

Difusão espaço-temporal da febre amarela silvestre em um estado do Sudeste do Brasil, 2017

Spatial-temporal diffusion of yellow fever in a state in Southeast Brazil in 2017

Difusión espacio-temporal de la fiebre amarilla en un estado de la Región Sudeste de Brasil, 2017

Priscila Carminati Siqueira ¹
Rafael de Castro Catão ¹
Caroline Gava ²
Ethel Leonor Noia Maciel ¹
Thiago Nascimento do Prado ¹

doi: 10.1590/0102-311X00127620

Resumo

O objetivo foi analisar a difusão dos casos de febre amarela no tempo e no espaço, na epidemia de 2017, no Estado do Espírito Santo, Brasil. Estudo observacional ecológico, com análise espacial da difusão dos casos de febre amarela. Para o georreferenciamento das informações e a análise espacial, utilizou-se a malha digital do Estado do Espírito Santo, dividida em 78 municípios, por meio do software ArcGIS 10.3. Realizou-se uma análise de geoestatística utilizando a função krigagem ordinária. Nosso estudo mostrou uma incidência de 4,85/100 mil habitantes de febre amarela silvestre no Espírito Santo, no período de 2017, perfazendo uma letalidade de 29,74%. Os casos de febre amarela silvestre estão distribuídos em 34 municípios dos 78 que compõem o estado, representando 43% do território. A distribuição temporal dos casos de febre amarela registrados no presente estudo encontrava-se entre a 1ª e a 19ª Semana Epidemiológica (SE). Por meio da análise espacial de geoestatística por krigagem ordinária, foi possível demonstrar a difusão espacial por contágio da doença amarílica entre os municípios no Estado do Espírito Santo, com uma continuidade espacial. A doença surgiu no estado na SE 1 pelos municípios que realizam divisa com o Estado de Minas Gerais. O geoprocessamento demonstrou que a doença amarílica chegou ao Espírito Santo pelos municípios vizinhos ao Estado de Minas Gerais, seguindo em direção leste do estado, atingindo o litoral. Apresentou uma maior concentração de casos e tempo de permanência nas regiões Central e Metropolitana, que possuem áreas de Mata Atlântica, mostrando um padrão de continuidade da difusão por contágio.

Febre Amarela: Análise Espacial; Mapeamento Geográfico

Correspondência

T. N. Prado
Rua Amelia Tartuce Nasser 301, Vitória, Espírito Santo
29060-110, Brasil.
tiagufes@yahoo.com.br

¹ Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Brasil.

² Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.



Introdução

A febre amarela é uma doença infecciosa imunoprevenível, transmitida pela picada de artrópodes hematófagos durante repasto sanguíneo^{1,2,3,4,5}. A doença pode ocorrer em dois cenários epidemiológicos: silvestre e urbano, com diferentes ciclos envolvendo vetores distintos. No Brasil, essa doença constituiu um flagelo histórico, com grande prevalência entre metade do século XIX até meados do século XX, o último registro de febre amarela no ciclo urbano ocorreu em 1942, em Sena Madureira, no Acre. Essa diminuição dos casos do ciclo urbano ao longo do século XX está intimamente ligada ao controle vetorial (Campanha Continental de Erradicação do *Aedes aegypti*) e à disponibilidade da vacina desde a década de 1930. Contudo, o ciclo urbano ocorre ainda no século XXI, especialmente em países do continente africano¹.

Na infecção pelo vírus amarílico, o quadro clínico pode variar desde assintomático até apresentações graves, com extenso acometimento hepático, insuficiência respiratória e renal, e fenômenos hemorrágicos^{1,3,6}. Os casos graves apresentam alta letalidade entre 30% e 70% e podem manifestar os três sintomas clássicos da doença como hematêmese, icterícia, oligúria/anúria⁴.

A febre amarela silvestre é uma doença endêmica na Bacia Amazônica brasileira, e surtos esporádicos ocorrem fora da área endêmica². Desde 2016, epidemias estão ocorrendo na Região Sudeste do país, com mais de 1.900 casos humanos e epizootias com mais de 1.600 registros, em primatas não humanos, relatados até abril de 2018⁷.

A difusão espacial da doença amarílica no Brasil tem gerado grande preocupação, uma vez que os casos deixaram de ser registrados apenas em regiões silvestres e passaram a acometer as bordas de grandes cidades, em estados com grande densidade populacional, especialmente em Minas Gerais e São Paulo^{4,7}.

O aumento do número de casos de febre amarela silvestre, a alta densidade de infestação por *Ae. aegypti*¹ e a baixa cobertura vacinal são fatores que favorecem o risco da reurbanização da doença no Brasil^{6,8}. Para compreender o processo de propagação do vírus amarílico, faz-se necessário debater a teoria da difusão, utilizando técnicas de geotecnologias que permitam verificar a propagação de um fenômeno no espaço e no tempo^{9,10}. Portanto, o objetivo desse estudo foi analisar a difusão espacial dos casos de febre amarela no Estado do Espírito Santo, na epidemia de 2017. O estudo também procurou descrever o local de introdução do vírus amarílico no estado e os trajetos de sua circulação, mapeando as áreas de dispersão do vírus da febre amarela na área de estudo.

Métodos

Trata-se de um estudo epidemiológico, observacional, descritivo, do tipo pessoa, tempo e lugar, com análise espacial da difusão dos casos de febre amarela. Neste estudo, os critérios de inclusão foram os casos autóctones confirmados da doença amarílica, notificados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) pelos municípios do Espírito Santo no ano de 2017. E o critério de exclusão foram os casos de febre amarela sem registro de Local Provável de Infecção (LPI).

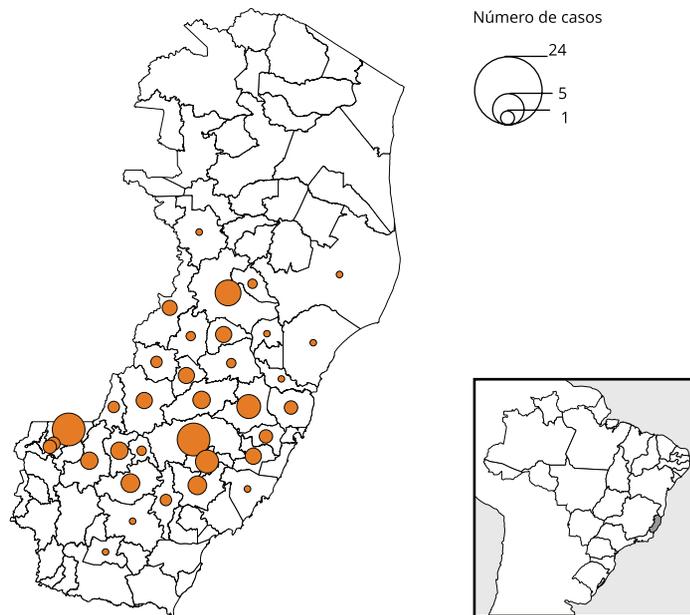
O recorte empírico foi o Estado do Espírito Santo, composto por 78 municípios, dividido em 4 macrorregiões, localizado na Região Sudeste do Brasil (Figura 1), cuja extensão territorial é de 46.086,907km², com população estimada de 4.016.356 habitantes para 2017^{11,12}.

As variáveis analisadas foram obtidas a partir do banco de dados do SINAN, disponibilizado pela Secretaria de Estado da Saúde do Espírito Santo (SESA), e são: número de notificações de febre amarela, o LPI, data dos primeiros sintomas e dados referentes às pessoas (idade, raça/cor, sexo, escolaridade, ocupação, vacinação, critério de confirmação e evolução do caso). Além do georreferenciamento por município, criou-se um indicador de permanência que mede a duração dos casos em cada município (em semanas) e de duração consecutiva (tempo consecutivo de permanência em semanas), além de mapear número de casos notificados em cada município, segundo LPI.

Para a análise dos dados, foram realizadas uma avaliação de consistência e, em seguida, a análise exploratória descritiva. Para o georreferenciamento dos dados e a análise espacial, optou-se pelo software ArcGIS 10.8 (<http://www.esri.com/software/arcgis/index.html>). Utilizou-se a malha municipal digital do Estado do Espírito Santo para agregar as variáveis do estudo, sendo os municípios a unidade

Figura 1

Mapa de distribuição de casos de febre amarela no Estado do Espírito Santo, Brasil, 2017.



espacial de agregação de dados, gerando também uma base de centroides para a interpolação. As unidades de agregação temporal foram as semanas epidemiológicas. Após essa fase, ainda na investigação, produziu-se uma série de mapas temáticos com os indicadores criados para se compreender melhor o fenômeno no estado.

Em seguida, para possibilitar uma visualização mais acurada do processo de difusão, foram interpolados os valores numéricos referentes à semana epidemiológica do primeiro caso por município, de modo que se criou uma superfície com um gradiente de tempo. Utilizou-se o Inverso Ponderado da Distância (IDW), que consiste em um interpolador determinístico exato, que elabora uma superfície com os valores observados nas feições pontuais ponderados pela distância. Definiu-se como parâmetros a quantidade máxima de oito vizinhos, o fator de potência de 1,5 e o raio de busca variável.

Por fim, elaboramos um gráfico de dispersão que relaciona a distância euclidiana dos primeiros casos no estado (eixo Y, em quilômetros) e o tempo, em semanas, das primeiras notificações dos municípios no estado (eixo X). Dessa forma, com o passar das semanas, os casos deveriam se afastar da origem, evidenciando uma difusão por contágio, ou seja, territorialmente contínua ¹³.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES; parecer nº 2.137.234), de acordo com a *Resolução nº 466/2012* do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

Resultados

No ano de 2017, foram notificados 795 casos suspeitos de febre amarela no Estado do Espírito Santo, desses, foram confirmados 195 casos autóctones com indicação de LPI. A taxa de incidência da doença foi 4,8 casos por 100 mil habitantes com letalidade de 29,7%.

Os casos foram registrados em 34 municípios (43,5% do total), abrangendo 3 macrorregiões (Central, Metropolitana e Sul). Não houve registros de casos, na epidemia de 2017, no Norte do estado (Figura 1). Os municípios registraram entre 1 a 24 casos de febre amarela silvestre, conforme Tabela 1, com destaque para os municípios de Domingos Martins e Ibatiba, que apresentaram 24 casos cada; Colatina, 15; Santa Leopoldina, 13; e Marechal Floriano com 12 registros.

Tabela 1

Distribuição dos casos de febre amarela silvestre segundo município de LPI (Local Provável de Infecção) no Estado do Espírito Santo, Brasil, 2017.

LPI	Casos	
	n	%
Domingos Martins	24	12,3
Ibatiba	24	12,3
Colatina	15	7,69
Santa Leopoldina	13	6,66
Marechal Floriano	12	6,15
Alfredo Chaves	8	4,10
Castelo	8	4,10
Conceição do Castelo	7	3,58
Muniz Freire	7	3,58
Santa Maria de Jetibá	7	3,58
Afonso Cláudio	6	3,07
Itarana	6	3,07
São Roque do Canaã	6	3,07
Viana	6	3,07
Baixo Guandu	5	2,56
Cariacica	4	2,05
Irupi	4	2,05
Lúna	4	2,05
Serra	4	2,05
Laranja da Terra	3	1,53
Vargem Alta	3	1,53
Itaguaçu	2	1,02
Marilândia	2	1,02
Santa Teresa	2	1,02
Venda Nova do Imigrante	2	1,02
Aracruz	1	0,51
Cachoeiro de Itapemirim	1	0,51
Fundão	1	0,51
Guarapari	1	0,51
João Neiva	1	0,51
Linhares	1	0,51
Muqui	1	0,51
Pancas	1	0,51
Total	195	100,00

Fonte: elaborada própria, com base em dados do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN, 2017).

Conforme apresentado na Tabela 2, a população acometida pelo vírus da febre amarela foi principalmente do sexo masculino (82,5%) e de brancos (47,6%). A idade média foi de 43,6 anos, e dez casos foram em crianças com idade variando de 3 a 12 anos.

Referente aos casos autóctones confirmados de febre amarela no Espírito Santo, 179 (91,7%) foram confirmados por meio de exames laboratoriais. Evoluíram para a cura 65,12% dos casos (127 curas), com letalidade de 29,7% (58 óbitos), com 10 casos com evolução ignorada (5,12%). Em relação à vacina contra a febre amarela, 65,1% notificações, os pacientes informaram não ser vacinados, porém 24,4% foram vacinados recentemente, e 10,8%, ignorados. Entre os 195 casos autóctones confirmados de febre amarela, 43,5% foram de trabalhadores rurais (Tabela 2).

Os casos registrados tiveram a Semana Epidemiológica (SE) de início dos sintomas entre a SE 1 e a SE 19 (janeiro a maio), entretanto, na SE 49, ocorreu um caso da doença amarílica no estado. Observando a curva epidêmica, houve um pico na SE 4, compreendendo 37 casos e 8 óbitos. Entre a SE 4 e a SE 6, observou-se um decréscimo no número de casos, mantendo o mesmo patamar entre a SE 6 e a SE 7, com uma diminuição dos casos na SE 8. Pode-se observar outra onda de casos entre a SE 10 e a SE 15, com um incremento de notificações (com exceção da SE 14). Posteriormente, entre a SE 16 e a SE 18, houve uma diminuição no número dos casos (Figura 2).

A Figura 3 representa a distribuição dos casos de febre amarela por LPI de acordo com a SE. A Figura 3a representa a distribuição do número total de SE com ocorrência de casos. Foi observada a duração de 1 a 13 SE, o tempo de duração total de casos da doença amarílica nos diversos municípios do Estado do Espírito Santo. Os casos de febre amarela permaneceram até 2 SE em 13 municípios, localizados no Litoral Norte, Noroeste, Central e Sul. Entre 3 e 4 SE, em 10 municípios nas regiões

Tabela 2

Características epidemiológicas do surto de febre amarela no Estado do Espírito Santo, Brasil, 2017.

Variáveis	n	%
Sexo		
Masculino	161	82,56
Feminino	34	17,43
Raça/Cor		
Branco	93	47,69
Não branco	87	44,61
Ignorado	15	7,69
Critério de confirmação		
Exames laboratoriais	179	91,79
Dados epidemiológicos	16	8,20
Evolução do caso		
Cura	127	65,12
Óbito	58	29,74
Ignorados	10	5,12
Situação vacinal		
Vacinado	47	24,10
Não vacinado	127	65,12
Ignorado	21	10,76
Ocupação		
Trabalhador rural	85	43,58
Comércio	10	5,12
Pedreiro	11	5,64
Caminhoneiro	02	1,02
Ignorados	97	49,74
Total	195	100,00

Figura 2

Distribuição dos casos confirmados de febre amarela no Estado do Espírito Santo, Brasil, 2017.

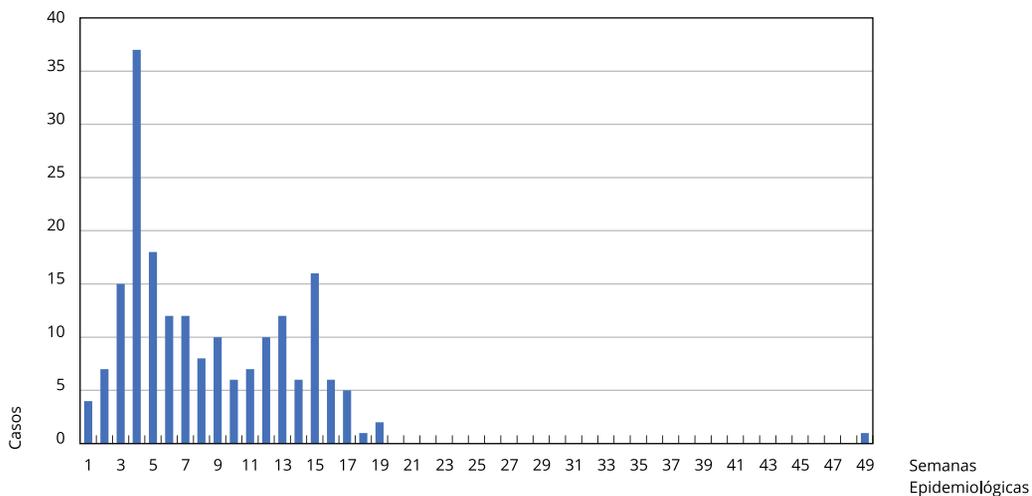
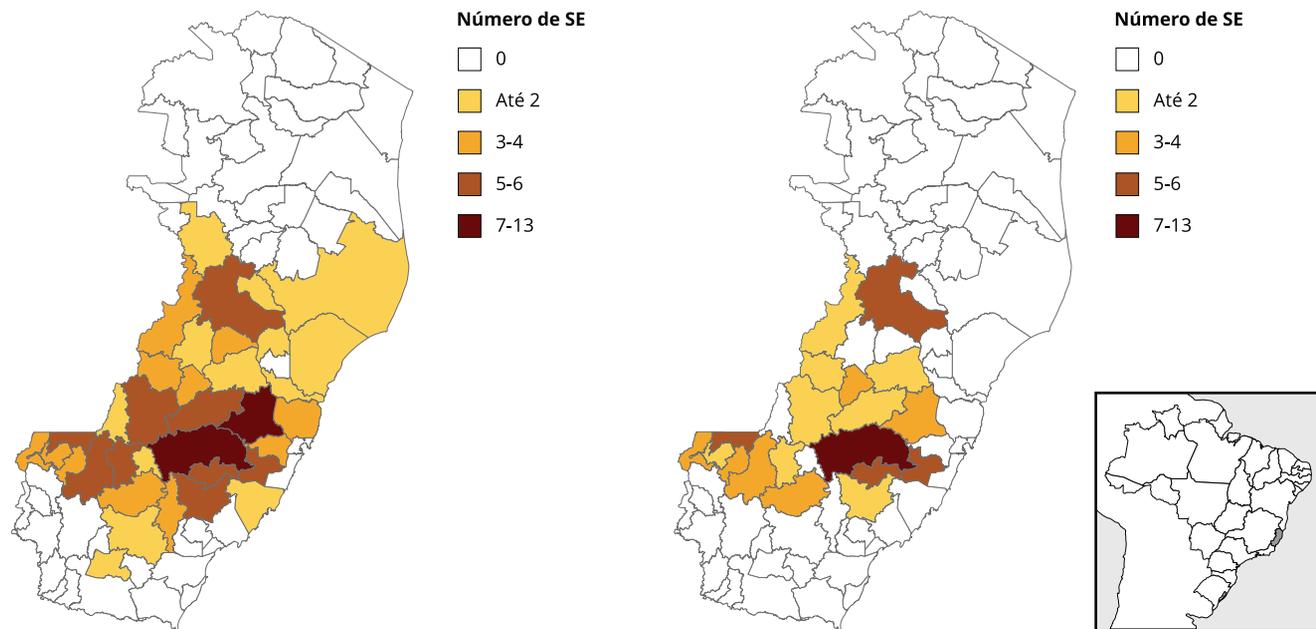


Figura 3

Mapa de distribuição dos casos de febre amarela no Estado do Espírito Santo, Brasil, de acordo com o número de Semanas Epidemiológicas (SE).

3a) Número total de SE

3b) Número de SE consecutivas



Litoral Norte, Noroeste, Central e Sul. Entre 5 e 6 SE, com predomínio na região Central. Dois municípios registraram período mais prolongado de aparecimento de casos da doença, Domingos Martins e Santa Leopoldina apresentando, respectivamente, 13 e 8 SE, na região Central.

A Figura 3b representa o número de SE consecutivas em que a febre amarela permaneceu nos municípios do Espírito Santo. Os casos da doença foram localizados em 2 SE consecutivas em 8 municípios localizados nas regiões Noroeste, Central e Sul, com o maior número de municípios na região Central. Em 5 municípios, a febre amarela circulou de 3 a 4 SE consecutivas: Iúna, Muniz Freire, Castelo, Santa Leopoldina e Itarana, localizados nas regiões Sul e Central do estado. Entre 5 e 6 SE: Colatina (Noroeste), Ibatiba (Sul), Marechal Floriano e Viana (região Central). No Município de Domingos Martins, foram identificados casos de febre amarela durante 12 SE consecutivas, localizada na região Central e Serrana.

Merece destaque os municípios de Domingos Martins, Marechal Floriano, Colatina, Ibatiba e Viana que apresentaram o maior número de SE com confirmação de casos de febre amarela, assim como as mais prologadas (SE consecutivas) que eles foram identificados.

A Figura 4 mostra a difusão da doença amarílica entre os municípios no Estado do Espírito Santo, por meio da análise do IDW, evidenciando uma difusão por contágio, apresentando, dessa forma, uma contiguidade territorial. O primeiro caso de febre amarela identificado no estado ocorreu na SE 1 do ano de 2017, nos municípios que fazem divisa com o Estado de Minas Gerais: Afonso Cláudio e Ibatiba, seguindo em direção oeste, noroeste e sudoeste, atingindo os municípios de Colatina, Muniz Freire, Conceição do Castelo e São Roque do Canaã. Posteriormente, difunde-se para os municípios de Baixo Guandu, Itaguaçu, Itarana, Laranja da Terra, Brejetuba, Castelo, Irupi, Itarana, Iúna, Marilândia e Pancas, seguindo em direção nordeste e sudeste do estado. Segue também em direção à região central e leste, atingindo o litoral nos municípios de Fundão, Aracruz, assim como se instala na região Serrana, compreendendo as cidades de Domingos Martins, Santa Leopoldina e Santa Maria de Jetibá, segue em direção noroeste atingindo João Neiva e na direção sul no Município de Cachoeiro de Itapemirim.

A partir da sexta semana (marcada pela isócrona), podemos observar que a doença se expandiu para Vargem Alta e Viana. Na região serrana, o fluxo da doença segue em direção ao litoral, percorrendo as cidades de Alfredo Chaves, Linhares e Serra. Por fim, a doença atinge as cidades de Cariacica e Guarapari, dessa forma, cinco das sete cidades que compõem a Região Metropolitana da Grande Vitória apresentaram casos de febre amarela. Os municípios de Muqui, Santa Teresa e Venda Nova do Imigrante apresentaram casos posteriormente, mostrando uma coloração diferenciada no gradiente, com um início de casos tardio em relação aos municípios vizinhos.

A velocidade de propagação da doença amarílica no Espírito Santo foi mais rápida em direção ao leste, visualizada na Figura 4, representada pela 4ª e 6ª isócrona, a indicação de maior velocidade ocorre no processo quando as isócronas estão mais distantes, e uma velocidade mais baixa quando elas se aproximam.

Quando associamos o gráfico que relaciona distância da origem pelo tempo (Figura 5), estamos analisando a difusão por contágio. Há um afastamento gradual do fenômeno a partir de sua origem, mostra uma reta ascendente no gráfico em que os valores referentes à distância aumentam com o passar do tempo.

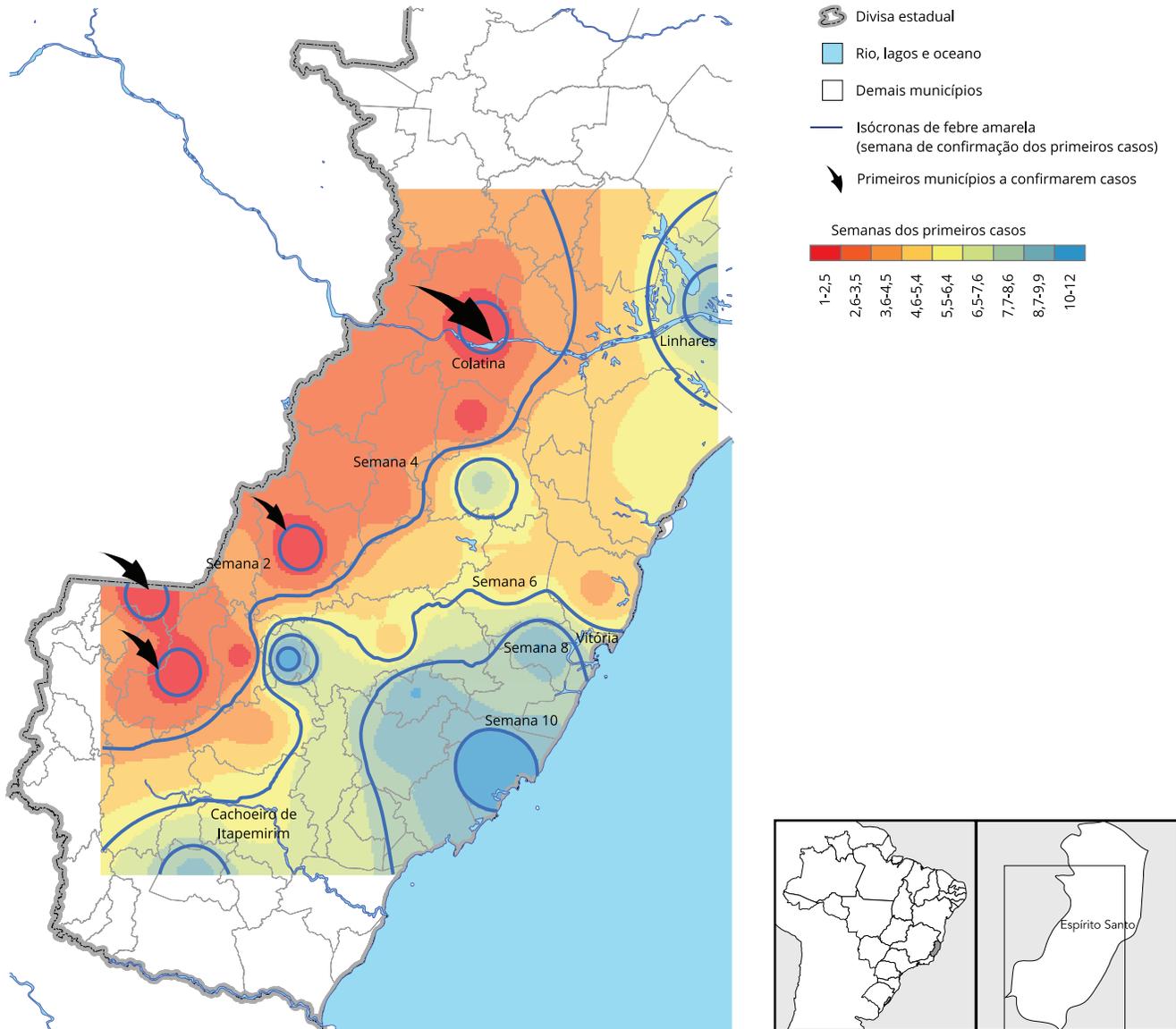
Discussão

O Brasil vivenciou, em 2017, a maior epidemia de febre amarela silvestre registrada em décadas, com 777 casos humanos confirmados, 261 óbitos, apresentando letalidade de 33,6%^{14,15,16}. Nosso estudo com os dados do SINAN mostrou uma incidência de 4,85/100 mil habitantes de febre amarela silvestre no Espírito Santo no período de 2017, perfazendo uma letalidade de 29%, distribuídos em mais de 1/3 dos municípios do estado.

Destaca-se que a Região Metropolitana da Grande Vitória é considerada a mais urbanizada e povoada, e que possui índices elevados de infestação por *Ae. aegypti*. Constituída por sete municípios, e, desses, cinco (Serra, Fundão, Viana, Guarapari e Cariacica) registraram casos de febre amarela.

Figura 4

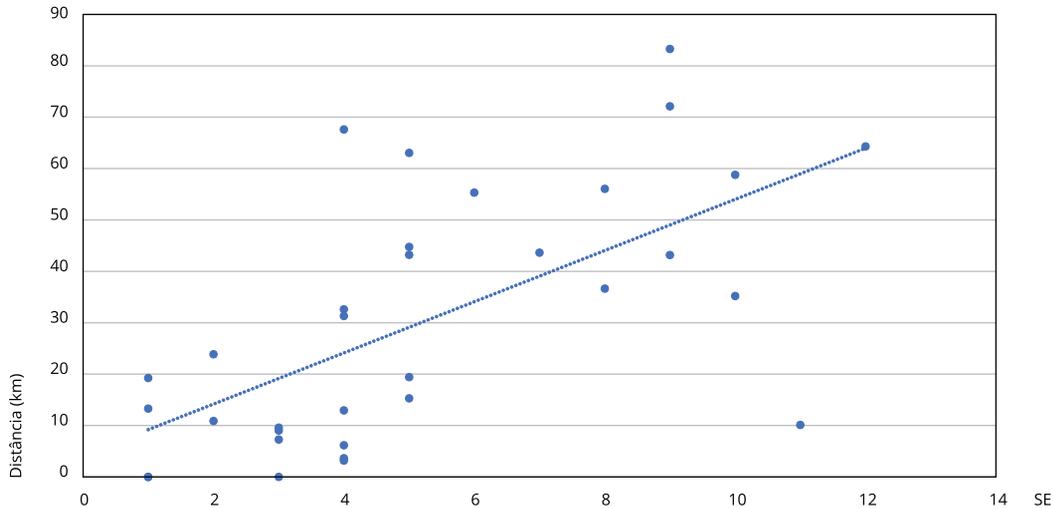
Difusão espacial pelo Inverso Ponderado da Distância (IDW) dos casos de febre amarela nos municípios do Estado do Espírito Santo, Brasil, no período de 2017.



Nosso estudo demonstrou também que o perfil epidemiológico da população acometida pelo vírus da febre amarela no Espírito Santo foi principalmente do sexo masculino (82,5%), brancos (47,7%), trabalhadores rurais (43,6%), com idade média de 43 anos. Em relação à vacina contra a febre amarela, 65,1% não haviam sido vacinados. Coincidindo com o perfil geralmente observado nos surtos de febre amarela silvestre, com a maior parte dos casos confirmados de febre amarela ocorrendo entre os indivíduos do gênero masculino e da faixa etária economicamente ativa, e as exposições acontecendo com maior frequência nos indivíduos que entram em áreas de mata, em decorrência de atividades laborais, de turismo ou lazer ^{15,16,17,18,19,20}.

Figura 5

Análise por difusão de contágio entre os municípios, por Semana Epidemiológica (SE) de surgimento dos casos de febre amarela em relação à distância da origem no Estado do Espírito Santo, Brasil, 2017.



A distribuição temporal dos casos de febre amarela silvestre registrados no presente estudo encontravam-se entre os meses de janeiro a maio, entretanto, na SE 49 (dezembro), ocorreu um caso da doença amarílica iniciando um novo ciclo da epidemia de 2017/2018. O período sazonal da doença amarílica inicia-se em dezembro do ano anterior (SE 49 a SE 52) e se estende até maio do ano seguinte (SE 1 a SE 22) ^{15,16,17}. O surto teve início em dezembro de 2016 e se estendeu, pelo menos, até maio de 2017, coincidindo com a sazonalidade historicamente observada ^{16,17,21,22}. O mês de janeiro concentrou o maior número de casos suspeitos e confirmados de febre amarela, especialmente nos estados mais afetados, compreendidos por Minas Gerais e Espírito Santo ^{16,22,23}.

O boletim epidemiológico do surto da febre amarela no Brasil no período 2016/2017 relata que o Estado de Minas Gerais apresentou o período com a maior frequência de casos da doença amarílica entre as SE 50/2016 e SE 3/2017 ¹⁵. Por sua vez, no Espírito Santo, observaram-se dois períodos distintos, posteriores e decorrentes da transmissão em Minas Gerais, com aumento no número de casos notificados entre a SE 1 e a SE 5, e um segundo período com aumento entre as SE 11 e SE 17 ^{14,15,22}.

Devemos destacar, no presente estudo, o Município de Domingos Martins, localizado na região serrana do estado que apresentou respectivamente o maior período com casos de febre amarela e a maior intensidade deles, compreendendo, no total, de 13 semanas e 12 dessas consecutivas. Os municípios de Marechal Floriano, Colatina, Ibatiba e Viana apresentaram 6 semanas totais de circulação do vírus, com 5 semanas consecutivas cada. O Município de Domingos Martins compreende o Parque Estadual da Pedra Azul, formado por Mata Atlântica ²³, local onde foram registradas epizootias de primatas não humanos por febre amarela ²⁴; as cidades de Marechal Floriano e Viana fazem divisa com Domingos Martins ¹² e confirmaram epizootias por febre amarela ^{15,24}. Ibatiba, localiza-se na divisa com Minas Gerais e constitui um dos municípios que formam o Parque Nacional do Caparaó, considerado a área mais representativa de Mata Atlântica em território capixaba ²³, foi um dos primeiros a registrar casos humanos de febre amarela. As cidades de Domingos Martins e Ibatiba apresentaram o maior registro de casos humanos de febre amarela no presente estudo, totalizando 24 casos cada um.

Pela análise espacial de geostatística por IDW, foi possível visualizar a difusão por contágio da doença amarílica entre os municípios no Estado do Espírito Santo, com uma continuidade espacial, ou seja, com o decorrer do tempo aumenta as áreas onde foram localizados os casos de febre amarela.

A doença surgiu no estado na SE 1 nos municípios que realizam divisa com o Estado de Minas Gerais, Afonso Cláudio e Ibatiba, seguindo no sentido leste. Dessa forma, o Município de Viana é o primeiro da Região Metropolitana a apresentar casos humanos confirmados de febre amarela. A velocidade de propagação do vírus foi maior entre a SE 1 e a SE 2 e entre a SE 4 e a SE 6 em sentido leste do estado. Estudos demonstram início do surto 2016/2017 em Minas Gerais, com um padrão de dispersão temporal com aumento de intensidade da transmissão e difusão da doença em direção aos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro ^{25,26}.

A febre amarela é endêmica na Região Amazônica, mas sua reemergência para fora dessa área nas últimas décadas, associada à expansão da área de circulação viral nas proximidades das grandes capitais metropolitanas, reacendeu a preocupação das autoridades de saúde com a doença, principalmente com o risco da reintrodução da febre amarela urbana ^{27,28,29}. No início do surto, no período 2016/2017, verificou-se que havia uma grande proporção de municípios que estavam com baixas coberturas vacinais ^{15,16,30,31}. Esse fato pode ter contribuído para a rápida expansão da doença e a consequente disseminação para as áreas sem recomendação de vacinação, em direção aos municípios do Espírito Santo.

Portanto, ainda existe a necessidade das ações de vacinação contra febre amarela para garantir a homogeneidade da cobertura em todos os municípios para que possam alcançar uma cobertura vacinal igual ou maior que 95%, que é a meta preconizada pelo Ministério da Saúde ^{4,16}, assim como deve-se identificar precocemente as áreas com circulação viral, para adotar medidas de prevenção e bloqueio impedindo a expansão do vírus para outras regiões, evitando, assim, a ocorrência de novos casos humanos de febre amarela e óbitos ²⁹. Deve-se desenvolver estratégias de educação continuada; combate ao vetor *Ae. aegypti*, que é considerado o potencial vetor para transmissão do ciclo urbano da doença ^{1,3,4,29}, estratégias de vacinação contínua, direcionadas tanto aos grupos de risco como aos viajantes, especialmente àqueles que residem em áreas com comprovação da circulação do vírus amarílico, reduzindo, dessa forma, o número de indivíduos susceptíveis a adoecer por febre amarela ^{22,29}.

Uma das limitações presentes no estudo deve-se ao fato de ser realizado com dados secundários proveniente do SINAN, podendo ocorrer um atraso na atualização dos dados pelos municípios notificadores, assim como a sua transmissão para as instâncias estadual e federal. Porém, o estudo apresentado é de extrema importância para a vigilância epidemiológica, uma vez que demonstra como a dispersão da doença ocorreu pelos municípios do Estado do Espírito Santo e poderá auxiliar na adoção de medidas preventivas futuras baseadas na identificação das áreas de risco e de maior vulnerabilidade para a circulação viral, identificando-as, precocemente, no aparecimento de nova coorte suscetível de primatas humanos e não humanos.

Considerações finais

O presente estudo, por meio de geotecnologias, demonstrou que a doença amarílica chegou ao Estado do Espírito Santo pelos municípios vizinhos ao Estado de Minas Gerais, seguindo em sentido leste, atingindo o litoral, com o caminho passando pelos municípios da região Serrana do estado. Apresentou uma maior concentração de casos de febre amarela e tempo de permanência nas regiões Central e Metropolitana do estado, que apresentam regiões de Mata Atlântica em seus territórios. Não houve registro de casos da doença amarílica na região Norte do estado. Pela análise geoestatística por IDW, demonstrou um padrão de contiguidade da difusão dos casos de febre amarela nos municípios do Espírito Santo, com um aumento das semanas epidemiológicas, ocorreu um aumento da distância dos casos em relação ao município de origem.

Colaboradores

P. C. Siqueira contribuiu para concepção e delineamento do estudo, análise dos dados, redação e revisão do artigo e aprovação da versão final. R. C. Catão e E. L. N. Maciel contribuíram para planejamento do estudo, análise dos dados, revisão do artigo e aprovação da versão final. C. Gava contribuiu para planejamento e delineamento do estudo, revisão do artigo e aprovação da versão final. T. N. Prado contribuiu para concepção e delineamento do estudo, análise dos dados, redação e aprovação da versão final.

Informações adicionais

ORCID: Priscila Carminati Siqueira (0000-0002-3346-3509); Rafael de Castro Catão (0000-0003-2837-0364); Caroline Gava (0000-0001-6287-1715); Ethel Leonor Noia Maciel (0000-0003-4826-3355); Thiago Nascimento do Prado (0000-0001-8132-6288).

Referências

1. Vasconcelos PFC. Yellow fever. *Rev Soc Bras Med Trop* 2003; 36:275-93.
2. Almeida MAB, Cardoso JDC, Santos E, Fonseca DF, Cruz LL, Faraco FJC, et al. Surveillance for yellow fever virus in non-human primates in Southern Brazil, 2001-2011: a tool for prioritizing human populations for vaccination. *PLoS Negl Trop Dis* 2014; 8:e2741.
3. Vasconcelos PFC. Yellow fever: reflections on the disease, prospects for century and risk of re-urbanization. *Rev Bras Epidemiol* 2002; 5:244-58.
4. Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde. Guia de vigilância em saúde. v. 2. Brasília: Ministério da Saúde; 2017.
5. Martinez YO, Barbosa AMP, Morales AJR. Yellow fever in the Americas: the growing concern about new epidemics. *F1000Res* 2017; 6:398.
6. Avelino-Silva VL, Ramos JF. Arboviroses e políticas públicas no Brasil. *Rev Ciênc Saúde* 2017; 7:1-2.
7. Rezende IM, Sacchetto L, Mello EM, Alves PA, Iani FCM, Adelino TER, et al. Persistence of yellow fever virus outside the Amazon Basin, causing epidemics in Southeast Brazil, from 2016 to 2018. *PLoS Negl Trop Dis* 2018; 12:e0006538.
8. Cavalvante KRLJ, Tauil PL. Risco de reintrodução da febre amarela urbana no Brasil. *Epidemiol Serv Saúde* 2017; 26:617-620.
9. Gregory D, Johnston R, Pratt G, Watts M, Whatmore S, editors. *The dictionary of human geography*. West Sussex: Blackwell; 2009.
10. Catão RC. Expansão e consolidação do complexo patogênico do dengue no Estado de São Paulo: difusão espacial e barreiras geográficas [Tese de Doutorado]. Presidente Prudente: Universidade Estadual Paulista; 2016.
11. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico 2010. https://cidades.ibge.gov.br/brasil/Espírito_Santo/panorama (acessado em 10/Dez/2017).
12. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão regional do Brasil. Regiões geográficas do Espírito Santo. https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default_div_int.shtm (acessado em 20/Out/2018).
13. Pyle GF. The diffusion of cholera in the United States in the nineteenth century. *Geogr Anal* 1969; 1:59-75.
14. Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde. Emergência epidemiológica de febre amarela no Brasil, no período de dezembro de 2016 a julho de 2017. *Boletim Epidemiológico* 2017; 48(28). http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2017/setembro/06/2017_027.pdf.
15. Ministério da Saúde. Monitoramento do período sazonal da febre amarela no Brasil 2017/2018. Informe 27. <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/PDF/2017/novembro/14/Informe-febre-amarela-14-11-17.pdf> (acessado em 25/Jan/2018).

16. Goldani LZ. Yellow fever outbreak in Brazil, 2017. *Braz J Infect Dis* 2017; 1:123-4.
17. Moreira-Souto A, Torres MC, Lima de Mendonça MC, Mares-Guia MA, Santos Rodrigues CD, Fabri AA, et al. Evidence for multiple sylvatic transmission cycles during the 2016-2017 yellow fever virus outbreak, Brazil. *Clin Microbiol Infect* 2018; 24:1019.e1-1019.e4.
18. Tuboi SH, Costa ZGA, Vasconcelos PFC, Hatch D. Clinical and epidemiological characteristics of yellow fever in Brazil: analysis of reported cases 1998-2002. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 2007; 101:169-75.
19. Finotti MB, Gonçalves JD, Berbet LMB, Matos DAO. Caracterização dos surtos de febre amarela no Brasil no período de 2001 a 2013. *Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research* 2017; 18:16-20.
20. Pan American Health Organization. Epidemiological update: yellow fever. 16 March 2017. <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2017/2017-mar-16-phe-epi-update-yellow-fever.pdf> (acessado em 07/Fev/2019).
21. Moussallem TM, Gava C, Ardisson KS, Marques CS, Graceli GC, Koski APV, et al. Yellow fever outbreak in a rural-urban mixed community of Espírito Santo, Brazil: epidemiological aspects. *Rev Panam Salud Pública* 2019; 43:e29.
22. Cabral MC. Reemergência de febre amarela no Estado de Minas Gerais e fatores associados. *Revista Científica Fagoc Saúde* 2017; 2:50-5.
23. Ministério do Meio Ambiente. Mapeamento para a conservação e recuperação da biodiversidade na Mata Atlântica: em busca de uma estratégia espacial integradora para orientar ações aplicadas. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; 2013.
24. Fernandes NCCA, Cunha MS, Guerra JM, Réssio RA, Cirqueira CS, Iglezias DAS, et al. Outbreak of yellow fever among nonhuman primates, Espírito Santo, Brazil, 2017. *Emerg Infect Dis* 2017; 23:2038-41.
25. Litvoc MN, Novaes CTG, Lopes MIBF. Yellow fever. *Rev Assoc Med Bras* 2018; 64:106-13.
26. Possas C, Lourenço-de Oliveira R, Tauil PL, Pinheiro FP, Pissinatti A, Cunha RV, et al. Yellow fever outbreak in Brazil: the puzzle of rapid viral spread and challenges for immunisation. *Mem Int Oswaldo Cruz* 2018; 113:e180278.
27. Barret ADT. The reemence of yellow fever. *Science* 2018; 361:847-8.
28. Siqueira PC, Souza FM, Gava C, Sanchez MN, Maciel ELN, Prado TN. Yellow fever outbreak in Brazil: a crucial time for epidemiologic surveillance. *Rev Epidemiol Controle Infecç* 2019; 9:185-6.
29. Fujita DM, Nali LHS, Salvador FS, Andrade Júnior HF. Recommendations for travellers during the yellow fever outbreaks in Brazil – 2018. *J Travel Med* 2018; 25:29635644.
30. Figueiredo PO, Silva ATS, Oliveira JS, Marinho PE, Rocha FT, Domingos GP. Detecção e caracterização molecular do vírus da febre amarela, 2017, Brasil. *EcoHealth* 2018; 15:864-70.
31. Ministério da Saúde. Manual de vigilância epidemiológica de febre amarela. Brasília: Ministério da Saúde; 2004.

Abstract

The objective was to analyze the diffusion of cases of yellow fever in time and space in the epidemic of 2017 in the state of Espírito Santo, Brazil. An ecological observational study was performed with spatial analysis of yellow fever cases. Georeferencing of information and spatial analysis used the digital grid for the state of Espírito Santo, divided into 78 municipalities (counties), using the Arcgis software, 10.3. Geostatistical analysis was performed using the ordinary kriging function. The study found an incidence of 4.85/100,000 inhabitants of sylvatic yellow fever in Espírito Santo in 2017, with 29.74% case-fatality. Sylvatic yellow fever cases were distributed across 34 of the state's 78 municipalities, representing 43% of its territory. The temporal distribution of reported yellow fever cases in the current study occurred from the 1st to the 19th Epidemiological Weeks (EW). The geostatistical spatial analysis via ordinary kriging demonstrated spatial diffusion by yellow fever contagion among the municipalities in the state of Espírito Santo, with spatial continuity. The disease emerged in the state in the EW 1 through municipalities bordering on the state of Minas Gerais. Geoprocessing showed that yellow fever reached the state of Espírito Santo through the municipalities bordering on the state of Minas Gerais, moving eastward in the state and reaching the Atlantic coastline. There was a higher concentration of cases and persistence in the state's Central and Metropolitan regions, which have areas of Atlantic Forest, showing a pattern of diffusion continuity by contagion.

Yellow Fever; Spatial Analysis; Geographic Mapping

Resumen

El objetivo fue analizar la difusión de los casos de fiebre amarilla en el tiempo y espacio, en la epidemia de 2017 en el estado de Espírito Santo, Brasil. Estudio observacional ecológico, con análisis espacial de la difusión de los casos de fiebre amarilla. Para la georreferencia de la información y análisis espacial se utilizó la red digital del estado de Espírito Santo, dividida en 78 municipios, a través del software Arcgis 10.3. Se realizó un análisis de geoestadístico, utilizando la función krigagem ordinaria. Nuestro estudio mostró una incidencia de 4,85/100 mil habitantes de fiebre amarilla silvestre en Espírito Santo durante el período de 2017, ocasionando una letalidad de 29,74%. Los casos de fiebre amarilla silvestre están distribuidos en 34 municipios, de los 78 en los que se compone el estado, representando un 43% del territorio. La distribución temporal de los casos de febre amarela registrados en el presente estudio se encontraba entre la 1ª y la 19ª Semana Epidemiológica (SE). A través del análisis espacial de geoestadística por krigagem ordinaria fue posible demostrar la difusión espacial por contagio de la enfermedad amarilica entre los municipios en el estado de Espírito Santo, con una continuidad espacial. La enfermedad surgió en el estado en la SE 1, a través de los municipios que tienen frontera con el estado de Minas Gerais. El geoprociamiento demostró que la enfermedad amarilica llegó al estado de Espírito Santo a través de los municipios vecinos al estado de Minas Gerais, siguiendo en dirección al este del estado, alcanzando el litoral. Presentó una mayor concentración de casos y tiempo de permanencia en las regiones Central y Metropolitana, que poseen áreas de mata atlántica, presentando un patrón de continuidad de la difusión por contagio.

Fiebre Amarilla; Análisis Espacial; Mapeo Geográfico

Recebido em 16/Mai/2020

Versão final reapresentada em 23/Dez/2020

Aprovado em 12/Jan/2021