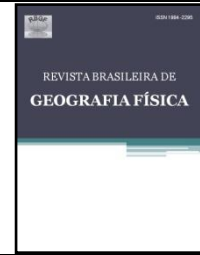




Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



O uso de dados de temperatura e precipitação de MERRA2 para compreender a dinâmica ecológica do *A. aegypti* no município de Chapecó/SC - 2007 a 2017

Cleusa Matiola. Discente do Mestrado Clima e Ambiente – IFSC. Autor correspondente: cleusamatiola@gmail.com; **Eduardo Augusto Werneck Ribeiro.** Docente do Mestrado Clima e Ambiente – IFSC. Docente do Mestrado Tecnologia e Ambiente – IFC. eduardo.ribeiro@ifc.edu.br; **Mário Quadro.** Docente do Mestrado Clima e Ambiente – IFSC. mquadro@ifsc.edu.br; **Juliana Loch.** Discente do Mestrado Clima e Ambiente – IFSC. Bolsista do programa: UNIEDU/Pós-Graduação. juhloch@gmail.com; **Laura Fátima Corrêa.** Discente do Mestrado Clima e Ambiente – IFSC. biologa.correa@gmail.com

Artigo recebido em 07/04/2019 e aceito em 04/07/2019

RESUMO

O mosquito *Aedes aegypti* é o agente transmissor da dengue, febre do Zika vírus e febre Chikungunya. Em Santa Catarina, ocorrências dessas doenças foram registradas nos últimos anos, assim como o aumento dos focos de *A. aegypti*, principalmente num padrão específico de sazonalidade. Estudos que busquem identificar a ecologia do mosquito em função da diversidade climática no Brasil são fundamentais para melhoria de políticas públicas e para controle de focos nos municípios. Conduziu-se este trabalho, com o objetivo de avaliar a relação existente entre ocorrência de focos de *A. aegypti* e variabilidade dos elementos climáticos temperatura e precipitação, em Chapecó, entre 2007 a 2017. Os dados climatológicos foram obtidos pela reanálise MERRA2 da NASA. Os dados dos focos foram obtidos da Diretoria de Vigilância Epidemiológica. Os resultados obtidos mostram, para Chapecó, uma relação direta entre flutuação dos focos com um ciclo bastante marcado pelas altas temperaturas e a intermitência da precipitação. A faixa de temperatura favorável para o desenvolvimento do vetor está entre a temperatura média mínima de 14,8 °C a 19,2 °C e temperatura média máxima de 25,5 °C a 29,1 °C. Também foi identificada uma influência da elevação da temperatura na ocorrência e registro dessa espécie, ao longo dos anos. Com relação à distribuição da precipitação, sugere-se que a precipitação até 5 mm, no mês que antecede o registro do foco, influencia no desenvolvimento do vetor. As variações climáticas contribuem para o aumento de focos, todavia, as condições socioeconômicas da população e a ação antrópica devem ser contempladas.

Palavras-chaves: Mosquito, clima, dados de reanálise.

The use of MERRA2 temperature and precipitation data to understand the ecological dynamics of *A. aegypti* in the municipality of Chapecó / SC - 2007 to 2017

ABSTRACT

The mosquito *Aedes aegypti* is the transmitting agent of dengue fever, zika virus and chikungunya fever. In Santa Catarina, occurrences of these diseases have been recorded in recent years, as well as the increase of *A. aegypti* outbreaks, mainly in a specific pattern of seasonality. Studies that seek to identify mosquito ecology as a function of climatic diversity in Brazil are fundamental for the improvement of public policies and for control of outbreaks in municipalities. The objective of this study was to evaluate the relationship between occurrence of *A. aegypti* outbreaks and variability of temperature and precipitation elements in Chapecó between 2007 to 2017. The climatological data were obtained by MERRA2 from NASA. Outbreaks data were obtained from the Epidemiological Surveillance Director. The results show, for Chapecó, a direct relation between flotation of the foci with a cycle marked by the high temperatures and the intermittent precipitation. The favorable temperature range for vector development is between minimum average temperature of 14.8 °C to 19.2 °C and maximum average temperature of 25.5 °C to 29.1 °C. An influence of temperature elevation on the occurrence and record of this species was also identified over the years. Regarding the distribution of precipitation, it is suggested that the precipitation up to 5 mm in the month preceding the focus record influences the development of the vector. Climatic variations contribute to the increase of outbreaks, however, the socioeconomic conditions of the population and anthropic action should be considered.

Keywords: Mosquito, climate, reanalysis data.

Introdução

Registros realizados pela Diretoria de Vigilância Epidemiológica de Santa Catarina (DIVE), nos últimos anos, vêm considerando Chapecó como um município infestado pelo *A. aegypti* (DIVE, 2018b). Essa situação, por sua vez, motiva a colaborar na elaboração de metodologias de análise para a promoção de políticas públicas contra essa endemia.

O estado de Santa Catarina, localizado na região Sul do Brasil, vem apresentando um aumento expressivo no número de focos de *Aedes aegypti* nos últimos anos. Na comparação entre 2017 e 2018, houve um aumento de 37,4% de focos. Em 2018, foram identificados 15.886 focos em 164 dos 295 municípios do estado. Comparado ao mesmo período de 2017, foram identificados 11.566 focos em 144 municípios. Nesse mesmo período, foram confirmados, em Santa Catarina, casos de dengue, febre *Chikungunya* e febre do *Zika* vírus, doenças transmitidas por esse mosquito (DIVE, 2019b).

Com o aumento do número de focos do mosquito presentes, em epidemias de vírus causadores de doenças como dengue, febre *Chikungunya* e febre do *Zika* vírus, o risco de contaminação de mosquitos e conseqüentemente, da população, é preocupante (BBC News, 2018).

É necessário conhecer o transmissor da doença e compreender os processos que afetam o seu desenvolvimento, como seus hábitos, locais de reprodução, para a adoção de medidas de prevenção (Albuquerque, 2012). Nesse sentido, é possível priorizar ações necessárias para viabilizar as estratégias de controle dessas doenças. Para tal, deve-se levar em conta as possíveis correlações associadas ao uso do solo e às características socioeconômicas de cada região com a diferentes fases do desenvolvimento do *A. aegypti*.

De acordo com a DIVE (2018a), o ciclo de vida do *A. aegypti* é composto pelas seguintes fases: a) ovo – são muito resistentes e podem viver até 450 dias em local seco. Constatou-se que com índices de temperatura e umidade ideais, se desenvolve em até 48 horas; b) larva – vivem na água e duram, em média, de 3 a 4 dias; c) pupa – permanecem na água durante 2 a 3 dias; d) mosquito adulto – em 24h completa seu desenvolvimento e está pronto para voar e acasalar por 30 a 35 dias, em média, habitando o local que nasceu. No manual, afirma que fêmea do mosquito se alimenta, preferencialmente, de sangue em busca de proteínas para a nutrição dos ovos. Estes serão depositados em recipientes com superfícies

ásperas, em ambientes sombreados e úmidos, até iniciar um novo ciclo.

O mosquito vive em regiões urbanas de clima tropical e subtropical, caracterizados pela ocorrência de temperaturas e precipitação elevadas, tendo seu desenvolvimento limitado pelo frio (Silva e Nóbrega, 2012). Esses elementos climáticos afetam diretamente o seu desenvolvimento, acelerando ou atrasando o seu ciclo (de Castro e Costa, 2018).

As condições climáticas são determinantes na proliferação do *A. aegypti* e podem ser consideradas um fator de grande influência na sua procriação. As elevadas temperaturas, durante estações chuvosas, favorecem a procriação do mosquito, seguindo um padrão de sazonalidade para a sua evolução. De acordo com os autores, temperaturas médias de 26 °C, máximas de 29,7 °C e mínimas de 22,2 °C, associadas a períodos chuvosos, são ideais para o seu desenvolvimento. Além disso, alguns aspectos socioeconômicos também estão conectados à ocorrência de dengue (Lima *et al.* 2016).

A ocorrência de dengue segue a sazonalidade climática. A combinação da precipitação uniformemente distribuída, combinada com temperaturas máximas na faixa de 28°C a 34°C, médias de 24°C a 29°C, e mínimas de 22°C a 26°C aumentam o número de casos de dengue. No entanto, também foi mostrado que a ocorrência de precipitação extrema, com picos sucessivos, mesmo com temperaturas elevadas, não foram ideais para o desenvolvimento do principal vetor da doença (de Castro e Costa, 2018).

Silva *et al.* (2007) verificaram que no final do período chuvoso ocorrem condições climáticas mais propícias para proliferação do mosquito *A. aegypti* em Florianópolis, São José, Palhoça e Biguaçu. No auge da estação chuvosa, o meio se torna desfavorável à proliferação do mosquito da dengue, pelo grande escoamento superficial que carrega as larvas dos insetos para fora dos criadouros, inviabilizando-as. E após dois ou três meses de estação seca, o meio também se torna desfavorável pela baixa umidade relativa e a ausência de criadouros temporários.

No trabalho de Sperandio e Pitton (2004) analisaram índices de precipitação, temperatura e evolução, foi possível notar que existe uma relação com a dengue. Os maiores números de focos foram registrados no final do período chuvoso, período em que começou a infestação da dengue. Isso, porque os recipientes artificiais no extradomicílio acumularam água e serviram de criadouro ao

mosquito e também, em razão do efeito retardado da doença, que pode demorar aproximadamente 15 dias para o aparecimento dos primeiros sintomas.

Analisando os índices de precipitação e temperatura, é possível notar que há uma relação dos índices climáticos com o mosquito, e ao se identificar esses padrões de variáveis excelentes ao seu desenvolvimento, podemos indicar a possível presença/aumento de focos de *A. aegypti*. Para de Castro e Costa (2018), indicadores ambientais e sociais são importantes no processo de análise da infestação. Fatores ambientais, tais como variáveis climáticas e fatores sociais devem ser estudados.

Para compreender a distribuição geográfica, o quadro de evolução e a vigilância de doenças, como a dengue, métodos de análises da sazonalidade e a espacialidade são abordagens potenciais e tem se tornado tendência (Ferreira, 2017). Assim, o uso de dados fornecidos por sensoriamento remoto torna-se uma excelente opção para a obtenção de dados de precipitação e temperatura, principalmente para as regiões que possuem carência de estações meteorológicas, problema ainda muito frequente no Brasil (Lima *et al.*, 2018).

Apesar de conhecida a bibliografia que trata a ecologia do mosquito, é necessário aprofundar as análises que tratam este tema, principalmente para regiões que possam destacar particulares. Para o estado catarinense, uma vez caracterizado por uma diversidade climática (planície litorânea com altas temperaturas, planalto com ocorrência de neve), regionalizar a dinâmica dos focos de *A. aegypti* permitirá ao serviço público de saúde obter informações que poderão subsidiar estratégias mais efetivas para controlar a infestação do mosquito.

Em função da carência de informações climatológicas no Brasil, disponibilizadas por meio de estações meteorológicas de superfície, uma alternativa é o uso de dados de reanálises. A reanálise é um conjunto de informações meteorológicas observadas em todo o planeta, obtido por meio da assimilação de dados em um modelo de previsão numérica de tempo, processado para um longo período (em geral acima de 30 anos). Neste trabalho, são utilizados os dados da reanálise de MERRA2¹ do *Global Modeling and Assimilation Office* (GMAO) da NASA.

As condições ambientais estão diretamente relacionadas com os problemas de saúde e merecem a atenção da população e do poder público (da Silva e Nóbrega, 2012). Nesse sentido,

a avaliação das variáveis climáticas associadas à identificação de áreas geográficas específicas pode subsidiar estratégias de programas preventivos e de controle do vetor.

O estudo sobre o impacto de variáveis climáticas na incidência do *A. aegypti* exige estudos locais, em razão da variação e diferenças de temperaturas e precipitação em cada localidade de um mesmo município (Lima *et al.*, 2018). Estudos e pesquisas específicos de cada região ajudam a compreender os fenômenos locais, suas particularidades, e podem orientar as ações de prevenção de forma eficiente, bem como a tomada de decisões. O modo de vida, as variações climáticas em que cada foco é mapeado devem ser levadas em conta, o que permitirá ao gestor encontrar estratégias de combate e prevenção adequadas. “...os estudos e políticas de combate à dengue devem levar em conta as singularidades de cada localidade e as características específicas do perfil epidemiológico de cada região, pois para cada localidade podem-se ter reguladores mais importantes que outros no processo epidêmico da dengue, com determinantes mais críticos...” (Magalhães e Zanella, 2013).

Tendo em vista a necessidade de colaborar em novas estratégias de combate ao mosquito, objetivou-se, neste artigo, avaliar o uso de dados de temperatura e precipitação da reanálise *Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications* (MERRA2) da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) para compreender a dinâmica ecológica do *A. aegypti* no município de Chapecó – SC.

Estudo sobre Santa Catarina e a ocorrência do A. aegypti

A incidência de focos de mosquito *A. aegypti* em centros urbanos vem sendo observada. A espécie se diferenciou e se adaptou a esses ambientes que sofreram as ações antrópicas, contribuindo com sua proliferação (DIVE, 2018a). Para o estado de Santa Catarina, encontra-se um conjunto de trabalhos que avaliam a dinâmica ecológica do mosquito. Tasca e Viera (2018), Salvi, Lutinski e Busato (2018), Silva (2017) e Busato *et al* (2018) apontam para a importância dos estudos das variáveis climáticas com outras, tais como a socioeconômica. Todos estes estudos apontam para um conjunto de estratégias de se identificar potenciais locais de criadores, bem como condições ambientais para a sua proliferação.

¹ <https://gmao.gsfc.nasa.gov/reanalysis/MERRA-2/>, acesso: 24 nov. 18.

Material e métodos

Caracterização da área de estudo - O estudo foi realizado no município de Chapecó (Figura 1), situado no oeste do estado de Santa Catarina, Brasil, considerado município infestado pelo *A. aegypti*, de acordo com o Boletim Epidemiológico nº 07/2019 de março de 2019.²

Chapecó possui área territorial de 626,846 km² (IBGE, 2018) sendo considerada 'polo regional' em decorrência de sua importância econômica e sua gama de atividades e funções capazes de atender à demanda de sua região possui população estimada para 2018, de aproximadamente 216 mil habitantes, com uma densidade demográfica de 293,15 hab/km² (Motter e Ribeiro Filho, 2017).

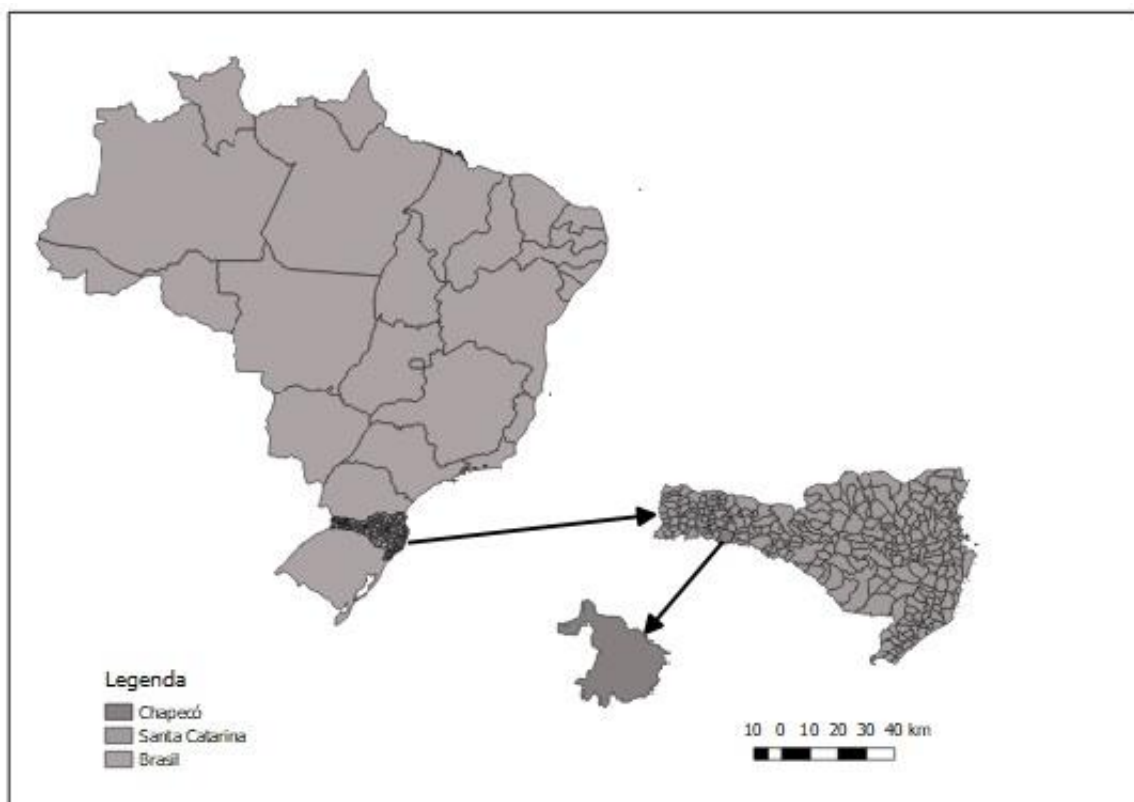


Figura 1. Localização do município de Chapecó/SC. Fonte: IBGE, 2018.

A importância de Chapecó na região oeste catarinense se deve ao processo de urbanização, potencializado pela agro industrialização de seu setor produtivo, associado ao capital imobiliário e a influência dos planos diretores, no decorrer das décadas. Ocorre que este contexto gerou uma malha urbana desigual e dispersa. As áreas precárias são caracterizadas pela falta de infraestrutura, serviços públicos e localização em ambientes frágeis, como a ocupação de loteamentos dentro da bacia hidrográfica do Lajeado São José, importante fonte de captação de água potável do município (Facco, Fujita, e Berto, 2014).

De acordo com o IBGE (2018), em 2016, o salário médio mensal no município de Chapecó era

de 2.7 salários mínimos. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 41.7%. Já com relação aos índices de educação, em 2015, os alunos dos anos iniciais da rede pública da cidade tiveram nota média de 6.4 no Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB). Para os alunos dos anos finais, essa nota foi de 5.1. Na comparação com cidades do mesmo estado, a nota dos alunos dos anos iniciais colocava essa cidade na posição 73 de 295. Considerando a nota dos alunos dos anos finais, a posição passava a 74 de 295. A taxa de escolarização (para pessoas de 6 a 14 anos) foi de 98.4 em 2010. Isso posicionava o município na posição 137 de 295 dentre as cidades do estado e na posição 1440 de 5570 dentre as cidades do Brasil.

² <http://www.dive.sc.gov.br/conteudos/boletim2019/Bolet07Dengue/BoletimN07DengueChikungunyaZikaSE11.pdf> , Acesso: mar. 2019.

Dados epidemiológicos - o número de focos do mosquito *A. aegypti* em foram obtidos, na página eletrônica³ da DIVE. Foram utilizados dados de focos mensais registrados para o município de Chapecó, para o período compreendido entre 2007 e 2017. Para a DIVE (2018a), se configuram como foco: depósito com água contendo uma ou mais formas aquáticas do mosquito *A. aegypti*, ou presença de ovos ou de mosquitos adultos.

Dados climáticos - dados de temperatura e precipitação em Chapecó foram obtidos pelo produto de reanálise MERRA2, no formato *NetCDF4*. Esses dados integram um conjunto de reanálises que possui uma alta resolução espacial (0.5° de latitude por 0.625° longitude), com 42 níveis verticais de pressão, desde a superfície da Terra até a estratosfera. Os dados são calculados na mesma resolução espacial que o modelo atmosférico, usando um algoritmo variacional tridimensional, com ciclos de atualização de 6 horas. Ressalta-se que esta atualização é realizada por meio do sistema global de assimilação de dados da NASA, com ênfase na estimativa do ciclo hidrológico e uma vasta variedade de informações meteorológicas. Este produto garante uma melhor qualidade dos dados de precipitação (Penna, 2018).

O conjunto de dados MERRA2 é a reanálise atmosférica mais atual da era moderna de satélites produzida pelo GMAO, da NASA. Esses dados proporcionam um reprocessamento consistente de observações meteorológicas, compreendendo um amplo segmento de registros de dados históricos, possibilitando a produção de conjuntos de dados em grade para uma vasta série de variáveis, abrangendo aquelas não observadas diretamente, fornecendo, quase em tempo real, uma análise climática completa. Atualmente em desenvolvimento no GMAO, MERRA2 pretende ser um marco de desenvolvimento para uma futura análise *Integrada do Sistema Terrestre* (IESA), (Gelaro, *et al.*, 2017). Para as pesquisas atmosféricas e monitoramento das variações climáticas, os dados de reanálise tornaram-se essenciais.

Entre os avanços da reanálise MERRA2 em relação à anterior (MERRA) estão: assimilação de observações de aerossóis, melhorias na representação da estratosfera, incluindo o ozônio,

representações aprimoradas de processos criosféricos, redução de algumas tendências falsas e saltos relacionados a mudanças no sistema de observação e reduções de vieses e desequilíbrios em aspectos do ciclo da água. A resolução espacial permanece praticamente a mesma (cerca de 50 km nas direções longitudinal e latitudinal) como na reanálise MERRA (Gelaro, *et al.*, 2017).

Por meio do *software* de visualização GrADS (*Grid Analysis and Display System*) foram selecionados dados mensais de temperatura média mínima (TMIN), temperatura média máxima (TMAX) e precipitação (PREC), no período de 2007 a 2017, disponibilizados em pontos de grade com resolução de 1x1 graus de *lat/lon*, interpolados para o município de Chapecó (27.07S;). Os dados de temperatura foram convertidos da unidade *Kelvin* para graus *Celsius*.

Métodos de análise - Para a análise e interpretação dos dados, foi realizada modelagem estatística de:

- Número de focos de *A. aegypti* em séries históricas anual e mensal, sobrepostos em gráficos.
- Fatores climáticos com a distribuição dos dados mensais da TMIN, TMAX e PREC, sobrepostos em gráficos.
- Número de focos de *A. aegypti*, TMIN, TMAX, PREC, mensais, sobrepostos em um único gráfico para comparação da flutuação populacional e avaliação da relação com os fatores climáticos. Para melhor comparação das quatro variáveis analisadas em um único gráfico, a escala dos valores de número de focos e precipitação foram reduzidas a 10% e 33,3%, respectivamente.
- Número de focos de *A. aegypti*, TMIN, TMAX, PREC, agrupados por meses, organizados em tabela, para comparação da evolução populacional por sazonalidade. Foi calculado o desvio padrão (DP) das variáveis.

Também foi utilizado o coeficiente de *Spearman* para avaliar a correlação entre a TMAX, TMIN, PREC e números de focos notificados. Os dados utilizados para essa correlação tiveram recortes mensais. Desses dados, foram utilizados recortes com contagem do número de dias de cada mês, considerados (ou não) faixas ideais para o desenvolvimento do mosquito, conforme descrição da Tabela 1.

³ <http://www.dive.sc.gov.br/index.php/d-a/item/dengue>

Tabela 1. Critério de seleção do número de dias, de cada mês, utilizados para a correlação de *Spearman*.

Fator climático	Critério de seleção para o número de dias	Símbolo
Temperatura Média Mínima	Acima ou igual a 15 °C	TMIN \geq 15 °C
Temperatura Média Máxima	Acima ou igual a 25 °C	TMAX \geq 25 °C
	Abaixo de 31 °C	TMAX $<$ 31 °C
Precipitação	Entre 0,1 mm e 1 mm	PREC 0,1 a 1 mm
	Entre 0,1 mm e 5 mm	PREC 0,1 a 5 mm
	Entre 5 mm e 10 mm	PREC 5 a 10 mm

Org. pelos autores.

Resultados e discussão

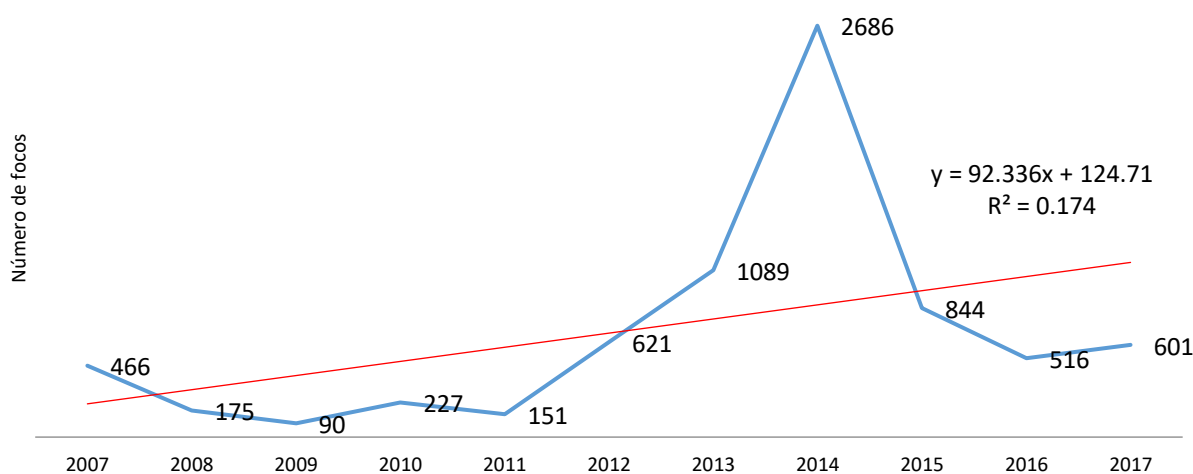
No período de 2007 a 2017, os seguintes resultados foram observados com relação ao número de focos do mosquito, encontrados no município de Chapecó:

Em todos os anos estudados foram registrados focos de *A. aegypti*. A flutuação populacional de focos (Figura 2), apresentou crescimento ao longo da série histórica, com pico mais elevado no ano de 2014, com 2.686 focos, seguido do ano de 2013, com 1.089 focos, e 2015 com 844 focos. O ano com menor número de registros de focos foi 2009, com 90 focos.

Houve aumento significativo do número de focos no ano de 2014, e a partir de então, verifica-se a diminuição no registro de número de focos do mosquito nos outros anos. Segundo Salvi (2018), após orientação da DIVE, o Plano Municipal de

Controle da Dengue (PMCD) modificou a estratégia no monitoramento do vetor, o município recebeu a instrução para a desativação da rede de *ovitrampas*⁴, após ser considerado infestado em 2014, passando a utilizar o Levantamento de Índice Rápido para o *Aedes aegypti* - LIRAA e a inspeção de pontos estratégicos para o monitoramento, resultando na redução dos focos nos anos de 2015 e 2016. As ações da vigilância epidemiológica focaram em estratégias de combate, controle e prevenção do vetor.

Pela análise da linha de tendência foi verificada uma tendência de aumento nos totais anuais de número de focos. Esse aumento aponta que em uma epidemia de vírus transmitidos por esse vetor, o risco de contaminação da população é preocupante.



⁴ Armadilha utilizada para a captura de ovos de *A. aegypti*.

Figura 2. Flutuação populacional anual de focos de *A. aegypti*, em Chapecó, período de 2007 a 2017. Fonte: DIVE, 2018. Org. pelos autores.

Analisando a frequência mensal do número de focos do mosquito, ao longo da série histórica (Figura 3), observa-se o aumento nos meses com temperaturas mais elevadas, e redução no número de focos a nos meses mais frios. Esse padrão pode ser observado, ao longo dos anos estudados, sugerindo a influência da sazonalidade na flutuação

populacional do vetor e no aumento do número de focos. Nos meses de outubro a dezembro observa-se o aparecimento de focos, que atingem seu máximo nos meses janeiro a abril. Da mesma forma, nos meses de maio a junho, ocorre uma diminuição dos números dos focos, quase desaparecendo, nos meses de julho a setembro.

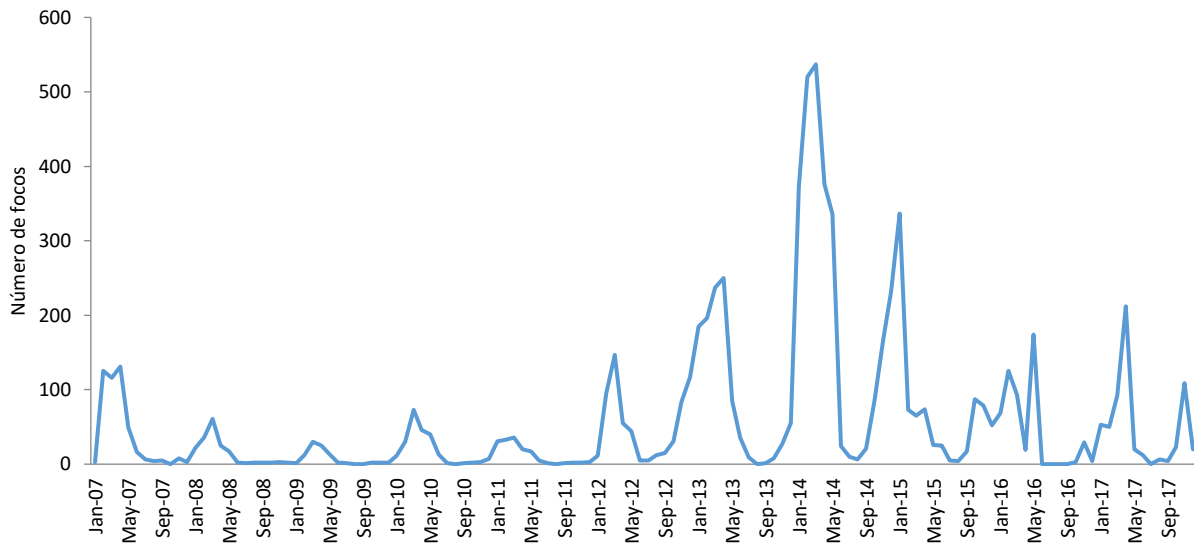


Figura 3. Flutuação populacional mensal de focos de *A. aegypti*, em Chapecó, período de 2007 a 2017. Fonte: DIVE, 2018. Org. pelos autores.

Para compreender o comportamento da evolução dos focos e sua relação com a sazonalidade, observamos os dados disponibilizados por MERRA2, referentes aos

registros das temperaturas médias máximas e médias mínimas, e precipitação (Figura 4).

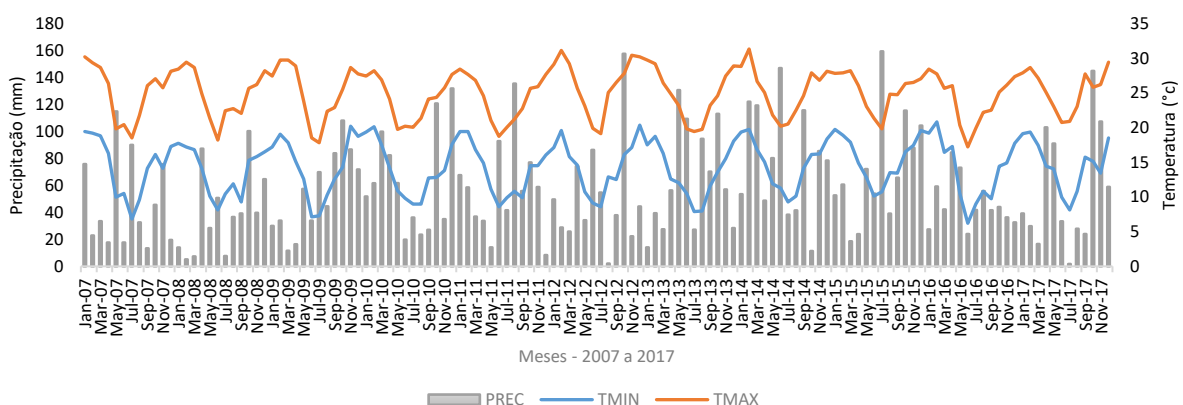


Figura 4. Evolução mensal da temperatura média mínima (TMIN), temperatura média máxima (TMAX) e precipitação (PREC), de Chapecó, 2007 a 2017. Fonte: MERRA2, 2018. Org. pelos autores.

Os dados referentes aos registros das temperaturas médias máximas e mínimas deixa

bem caracterizada a sazonalidade no município em estudo.

Os meses de outubro a dezembro (TMIN 15,0 °C entre 18,0 °C e TMAX 26,0 °C entre 28,2 °C) e janeiro a abril (TMIN entre 14,9 °C e 19,3 °C e TMAX entre 25,6 °C e 29,1 °C) foram caracterizados pelo aumento da temperatura. Os meses de maio a junho (TMIN entre 9,2 °C e 11,5 °C e TMAX entre 19,6 °C e 21,8 °C) e julho a setembro (TMIN entre 8,8 °C e 12,3 °C e TMAX entre 19,8 °C e 24,3 °C) foram caracterizados pela diminuição das temperaturas, seguindo esse padrão.

Entre os anos estudados, percebe-se que as médias anuais para TMIN (13 °C a 15 °C) e TMAX (24 °C a 26 °C) não apresentam grandes variações. O ano de 2012 apresentou a média de TMAX de 26 °C, sendo este o ano com a média de temperatura mais elevada. O ano de 2016 foi o ano com a menor média para a TMAX, 24 °C. Para a média da TMIN, 2015 registrou a média de 15 °C, sendo o mais elevado e 2013 o ano com o a menor média de TMIN, 13 °C.

Analisando os dados relacionados à precipitação, o ano que acumulou a maior precipitação foi o ano de 2014 (939,9 mm), seguido

do ano de 2015 (852,1 mm), 2013 (766,3 mm) e 2010 (750,1 mm). O ano com o menor acumulado para a precipitação foi o ano de 2008 (479,7 mm).

Observando os dados por meses, outubro acumula a maior precipitação entre os anos estudados, seguido do mês de maio. Os meses com o menor acumulado de precipitação são março e janeiro.

Em toda a série estudada houve registro de precipitação mensal, caracterizando a presença de água. A menor precipitação mensal foi de 1,7 mm em julho de 2017.

Relacionando as variações climáticas com o número de focos de *A. aegypti* (Figura 5), observamos que a sazonalidade está associada ao aumento de número de focos. Os meses com temperaturas mais elevadas acompanham o crescimento de número de focos, diminuindo seu crescimento nos meses mais frios.

As maiores ocorrências de focos foram registradas nos meses de outubro a dezembro, atingindo seu máximo nos meses de janeiro a abril. Os meses com temperaturas mais baixas, maio a junho, observa-se a diminuição desse número, quase desaparecendo nos meses de julho a setembro.

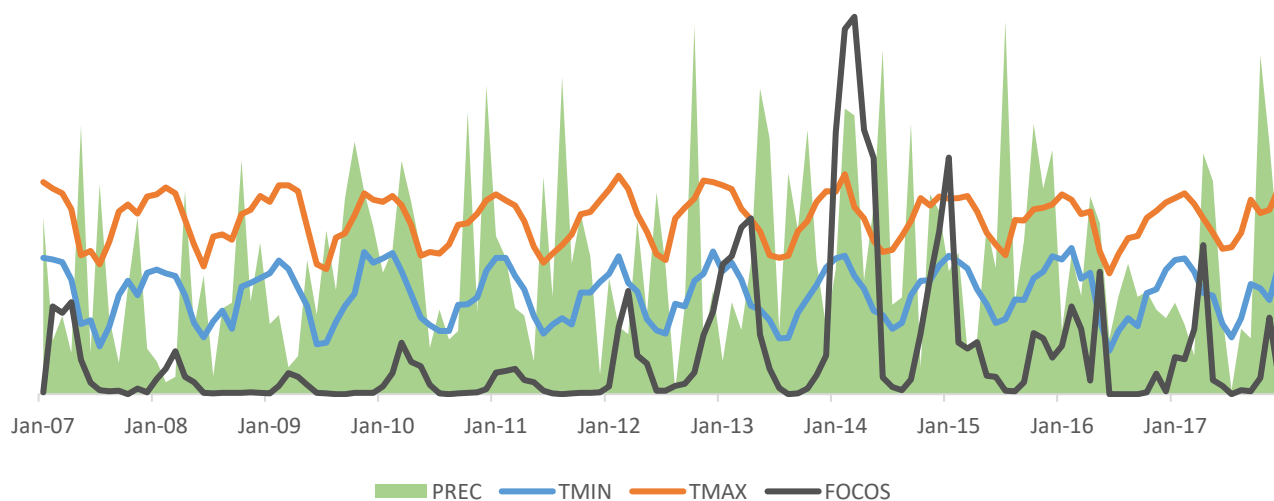


Figura 5. Número de focos de *A. aegypti* sobrepostos aos dados temperatura média mínima (TMIN), temperatura média máxima (TMAX) e precipitação (PREC), Chapecó - 2007 a 2017. Dados mensais. As escalas dos valores de número de focos e precipitação foram reduzidas a 10% e 33,3% respectivamente.

Fonte: MERRA2, 2018; DIVE, 2018. Org. pelos autores.

Os meses com maiores registros de número de focos foram de janeiro a abril, demonstrando que a faixa de temperatura favorável para o desenvolvimento do vetor está entre TMIN de 14 °C a 19 °C e TMAX de 25 °C a 29 °C (Tabela 4, em Anexo). No ano de 2012, as temperaturas foram

significativamente mais altas que nos demais anos, sugerindo um impacto no aumento do número de focos registrados nos primeiros meses do ano de 2013.

Para os dados relacionados à precipitação, apesar do ano de 2014 ser o ano com maior número

de focos e maior acumulado para a precipitação, não encontramos um padrão de relação dessa variável nos demais anos estudados.

O mês de outubro, com o maior acumulado na precipitação, coincide com o mês em que as temperaturas e o número de focos começam a ficar elevados, marcando assim, o início do período de maior proliferação do vetor.

Isso também pode ser verificado na correlação estatística, conforme se observa nas Tabelas 2 e 3. O coeficiente de correlação, nessa

análise, pode variar em termos de valor de -1 a +1. Quanto maior for o valor absoluto do coeficiente, mais forte é a relação entre as variáveis. Assim, os valores para TMIN e TMAX mostraram ter relação com flutuação dos focos monitorados pela DIVE, principalmente quando retroagidos por um período de 30 dias, sugerindo que a temperatura do mês que antecede o registro do foco, influencia na proliferação do vetor, que tem um período médio de vida de 30 a 35 dias.

Tabela 2 - Correlação de *Spearman* das médias de TMIN e TMAX, acumulado de PREC e soma dos focos de *A. aegypti*, por mês, período de 2007 a 2017, para o município de Chapecó. Os mesmos dados também foram correlacionados com o número de focos retroagindo 30 dias.

	TMIN	TMAX	PREC
Focos	0,52	0,47	0,03
Focos Retroagindo 30 dias	0,74	0,71	0,02

Fonte: MERRA2, 2018; DIVE, 2018. Org. pelos autores.

Tabela 3 - Correlação de *Spearman* do número de dias, por mês, com TMIN acima ou igual a 15 °C, TMAX acima ou igual a 25 °C, TMAX abaixo de 31 °C, PREC entre 0,1 mm e 1mm, entre 0,1 mm e 5 mm, entre 5 mm e 10mm com a soma mensal do número de focos de *A. aegypti*, município de Chapecó, 2007 a 2017. Os mesmos dados também foram correlacionados com o número de focos retroagindo 30 dias.

	TMIN ≥ 15 °C	TMAX ≥ 25 °C	TMAX < 31 °C	PREC 0,1 a 1 mm	PREC 0,1 a 5 mm	PREC 5 a 10 mm
Focos	0,48	0,41	-0,33	0,34	0,29	0,09
Focos Retroagindo 30 dias	0,72	0,68	-0,43	0,53	0,51	-0,01

Fonte: MERRA2, 2018; DIVE, 2018. Org. pelos autores.

Na tabela 3, podemos observar maior correlação entre PREC de 0,1 mm a 1 mm e 0,1 mm a 5 mm, principalmente quando retroagidos por 30 dias. Isso sugere que menores acumulados (até 5mm) com intermitência da precipitação é mais favorável ao desenvolvimento dos focos, do que maior volume de precipitação, permitindo que os recipientes não extravasem como em dias de chuva contínua. Também sugere que a precipitação do mês que antecede o registro do foco, influencia no desenvolvimento do vetor.

As temperaturas, especialmente as mínimas, tiveram maior correlação com a variável foco. A alta correlação entre TMIN igual ou acima de 15 °C e TMAX igual ou acima de 25 °C, sugerem que essas são faixas de temperaturas favoráveis para o desenvolvimento do vetor e que a temperatura é um fator crítico para o

desenvolvimento do *A. aegypti*, podendo ser considerado um dos parâmetros para definir a possibilidade de infestação de um município.

Os resultados mostraram a distribuição de *A. aegypti* pela sazonalidade e a relação com as variações climáticas, porém, impactos e conflitos sociais e ambientais no espaço, em decorrência da expansão urbana que avança nesse município, também são fatores que devem ser estudados. Sendo assim, esses fatores devem ser levados em conta para o desenvolvimento de campanhas informativas, mudanças de hábitos e costumes, manejo dos resíduos sólidos urbanos adequados, por meio da participação da população, com finalidade de prevenção e controle do vetor

Conclusões

I. Para a relação dos fatores climáticos como temperatura e precipitação, associando aos

focos, o uso de dados da reanálise MERRA2 se mostrou importante, uma vez que, além de fornecer uma série de dados sem falhas, possibilita a aquisição de dados em áreas que possuem escassez de estações meteorológicas.

II. O registro do número de focos de *A. aegypti* no município de Chapecó, apresentou uma tendência positiva para o crescimento ao longo da série histórica estudada.

III. A sazonalidade está associada ao aumento de número de focos.

IV. Foi identificada uma faixa de temperatura favorável para o desenvolvimento do vetor. Os valores estão entre TMIN de 14,8 °C a 19,2 °C e TMAX de 25,5 °C a 29,1 °C. Estas bandas indicam que a temperatura pode ser um fator crítico para o aumento de número de focos de *A. aegypti* registrados.

V. Não se identificou um padrão ou comportamento tendencioso forte com a precipitação, sugere-se que até 5 mm, no mês que antecede o registro do foco, influencia no desenvolvimento do vetor

VI. Para Chapecó, a flutuação dos focos tem um ciclo bastante marcado pelas altas temperaturas (TMIN e TMAX) e a intermitência da precipitação.

VII. As variáveis climáticas quando retroagidas apresentaram maior correlação com os focos, demonstrando que a temperatura do mês anterior influencia o início do desenvolvimento do vetor.

Agradecimentos

Ao gerente de zoonoses da DIVE João Fuck pelas informações sobre os trabalhos realizados com o *A. aegypti* no Estado de Santa Catarina. Ao Professor Adriano Vitor pelo olhar estatístico sobre os dados e pelas orientações recebidas.

Referências

- Albuquerque, C., 2012. *Aedes*: o que você precisa. In: Oliveira, W. (Coord.). Dengue: os avanços e as novas descobertas sobre a doença. Revista de Manguinhos [Online] 24. Disponível: <https://agencia.fiocruz.br/sites/agencia.fiocruz.br/files/revistaManguinhos/RevistadeManguinhos24.pdf>. Acesso: 01 nov. 2018.
- BBC NEWS. British Broadcasting Corporation, 2018. O que pode detonar uma epidemia urbana de febre amarela? Disponível: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-42976321> Acesso: 24 nov. 2018.
- De Castro, M. B., Costa, R. C., 2018. Aspectos climáticos e socioespaciais da dengue em

Manaus, AM (Climatic and socioespacial aspects in the development of dengue in Manaus, AM). Revista Brasileira de Geografia Física-ISSN: 1984-2295, 11(1), [Online] 001-015.

- Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234135> . Acesso: 01 nov. 2018.
- Busato, M. A.; Corralo, V. S. S.; Guarda, C.; Zulian, V.; Lutinski, J. A.; Bordin, S. M. S., 2014. Evolução da infestação por *Aedes Aegypti* (*Diptera: Culicidae*) nos Municípios do Oeste do Estado de Santa Catarina. Rev. Saúde Públ. Santa Cat., Florianópolis [Online] v. 7, n. 2, p. 107-118, maio/ago. 2014. Disponível: <http://revista.saude.sc.gov.br/index.php/inicio/article/view/247/263> Acesso: mar. 2019.
- Da Silva, E. B., Nóbrega, P. R. C, 2012. Dengue: reflexões sobre a incidência da doença no município de Palmares, Pernambuco no pós-enchente (2010, 2011). JMPHC| Journal of Management and Primary Health Care| ISSN 2179-6750, 3(2), [Online] 106-113. Disponível: <http://www.jmphc.com.br/jmphc/article/view/147> . Acesso: 04 nov. 2018.
- DIVE. Diretoria de Vigilância Epidemiológica de Santa Catarina, 2019a. Boletim Epidemiológico n° 07/2019 Vigilância entomológica do *Aedes aegypti* e situação epidemiológica de dengue, febre de *Chikungunya* e *Zika* vírus em Santa Catarina. Santa Catarina. Disponível: <http://www.dive.sc.gov.br/conteudos/boletim2019/Bolet07Dengue/BoletimN07DengueChikungunyeZikaSE11.pdf> Acesso: mar. 2019.
- DIVE. Divisão de Vigilância Epidemiológica, 2019b. Boletim epidemiológico n. 25/2018. Disponível: <http://www.dive.sc.gov.br/index.php/arquivo-noticias/802-boletim-epidemiologico-n-25-2018-vigilancia-entomologica-do-aedes-aegypti-e-situacao-epidemiologica-de-dengue-febre-de-chikungunya-e-zika-virus-em-santa-catarina-atualizado-em-29-12-2018-se-52-2018>. Acesso: jun. 2019.
- DIVE. Diretoria de Vigilância Epidemiológica, 2018a. Dengue: Orientações técnicas para pessoal de campo. Santa Catarina: Florianópolis.
- DIVE. Divisão de Vigilância Epidemiológica, 2018b. Dados atualizados sobre o número de focos e casos notificados no estado. Disponível: Acesso: jun. 2018.
- Facco, J., Fujita, C., Berto, J. L., 2014. Agroindustrialização e urbanização de Chapecó-SC-Brasil (1950-2010): uma visão sobre os impactos e conflitos urbanos e

- ambientais. REDES: Revista do Desenvolvimento Regional, [Online] 19(1), 187-215. Disponível: <http://online.unisc.br/seer/index.php/redes/article/viewFile/2481/3319>. Acesso: jan. 2019.
- Ferreira, H. H., Lopes, E. R. N., de Souza, J. C., de Sousa, J. A. P., Lourenço, R. W., 2017. Avaliação espacial da dengue na área urbana de Itu-São Paulo. Revista do Departamento de Geografia, [Online] 33, 106-116. Disponível: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/128515/133310> Acesso: 05 out. 2018.
- Gelaro, R. *et al.*, 2017. The modern-era retrospective analysis for research and applications, version 2 (MERRA-2). Journal of Climate, [Online] v. 30, n. 14, p. 5419-5454. Disponível: <https://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/JCLI-D-16-0758.1> Acesso: 09 out. 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018. Cidades. Disponível: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/chapeco/paorama> Acesso: dez. 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. Disponível em: <https://downloads.ibge.gov.br/index.htm> Acesso: dez. 2018.
- Lima, R. C., Moreira, E. B. M., Nóbrega, R. S., 2016. A influência climática sobre a epidemia dengue na cidade do Recife por sistema de informações geográficas. Revista Brasileira de Geografia Física [online] 09. Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232944/26915> Acesso: 01 nov. 2018.
- Lima, S. F. S., Barrozo, L. V., Mataveli, G. A. V., 2018. Temperatura da superfície e precipitação que influenciam na incidência do *Aedes aegypti* em São Paulo. Revista do Departamento de Geografia [Online] Vol. Especial. Disponível: <http://www.journals.usp.br/rdg/article/view/145697/147234> Acesso: 06 nov. 2018.
- Magalhães, G. B., Zanella, M. E. E., 2013. Comportamento espacial da dengue e sua relação com o clima na região metropolitana de Fortaleza. Revista Brasileira de Climatologia, [Online] 12(1). Disponível: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/32180> Acesso: 04 nov. 2018.
- Merêncio, I.; Tasca, F. A.; Vieira, C. A. O., 2018. Indicadores socioambientais de focos do *Aedes aegypti* no extremo sul de Santa Catarina. Acta Brasiliensis [Online] 2(2):53-57, 2018. Disponível: <https://doi.org/10.22571/2526-433887> Acesso: mar. 2019.
- Motter, C., Ribeiro Filho, V., 2017. A formação do espaço urbano de Chapecó-SC: uma análise espaço-temporal. Revista Espaço e Geografia, 20(1). 201 - 225, 2017. Disponível: <http://www.lsie.unb.br/espacoegeografia/index.php/espacoegeografia/article/view/468/286> . Acesso em junho de 2019.
- NASA. National Aeronautics and Space Administration, 2018. Global Modeling and Assimilation Office. Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2. Disponível: <https://gmao.gsfc.nasa.gov/reanalysis/MERRA-2/> Acesso: nov. 2018.
- Penna, B. R., 2018. Impacto dos aerossóis na reanálise Merra-Z. São José dos Campos: INPE, 2018. sid.inpe.br/mtc-m21c/2018/05.02.18.16-TDI. Disponível: <http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/3R35M4H> Acesso: nov. 2018.
- Salvi, F. I.; Lutinski, J. A.; Busato, M. A., 2018. Flutuação populacional de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) e medidas de controle no município de Chapecó. Revista NBC [Online] 8, n° 16. Disponível: <https://www.metodista.br/revistas/revistas-izabela/index.php/bio/article/view/1745/1000> Acesso: dez. 2018.
- Salvi, F. I., 2018. Fatores ambientais associados à ocorrência de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) no município de Chapecó (SC). UNOCHAPECÓ, 2018. Disponível: <http://konrad.unochapeco.edu.br/pergamum/biblioteca/index.php?codAcervo=212496> Acesso: mar. 2019.
- Silva, C. P., 2017. Aspectos epidemiológicos da infestação por *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) nos municípios de Florianópolis, São José, Biguaçu e Palhoça e comparação com a situação do estado de Santa Catarina. UFSC, 2017. Disponível: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/182045> Acesso: mar. 2019.
- Silva, J. S.; Mariano, Z. de F.; Scopel, I. 2008. A influência do clima urbano na proliferação do mosquito *Aedes aegypti* em Jataí (GO), na perspectiva da Geografia Médica. Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde 3, Disponível: <http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/16883> Acesso: 12 nov. 2018.
- Sperandio, T. M., Pitton, S. E. C., 2004. As chuvas e a dengue em Piracicaba-SP: uma abordagem geográfica. Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 6, 219.

Tabela 4. Relação das médias de TMIN e TMAX, acumulado da PREC, soma dos focos de *A. aegypti* por meses e desvio padrão (DP). Período de 2007 a 2017.

Mês/Ano	Média TMIN	Média TMAX	Acumulado PREC	Soma Focos	DP TMIN	DP TMAX	DP PREC	DP Focos
jan-07	19,4	30,2	75,7	3				
jan-08	17,7	28,4	13,9	22				
jan-09	17,2	27,4	29,9	1				
jan-10	19,3	27,4	51,7	11				
jan-11	19,4	28,4	67,5	31				
jan-12	17,1	29,1	49,5	11	0,97	0,86	19,32	130,19
jan-13	17,5	29,7	14	185				
jan-14	19,3	28,8	53,4	372				
jan-15	19,7	27,8	52,5	337				
jan-16	19,2	28,4	27,3	69				
jan-17	19,1	27,9	39,1	53				
	18,6	28,5	474,5	1095				
fev-07	19,2	29,3	22,8	125				
fev-08	17,2	29,4	5,1	36				
fev-09	19	29,7	33,8	12				
fev-10	20,1	28,2	61,5	30				
fev-11	19,4	27,6	58,4	33				
fev-12	19,6	31,1	28,7	95	0,86	1,21	29,37	137,47
fev-13	18,7	29,2	39,3	196				
fev-14	19,7	31,3	121,9	520				
fev-15	18,9	27,9	60,5	73				
fev-16	20,8	27,7	59,1	125				
fev-17	19,3	28,6	29,7	50				
	19,3	29,1	520,8	1295				
mar-07	18,8	28,6	33,4	116				
mar-08	16,8	28,6	7,3	61				
mar-09	17,8	29,7	11,5	30				
mar-10	17,5	26,9	99,7	73				
mar-11	16,8	26,8	36,8	36				
mar-12	15,8	29,2	25,7	147	0,82	1,25	34,56	138,55
mar-13	16,3	26,4	27,4	237				
mar-14	16,8	26,6	119,1	537				
mar-15	17,9	28,2	18,5	65				
mar-16	16,4	25,6	42,1	93				
mar-17	17,4	27,1	16,5	92				
	17,1	27,6	438,0	1487				
abr-07	16,3	26,3	17,6	131				
abr-08	14,1	24,9	87,1	25				
abr-09	15,1	28,9	16,3	25				
abr-10	14,2	24,1	82,2	46				
abr-11	14,9	24,6	33,6	20				
abr-12	14,6	25,6	74,1	55	1,15	1,23	29,57	112,98
abr-13	12,6	24,9	56,2	250				
abr-14	15	25	48,6	376				
abr-15	14,9	26	23,8	74				
abr-16	17,3	26	84,3	19				
abr-17	14,4	25	102,9	212				
	14,9	25,6	626,7	1233				

Mês/Ano	Média TMIN	Média TMAX	Acumulado PREC	Soma Focos	DP TMIN	DP TMAX	DP PREC	DP Focos
mai-07	10	19,8	114,7	49				
mai-08	10,1	21,3	28,3	17				
mai-09	12,6	23,8	57,3	13				
mai-10	10,9	19,7	61,6	40				
mai-11	11,1	21	14	17				
mai-12	10,7	23,1	34,1	44	1,20	1,42	33,83	93,85
mai-13	12	23,2	130,5	85				
mai-14	11,9	21,8	80,1	336				
mai-15	12,8	23	72	26				
mai-16	10,5	20,3	73	174				
mai-17	14	23	90,9	20				
11,5	21,8	756,5	821					
jun-07	10,5	20,4	17,6	16				
jun-08	8,1	18,2	50,6	2				
jun-09	7,1	18,5	33,8	2				
jun-10	9,8	20,2	19,7	13				
jun-11	8,6	18,7	92,7	5				
jun-12	9,1	19,9	86,2	5	1,50	1,18	40,40	11,05
jun-13	10,5	19,8	109,2	36				
jun-14	11,3	20,2	146,8	24				
jun-15	10,1	21,3	53,8	25				
jun-16	6,2	17,2	23,9	0				
jun-17	10	20,7	33,3	12				
9,2	19,6	667,6	140					
jul-17	8,1	20,9	1,7	0				
jul-07	6,8	18,5	89,9	6				
jul-08	10,4	22,4	7,6	1				
jul-09	7,3	17,8	69,7	1				
jul-10	9	20	36,1	1				
jul-11	9,9	20	41,5	1	1,18	1,16	41,59	3,47
jul-12	8,6	19,1	54,6	5				
jul-13	7,9	19,4	27,1	9				
jul-14	9,3	20,5	38,2	10				
jul-15	10,7	19,8	159,2	5				
jul-16	9	19,9	41,7	0				
8,8	19,8	567,3	39					
ago-07	9,6	21,7	32,5	4				
ago-08	11,9	22,7	36,5	2				
ago-09	10,3	22,3	44,4	0				
ago-10	9	21,3	23,4	0				
ago-11	10,8	21,2	135,3	0				
ago-12	12,9	25	2	12	1,54	1,46	34,99	3,65
ago-13	8	19,7	94,4	0				
ago-14	10,1	22,5	41,4	6				
ago-15	13,5	24,8	39	4				
ago-16	10,8	22,2	55,7	0				
ago-17	10,8	23	27,8	6				
10,7	22,4	532,4	34					
set-07	14,1	26	13,3	5				
set-08	9,3	22	39,1	2				
set-09	12,6	22,9	83,7	0				
set-10	12,7	24,1	27	1	1,94	1,75	28,53	7,35
set-11	9,9	22,7	55,7	1				
set-12	12,5	26,5	37,8	15				
set-13	11,6	23,2	70,1	1				

Mês/Ano	Média TMIN	Média TMAX	Acumulado PREC	Soma Focos	DP TMIN	DP TMAX	DP PREC	DP Focos
set-14	14,1	24,6	115,5	21				
set-15	13,4	24,7	65,6	17				
set-16	9,7	22,5	41,5	0				
set-17	15,7	27,7	23,9	4				
	12,3	24,3	573,2	67				
out-07	16,1	27	45,5	0				
out-08	15,3	25,6	100,1	2				
out-09	14,3	25,5	107,9	2				
out-10	12,8	24,3	120,6	2				
out-11	14,5	25,6	76,9	2				
out-12	16,1	27,8	157,4	31	1,12	1,14	42,99	31,68
out-13	13,6	24,6	112,9	8				
out-14	16,1	27,9	11,3	86				
out-15	16,5	26,3	115,3	87				
out-16	14,4	25,1	43,9	3				
out-17	15,1	25,8	144,7	23				
	15,0	26,0	1036,5	246				
nov-07	14,1	25,7	75,6	8				
nov-08	15,8	26,2	39,6	3				
nov-09	20,2	28,6	86,5	2				
nov-10	13,8	25,7	34,9	3				
nov-11	14,5	25,9	58,7	2				
nov-12	17,1	30,4	22,2	84	1,88	1,38	26,19	52,71
nov-13	15,5	27,4	56,9	27				
nov-14	16,2	26,8	85,3	166				
nov-15	17,4	26,5	87,7	79				
nov-16	14,9	26,1	36,2	29				
nov-17	13,4	26,2	107,2	109				
	15,7	26,9	690,8	512				
dez-07	17,3	28,1	19,5	3				
dez-08	16,5	28,2	64,5	2				
dez-09	18,7	27,7	71,7	2				
dez-10	17,6	27,6	131,7	7				
dez-11	16	27,6	8,3	3				
dez-12	20,3	30,2	44,3	117	1,19	0,91	35,52	68,28
dez-13	18	28,9	28,3	55				
dez-14	18,3	28,1	78,3	232				
dez-15	19,6	27	104,2	52				
dez-16	17,7	27,3	32,5	4				
dez-17	18,5	29,4	58,8	20				
	18,0	28,2	642,1	497				

Fonte: MERRA2, 2018; DIVE, 2018. Org. pelos autores.