

## INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NOS CASOS DE DOENÇA DE CASOS AGUDA EM BELÉM

Augusto Gabriel da Costa Pereira <sup>1</sup>  
Raimundo Vitor Santos Pereira <sup>2</sup>  
Reinaldo Matheus Reis Ribeiro <sup>3</sup>  
Dilma do Socorro Moraes de Souza <sup>4</sup>

**RESUMO:** A Doença de Chagas Aguda (DCA) tem ganhado notoriedade recentemente devido ao aumento significativo no número de casos. Diversas pesquisas sugerem que a transmissão por via oral, mediante o consumo de alimentos contaminados, está predominantemente associada aos casos de DCA na região Amazônica. No entanto, a influência de fatores ambientais, tais como as condições climáticas, carece de uma análise aprofundada para compreender sua relação com a incidência da DCA. Neste contexto, o presente estudo objetiva realizar uma investigação minuciosa da possível relação entre variáveis meteorológicas e a ocorrência da DCA no município de Belém. Esta pesquisa visa contribuir de forma substancial para o desenvolvimento de estratégias de prevenção e controle mais eficazes no enfrentamento dessas enfermidades. Através da análise do Índice de Precipitação Padronizada (SPI), constatou-se que aproximadamente 63% dos casos de DCA ocorrem em períodos de moderada a extrema seca, sendo que a maioria das infecções ocorre especificamente durante o período moderadamente seco, representando mais de 50% dos casos. Os registros de DCA também apresentaram uma correlação significativa com as estações do ano, com o maior número de infecções concentrado no segundo semestre, principalmente durante a primavera austral. Utilizando o método estatístico de correlação cruzada (CC), verificou-se que a precipitação afeta a variabilidade temporal da doença em intervalos de 11 e 6 meses. Destaca-se o ano de 2017, no qual a variabilidade do número de casos de DCA apresentou um padrão incomum, com um aumento significativo no primeiro semestre, especialmente no mês de fevereiro. Esse evento provavelmente está relacionado ao El Niño, que foi classificado como muito intenso nos dois anos anteriores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Belém; clima; Doença de Chagas Aguda.

<sup>1</sup> Discente de Meteorologia – FAMET/IG/UFPA. E-mail: costapereira620@gmail.com

<sup>2</sup> Discente de Meteorologia – FAMET/IG/UFPA. E-mail: vitorspereira2010@gmail.com

<sup>3</sup> Discente de Meteorologia – FAMET/IG/UFPA. E-mail: mribeiroreis2001@gmail.com

<sup>4</sup> Doutora. Docente da FAMED/ICM/UFPA. E-mail: dsouza@cardiol.br

## INFLUENCE OF CLIMATIC CONDITIONS ON ACUTE CHAGAS DISEASE CASES IN BELÉM

**ABSTRACT:** Acute Chagas Disease (DCA) has garnered recent attention due to a significant increase in the number of cases. Various studies suggest that oral transmission through the consumption of contaminated food is predominantly associated with DCA cases in the Amazon region. However, the influence of environmental factors, such as climatic conditions, requires a thorough analysis to understand its relationship with DCA incidence. In this context, the present study aims to conduct a comprehensive investigation of the possible link between meteorological variables and the occurrence of DCA in the municipality of Belém. This research seeks to make a substantial contribution to the development of more effective prevention and control strategies for these diseases. Through the analysis of the Standardized Precipitation Index (SPI), it was observed that approximately 63% of ACD cases occur during periods of moderate to extreme drought, with the majority of infections specifically occurring during the moderately dry period, representing over 50% of cases. A significant correlation with the seasons of the year was also noted, with the highest number of infections concentrated in the second half, particularly during the austral spring. Using the cross-correlation statistical method (CC), it was found that precipitation affects the temporal variability of the disease at 11 and 6-month intervals. The year 2017 stands out, as the variability in the number of DCA cases displayed an unusual pattern, with a significant increase in the first half, especially in the month of February. This event is likely related to El Niño, which was classified as very intense in the two preceding years.

**KEYWORDS:** Belém, Climate, Acute Chagas Disease.

## INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS EN LOS CASOS DE LA ENFERMEDAD DE CHAGAS AGUDA EM BELÉM

**RESUMEN:** La Enfermedad de Chagas Aguda (DCA) ha cobrado notoriedad recientemente debido al aumento significativo en el número de casos. Varias investigaciones sugieren que la transmisión por vía oral, a través del consumo de alimentos contaminados, está predominantemente asociada a los casos de DCA en la región Amazónica. Sin embargo, se requiere un análisis profundo de la influencia de factores ambientales, como las condiciones climáticas, para comprender su relación con la incidencia de la DCA. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo llevar a cabo una investigación detallada sobre la posible relación entre variables meteorológicas y la ocurrencia de la DCA en el municipio de Belén. Esta investigación busca contribuir de manera sustancial al desarrollo de estrategias de prevención y control más efectivas en la lucha contra estas enfermedades. A través del análisis del Índice de Precipitación Estandarizada (SPI), se encontró que aproximadamente el 63% de los casos de DCA ocurren en períodos de sequía moderada a extrema, siendo la mayoría de las infecciones específicamente durante el período moderadamente seco, representando más del 50% de los casos. Los registros de DCA también mostraron una correlación significativa con las estaciones del año, con el mayor número de infecciones

concentrado en el segundo semestre, principalmente durante la primavera austral. Utilizando el método estadístico de correlación cruzada (CC), se encontró que la precipitación afecta la variabilidad temporal de la enfermedad en intervalos de 11 y 6 meses. Destaca el año 2017, en el que la variabilidad en el número de casos de DCA presentó un patrón inusual, con un aumento significativo en el primer semestre, especialmente en el mes de febrero. Este evento probablemente está relacionado con El Niño, que fue clasificado como muy intenso en los dos años anteriores.

**PALABRAS CLAVES:** Belém, Clima, Enfermedad de Chagas Aguda.

## INTRODUÇÃO

Na região tropical, o papel dos elementos meteorológicos no surgimento e agravamento de doenças é amplamente discutido. Muitas patologias características dessa região sofrem impactos diretos do clima, e há estudos consolidados que abordam como essas interferências afetam a variabilidade de doenças, como é o caso da dengue (MORAES *et al.*, 2019) e chikungunha (ARAÚJO; UCHÔA; ALVES, 2019), propícias no período chuvoso com altos valores de umidade relativa do ar (UR), e doenças respiratórias (MOURA *et al.*, 2021), relacionada aos períodos de secas, estiagem e queimadas.

Além dessas, há doenças que possuem carência de estudos em relação às condições meteorológicas como é a doença de Chagas Aguda (DCA), também conhecida como tripanossomíase americana, uma antroponose originada pelo protozoário flagelado *Trypanosoma cruzi* (*T. cruzi*), consistindo em uma das doenças tropicais negligenciadas que se mantêm atualmente (OMS, 2018), atinge aproximadamente 6 a 8 milhões de pessoas no mundo (SCHOFIELD; JANNIN; SALVATELLA, 2006) e compreende um avanço clínico bifásico.

De acordo com Ferreira; Branquinho; Cardarelli-Leite (2014) a doença de Chagas se originou nos últimos três séculos, por meio do desmatamento para fins agrícola e pecuária na América Latina, esse fator viabilizou na evasão de animais silvestres de ecótipos naturais, os triatomíneos (popularmente nomeado de Barbeiro), vetor da doença de Chagas, os quais, incapacitados de se alimentar em razão do deslocamento de animais silvestres começaram a colonizar espaços ao redor de residências.

Após a adaptação ao novo nincho, alimentam-se de sangue humano e animais domésticos (COURA, 2015). As principais formas de transmissões são (i) transfusional,

através da transfusão de sangue (ANGHEBEN *et al.*, 2015); (ii) vertical (congênita), no momento da gravidez ou parto dá-se a transmissão de mulheres infectadas por *T. cruzi* (CEVALLOS; HERNÁNDEZ, 2014); (iii) acidental (KINOSHITA-YANAGA *et al.*, 2009); (iv) vetorial (clássico), após a picada do inseto, durante ou após a sucção do sangue, é eliminado as formas infectantes do parasita nas fezes; e (v) oral, este tipo de transmissão é de origem alimentar consistindo em alimentos infectados com os triatomíneos ou suas fezes (SAMPAIO *et al.*, 2020).

As formas vetorial e transfusional detém o maior controle atualmente, sendo assim, diminuindo consideravelmente esses meios de transmissão (SOUZA; POVOA, 2016), no passado as duas formas de infecção ocorriam regularmente em zonas endêmicas não rurais (RASSI; RASSI; MARIN-NETO, 2010).

Das capitais dos estados pertencente à região norte do Brasil, Belém dispõe do maior número de notificações de DCA por município de residência (BRASIL, 2022), por meio da avaliação de Vilhena *et al.* (2020) em um estudo retrospectivo, a capital paraense compreende aproximadamente 97% do número de casos na área urbana, Sousa Júnior *et al.* (2017) aponta que a dependência espacial dos casos de doença de Chagas têm ligações com distintas categorias de desflorestamento, contudo as variáveis meteorológicas têm função fundamental no número de casos, tendo distribuição sazonal e períodos com menor volume de precipitação (PRP) e maiores valores de temperatura do ar (TEMP).

Este período mencionado é definido como a maior safra do açaí (*Enterpe oleracea* Mart.). Atualmente, a transmissão por via oral é um destaque na região norte, onde alguns fatores propícios contribuem para a disseminação da doença de Chagas, tais como alimentos infectados. Uma prática comum nessa região é a extração do suco do fruto do açaizeiro, que pode resultar na contaminação do alimento devido ao esmagamento acidental de triatomíneos durante o processo.

O consumo do fruto contaminado após o processamento e manipulação incorretos está associado à transmissão oral da doença (PACHECO *et al.*, 2021). Além disso, as condições ambientais como os elementos meteorológicos podem influenciar na transmissão dessas doenças, como será discutido no presente estudo.

Com base no exposto, é evidente que a análise da influência das condições meteorológicas nos casos de DCA é de extrema relevância para a saúde pública. Diante desse contexto, este estudo tem como objetivo investigar minuciosamente a possível

relação entre as variáveis meteorológicas e os casos de DCA no município de Belém, a fim de contribuir para o desenvolvimento de estratégias preventivas e de controle mais efetivas no combate a essas doenças. A partir da análise dos dados coletados, espera-se obter um panorama mais completo sobre como o clima pode influenciar nos casos de DCA, permitindo a tomada de medidas mais assertivas por parte dos gestores e profissionais da saúde.

## **METODOLOGIA**

### **ÁREA DE ESTUDO**

Neste estudo, descritivo e transversal, foram analisados os casos de DCA e as variáveis meteorológicas (Umidade Relativa do Ar, Precipitação e Temperatura do Ar) em Belém (Figura 1), a capital do estado do Pará, localizada na região Norte do Brasil e no bioma amazônico.

Devido à sua proximidade com o Oceano Atlântico e a linha do equador, o município apresenta altos valores de temperatura do ar, umidade (SANTOS *et al.*, 2014) e precipitação. A Figura 1 exibe a localização de Belém (Latitude: 1° 27' 18 Sul; Longitude: 48° 30' 9 Oeste) e sua área em relação ao território paraense. A população estimada de Belém é de 1.367.336 habitantes (IBGE, 2022).

### **DADOS DE DOENÇA DE CHAGAS AGUDA**

Os dados relativos a DCA no período de 2007 a 2020 foram obtidos a partir do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Neste estudo, foram selecionados os casos confirmados notificados no sistema de informação de agravos de notificação, no capítulo I do CID 10: B57, excluindo os casos de habitantes não residentes em Belém. Isso se deve ao fato de que esses indivíduos não são afetados pela climatologia da capital.

Figura 1 - Localização de Belém (PA), área de estudo sobre a qual foram analisados os valores das variáveis meteorológica e número de casos de doença de Chagas Aguda.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Na própria plataforma do DATASUS, realizou-se o filtro de exclusão dos não residentes em Belém. Assim sendo, é possível utilizar os dados que incluem tanto os residentes quanto os não residentes notificados em Belém, bem como apenas os residentes notificados neste município.

## DADOS DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

Utilizou-se dados provenientes de sensoriamento remoto na avaliação da PRP do produto *Climate Hazard group Climate Hazards group Infrared Precipitation with Stations* (CHIRPS), o produto CHIRPS é uma base de dados de PRP, desenvolvido e sustentado pelas instituições *United States Geological Survey* (USGS) e *Climate Hazards Group da University of California Santa Barbara* (UCSB). Ler sobre a base de dados em Funk *et al.* (2015). Os dados são disponibilizados em <https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/> de forma gratuita em diversos formatos.

Os dados de UR e TEMP foram coletados no período de 2007 a 2020, disponíveis no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). Os dados correspondem às médias mensais, permitindo assim uma análise precisa das condições climáticas ao

longo do período estudado. As informações obtidas no BDMEP foram utilizadas para analisar a variação da UR em relação a outras variáveis meteorológicas e a possíveis impactos na saúde humana.

## ESTATÍSTICA

O número de casos de DCA mensal foi relacionado com a série histórica de PRP mensal, a fim de visualizar a variabilidade tanto da doença quanto da PRP, no entanto, em relação as estações do ano por meio dos dados da variável meteorológica. Belém está situada no hemisfério sul, sendo assim, dividiu-se em quatro estações austral, verão (dezembro, janeiro e fevereiro), outono (março, abril e maio), inverno (junho, julho, agosto) e primavera (setembro, outubro e novembro).

A função Correlação Cruzada (CC) é um método que mede a semelhança entre séries temporais com defasagens. Foi utilizado para avaliar as séries temporais de PRP e número de casos de DCA. O método é uma generalização da análise de flutuação sem tendência e se baseia na covariância sem tendência. Para mais detalhes, consultar Podobnik; Stanley (2008). Os limites de confiança de 95% foram representados por linhas horizontais azuis na Figura 5, com erros padrões iguais a três.

Por meio do método do Índice de Precipitação Padronizada (SPI) é possível determinar a intensidade, período e duração de eventos Extremamente Seco (ES), Moderadamente Seco (MS), Quase Seco (QS), Moderadamente Chuvoso (MC) e Extremamente Chuvoso (EC), essas classificações do SPI é ilustrado na Tabela 1. Inicialmente MCKEE; DOESKEN; KLEIST (1993) estabeleceram o índice para quantificar a seca, no entanto, diversos estudos aplicam para quantifica eventos de chuva (BARROS *et al.*, 2021).

Tabela 1 - Classificação dos meses secos e chuvosos do Índice de Precipitação Padronizado.

<b>Valores de SPI</b>	<b>Classificação</b>
$\leq -1,50$	Extremamente Seco (ES)
$\geq -1,49$ a $\leq -0,5$	Moderadamente Seco (MS)
$\geq -0,49$ a $\leq 0,49$	Quase Seco (QS)
$\geq 0,5$ a $\leq 1,49$	Moderadamente Chuvoso (MC)
$\geq 1,50$	Extremamente Chuvoso (EC)

Fonte: adaptado de McKee; Doesken; Kleist (1993).

O SPI é frequentemente calculado na base do período de tempo selecionados, sendo eles de 1, 3, 6, 12, 60 meses, e aponta como a PRP se comportou em referência a climatologia da série temporal estudada (SANTOS *et al.*, 2014), no presente trabalho foi tomado base do período de tempo de 1 mês.

O SPI é frequentemente calculado na base do período de tempo selecionados, sendo eles de 1, 3, 6, 12, 60 meses, e aponta como a PRP se comportou em referência a climatologia da série temporal estudada (SANTOS *et al.*, 2014), no presente trabalho foi tomado base do período de tempo de 1 mês. Uma forma simplificada matematicamente do índice segundo Santos *et al.* (2017) a Equação 1 resumidamente é a diferença de PRP registrada ( $P_i$ ) menos a média da série temporal ajustada ( $\bar{P}_i$ ), dividido pela média do desvio padrão ( $\sigma_i$ ).

$$SPI = z_i = \frac{(P_i - \bar{P}_i)}{\sigma_i} \quad \text{Eq. (1)}$$

Após a organização dos dados, realizou-se a análise de regressão linear utilizando os valores obtidos através do SPI e os dados do número de casos de DCA. Entretanto, foram desconsiderados os meses sem notificações de casos de DCA para a aplicação do método. Isso significa que, para a análise, apenas foram considerados os meses em que houve notificação de casos de DCA. Ou seja, meses sem notificação foram excluídos para a aplicação da regressão linear, valor-p (PVAL), coeficiente de determinação, equação da regressão linear e coeficiente de correlação.

Por meio da regressão linear, foi possível obter valores estatísticos como o PVAL, o coeficiente de determinação (Equação 2), a equação da regressão linear (Equação 3) e o coeficiente de correlação (Equação 4).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} \quad \text{Eq. (2)}$$

$$y = \beta_0 - \beta_1 x \quad \text{Eq. (3)}$$

$$R = \sqrt{R^2} \quad \text{Eq. (4)}$$

Foi avaliado o PVAL ou nível de significância para avaliar a relação entre as séries temporais do SPI e o número de casos de DCA. Esse valor é utilizado para avaliar a significância estatística de um resultado observado em relação à hipótese nula. O PVAL é um número entre 0 e 1 e é comumente utilizado como métrica para medir a

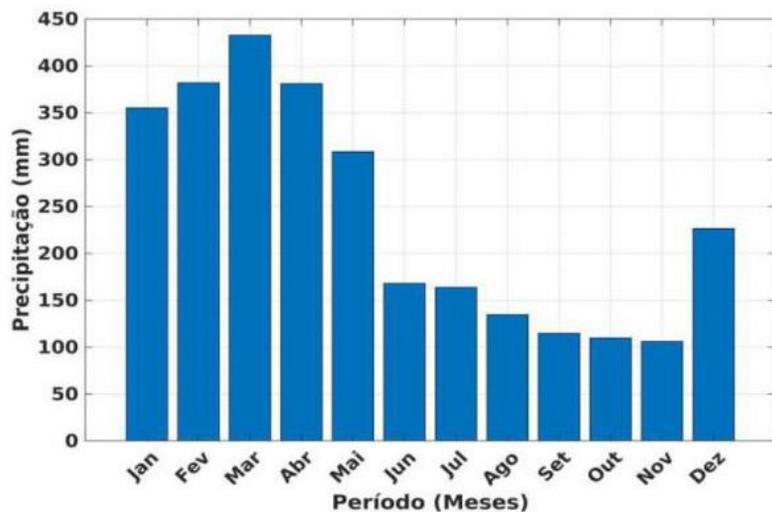
confiabilidade de uma hipótese. No presente trabalho, adotou-se o nível de PVAL < 0,01. Isso significa que a probabilidade de que os resultados observados ocorram ao acaso é inferior a 1% e, portanto, são considerados estatisticamente significativos.

## RESULTADOS

### CLIMATOLOGIA DE BELÉM

A Figura 2 apresenta a climatologia no período de 2007 a 2020 proveniente do produto CHIRPS do ciclo anual da precipitação em Belém, com médias mensais, mostrando um regime bimodal. É possível observar dois períodos nítidos entre valores máximos e mínimos.

Figura 2 - Climatologia de Belém com base o período de 39 anos (1981-2020) proveniente do produto CHIRPS.



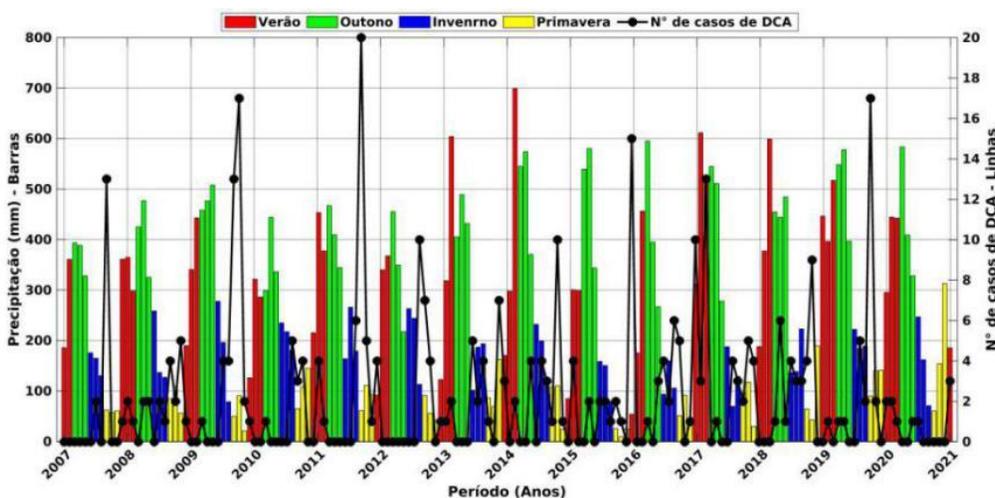
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Os maiores valores ocorrem nos cinco primeiros meses devido à forte influência de sistemas sinóticos geradores de precipitação como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) e a Alta da Bolívia (AB) favorecendo os grandes volumes de chuva no verão e outono austral, no entanto, no segundo semestre (inverno e primavera austral), os valores são menores, e as chuvas são atribuídas a sistemas precipitantes de mesoescala e de escala local como Linhas de Instabilidade (LI), brisas marítima (COHEN; SILVA; NOBRE, 1995), fluvial e terrestre (GERMANO *et al.*,

2017). Esse padrão bimodal é típico da região amazônica, onde há uma sazonalidade marcada na distribuição de chuvas.

Como pode ser observado na Figura 2, há uma clara variação sazonal na precipitação, com os maiores volumes ocorrendo nos meses de janeiro a junho e menores volumes de julho a dezembro. É importante ressaltar que essa variabilidade na PRP (Figura 2) pode influenciar diretamente a ocorrência de doenças como a doença de Chagas, que é transmitida pelo vetor *Triatoma infestans*, e cuja presença está fortemente relacionada às condições climáticas de sua área de distribuição. Ao analisar a relação entre a série temporal do número de casos de DCA e os dados de PRP divididos por estações do ano (Figura 3), é possível verificar a sazonalidade tanto da variável meteorológica quanto dos casos de DCA.

Figura 3 - Série temporal entre os números de casos registrados mensais doença de Chagas Aguda (linhas) e os valores mensais de Precipitação (mm) de acordo com as estações do ano (barras), ambos para Belém/PA entre o período de 2007 a 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Observa-se notavelmente, que na estação de primavera (setembro, outubro e novembro) ocorrem os maiores registros de DCA em Belém. Esse período é identificado como de estiagem na climatologia (Figura 2), o que sugere uma possível relação entre a falta de chuvas e o aumento dos casos de DCA.

Além disso, é interessante observar na Figura 3 que os períodos mais chuvosos, o verão e o outono austral, apresentam os menores números de casos de DCA. Essa constatação pode indicar uma possível influência da sazonalidade das chuvas na ocorrência dessas doenças. Para confirmar essa hipótese, serão realizadas análises

estatísticas mais detalhadas. As Tabelas 2 e 3 fornecem suporte adicional para a Figura 3 em relação as estações do ano e o número de casos de DCA.

Tabela 2 - Meses com maiores números de casos de doença de Chagas Aguda a cada ano de 2007 a 2020.

<b>Ano</b>	<b>Mês com maior nº de casos de DCA</b>	<b>Nº de casos máximos</b>
2007	Setembro (Primavera)	13
2008	Novembro (Primavera)	5
2009	Outubro (Primavera)	17
2010	Agosto (Inverno)	5
2011	Setembro (Primavera)	20
2012	Agosto (Inverno)	10
2013	Novembro (Primavera)	7
2014	Outubro (Primavera)	10
2015	Dezembro (Verão)	15
2016	Dezembro (Verão)	10
2017	Fevereiro (Verão)	13
2018	Outubro (Primavera)	9
2019	Setembro (Primavera)	17
2020	Dezembro (Verão)	3

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Na Tabela 2, são apresentados os meses com maior número de casos de DCA a cada ano, destacando-se as suas respectivas estações. Os meses da estação da primavera apresentaram a maior repetição de máximos de casos, com oito repetições, seguidos pelo verão com quatro repetições e inverno com duas repetições.

O período mais chuvoso da capital paraense, o outono, não apresentou nenhum máximo de casos em nenhum ano da série. Até o ano de 2014, observa-se quase um padrão, com os meses da estação da primavera apresentando os valores máximos de casos de DCA no ano, oscilando com o inverno. No entanto, nos anos de 2015 a 2017, os meses da estação do verão atingem valores máximos, invertendo o padrão observado nos anos anteriores.

Posteriormente, será discutida a ocorrência de oscilações atmosféricas capazes de alterar os padrões nos valores de patologias, o que pode ajudar a explicar essa variação nos padrões observados. A análise desses padrões é fundamental para entender as possíveis causas do aumento de casos de DCA em determinados períodos, bem como para implementar medidas preventivas e de controle mais eficazes. Já a Tabela 3 apresenta um panorama apenas das estações do ano. Como era esperado, a primavera apresentou o maior número de casos em toda a série analisada, com 172 casos.

Tabela 3 - Número de casos de doença de Chagas Aguda de acordo com a estação do ano para Belém entre o período de 2007 a 2020.

Estação do ano	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Nº de casos de DCA	78	28	94	172

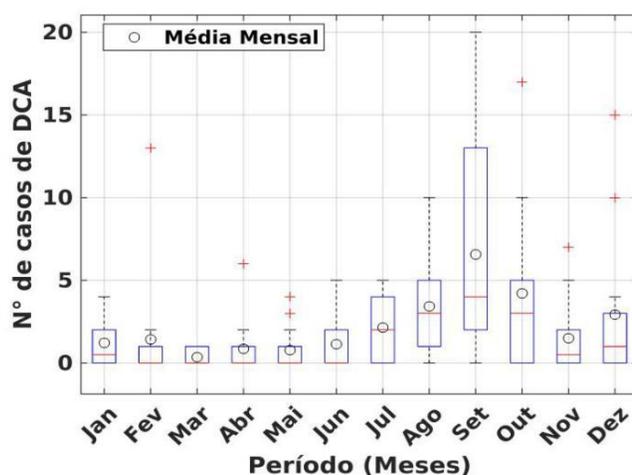
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O inverno, que precede a primavera e marca a transição para o período de estiagem, apresentou o segundo maior número de casos, com um total de 94, seguido do verão e outono, com 78 e 28 casos totais, respectivamente.

## AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA

Para uma melhor compreensão da relação entre as variáveis meteorológicas e o número de casos de DCA em Belém, é fundamental avaliar a variabilidade da doença ao longo dos meses por meio de análises estatísticas, como o *boxplot* (Figura 4). Dos três meses da primavera, setembro e outubro destacam-se por apresentarem as maiores amplitudes, medianas e médias da série, enquanto o mês de março se destaca por apresentar as menores temperaturas e maiores valores de precipitação. Essa relação sugere que os valores de DCA são mais baixos em março, com menor média, mediana e amplitude.

Figura 4 - Análise por meio de *boxplot* do número de casos de DCA mensal para Belém no período de 2007 a 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Nos outros meses do outono, especificamente em abril e maio, é observado um padrão semelhante ao de março, mas com maiores amplitudes, médias e medianas, coincidindo com a diminuição dos valores de precipitação. Durante o inverno (junho,

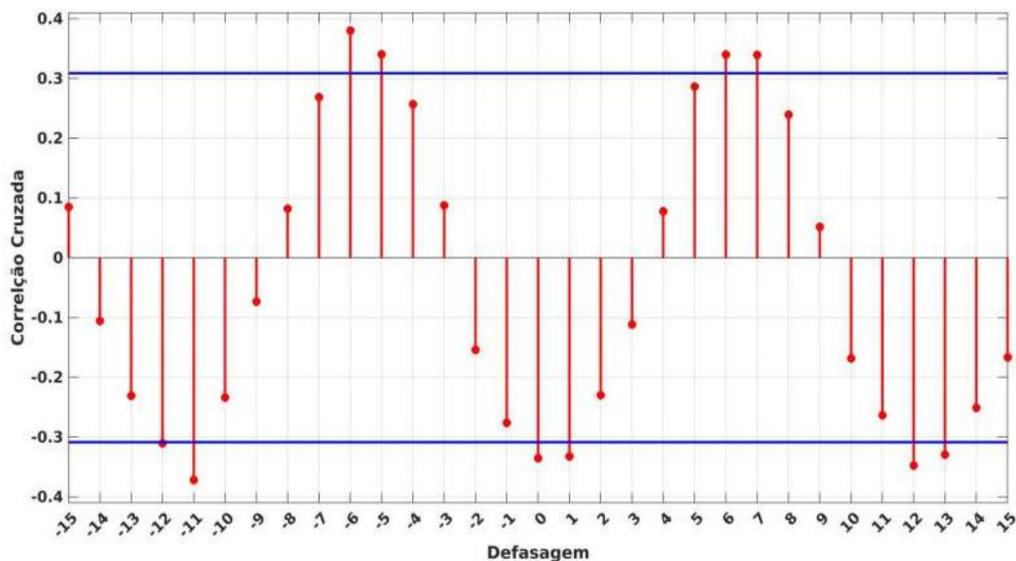
julho e agosto), que é o período de estiagem na capital paraense, os três valores estatísticos são mais pronunciados. Ao analisar os valores discrepantes do *boxplot*, pode-se observar que o mês de fevereiro se destaca por apresentar uma situação verdadeiramente excepcional em relação aos demais dados.

É um período em que há uma dificuldade em observar altos números de casos de DCA, e essa informação será abordada em detalhes posteriormente. Além disso, outro mês que apresenta comportamento semelhante é dezembro, com valores muito distantes do primeiro quartil, cerca de 10 e 15 casos de DCA, meses compostos do verão em que dificilmente há um pronunciamento de casos.

Essas informações apontam para uma possível relação entre os elementos meteorológicos e a ocorrência de DCA em Belém, e serão exploradas mais adiante neste trabalho. Esses valores podem estar relacionados à higropreferência (preferência por umidade) e termopreferência (preferência por temperatura) dos triatomíneos. Além disso, a contaminação da polpa/suco do açaí com fezes de triatomíneos ou com o próprio inseto vetor triturado junto com o alimento também pode estar contribuindo para a alta incidência de casos nesses meses.

Através da análise do gráfico de CC (Figura 5), é possível identificar momentos em que os valores de PRP e o número de casos de DCA apresentam correlações significativas, com um limite de 95% de confiança indicado pelas linhas horizontais em azul. No eixo X do gráfico, é possível observar valores negativos que representam a defasagem entre as variáveis. É possível identificar que houve duas defasagens significativas, de 11 meses (CC negativa) e 6 meses (CC positiva), que apresentaram as maiores correlações.

Figura 5 - Análise de Correlação Cruzada entre a série mensal de Precipitação e os valores mensais de casos de doença de Chagas Aguda, ambos para Belém/PA entre o período de 2007 a 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

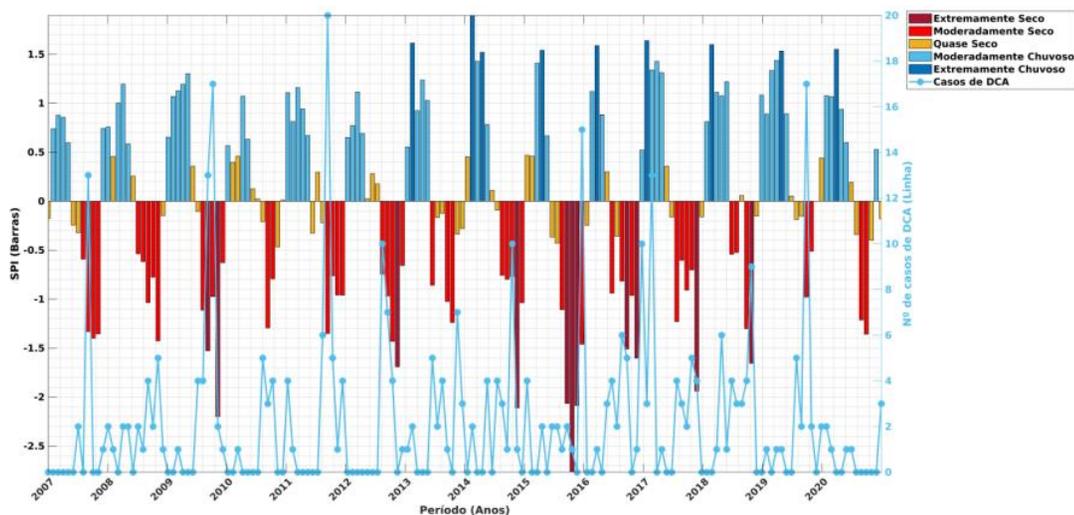
Quando há uma defasagem de 11 meses, isso significa que um aumento (ou diminuição) nos valores mensais de PRP foi seguido por uma diminuição (ou aumento) no número de casos de DCA, indicando que a ocorrência da doença está atrasada em relação aos valores de PRP em 11 meses.

Em outras palavras, existe uma relação inversa entre os valores da doença e PRP. Quando é analisado a defasagem de 6 meses, observa-se que um aumento (ou diminuição) nos valores mensais de PRP resulta em um aumento (ou diminuição) no número mensal de casos de DCA com um atraso de 6 meses. Isso significa que os valores da doença estão atrasados em relação aos valores de PRP em 6 meses, havendo uma proporcionalidade direta entre eles.

Na defasagem de 6 meses na série temporal entre PRP e número de casos de DCA (Figura 3), notável que durante o outono (representado pelas barras verdes), ocorrem os menores números de casos da doença, o que contribui para sua diminuição. No entanto, 6 meses após o início do outono, ocorre a primavera e há um aumento significativo nos casos da enfermidade. Essa análise também é válida na perspectiva inversa, onde 6 meses após o início da primavera, inicia-se o outono e há uma diminuição acentuada nos casos da doença.

Através da análise do Índice de Precipitação Padronizada (SPI) (Figura 6), foi possível identificar que os maiores números de casos de DCA ocorreram nos períodos de MS e QS.

Figura 6 - Relação entre a série do índice de Precipitação padronizada (SPI) mensal (barras) e o número de casos de DCA mensal (linhas), ambos para Belém/PA entre o período de 2007 a 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Na Tabela 4, pode-se observar que a maior parte desses casos ocorreram nesses períodos, sendo que MS apresentou o maior número de casos, com 198 casos, o que representa 53,22% do total de casos. Já o período MC, apesar de ter o maior número de meses de ocorrência (Tabela 4), apresentou a menor taxa de casos por mês, com apenas 1 caso por mês.

Tabela 4 - Descrição dos períodos constatados através do SPI (coluna 1) em relação ao número de casos de doença de Chagas Aguda para cada período (coluna 2), meses totais de cada período (coluna 3) e a divisão de números de casos de DCA e meses totais de cada período (coluna 4).

SPI	Nº de casos de DCA	Meses do SPI	Casos/Meses do SPI
Extremamente Seco	38	11 meses	3,4545 p/mês
Moderadamente Seco	198	45 meses	4,40 p/mês
Quase Seco	69	48 meses	1,4375 p/mês
Moderadamente Chuvoso	56	56 meses	1 p/mês
Extremamente Chuvoso	11	9 meses	1,22 p/mês

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Na Tabela 4 ao comparar os períodos ES e MS com os períodos EC e MC, excluindo o período QS, foi possível observar que ES e MS apresentam os maiores totais de casos de DCA, mesmo ocorrendo em apenas 56 meses, enquanto EC e MC, ocorrendo em

65 meses, apresentam os menores números de casos. Essa análise reforça as análises anteriores realizadas por meio das estações do ano, que indicaram que as estações do ano com menores volumes de PRP apresentam maiores números de casos de DCA. Em resumo, os meses de inverno e primavera em Belém, que possuem menores valores PRP e SPI mais secos, apresentam uma maior concentração de casos de DCA.

No entanto, em 2017 (Figura 3, Figura 6 e Tabela 2), houve um padrão invertido, com os maiores valores de PRP acumulados no primeiro semestre, entre o verão e outono, o que pode estar relacionado ao evento de El Niño muito forte ocorrido nos anos de 2015/2016. Além disso, foi possível perceber atrasos entre os valores de PRP e o número de casos de DCA por meio da análise de CC.

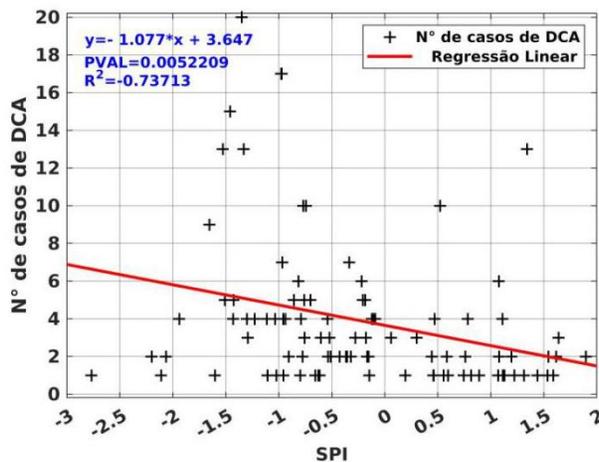
Estudos anteriores, como o de Delgado-Petrocelli *et al.* (2012), sugerem que as oscilações atmosféricas podem ter um impacto significativo em doenças transmitidas por vetores, como a malária, que apresentam maiores números de casos durante eventos de La Niña em algumas áreas da América do Sul.

Para uma melhor compreensão dos resultados obtidos, foi realizada uma análise de regressão linear (Figura 7) utilizando os dados de notificações de casos de DCA em Belém e o Índice Padronizado de Precipitação (SPI) como variável preditora. Após a exclusão dos meses sem notificações, realizou-se uma nova análise que resultou em um modelo estatisticamente significativo, com um valor de PVAL inferior a 0,01 e um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de -0,73713, indicando uma relação forte entre as variáveis em questão.

Essa etapa foi fundamental para aprimorar a qualidade dos resultados obtidos, uma vez que a presença de meses sem notificações poderia distorcer a análise estatística e comprometer a confiabilidade dos resultados. Isso significa que o modelo foi estatisticamente relevante para explicar a relação entre as variáveis.

A análise da Figura 7 mostra uma correlação negativa entre o SPI e o número de casos de DCA, indicando que, à medida que o SPI aumenta, o número de casos de DCA diminui. Embora essa tendência não seja tão clara na Figura 6, que mostra a série temporal dos dados, o valor de coeficiente de correlação ( $R$ ) de aproximadamente -0,8544 indica que 85% da variabilidade na ocorrência de casos de DCA pode ser explicada pelo SPI. Em outras palavras, o SPI pode ser considerado um bom indicador para prever a variabilidade da ocorrência de DCA em Belém.

Figura 7 - Análise de regressão linear entre o SPI e número de de casos de DCA sem os meses onde não houve casos da doença.



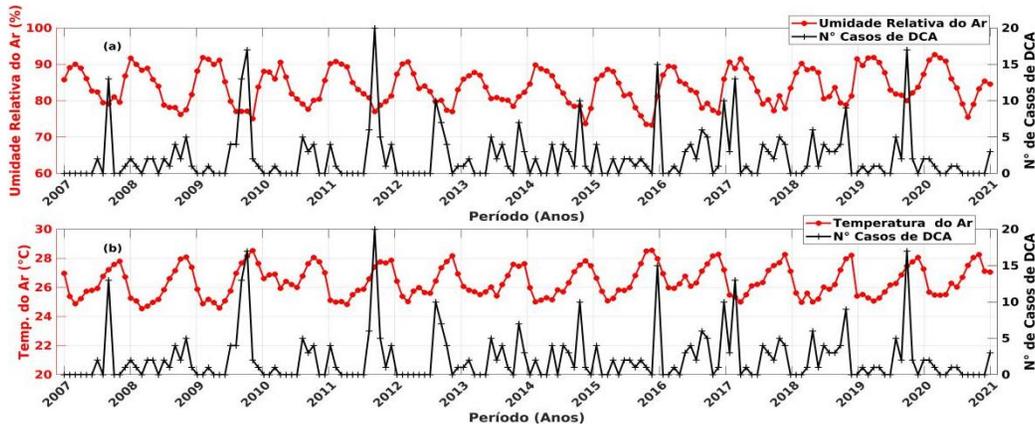
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

## DISCUSSÃO

Como sugerem Guarneri *et al.* (2002) e Pires *et al.* (2002), os triatomíneos são insetos com higropreferência, ou seja, possuem preferência por umidade relativa do ar mais baixa. No entanto, no trabalho de Guarneri *et al.* (2002) realizado em laboratório, os insetos foram criados em regime natural de temperatura ( $27 \pm 3^\circ \text{C}$ ) e umidade relativa ( $65 \pm 10\%$ ). BADEL-MOGOLLÓN; RODRÍGUEZ-FIGUEROA; PARRA-HENAO (2017) sugerem que, em condições de temperaturas elevadas o metabolismo dos insetos é acelerado, além disso, em ambientes de baixa umidade relativa do ar, a frequência de alimentação dos insetos aumenta como uma estratégia para evitar desidratação.

As refeições de sangue também são uma importante fonte de água para a sobrevivência dos insetos. Os resultados indicaram que períodos com menores valores de UR estão associados a períodos com menor volume de PRP e maiores valores de TEMP (Figura 8).

Figura 8 - Série temporal da relação entre (a) média mensal Umidade Relativa do Ar (%) em comparativo com o número de casos mensal de doença de chagas aguada e (b) média mensal da Temperatura do Ar (°C) em comparativo número de casos mensal de doença de Chagas Aguada, ambas as relações para Belém no período de 2007 a 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Tais características meteorológicas indicam os maiores números de casos de DCA nesses períodos, justamente por serem condições meteorológicas suscetíveis para os triatomíneos. Em resumo, esses estudos mostram que altas TEMP e baixa UR favorecem a proliferação de *Triatominae*, incluindo o *T. infestans*, e aumentam o risco de transmissão da doença. Essas perspectivas estão em linha com os resultados do presente estudo.

Na Tabela 5, é possível observar a relação entre o número de casos e os intervalos UR. O intervalo com UR entre 80% e 89% apresenta o maior número de casos com 182 registros, seguido pelo intervalo com UR abaixo de 79%, com 120 casos. No entanto, é importante destacar que o primeiro intervalo foi observado durante três vezes mais meses do que o segundo, o que resulta na maior média de casos por mês. Esse intervalo apresenta o dobro de casos em relação ao período com UR entre 80% e 89%.

Tabela 5 - Intervalo dos valores de Umidade Relativa do Ar (%) (coluna 1) em relação a quantidade de meses que se constatarem esses intervalos (coluna 2), número de casos de doença de chagas aguda (coluna 3) e a média de casos por quantidade de meses no intervalo de Umidade Relativa do Ar.

Intervalo de UR (%)	Meses	Nº de casos de DCA	Casos/Meses
≤ 79	31	120	3,871
≥ 80 e ≤ 89	95	182	1,9158
≥ 90	22	16	0,7273

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Guarneri *et al.* (2002) demonstra as higropreferências de ninfas mais maduras que entre 71,1% a 87,5%, aqui mostramos que os maiores números de casos estão nesses

limiares, nessa perspectiva, ajudam na vida do *Triatoma brasiliensis*, o mais importante vetor da doença de chagas (COSTA, 2000), esses valores podem estar relacionados com outras fontes de transmissão em Belém.

O município possui sazonalidade de TEMP, UR e PRP, no entanto, os intervalos entre máximas e mínimas são adequadas para o sobreviver dos triatomíneos mais maduros no estágio de ninfa. O período mais adaptável para os triatomíneos é no segundo semestre, por justamente as variáveis meteorológicas serem conforme o preferir dos insetos, isto é, combinações de UR baixa, menores valores PRP e maiores de TEMP.

Durante o segundo semestre, ocorrem fatores essenciais para a infecção por DCA. Alguns mecanismos físicos e químicos naturais atraem fortemente os triatomíneos para o fruto do açaí. Os insetos possuem a capacidade de enxergar na faixa ultravioleta A (UVA) do espectro eletromagnético, como destacado por Barghini; Medeiros (2012). Com relação ao fruto do açaí, é importante salientar que ele apresenta altas proporções de antocianinas, que são pigmentos capazes de refletir a radiação ultravioleta. Esse composto fenólico está associado à atratividade de insetos, pois reflete a radiação UV (ROGEZ, 2000).

O açaí é armazenado em paneiros (cestos de talas de guarimã) após a colheita e empilhado nos trapiches para transporte, sendo exposto à radiação solar. Isso resulta em uma maior reflexão dos raios ultravioleta (UV) e em áreas com maiores concentrações de antocianinas para os possuidores de detecção de UV, como os triatomíneos. A presença de luz solar, influencia diretamente na concentração de antocianinas no açaí, e isso pode afetar a atração dos triatomíneos para o fruto. Diversos elementos e fatores exercem influência sobre o fato de Belém ainda apresentar uma significativa incidência de casos de DCA.

Contudo, sob outra perspectiva, é possível constatar que os elevados valores estão, talvez, associados à carência de atenção adequada à saúde básica na região. O estudo de Rocha *et al.* (2020) conclui que uma das estratégias eficazes para mitigar essas dificuldades é a aplicação da territorialização na atenção básica à saúde, considerando também a vulnerabilidade da população. Esse processo técnico e político envolve o mapeamento social, socioeconômico e ambiental dos espaços de atuação, bem como a orientação comunitária.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação a influência das condições climáticas em relação aos casos de DCA, verificou-se que nas avaliações estatísticas as condições climáticas impactam nos casos da doença, sendo na primavera (SON) austral os maiores valores, seguido do inverno (JJA), outono (MAM) e verão (DJF). Além disso, os períodos de ocorrência de casos da doença apresentam boa correlação negativa com o SPI.

O monitoramento durante esse período assume fundamental importância, demandando a implementação de um sistema de monitoramento que leve em consideração as condições de tempo e clima peculiares à primavera austral. Nesse contexto, destaca-se a necessidade de enfatizar a umidade relativa do ar e o SPI. Esse tipo de monitoramento deve apresentar a capacidade de emitir alertas às autoridades de saúde e à população em geral acerca do potencial aumento de casos de DCA, viabilizando a adoção eficaz de medidas preventivas.

Em resumo, Belém apresenta condições importantes para a ocorrência de altos valores de DCA, justificadas pela umidade relativa do ar, que é altamente favorável em alguns períodos para as ninfas do vetor da doença, bem como períodos menos chuvosos com altas temperaturas. Esses resultados destacam a importância da implementação de medidas preventivas e de controle eficazes para minimizar o impacto da DCA na região.

## REFERÊNCIAS

ANGHEBEN, A. *et al.* Chagas disease and transfusion medicine: A perspective from non-endemic countries. **Blood Transfusion**, v.13, n. 4, p. 540–550, 2015. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26513769/>>. Acesso em: 25 jan. 2023.

ARAÚJO, R. A. F.; UCHÔA, N. M.; ALVES, J. M. B. Influence of meteorological variables on the prevalence of diseases transmitted by *Aedes aegypti* vector. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.34, n. 3, p. 439–447, 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/ysPnBfM5cFp6hMNCCLVnyJf/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 20 dez. 2022.

BADEL-MOGOLLÓN, J.; RODRÍGUEZ-FIGUEROA, L.; PARRA-HENAO, G. Análisis espacio-temporal de las condiciones biofísicas y ecológicas de *Triatoma dimidiata* (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) en la region nororiental de los Andes de Colombia. **Biomédica**, v. 37, n. 2, p. 106–123, 2017. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/journal/843/84356911012/html/>>. Acesso em: 20 jul. 2023.

BARGHINI, A.; MEDEIROS, B. A. S. UV radiation as an attractor for insects. **LEUKOS - Journal of Illuminating Engineering Society of North America**, v. 9, n. 1, p. 47–56, 2012. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1582/LEUKOS.2012.09.01.003>>. Acesso em: 25 jan. 2023.

BARROS, V. S. *et al.* Análise de tendência do índice de Precipitação padronizado em Recife–PE. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e5231sanros0817458, 2021. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17458>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Banco de Dados do Sistema Único de Saúde - DATASUS, 2022. Disponível em: <<http://www.datasus.gov.br>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

CEVALLOS, A. M.; HERNÁNDEZ, R. Chagas' disease: Pregnancy and congenital transmission. **BioMed Research International**, v. 2014, p. 1-10, 2014. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/bmri/2014/401864/>>. Acesso em: 25 jan. 2023.

COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A. F.; NOBRE, A. N. Environmental conditions associated with amazonian squall lines: A case study. **Monthly Weather Review**, v. 123, p. 3163–3174, 1995. Disponível em: <[https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/123/11/15200493\\_1995\\_123\\_3163\\_ecawas\\_2\\_0\\_co\\_2.xml](https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/123/11/15200493_1995_123_3163_ecawas_2_0_co_2.xml)>. Acesso em: 20 dez. 2022.

COSTA, J. Distribution and characterization of different populations of *Triatoma brasiliensis* Neiva, 1911 (Hemiptera, Reduviidae, Tritominae). **Cadernos de Saúde Pública**, v. 16, n. Suppl 2, p. 93–95, 2000. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/csp/a/35Nm86gWTjsGbvjwT5R3WHD/?lang=pt>>. Acesso em: 12 jan. 2023.

COURA, J. R. The main sceneries of chagas disease transmission. The vectors, blood and oral transmissions - A comprehensive review. **Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 110, n. 3, p. 277–282, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/mioc/a/KRBFzSgK35fMLQwZncCrw3C/?lang=en>>. Aces-so em: 12 jan. 2023.

DELGADO-PETROCELLI, L. *et al.* Analysis of the El Niño/La niña-Southern oscillation variability and malaria in the Estado Sucre, Venezuela. **Geospatial Health**, v. 6, n. 3, p. 51–57, 2012. Disponível em: <<https://geospatialhealth.net/index.php/gh/article/view/122>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

FERREIRA, R. T. B.; BRANQUINHO, M. R.; CARDARELLI-LEITE, P. Transmissão oral da doença de Chagas pelo consumo de açaí: um desafio para a Vigilância Sanitária. **Vigilância Sanitária Em Debate**, v. 2, n. 4, p. 4–11, 2014. Disponível em: <<https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/358>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

FUNK, C. *et al.* The climate hazards infrared precipitation with stations - A new environmental record for monitoring extremes. **Scientific Data**, v. 2, p. 1–21, 2015. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/sdata201566>>. Acesso em: 20 dez. 2022.

GERMANO, M. F. *et al.* Analysis of the breeze circulations in Eastern Amazon: an observational study. **Atmospheric Science Letters**, v. 18, n. 2, p. 67–75, 2017. Disponível em: <<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/asl.726>>. Acesso em: 20 dez. 2022.

GUARNERI, A. A. *et al.* The effect of temperature on the behaviour and development of *Triatoma brasiliensis*. **Physiological Entomology**, v. 28, n. 3, p. 185–191, 2003. Disponível em: <<https://resjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1365-3032.2003.00330.x>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2022. Belém: IBGE, 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20 dez. 2022.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 20 dez. 2022.

KINOSHITA-YANAGA, A. T. *et al.* Accidental infection by *Trypanosoma cruzi* follow-up by the polymerase chain reaction: Case report. **Revista Do Instituto de Medicina Tropical de Sao Paulo**, v. 51, n. 5, p. 295–298, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rimts/a/TvCRvTcqzFHy6S6c5sTwDGk/?lang=en>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

MCKEE, T.B.; DOESKEN, N.J.; KLEIST, J. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. **8th Conference on Applied Climatology, Anaheim**, v. 17, p. 179-184, 1993. Disponível em: <[https://www.droughtmanagement.info/literature/AMS\\_Relationship\\_Drought\\_Frequency\\_Duration\\_Time\\_Scales\\_1993.pdf](https://www.droughtmanagement.info/literature/AMS_Relationship_Drought_Frequency_Duration_Time_Scales_1993.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2023.

MORAES, B. C. *et al.* Seasonality of dengue reporting in state capitals in the Brazilian Amazon and impacts of El Niño/La Niña. **Cadernos de Saude Publica**, v. 35, n. 9, p. 1–7, 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/csp/a/KTM6XXVz3CbrrcJkMWLgWQ/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

MOURA, M. D. N. *et al.* Relationship between respiratory diseases and environmental conditions: a time-series analysis in Eastern Amazon. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 56, n. 3, p. 398–412, 2021. Disponível em: <[https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes\\_RBCCIAMB/article/view/1020?](https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCCIAMB/article/view/1020?)>. Acesso em: 11 jan. 2023.

OMS. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Chagas disease (American trypanosomiasis) 2018. Disponível em: <<http://www.who.int/chagas/epidemiology/en>>. Acesso em: 01 dez. 2023.

PACHECO, L. V., SANTANA, L. S., BARRETO, B. C., SANTOS, E. DE S., MEIRA, C. S. Transmissão oral da doença de Chagas: Uma revisão de literatura, 2021. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. 1-11. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/12636>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

PIRES, H. H. R. *et al.* Dynamics of thermopreference in the Chagas disease vector *Panstrongylus megistus* (Hemiptera: Reduviidae). **Journal of Medical Entomology**, v. 39, n. 5, p. 716–719, 2002. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jme/articleabstract/39/5/716/954169?redirectedFrom=fulltext>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

PODOBNIK, B.; STANLEY, H. E. Detrended cross-correlation analysis: A new method for analyzing two nonstationary time series. **Physical Review Letters**, v. 100, n. 8, p. 1–4, 2008. Disponível em: <<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.100.084102>>. Acesso em: 20 dez. 2022.

RASSI, A.; RASSI, A.; MARIN-NETO, J. A. Chagas disease. **The Lancet**, v. 375, n. 9723, p. 1388–1402, 2010. Disponível em: <[https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(10\)60061-X/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(10)60061-X/fulltext)>. Acesso em: 10 jan. 2023.

ROCHA, G. M.; GODOY, C. V. Desafios à territorialização da atenção básica à saúde em Belém e Região Metropolitana: espaços de vulnerabilidade socioambiental. **Universidade e meio ambiente**, v. 5, n. 1, p. 99–117, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufpa.br/index.php/reumam/article/view/12329/8474>>. Acesso em: 20 jul. 2023.

ROGEZ, H. **Açaí: preparo, composição e melhoramento da conservação**. Belém, PA: EDUFPA, 2000. 313p. Acesso em: 10 jan. 2023.

SAMPAIO, G. H. F. *et al.* Epidemiological profile of acute Chagas disease in individuals infected by oral transmission in Northern Brazil. **Revista Da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 53, n. 1, p. 1-7, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rsbmt/a/rF3gMScH6KM6GcWRBPbnr9v/?lang=en>>. Acesso em: 12 jan. 2023.

SANTOS, S. R. Q. *et al.* Classificação de eventos extremos de precipitação em múltiplas escalas de tempo em Belém-PA: utilizando o Índice de Precipitação Normalizada. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 4, p. 629-635, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233179>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

SANTOS, S. R. Q. *et al.* Frequências dos eventos extremos de seca e chuva na Amazônia utilizando diferentes bancos de dados de precipitação. **Revista Brasileira de**

**Geografia Física**, v. 10, n. 2, p. 468-478, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234033/27465>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

SCHOFIELD, C. J., JANNIN, J., SALVATELLA, R. The future of Chagas disease control. **Trends in Parasitology**, v. 22, n. 12, p. 583-588, 2006. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17049308/>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

SOUSA JÚNIOR, A. S. *et al.* Análise espaço-temporal da doença de Chagas e seus fatores de risco ambientais e demográficos no município de Barcarena, Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 20, n. 4, p. 742-755, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbepid/a/7c8FXzv7LsFNHN9vdf7JWdH/?lang=pt>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

SOUZA, D. S. M.; POVOA, R. M. S. Aspectos epidemiológicos e clínicos da Doença de Chagas aguda no Brasil e na América Latina. **Revista Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo**, v. 26, n. 4, p. 222-229, 2016. Disponível em: <<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-831548>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

VILHENA, A. O. *et al.* D. L. Doença de Chagas aguda no estado do Pará, Brasil: série histórica de aspectos clínicos e epidemiológico em três municípios, no período de 2007 a 2015. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 11, p. 1-11, 2020. Disponível em: <[http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2176-62232020000100015&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2176-62232020000100015&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 10 jan. 2023.