poucos os casos anuais, a taxa de letalidade no Brasil varia de 40% a 60%, sendo o terceiro país do continente com o maior número de casos, em torno de 18% (VASCONCELOS, 2003).

Os infectados pelo vírus da febre amarela podem apresentar os sintomas de forma súbita apresentando um quadro hepato-renal que pode levar ao óbito rapidamente, fazendo com que a doença tenha altas taxas de letalidade. Em função da gravidade de sua apresentação clínica e do alto potencial de se espalhar nas áreas urbanas, a febre amarela é considerada de extrema importância epidemiológica até os dias de hoje (BRASIL, 2017).

No Brasil, o controle do vetor urbano e a vacinação levaram a uma redução do número de casos e posterior erradicação do ciclo urbano (MONATH; VASCONCELOS, 2015; SHEARER *et al.*, 2018). Mesmo assim, a febre amarela, além dos casos em área endêmica, ressurgiu em áreas não endêmicas como partes do Centro Oeste, Sudeste e Sul (CAVALCANTE; TAUIL, 2016). Atualmente, sabe-se que as condições ambientais podem alterar a atividade de transmissão do vírus no ciclo silvestre e isso pode resultar em mudanças das áreas onde ocorre, chegando a locais onde não era observada anteriormente (COSTA, 2005; BRASIL, 2018, 2019, 2020b).

Segundo a Secretaria de Vigilância em Saúde/Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), em 2017, ocorreu o maior surto de febre amarela da história recente. Neste surto, foram afetados mais sete mil primatas não humanos e 777 casos de febre amarela confirmados em humanos, ocorrendo 261 óbitos. Ainda de acordo com a Secretaria de Vigilância em Saúde/Ministério da Saúde, a incidência de febre amarela no Rio de Janeiro, de 1 de dezembro de 2016 a 31 de julho de 2017 foi de 0,15/100 mil hab., sendo o surto com maior número de óbitos no país na última década. No Rio de Janeiro, a letalidade foi de 32%. Dessa forma, a maior parte dos municípios passou a integrar área de recomendação de vacinação contra febre amarela.

Iniciou-se, tendo em vista as informações sobre casos de febre amarela, no dia 25 de janeiro de 2018, uma campanha de vacinação com dose fracionada contra a doença em 15 municípios fluminenses: Belford Roxo, Duque de Caxias, Itaboraí, Itaguaí, Japeri, Magé, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Queimados, Rio de Janeiro, São Gonçalo, São João do Meriti e Seropédica. Os outros municípios do estado continuaram a aplicar a dose plena da vacina.

Além da alta letalidade, vem-se observando a expansão da área de circulação do vírus da febre amarela no território brasileiro, evidenciando a necessidade de redefinição das áreas de risco para recomendar ou não a vacinação (VASCONCELOS, 2003; MORENO; BARATA, 2012; BRASIL, 2018, 2019, 2020a), e melhor entendimento dos padrões ambientais que determinam as áreas de circulação do vírus em seu ciclo silvestre.

Isso se tornou ainda mais preocupante devido à reemergência do vírus na região Centro Oeste desde 2014 e com o surto da doença iniciado em 2017, que atingiu localidades onde a doença não era registrada com tantos casos, como ocorreu no estado do Rio de Janeiro (BRASIL, 2017). Os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo não registravam casos há décadas e entre os anos de 2000 e 2012, o estado de São Paulo registrou 32 casos e o de Minas Gerais 101 (CAVALCANTE; TAUIL, 2016), em contrapartida apenas de 2016 a 2017, no Espírito Santo foram registrados 93 casos confirmados e 349 em Minas Gerais (GOMES *et al.*, 2021).

Se torna necessário, considerando que em algumas situações há escassez da vacina para febre amarela (HENRIQUES, 2018), o mapeamento de doenças, pois possibilita identificar padrões geográficos que levam a probabilidade de maior ocorrência de epidemias. Além disso, o mapeamento é um instrumento importante para a vigilância diante de uma epidemia, que auxilia na identificação de causas, na proposição de soluções e ações para evitar ou minimizar as epidemias (SILVA *et al.*, 2018).

No caso da febre amarela, a observação da mudança do padrão de sua ocorrência, nos últimos anos na região Sudeste e Sul, torna necessários novos estudos para determinação de novas áreas prioritárias para vacinação contra a febre amarela (BRASIL, 2017, 2018, 2020a). Para esses estudos é necessário considerar os aspectos físicos, sociais e ambientais, buscando a identificação das variáveis que determinam a

ocorrência da febre amarela no território do estado do Rio de Janeiro, estado ainda localizado fora da área endêmica do vírus da febre amarela. Destarte este trabalho efetua uma caracterização do perfil epidemiológico registrado no Rio de Janeiro no período de 2016 a 2018 e aplica uma metodologia empregando variáveis ambientais e demográficas para identificar áreas de maior risco para febre amarela silvestre.

2 METODOLOGIA

Trata-se de estudo ecológico de modelagem para o qual foram utilizadas variáveis epidemiológicas, demográficas e ambientais, conforme descritas no Quadro 1.

Quadro 1 – Variáveis utilizadas a priori para desenvolvimento da metodologia

Variável	Descrição	Fonte	Ano referência
Tmin	Temperatura mínima média	WorldClim	1970-2000
Tmax	Temperatura máxima média		
Tmedmedia	Temperatura média		
Prec	Precipitação total mensal média		
FAh	Casos de febre amarela em humanos	Secretária do Estado de Saúde	2016-2018
FA_PNHSim	Existência de epizootia		
PopR	População rural	IBGE	2010
PopU	População urbana		2010
%PopU	Porcentagem de população urbana		2010
Dens	Densidade demográfica total		2017
OcupSo	Uso e ocupação da terra		2015
UCmun	Unidades de conservação municipais	ICMBio	2017
UCest	Unidades de conservação estaduais		2018
UCfed	Unidades de conservação federais		2018
PAV	Porcentagem de área verde	ICMBio e IBGE	2017-2018

Fonte: Dados da Pesquisa.

As variáveis epidemiológicas são os casos de febre amarela, provenientes dos registros da Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro ocorridos entre 01 janeiro de 2016 e 31 de março de 2018. Estes dados foram fornecidos em uma planilha, contendo dados de todos os indivíduos que buscaram ajuda médica com sintomas compatíveis com a febre amarela. Cada linha registrava um paciente e nas colunas constavam às variáveis sociodemográficas, sintomatológicas e demais questões das fichas de investigação de caso.

Nesta base constam sintomas apresentados, a evolução do caso, dados sociais e endereço residencial, o que possibilitou o georreferenciamento destes casos. Neste trabalho foram usados apenas os casos de febre amarela silvestre confirmados em humanos. Na base de dados da Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro foram ainda extraídas informações da existência de epizootia e de casos de febre amarela em macacos nos municípios.

Os dados demográficos foram extraídos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a saber: população urbana e rural e densidade demográfica. Para calcular a porcentagem de área verde para cada município a fim de criar uma variável relacionada ao ambiente de vida tanto do hospedeiro primata não humano, quanto do vetor mosquito, foram utilizadas as classes floresta, afloramento rochoso e reflorestamento do mapa de uso e ocupação da terra, obtido do mesmo instituto, em 1:250.000, no sistema de referência SIRGAS, além dos planos de informação contendo as unidades de conservação municipais, estaduais e federais do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

Os dados físico-ambientais foram extraídos do WorldClim com resolução de 30 arcos segundos, para: médias anuais das temperaturas mínima, máxima e média e média anual da precipitação mensal. Os dados obtidos na Secretaria de Estado de Saúde referentes ao sexo, idade, situação vacinal, raça/cor da pele, escolaridade, sintomas apresentados e evolução do caso foram utilizados também para estabelecer o perfil do enfermo no estado do Rio de Janeiro.

Cabe ressaltar que todas as variáveis utilizadas foram organizadas em nível de análise no município no ambiente de sistema de informações geográficas do ArcGis 10.1, sob licença acadêmica da Escola Nacional de Ciências Estatísticas, e as análises estatísticas foram efetuadas, utilizando os pacotes *blorre* e *oddsratio*, no software RStudio.

A regressão logística foi empregada para efetuar a análise por se tratar de um modelo que permite uma variável resposta binomial e aceita como variáveis explicativas, tanto variáveis categóricas, quanto variáveis numéricas (ANDRADE, 2015), além de fornecer como resultado a medida de associação *Odds Ratio*. Neste trabalho a variável resposta é presença e ausência de casos de febre amarela calculada para cada município e os valores estimados pelo modelo variam de 0 a 1. Utilizou-se como ponto de corte o valor de 0,6, isto é, municípios cujo estimador é inferior a esse valor pertencem ao “grupo de municípios de menor risco”, enquanto municípios cujos valores estimados são superiores a 0,6 compõem o “grupo de municípios de maior risco”.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PERFIL EPIDEMIOLÓGICO

Dos 308 casos de febre amarela ocorridos no estado do Rio de Janeiro, entre 01 janeiro de 2016 e 31 de março de 2018, 78,6% são de indivíduos do sexo masculino, 55,4% declaram-se de raça/cor branca e 43,4% como negros ou pardos, 64% são analfabetos ou possuem até o ensino fundamental incompleto, 56,9% tinham entre 40 e 69 na data dos primeiros sintomas (Tabela 1). Apenas uma mulher estava grávida ao desenvolver febre amarela.

Tabela 1 – Perfil epidemiológico dos casos de febre amarela silvestre em humanos no estado do Rio de Janeiro, de janeiro de 2016 a março de 2018

Variável	N (%)
Sexo	
Feminino	66 (21,4%)
Masculino	242 (78,6%)
Faixa etária (Anos)	
0 - 9	4 (1,32%)
10 - 19	25 (8,22%)
20 - 29	35 (11,5%)
30 - 39	47 (15,5%)
40 - 49	59 (19,4%)
50 - 59	58 (19,1%)
60 - 69	56 (18,4%)
70 - 79	16 (5,26%)
80 ou mais	4 (1,32%)
Raça/Cor	
Branco	134 (55,4%)
Preta	31 (12,8%)
Amarela	3 (1,24%)
Parda	74 (30,6%)

Variável	N (%)
Escolaridade	
Analfabeto	10 (9,09%)
Ensino fundamental incompleto	49 (44,5%)
Ensino fundamental completo (antigo ginásio ou 1º grau)	12 (10,9%)
Ensino médio incompleto (antigo colegial ou 2º grau)	9 (8,18%)
Ensino médio completo (antigo colegial ou 2º grau)	15 (13,6%)
Educação superior incompleta	4 (3,64%)
Educação superior completa	11 (10,0%)
Status da vacinação	
Vacinado	68 (22,8%)
Sintomas	
Dor abdominal	174 (61,7%)
Sinais hemorrágicos	53 (19,9%)
Sinal de Faget	78 (29,9%)
Distúrbios de excreção renal	64 (24,5%)
Evolução	
Cura	186 (65,7%)
Óbito por febre amarela	92 (32,5%)
Óbito por outras causas	5 (1,77%)

Fonte: Dados da Pesquisa.

Em relação ao sexo, esse resultado era esperado e está descrito na literatura (BRASIL, 2017), que homens jovens se infectam com mais frequência em função das suas atividades econômicas em área de mata ou próximas. Neste trabalho nota-se a ocorrência de febre amarela em pessoas mais velhas, de 40 a 69 anos, fato também observado no trabalho de Escosteguy e colaboradores (2019) ao estudarem os casos de febre amarela de pessoas internadas em um hospital de referência no município do Rio de Janeiro.

Cabe destacar que as fichas de investigação de febre amarela muitas vezes não são preenchidas integralmente. Desta forma observa-se a incompletude de algumas variáveis, que apresentam muitos *missings*. Dentre elas, raça/cor com 21,4% (n=66) e escolaridade com 64,3% (n=198). A incompletude dos dados impede o real conhecimento do perfil epidemiológico dos enfermos. A baixa completude destas fichas também foi observada por SIQUEIRA e colaboradores (2020) para o estado

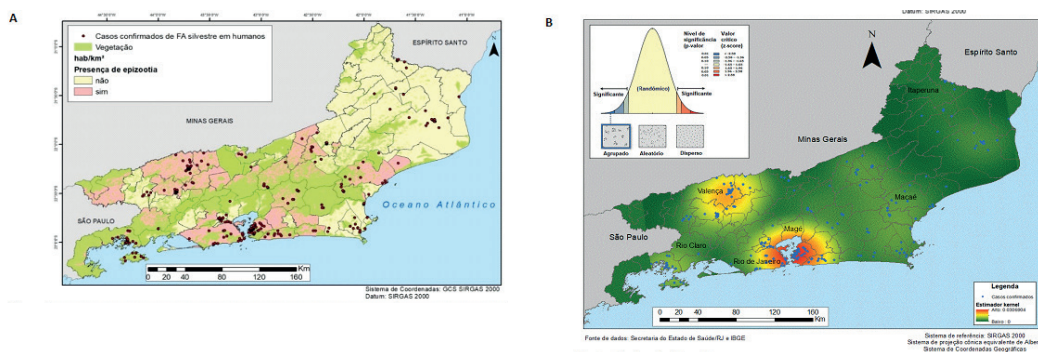
do Espírito Santo, estado vizinho ao Rio de Janeiro que também enfrentou uma epidemia de febre amarela no mesmo período de 2017 a 2018.

A vacina contra a febre amarela não fazia parte do calendário no estado do Rio de Janeiro e 68 dos 308 casos eram pessoas vacinadas, porém os dados utilizados cobrem o período até 31 de março de 2018, dois meses após o início da campanha de vacinação. Das 68 pessoas que afirmaram terem tomado a vacina 62 informaram a data de aplicação e por esse motivo, foi possível calcular o tempo entre a data de aplicação e a data dos primeiros sintomas, sendo: i) 49 haviam tomado a vacina há menos de 10 dias, tempo médio de produção de anticorpos; ii) quatro entre 11 e 14 dias; iii) seis entre 20 dias e um ano; e iv) três pessoas entre um e 10 anos. Como 10 dias é um tempo médio, algumas dessas pessoas vacinadas até 14 dias poderiam não estar plenamente imunizadas, para as demais é possível pensar em falha vacinal.

3.2 ANÁLISE ESPACIAL DOS CASOS DE FEBRE AMARELA

Dos 308 casos confirmados de febre amarela silvestre em humanos, ocorridos no estado do Rio de Janeiro, entre 1 de janeiro de 2016 e 31 de março de 2018, 92 evoluíram para o óbito, representando uma letalidade de 32%. A doença foi registrada em 48 dos 92 municípios, conforme ilustrado na Figura 1. Os municípios com os maiores números de casos foram: Angra dos Reis (45), Valença (39), Teresópolis (22), Duas Barras (20), Nova Friburgo (20) e Rio de Janeiro (17), correspondendo a mais de 50% dos casos do estado.

Figura 1 – Distribuição espacial dos casos de febre amarela em humanos para o período de 1 de janeiro de 2016 a 31 de março de 2018. (A) Com as epizootias e regiões não urbanizadas ocupadas com vegetação. (B) Áreas de concentração e análise do padrão de associação dos casos



Fonte: Dados da Pesquisa.

Além da relação empírica com a cobertura vegetal, na Figura 1A, observa-se que os municípios que apresentaram casos de epizootia são também os que concentram os maiores números de casos de febre amarela em humanos. Essa relação também é esperada visto que são esses os principais re-

servatórios do vírus e são sentinelas no serviço de vigilância epidemiológica. Os municípios do Norte Fluminense fogem dessa relação empírica. Cabe ressaltar aqui a necessidade de estudo dos casos isoladamente para compreender se são indivíduos que contraíram a doença em deslocamentos, visto que o georreferenciamento é do endereço residencial dos acometidos pela febre amarela, ou se esses casos podem ser atribuídos à proximidade com áreas florestais do estado do Espírito Santo.

Verifica-se que, analisando a distribuição dos casos de febre amarela no estado do Rio de Janeiro no sistema de projeção de cônica equivalente de Albers, há um padrão de agregação com p-valor de 0,01, isto é, com 99,9% de significância, conforme ilustrado na Figura 1B. Ao aplicar o método de Kernel, usando a função quártica com uma resolução de 800 m e raio de pesquisa de 50 km verificam-se três áreas de concentração de casos. A primeira na região de Metropolitana do Rio de Janeiro, principalmente nos municípios de São Gonçalo, Niterói e parte do Rio de Janeiro.

A segunda, em menor concentração, no município de Valença e a terceira no município de Angra dos Reis (Figura 1B). As três áreas com concentrações de casos são compostas por municípios que também tiveram casos de epizootias. As regiões de Valença e Angra dos Reis são as com o maior número de casos registrados. Os municípios da Região Metropolitana, embora não apresentem o maior número de casos em cada um, quando somados, apresentam concentração de casos por ser uma área contígua.

3.3 MODELO PARA DETERMINAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO

A partir do modelo saturado, as variáveis foram selecionadas de acordo com a significância estatística e com o ajuste do modelo. Os resultados do modelo de regressão logística escolhido, indicam que as variáveis com maior peso e significância para calcular a probabilidade de um município ter ou não casos de febre amarela silvestre em humanos são a “presença de ao menos um caso de epizootia” (FA_PNHsim) e a “média anual das temperaturas mensais” (Tmedmedia).

Tabela 2 – Resultados do modelo de regressão logística para identificação de áreas de risco para ocorrência de casos de febre amarela em humanos

	Coefficiente	Erro padrão	z-valor	Odds Ratio	CI (95%)	p-valor
FA_PNHsim	2,926	0,703	4,162	0,53	0,33-0,79	<0,001
Tmedmedia	-0,640	0,218	-2,937	18,65	5,32-90,22	0,003

FA_PNHsim: “presença de ao menos um caso de epizootia”; Tmedmedia: “média anual das temperaturas mensais”; CI: intervalo de confiança.

Fonte: Dados da Pesquisa.

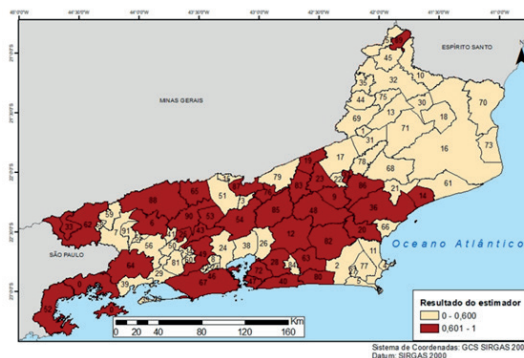
No caso do estado do Rio de Janeiro, a temperatura média tem uma relação negativa com a probabilidade de febre amarela. Como a temperatura média do estado é 24°C (CEPERJ, 2018), talvez o aumento da temperatura atue de forma a reduzir o espalhamento da doença, seja pela rápida evaporação de pequenos reservatórios de água, onde se reproduzem os mosquitos vetores, seja pela diminuição da atividade de primatas não humanos afastando-os das áreas onde humanos frequentam. De acordo com

a *Odds Ratio* (Razão de Chances), a cada aumento de 1°C na temperatura média representa uma redução de 0,47 vezes a chance de o município apresentar ao menos um caso de febre amarela em humanos.

A presença de ao menos um caso de epizootia possui uma relação positiva com a probabilidade de haver casos de febre amarela silvestre em humanos. Essa relação era esperada visto que os primatas não humanos atuam como reservatórios do vírus, podendo ser um mecanismo de manutenção da circulação viral entre um surto e outro da doença, e são também acometidos pela enfermidade. Em municípios com a presença de epizootia, as chances de ocorrer ao menos um caso de febre amarela em humanos é 17 vezes maior do que em municípios onde não há casos de primatas não humanos (PNH) adoecidos pelo vírus da febre amarela.

Pelo estimador calculado pelo modelo, os municípios do Norte Fluminense estariam em uma área de baixo risco, apesar de registros de casos no local. Já a Região Serrana, por suas temperaturas mais baixas em relação ao restante do estado e a presença de epizootias, estaria em área de maior risco. Enquanto isso a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, que estava inserida na área de vacinação emergencial, não está completamente inserida na área de risco de acordo com o estimador, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Municípios do estado do Rio de Janeiro com e sem recomendação de vacinação de acordo com o valor do estimador de probabilidade de febre amarela silvestre em humanos para cada município



Fonte: Dados da Pesquisa

A partir 2017, a Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro passou a recomendar a vacinação contra a febre amarela nos 92 municípios do estado a fim de conter uma possível epidemia urbana, assim como, a formação de um cinturão de segurança formado pelos municípios localizados nas divisas com Minas Gerais e Espírito Santo, considerados também áreas de risco. No ano de 2020, a vacina contra a febre amarela passou a ser ofertada no calendário de rotina em todo o território brasileiro (BRASIL, 2020a). Na Tabela 3 encontram-se listados os municípios e os valores preditos. Nesta tabela estão marcados com * os municípios que compõem o grupo com indicação de vacinação contra febre amarela de acordo com os valores do estimador. Segundo os resultados encontrados, 38 dos 92 municípios do estado encontram-se em área de recomendação de vacinação.

Essa análise evidencia a necessidade de estudos que levem em consideração outras variáveis para identificação de mais fatores que influenciem na chance de ocorrência de casos humanos da doença. É necessário considerar também que os casos são de um intervalo de aproximadamente dois anos não sobrepostos com os dados climáticos.

A adequação do modelo foi verificada pela *deviance* e pelo teste de Hosme-Lemeshow para analisar a discrepância entre o modelo atual e o modelo completo e o ajuste dos dados, respectivamente. Os valores do p-valor para ambos, 0,675 e 0,224, respectivamente, são superiores ao nível de significância (5%), ou seja, é possível rejeitar a hipótese nula de que as probabilidades preditas se desviam das probabilidades observadas de uma maneira que a distribuição binomial não prediz.

Durante a epidemia, visando uma melhoria emergencial da cobertura vacinal de 15 municípios, foi disponibilizada a dose fracionada de forma a fornecer maior quantidade de vacina em menor espaço de tempo. Os municípios são: Belford Roxo, Duque de Caxias, Itaboraí, Itaguaí, Japeri, Magé, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Queimados, Rio de Janeiro, São Gonçalo; São João de Meriti e Seropédica. Esses municípios têm em comum elevada densidade demográfica e estarem na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, onde muitos indivíduos têm atividade pendular entre o município de residência e o município de trabalho (MACHADO *et al.*, 2014).

A preocupação com aumento da cobertura vacinal em locais de alta densidade demográfica justifica-se pela presença do mosquito *Aedes aegypti*, que atua como vetor urbano para o vírus da febre amarela (CAVALCANTE; TAUIL, 2017). Isso poderia desencadear uma epidemia com a volta de casos urbanos, que estão eliminados do Brasil desde a década de 1940. A Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro vem executando ações para alcançar uma cobertura vacinal de 95% no estado e de conscientização da população para eliminar criadouros de *Aedes aegypti*, de forma a reduzir potenciais surtos de arboviroses, como febre amarela. Até novembro de 2018, foram imunizadas 11 milhões de pessoas, atingindo 73% da meta estabelecida pela secretaria (RIO DE JANEIRO, 2018).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos epidemiológicos são importantes na identificação da distribuição espacial e temporal, da sazonalidade, das fontes, causas e métodos de controle das doenças, devendo então levar em consideração as dimensões ambientais e sociais. Esses estudos podem subsidiar ações reativas e programas preventivos. Assim, a importância do esforço realizado nesse trabalho reside no fato de estar ocorrendo uma mudança no padrão geográfico de circulação do vírus da febre amarela, tornando importante seu novo mapeamento e desenvolvimento de metodologias de análise de risco para as novas áreas afetadas, sejam metodologias locais, regionais ou de outra escala. Além disso, com a mudança espacial, é necessário identificar se o perfil epidemiológico é o mesmo registrado em outras áreas do país, permitindo o planejamento de ações direcionadas aos grupos mais vulneráveis.

Neste trabalho cabe ressaltar duas limitações principais para sua realização: i) a subnotificação de casos em função de quadros assintomáticos e leves que não são captados pelo sistema de saúde, seja

por não procurarem atendimento médico ou pelo fato de os sintomas serem inespecíficos no caso de quadro leve e assim não haver investigação para febre amarela; e ii) a incompletude das fichas o que prejudica a elaboração de um perfil epidemiológico mais realista. A utilização de um modelo binomial, que leva em consideração apenas a presença e ausência e não a quantidade de casos, é menos influenciado pela subnotificação, mas não elimina o viés pois não se sabe se municípios com ausência de casos de febre amarela não tiveram nenhum caso de fato ou se os casos não foram captados.

Cabe destacar que um estudo deste porte ainda se faz necessário uma vez que, segundo a Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (BRASIL, 2020b), há detecções da circulação do vírus da febre amarela na região extra-Amazônica, principalmente nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, onde ocorre a Mata Atlântica. Entretanto a metodologia empregada nesse estudo não é necessariamente válida para outras localidades, em função de outras características ambientais e demográficas, sendo necessária uma validação da metodologia a partir de novas observações. Mas é importante ainda destacar que uma modelagem de previsão de chance pode ser de utilidade pública ao facilitar a tomada de decisões. Esta metodologia simplifica a análise da realidade, sendo útil para o estabelecimento de políticas públicas e, no caso, de campanhas reativas municipais a eventuais surtos de febre amarela.

É necessário que, considerando que o vírus da febre amarela chegou a Mata Atlântica, na Costa Leste do país, onde habitam variados gêneros de primatas não humanos hospedeiros e que a febre amarela é uma doença ressurgente, se mantenha um sistema de vigilância epidemiológica, além de buscar aumentar a cobertura vacinal de toda a população. Isso se dá pelo agravante da possibilidade do reestabelecimento do ciclo urbano da doença, uma vez que há infestações de *Aedes aegypti* em todos os municípios do estado do Rio de Janeiro, fazendo com que o ciclo urbano seja uma ameaça constante. Todavia o custo de se tratar todos os municípios com o mesmo risco é elevado, tornando-se necessário empregar metodologias que visem identificar as áreas prioritárias, conforme o trabalho de Briand e colaboradores (2009), Moreno (2011), Carrington e Auguste (2013).

É preciso aprimorar a coleta de dados, visando trabalhos futuros, com preenchimento completo das Fichas de Investigação sobre os indivíduos com suspeita de febre amarela, pois é relevante conhecer o perfil do enfermo por meio das informações sociais disponibilizadas para cada indivíduo que teve o diagnóstico de febre amarela confirmado. Também se faz necessária a criação de uma base de dados sobre a presença de gêneros de macacos em cada município, visto que alguns gêneros são mais suscetíveis ao vírus da febre amarela, além de possuírem comportamentos diferentes, o que faz com que habitem áreas de mata onde seres humanos adentram com frequência.

Além disso, é importante que se caminhe na direção da construção de uma metodologia nacional, que inclua outras variáveis tais como bioma ou ecossistema prevalecente, utilizando dados mais atuais para as variáveis ambientais, cobertura vacinal e tentar incluir tráfego de pessoas a trabalho em municípios diferentes dos seus municípios de residência. Juntamente a esse esforço metodológico, deve-se atualizar o mapeamento da doença no território nacional, já que a mudanças no seu padrão de ocorrência vêm sendo observadas ao longo dos últimos 20 anos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, P.G. **Critérios de elegibilidade para um município pertencer ao Programa Terrítórios da Cidadania**. 2015. 153 f. Dissertação (Mestrado em Estudos Populacionais e Pesquisas Sociais) – Escola Nacional de Ciências Estatísticas, Rio de Janeiro, RJ. 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Calendário nacional de vacinação/2020/PNI/MS. 2020**. 2020a. Disponível em: <https://www.saude.gov.br/files/imunizacao/calendario/Calendario.Nacional.Vacinacao.2020.atualizado.pdf>. Acesso em: 5 maio 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Monitoramento dos casos de arboviroses urbanas transmitidas pelo Aedes. Semanas epidemiológicas 1 a 23, 2020b. **Boletim epidemiológico**, v. 51, n. 24, jun. 2020b. Disponível em: <https://antigo.saude.gov.br/images/pdf/2020/June/16/Boletim-epidemiologico-SVS-24-final.pdf>. Acesso: 22 set. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Monitoramento do período sazonal da febre amarela Brasil – 2018/2019. **Informe nº 3, 2018/2019**. 2019. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2019/janeiro/28/informe-FA-n.3-21jan19.pdf>. Acesso: 17 nov. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Monitoramento do período sazonal da febre amarela Brasil – 2017/2018. **Informe nº 27, 2017/2018**. 2018. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/outubro/08/Informe-FA.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2021

BRASIL. Ministério da Saúde. **Boletim epidemiológico - volume 48, no 28 – jun 2017**. 2017. Disponível em: http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2017/setembro/06/2017_027.pdf. Acesso em: 26 mar. 2021.

BRIAND, S. *et al.* Assessment of yellow fever epidemic risk: an original multi-criteria modeling approach. **PLOS Neglec Trop D**, v. 3, n. 7, p. e483, 2009.

CARRINGTON, C.V.F; AUGUSTE, A.J. Evolutionary and ecological factors underlying the tempo and distribution of yellow fever virus activity. **Infect Genet Evol**, v. 13, p. 198-210, 2013.

CAVALCANTE, K.R.L.J.; TAUIL, P.L. Características epidemiológicas da febre amarela no Brasil, 2000-2012. **Epidemiol Serv Saúde**, v. 25, n. 1, p. 11-20, 2016.

CAVALCANTE, K.R.L.J.; TAUIL, P.L. Risco de reintrodução da febre amarela urbana no Brasil. **Epidemiol Serv Saúde**, v. 26, p. 617-620, 2017.

CEPERJ - Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro. **O Estado do Rio de Janeiro e seu ambiente**. 2018. Disponível em https://www.ceperj.rj.gov.br/?page_id=3320. Acesso em: 22 maio 2019.

COSTA, Z.G.A. **Estudo das características epidemiológicas da febre amarela no Brasil, nas áreas fora da Amazônia legal, no período de 1999 a 2003**. 2005. 164 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ. 2005.

ESCOSTEGUY, C.C. *et al.* Febre amarela: perfil dos casos e fatores associados ao óbito em hospital referência no estado do Rio de Janeiro, 2017–2018. **Rev Saúde Públ**, v. 53, a. 89, 2019.

GOMES, C.A.R.B. *et al.* Febre amarela: surtos recorrentes na região sudeste do Brasil, 2016–2020. **Arch Health Invest**, v. 10, n. 8, p. 1260-1265, 2021.

HAMRICK, P.N. *et al.* Geographic patterns and environmental factors associated with human yellow fever presence in the Americas. **PLOS Neglec Trop D**, v. 11, n. 9, p. e0005897, 2017.

HENRIQUES, C.M.P. A dupla epidemia: febre amarela e desinformação. **Rev Eletr Com Inform Inov Saúde**, v. 12, n. 1, 2018.

MACHADO, D.C. *et al.* Mobilidade urbana e mercado de trabalho na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. **Rev ABET**, v. 14, n. 2, p. 310-327, 2014.

MENEZES, T.V.N. *et al.* Febre amarela silvestre no Brasil: um desafio nos últimos anos. **HYGEIA**, v. 4, n. 7, p. 52-57, 2008.

MONATH, T.P.; VASCONCELOS, P.F.C. Yellow fever. **J Clin Virol**, v. 64, p. 160-173, 2015.

MORENO, E.S. **Metodologia para definição de áreas prioritárias para vacinação contra Febre Amarela, baseada em parâmetros ambientais e análise por correspondência múltipla**. 2011. 89 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, São Paulo, SP. 2011.

MORENO, E.S.; BARATA, R.C.B. Methodology for definition of yellow fever priority areas, based on environmental variables and multiple correspondence analyses. **PLOS Neglec Trop D**, v. 6, n. 7, p. e1658, 2012.

REZENDE, J. M. **À sombra do plátano: crônicas de história da medicina**. São Paulo: Editora Fap-Unifesp. 2009.

RIO DE JANEIRO. Secretaria de Saúde do Estado. **SES e Fiocruz promovem evento sobre enfrentamento da Febre Amarela e Chikungunya**. 2018. Disponível em: <https://www.saude.rj.gov.br/noticias/2018/12/ses-e-fiocruz-promovem-evento-sobre-enfrentamento-da-febre-amarela-e-chikungunya>. Acesso em: 23 jan. 2018.

SHEARER, F. *et al.* Existing and potential infection risk zones of yellow fever worldwide: a modelling analysis. **Lancet Glob Health**, v. 6, n. 3, p. e270-e278, 2018.

SILVA, C.P. *et al.* Um estudo bibliográfico acerca dos surtos de Febre Amarela no Brasil. **Rev Bras Meio Amb**, v. 2, n. 1 p. 27-41, 2018.

SIQUEIRA, P.C. *et al.* Completude das fichas de notificação de febre amarela no estado do Espírito Santo, 2017. **Epidemiol Serv Saúde**, v. 29, n.3, e2019402, 2020.

VASCONCELOS, P.F.C. Febre amarela. **Rev Soc Bras Med Trop**, v. 36, n. 2, p. 275-293, 2003.

VASCONCELOS, P.F.C. *et al.* Inadequate management of natural ecosystem in the Brazilian Amazon region results in the emergence and reemergence of arboviruses. **Cad Saúde Públ**, v. 17, p. S155-S164, 2001.

Recebido em: 5 de Abril de 2022

Avaliado em: 15 de Junho de 2022

Aceito em: 15 de Junho de 2022



A autenticidade desse artigo pode ser conferida no site <https://periodicos.set.edu.br>

1 Bióloga, Mestre em População, Território e Estatísticas Públicas. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, RJ. ORCID: 0000-0001-5546-4732.
E-mail: mairamendoncदारocha@gmail.com

2 Engenheira Cartográfica, Doutora em Engenharia de Sistemas e Computação. Pesquisadora, Escola Nacional de Ciências Estatística; Professora, Departamento de Análise Geoambiental, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, RJ. ORCID: 0000-0002-9225-0511.
E-mail: julia.strauch@ibge.gov.br

3 Estatístico, Doutor em Informática. Pesquisador, Escola Nacional de Ciências Estatística, Rio de Janeiro, RJ.
ORCID: 0000-0003-0688-4575.
E-mail: cassio.almeida@ibge.gov.br

Copyright (c) 2022 Revista Interfaces
Científicas - Saúde e Ambiente



Este trabalho está licenciado sob uma licença Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

