Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DA INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA DOS OCEANOS SOBRE OS CASOS DE MENINGITE EM MACEIÓ

Statistical evaluation of the influence of ocean climate variability on meningitis cases in Maceió

Evaluación estadística de la influencia de la variabilidad del clima del océano em los casos de meningitis en Maceió

Licia Maíra Ramos Pires da Silva
Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT), Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
licia.silva@icat.ufal.br

Djane Fonseca da Silva
Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT), Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
djane.silva@icat.ufal.br

Pedro Fernandes de Souza Neto
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas (UACA), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
piurosfernandes@hotmail.com

Henrique Ravi Rocha de Carvalho Almeida
Centro de Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
henrique.ravi@ceca.ufal.br

Josiclêda Domiciano Galvíncio
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
josicleda@gmail.com

Heliofábio Barros Gomes
Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT), Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
heliofabio@icat.ufal.br

Fabrício Daniel dos Santos Silva
Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT), Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
fabricio.santos@icat.ufal.br

Resumo: Meningite é a inflamação grave das meninges, membranas que revestem o cérebro e toda a medula espinhal, podendo ser causada por vírus, bactérias, parasitas ou fungos. O exame das condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento de doenças ainda carece de atenção direta. O objetivo deste trabalho é trazer uma avaliação estatística da influência climática através dos Índices de Oscilação Sul e Dipolo do Atlântico sobre casos de Meningite em Maceió. Utilizaram-se os dados mensais de precipitação de Maceió, de 2007 a 2021, dados mensais dos índices climáticos, de 2007 a 2023, e dados de casos de Meningite de 2007 a 2023. Foram utilizados os dados mensais de precipitação, provenientes da Agência Nacional das Águas (ANA), dados da National Oceanic and Atmospheric (NOAA), e dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DataSUS). No caso da relação entre meningite com os índices climáticos, o máximo de casos ocorreu principalmente após a influência dos índices climáticos. Já a relação entre os casos de meningite com a precipitação, o máximo de casos ocorreu após os picos máximos da precipitação. Por fim, relacionando precipitação com os índices climáticos, os picos máximos de precipitação ocorreram após os picos máximos dos índices climáticos. Esse tipo de estudo não só enriquece o conhecimento científico, mas também pode ajudar na formulação de políticas públicas mais eficazes, como alertas antecipados baseados em condições climáticas ou adaptações nas estratégias de saúde pública para prevenir surtos em períodos de maior risco. Em resumo, ele conecta ciência, clima e saúde, criando soluções mais integradas para problemas complexos.
Palavras-chave: Índices Climáticos. Ondaleta Cruzada. DataSUS

Abstract: Meningitis is a serious inflammation of the meninges, membranes that cover the brain and the entire spinal cord, may be caused by virus, bacteria, parasites or fungi. The examination of the favorable climatic conditions to the development of diseases still needs direct attention. The objective of this work is to provide a statistical evaluation of the climatic influence through the Southern Oscillation and Atlantic Dipole Indices on Meningitis cases in Maceió. Were used Monthly precipitation data from Maceió, period 2007 to 2021, monthly climate index data from 2007 to 2023, and cases meningitis data from 2007 to 2023. Were used monthly rainfall data from the National Water Agency (ANA), data from the National Oceanic and Atmospheric Agency (NOAA), and data from the Department of Informatics of the Unified Health System (DataSUS). In the case of the relationship between meningitis and climate indexes, the maximum number of cases occurred mainly after the influence of climate indexes. Among the association between the cases of meningitis with rainfall, the maximum number of cases occurred after the maximum peaks of rainfall. Finally, by relating rainfall with climate indices, rainfall maximum peaks occurred after maximum peaks of climate indices. This type of study not only enriches scientific knowledge, but can also to help formulate more effective public policies, such as early warnings based on climate conditions or adaptations in public health strategies to prevent outbreaks during periods of greatest risk. In short, it connects science, climate and health, creating more integrated solutions to complex problems.
Keywords: Climate Indices. Cross Wavelet. DataSUS.

Resumen: La meningitis es una inflamación grave de las meninges, las membranas que recubren el cerebro y toda la médula espinal, y puede ser causada por virus, bacterias, parásitos u hongos. El estudio de las condiciones climáticas favorables al desarrollo de enfermedades aún carece de atención directa. El objetivo de este trabajo es proporcionar una evaluación estadística de la influencia climática a través de los índices de Oscilación Sur y Dipolo Atlántico en los casos de Meningitis en Maceió. Se utilizaron datos mensuales de precipitación de Maceió, de 2007 a 2021, datos mensuales de índices climáticos, de 2007 a 2023, y datos de casos de meningitis, de 2007 a 2023. También se utilizaron datos

mensuales de precipitación de la Agencia Nacional de Aguas (ANA), datos de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) y datos del Departamento de Tecnología de la Información del Sistema Único de Salud (DataSUS). En el caso de la relación entre la meningitis y los índices climáticos, el número máximo de casos se produjo principalmente después de la influencia de los índices climáticos. En cuanto a la relación entre los casos de meningitis y las precipitaciones, el número máximo de casos se produjo después de los picos máximos de precipitación. Finalmente, relacionando la precipitación con los índices climáticos, los picos máximos de precipitación ocurrieron después de los picos máximos de los índices climáticos. Este tipo de estudios no sólo enriquece el conocimiento científico, sino que también puede ayudar en la formulación de políticas públicas más efectivas, como alertas tempranas basadas en las condiciones climáticas o adaptaciones en las estrategias de salud pública para prevenir brotes en períodos de mayor riesgo. En resumen, conecta la ciencia, el clima y la salud, creando soluciones más integradas para problemas complejos.
Palabras clave: Índices climáticos. Ondícula cruzada. DataSUS.

Submetido em: 03/04/2025
Aceito para publicação em: 03/12/2025
Publicado em: 24/07/2026

1. INTRODUÇÃO

Meningite é a inflamação grave das meninges, que são as membranas que revestem o cérebro e toda a medula espinhal e que pode ser causada por vírus, bactérias, parasitas ou fungos. Devido à inflamação das meninges é comum haver rigidez no pescoço, tornando difícil realizar o movimento de encostar o queixo no peito, além de febre, náuseas e dor de cabeça intensa (FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ, 2017).

Segundo a FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ (2017) é importante que a meningite seja detectada assim que surgirem os primeiros sintomas, para que desta forma seja possível que o tratamento inicie rapidamente, evitando assim, o desenvolvimento de lesões que podem resultar em sequelas permanentes ou até morte.

A meningite é uma doença imunoprevenível e ainda é considerada um problema de saúde pública. Supõe-se que anualmente, no mundo, ocorra 1,2 milhão de casos e 135 mil mortes por essa doença, e que sua letalidade possa chegar a 50% quando não há o tratamento adequado.

Os casos de meningite anunciados no país apresentam disparidades regionais, apresentando maior concentração nas Regiões Sul, Sudeste e Nordeste. Tal padrão foi observado tanto em um estudo sobre os casos especificamente de meningite bacteriana quanto em outro, que buscou analisar todos os tipos da doença. Estudos confirmam que, dentre os tipos de meningite destacados, as infecções bacterianas e virais são as mais importantes e estudadas no ponto de vista da saúde pública, uma vez que apresentam maiores índices de ocorrência na população. A meningite bacteriana tem seu destaque no maior número de óbitos e casos relatados à secretaria de saúde no país, contudo, não se pode afirmar que seu modo de transmissão é predominante (MOUNT; BOYLE, 2017; GONÇALVES; MEZAROBBA, 2018).

Os principais tipos de meningite são: Meningite viral; Meningite bacteriana; Meningite fúngica; Meningite eosinofílica; Meningite asséptica. Desde 2021, a Prefeitura de Maceió ampliou a capacitação dos profissionais de saúde nas unidades, para a identificação dos casos suspeitos de meningite, nas múltiplas variações da doença. As equipes de Maceió notaram um aumento importante nos casos, onde no ano completo de 2022 houveram 32 casos, já no ano de 2023, entre janeiro e setembro, os casos subiram para 50 (SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE DE ALAGOAS, 2024).

Segundo o Ministério da Saúde (2024), os casos onde se tem maior preocupação em Alagoas, são os causados pelo Meningococo do sorogrupo B, que é imunopreveníveL. Com vacina disponível apenas na rede privada de atenção à saúde, desta forma as ações de vigilância – notificação, investigação, quimioprofilaxia, monitoramento dos contatos e tratamento oportuno, vêm sendo adotadas pelo Estado de Alagoas, em parceria com o Município de Maceió.

De acordo também com Ministério da Saúde (2024), na última atualização do ano de 2022 foram 23 casos totais de meningite bacteriana, sendo 9 casos meningocócica. Em 2023, já são 21 casos só de meningocócica. Os bairros que têm mais casos são Jacintinho e Benedito Bentes, pelo fato também da característica de transmissão da doença, que é respiratória. Conforme relatório da Secretaria de Estado da saúde de Alagoas (2024), só no ano de 2024, Maceió registrou 116 casos suspeitos de meningite meningocócica, entre eles 26 casos confirmados, 29 em investigação, 60 descartados e 1 em evasão.

As vacinas disponíveis no SUS são: Meningocócica ACWY; Meningocócica C; Pneumocócica 10-valente (Conjugada). O aumento de casos de meningite em Alagoas tem atraído à atenção de autoridades e órgãos ligados à saúde. De 1º de janeiro a 21 de agosto de 2024, o estado registrou 15 casos confirmados da doença e oito óbitos. Segundo a Secretaria de Estado da Saúde (SESAU, 2024), Maceió é a cidade com maior incidência de casos, com 12 registros.

Embora se tenha um número excessivo de casos, cabe destacar que a taxa de incidência pode ser maior, visto que a dificuldade de acesso aos serviços de saúde, a subnotificação dos casos e o empecilho da real confirmação do agente etiológico são condições pertinentes na realidade brasileira.

Portanto, torna-se necessário uma vigilância epidemiológica mais precisa com relação à doença, incluindo o ampliamento das campanhas de vacinação e lançamento de ações de saúde educativas, focadas na prevenção da transmissão e desenvolvimento da meningite, principalmente em relação às crianças e ao espaço escolar.

A análise da influência do clima na saúde humana no Brasil, particularmente na incidência de doenças, compõe expressiva lacuna nos estudos no campo da climatologia geográfica brasileira (MENDONÇA, 2014). A importância deste tipo de estudo reside também no fato de que muitas doenças se caracterizam como reincidentes, ou recorrentes, na

população brasileira, sendo que o exame das condições climáticas favoráveis à manifestação e desenvolvimento das mesmas ainda carece de atenção direta.

No campo epidemiológico, o clima é o aspecto do ambiente físico que tem até agora concentrado maior atenção para estudos epidemiológicos. O clima é a resultante de toda variedade de sistemas e fenômenos meteorológicos específicos, que caracterizam a situação média da atmosfera, em uma região delimitada da superfície terrestre. Estudam-se os fatores climáticos, para que, através deles, possam ser inferidas hipóteses de causalidade a transmissores, quanto a algum fator de risco cuja variação na natureza dependa da variação de algum fator climático.

Os impactos causados pelo clima sobre a sociedade repercutem de diversas formas na saúde humana. Sendo assim, partindo do pressuposto de que algumas doenças infecciosas tendem a seguir um padrão sazonal de incidência, como é o caso da meningite, deve-se considerar o fato de que as mudanças climáticas que vem ocorrendo, podem impactara transmissão de tais doenças. O clima predominante em determinada localidade compreende o conjunto de todos os elementos climáticos em uma combinação singular, que pode acentuar a incidência de certas doenças que afetam o ser humano e influenciar o crescimento, a propagação e a difusão de alguns organismos patogênicos (OLIVEIRA, 2011).

Além disso, por meio de ciclos, a variabilidade climática gera deficiência e/ou excesso de chuvas em todo o globo, que em consequência, produzem anomalias em variáveis meteorológicas, e consequentemente, podem gerar disseminação de doenças. O El Niño Oscilação Sul (ENOS) é o modo mais importante de variabilidade interanual no sistema oceano atmosfera, pois sabe-se que esta oscilação afeta tanto o clima regional quanto global. O El Niño é constituído por anomalias positivas da temperatura da superfície do mar (TSM) na Bacia do Oceano Pacífico, e quando essas anomalias de TSM são negativas, há a fase fria de ENOS, La Niña (WALKER, 1928).

Já o Dipolo do Atlântico (DA) é um fenômeno do sistema oceano-atmosfera que apresenta variabilidade de periodicidade decenal, caracterizado como uma modificação anormal na TSM do Oceano Atlântico Tropical, isto é, quando o Atlântico Tropical Norte estão com suas águas quentes e as águas do Atlântico Equatorial e Tropical Sul encontram-se mais frias, ocasiona movimentos descendentes levando o ar frio e seco de altos níveis da atmosfera para a região setentrional, central e sertão do Nordeste impossibilitando a formação de

nuvens diminuindo assim a precipitação; essa é a fase positiva do Dipolo, podendo acarretar secas (HASTENRATH e HELLER, 1977).

No entanto, quando as águas mais frias são as do Atlântico Tropical Norte e as mais quentes são do Atlântico Tropical Sul existe um aumento nos movimentos ascendentes, aumentando a formação de nuvens, fase negativa do Dipolo.

Este artigo mostra uma avaliação estatística da Influência da Variabilidade climática dos Oceanos, através dos índices climáticos dos Oceanos Pacífico e Atlântico (Índice de Oscilação Sul e Dipolo do Atlântico) sobre a doença sazonal Meningite, em Maceió.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

O Brasil possui 26 Estados mais o Distrito federal, e entre eles, Alagoas, que é o segundo menor estado do país. Localizada na região NE, a capital Alagoana (Figura 1) encontra-se na região leste e tem um clima tropical.

De acordo com CORREIA FILHO *et al* (2021) o clima de Maceió é tropical úmido, com temperaturas altas e bem distribuídas ao longo do ano, além de umidade relativa elevada. Essa configuração climática é influenciada pela proximidade com o Oceano Atlântico, que modera as temperaturas e traz brisas refrescantes para a cidade.

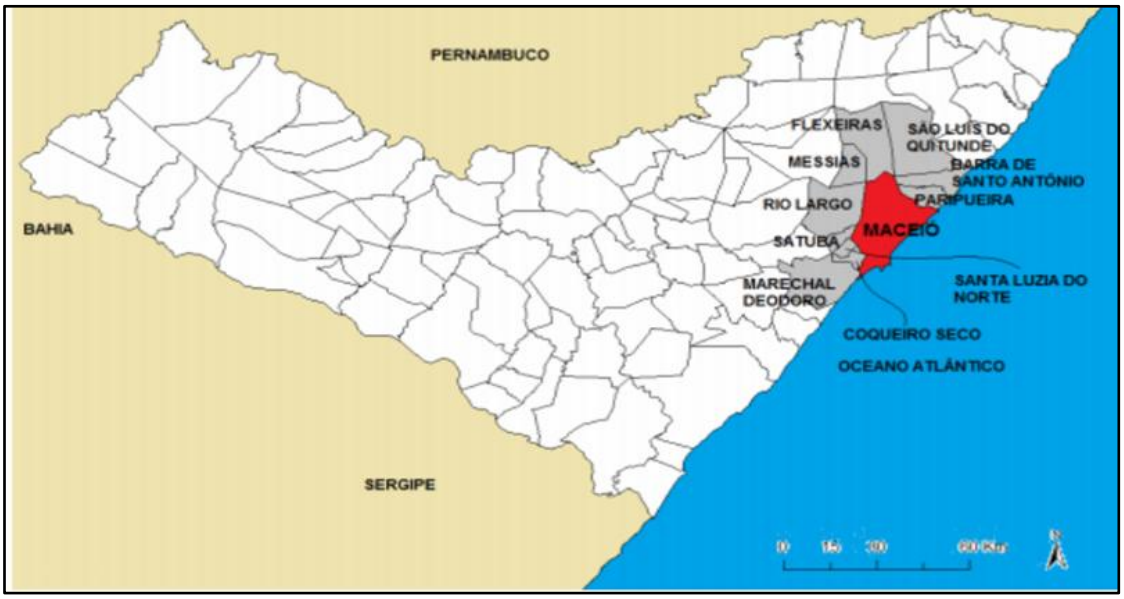
A temperatura média anual varia entre 24 °C e 31 °C, com pouca amplitude térmica. O verão, entre dezembro e março, é a estação mais quente, com temperaturas máximas atingindo frequentemente 33 °C. No inverno, que ocorre de junho a agosto, as mínimas podem chegar a 20 °C, mas o clima ainda é considerado ameno. O período chuvoso se concentra entre os meses de abril e julho, quando a cidade recebe precipitações mais frequentes, embora ocasionalmente sejam prolongadas.

É uma das cidades mais bonitas e turísticas do Brasil, conhecida por suas praias de águas cristalinas, coqueirais e piscinas naturais formadas por recifes de corais. Fundada em 1815, Maceió é também um importante centro cultural e histórico, oferecendo uma rica mistura de tradições locais e influências coloniais.

Com uma população de cerca de 1,03 milhão de habitantes (estimativa de 2023), é um dos principais destinos turísticos do Nordeste brasileiro, atraindo visitantes por suas praias paradisíacas e infraestrutura ecológica.

Ao Norte limita-se com os municípios de Paripueira, Barra de Santo Antônio, São Luís do Quitunde, Flexeiras e Messias; ao sul com Marechal Deodoro e Oceano Atlântico; a oeste faz limite com o município de Rio Largo, Satuba, Santa Luzia do Norte e Coqueiro Seco; e a Leste com o Oceano Atlântico.

Figura 1 - Localização de Maceió - AL e seus limites geográficos.



Fonte: CORREIA FILHO et al (2021).

2.2. Procedimentos Metodológicos

Para atingir o objetivo do trabalho foram usados dados mensais de precipitação de Maceió, provenientes da base de dados de séries históricas da Agência Nacional das Águas (ANA) utilizando o período de 2007 a 2023.

Foram utilizados também os dados de índices climáticos Índice de Oscilação Sul (IOS) e Dipolo do Atlântico (DA) da National Oceanic and Atmospheric (NOAA), para o período de 2007 a 2023.

Para a análise de coerência e fase entre as séries de índices e precipitação com os casos de Meningite, foram obtidos os dados mensais notificados em Maceió, provenientes do banco de dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DataSUS), para o período de 2007 a 2023.

Após o tratamento dos dados, para conhecer melhor o comportamento entre as séries, a análise de ondaleta cruzada foi aplicada para permitir a identificação dos intervalos de

tempo nos quais as séries estão relacionadas, e posteriormente, gerar a previsão dos valores máximos e mínimos.

A Transformada de Ondaletas Cruzada (XTC) é uma extensão bivariada da TO, utilizada para assimilar a relação entre duas séries temporais, junto a Análise de Coerência de Ondaletas (WTC) (ROCHA, 2019). A análise de coerência da ondaleta é utilizada para possibilitar a identificação das bandas de frequências e intervalos de tempo nos quais as duas séries estão associadas (TANG *et al*, 2014). Define-se a coerência da ondaleta como a junção entre o quadrado do espectro cruzado normalizado e o espectro de potência de ondaleta individual (NÓBREGA, 2019).

Ocasionando na correlação cruzada entre as duas séries históricas consistindo em função da frequência, sendo a variação desses valores contida entre 0 a 1 (GRINSTED *et al*, 2004). A avaliação da coerência da ondaleta de duas séries temporais X e Y é descrita conforme a Equação 1 (TORRENCE; WEBSTER (1999); GRINSTED, 2004).

$$(1) \quad R_n^2(s) = \frac{\left|S(s^{-1}W_n^X(s)\right|^2}{S(s^{-1}\left|W_n^X(s)\right|^2)S(s^{-1}\left|W_n^Y(s)\right|^2)}$$

Em que: Rn é a coerência; S é um operador de suavização.

As relações de fases ou defasagens entre as séries temporais são representadas pelo ângulo de inclinação dos vetores. Setas orientadas na horizontal apontadas para a direita (0º) indicam que as séries estão em fase; têm-se as séries em fases opostas quando as setas estão orientadas para a esquerda (180º). Para ângulos negativos entre 0° e 180° (-45º, -90º ou -135º) tem-se que o máximo da 1ª série ocorre antes do máximo da 2ª série, ou seja, a série 1 encontra-se antecipada, ocorrendo antes da série 2; quando as setas se encontram verticalmente para cima, com ângulos positivos (45º, 90º ou 135º) revelam que a 1ª série está defasada, o seu máximo ocorre depois do máximo da 2ª série. É necessário a organização e conhecimento da ordem, onde as séries são processadas, ou seja, qual série é independente, série 1, qual a dependente, série 2, para que, dessa forma, seja possível calcular o período das defasagens, ou o quanto uma variável vai anteceder ou preceder a outra (SILVA, 2015; BLAIN; KAYANO, 2011).

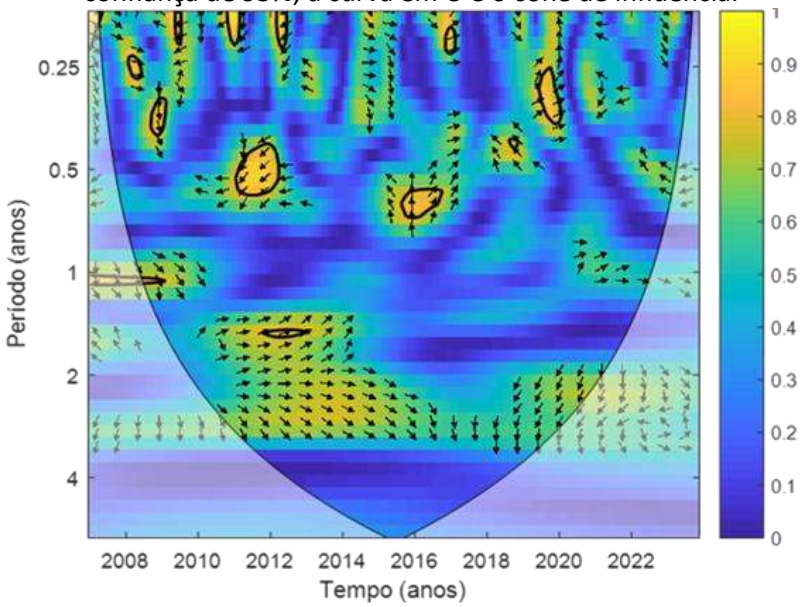
3. DESENVOLVIMENTO

O WTC entre os casos de Meningite e o índice DA (Figura 2) apresentou coerência no período de 0,45 a 0,65 anos, estava fora de fase (seta para esquerda), de 2011 a 2012, com ângulo de 180°, o máximo de casos de Meningite ocorreu de 3,37 a 4,87 meses antes do máximo do DA.

De 2015 a 2016, na escala de 0,55 a 0,75 anos, estava em fase (seta para direita), com ângulo de 45°, o máximo de casos de Meningite ocorreu de 0,82 a 1,12 meses após o máximo do DA. De 2019 a 2020, na escala de 0,25 a 0,35 anos, estava em fase (seta para direita), com ângulo de 45°, o máximo de casos de Meningite ocorreu de 0,37 a 0,52 meses após o máximo do DA.

Assim como em Sousa *et al*. (2007) em João Pessoa – PB, o estudo apresentou que os elementos meteorológicos contribuem sobre a incidência da meningite, justificando que além das condições meteorológicas, existem outras causadas por condições nutricionais, sociais, e de defesa imunológica do organismo humano.

Figura 2: Ondaleta cruzada de coerência (WTC) entre os Casos de Meningite e Dipolo do Atlântico para o período de 2007-2023. Contornos contínuos englobam variâncias significativas ao nível de confiança de 95%; a curva em U é o cone de influência.



Fonte: Autores (2024).

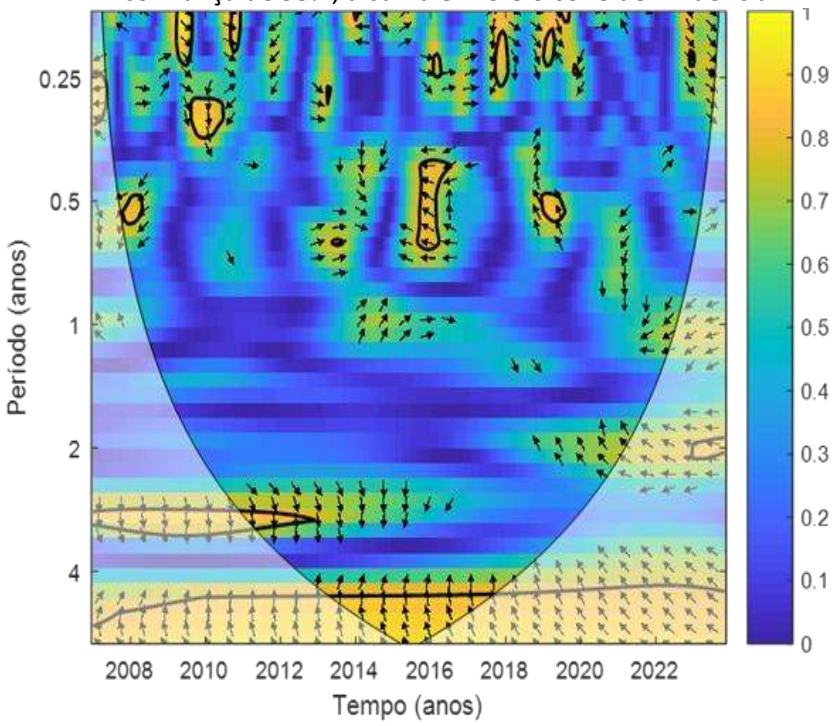
O WTC entre os casos de Meningite e o índice IOS (Figura 3) apresentou coerência no período de 0,25 a 0,35 anos, estava em fase (seta para direita), de 2009 a 2011, com ângulo

de 270°, o máximo de casos de Meningite ocorreu de 1,87 a 2,62 meses antes do máximo do IOS.

No ano de 2016, na escala de 0,40 a 0,70 anos, estava fora de fase (seta para esquerda), com ângulo de 180°, o máximo de casos de Meningite ocorreu de 2,4 a 4,2 meses após o máximo do IOS. De 2013 a 2017, na escala de 4,5 a 5,0 anos, estava fora de fase (seta para esquerda), com ângulo de 90°, o máximo de casos de Meningite ocorreu de 13,5 a 15 meses após o máximo do IOS.

Foram observadas semelhanças com resultados encontrados por Rodrigues (2015), que revelou a alta prevalência da doença no Brasil, no período de 2007 a 2013. Eles também destacaram a segunda maior ocorrência da infecção na região Nordeste. O elevado número de casos, verificados no estudo, pode estar relacionado aos diversos fatores de risco, o clima também se mostrou um fato de importância na contagiosidade da meningite.

Figura 3: Ondaleta cruzada de coerência (WTC) entre os Casos de Meningite e o Índice de Oscilação Sul para o período de 2007-2023. Contornos contínuos englobam variâncias significativas ao nível de confiança de 95%; a curva em U é o cone de influência.



Fonte: Autores (2024).

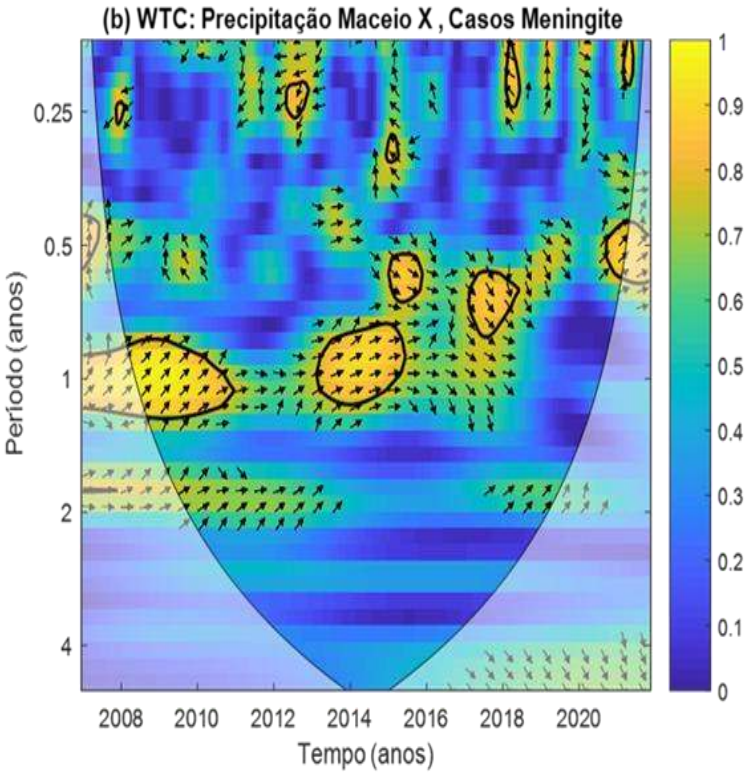
O WTC entre os casos de Meningite e Precipitação (Figura 4) apresentou coerência no período de 0,90 a 1,20 anos, estava em fase (seta para direita), de 2009 a 2011, com ângulo

de 45°, o máximo de casos de Meningite ocorreu de 1,35 a 1,8 meses após o máximo da precipitação.

De 2013 a 2015, na escala de 0,85 a 1,15 anos, estava em fase (seta para direita), com ângulo de 180°, o máximo de casos de Meningite ocorreu de 5,1 a 6,9 meses após o máximo da precipitação. De 2017 a 2018, na escala de 0,60 a 0,90, estava em fase (seta para direita), com ângulo de 270°, o máximo de casos de Meningite ocorreu de 4,5 a 6,75 meses antes do máximo da precipitação.

Foram observadas semelhanças com resultados encontrados por Sousa et. al. (2007) no qual foi estudado os casos de Meningite em João Pessoa – PB. Foi observado que a estação que concentra maior número de casos notificações da doença é o inverno. No outono, à medida que a temperatura diminui e, a umidade e a precipitação aumentam, parece haver um favorecimento para o aumento de casos desta enfermidade.

Figura 4: Ondaleta cruzada de coerência (WTC) entre os Casos de Meningite e a Precipitação em Maceió para o período de 2007-2021. Contornos contínuos englobam variâncias significativas ao nível de confiança de 95%; a curva em U é o cone de influência.



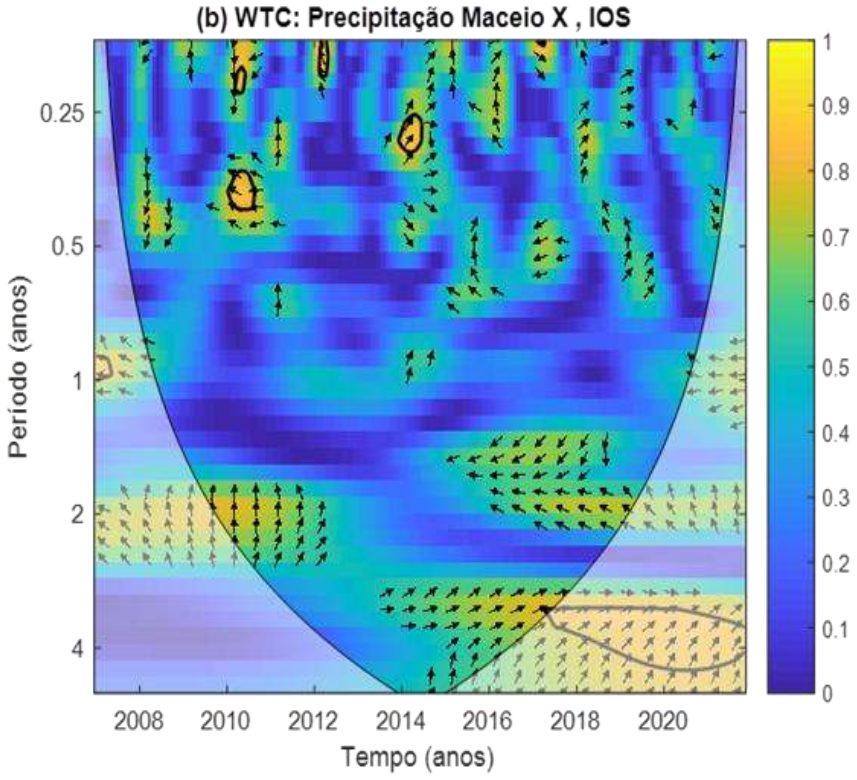
Fonte: Autores (2024).

O WTC entre a Precipitação e o índice IOS (Figura 5) apresentou coerência no período de 0,25 a 0,30 anos, estava em fase (seta para direita), de 2014 a 2015, com ângulo de 45°, o máximo de precipitação ocorreu de 0,37 a 0,45 meses após o máximo do IOS.

De 2010 a 2011, na escala de 0,35 a 0,45 anos, estava fora de fase (seta para esquerda), com ângulo de 180°, o máximo de precipitação em Maceió ocorreu de 2,1 a 2,7 meses após o máximo do IOS. No ano de 2010, na escala de 0,20 a 0,23 anos, estava fora de fase (seta para esquerda), com ângulo de 270°, o máximo de precipitação ocorreu de 1,5 a 1,72 antes do máximo do IOS.

Foram observadas semelhanças com a conclusão feita por Terassi et. al. (2018) sobre a Variabilidade do Índice de Precipitação na Região Norte do Estado do Paraná.

Figura 5: Ondaleta cruzada de coerência (WTC) entre Precipitação em Maceió e o Índice de Oscilação Sul para o período de 2007-2021. Contornos contínuos englobam variâncias significativas ao nível de confiança de 95%; a curva em U é o cone de influência.



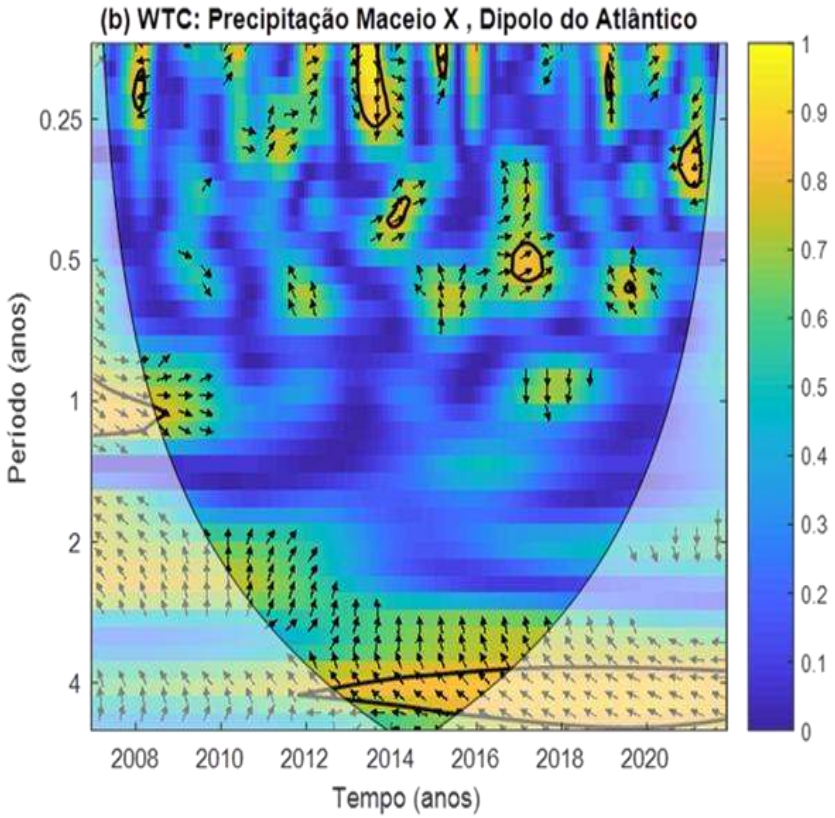
Fonte: Autores (2024).

O WTC entre a Precipitação e o índice DA (Figura 6) apresentou coerência no período de 0,15 a 0,26 anos, estava fora de fase (seta para esquerda), de 2013 a 2014, com ângulo de 270°, o máximo de precipitação ocorreu de 1,12 a 1,95 meses antes do máximo do DA.

No ano de 2021, na escala de 0,26 a 0,35 anos, estava fora de fase (seta para esquerda), com ângulo de 180°, o máximo de precipitação em Maceió ocorreu de 1,56 a 2,1 meses antes do máximo do DA. No ano de 2017, na escala de 0,47 a 0,55 anos, estava em fase (seta para direita), com ângulo de 45°, o máximo de precipitação ocorreu de 0,39 a 0,52 meses após o máximo do DA.

Os resultados encontrados aqui também foram encontrados por Souza *et al*. (2000) sobre a Influência do El Niño, La Niña e Padrão de Dipolo do Atlântico na Precipitação da Amazônia durante 1960-1998.

Figura 6: Ondaleta cruzada de coerência (WTC) entre Precipitação em Maceió e o Dipolo do Atlântico para o período de 2007-2021. Contornos contínuos englobam variâncias significativas ao nível de confiança de 95%; a curva em U é o cone de influência.



Fonte: Autores (2024).

Com os resultados encontrados aqui, foram geradas 3 tabelas resumindo as melhores coerências entre as variáveis.

Tabela 1: Melhores relações entre os casos de Meningite e os índices climáticos.

Variável 1	Tempo de Coerência	Variável 2
Máximo de casos	3,37 a 4,87 meses antes	Máximo do DA
Máximo de casos	0,82 a 1,12 meses após	Máximo do DA
Máximo de casos	0,37 a 0,52 meses após	Máximo do DA
Máximo de casos	1,87 a 2,62 meses antes	Máximo do IOS
Máximo de casos	2,4 a 4,2 meses após	Máximo do IOS
Máximo de casos	13,5 a 15 meses após	Máximo do IOS

Fonte: Autores (2024).

A pesquisa sobre os casos de meningite em Maceió apontou uma possível influência relevante da variabilidade climática dos oceanos. Aplicando o método de ondaleta cruzada, foram estudadas as relações temporais e frequências, entre os casos registrados e os índices climáticos IOS (relacionado ao fenômeno El Niño-Oscilação Sul) e DA (Dipolo do Atlântico). Os resultados (tabela 1) revelam que existe períodos específicos no qual as oscilações climáticas globais estão associadas com os padrões de episódios da doença. Tais momentos de correlação ressaltam como as alterações nas condições atmosféricas e oceânicas, influenciadas por IOS e DA, podem afetar de modo direto o ambiente local e, por consequência, os fatores relacionados à ocorrência da meningite, como umidade, temperatura e condições de saneamento.

Tal conexão apresenta a importância de levar em consideração a variabilidade climática como um fator ambiental significativo na saúde pública, frisando a necessidade de integrar dados climáticos nas estratégias de monitoramento e prevenção de casos de meningite em regiões tropicais.

Tabela 2: Melhores relações entre os casos de Meningite e a precipitação em Maceió.

Variável 1	Tempo de Coerência	Variável 2
Máximo de casos	1,35 a 1,8 meses após	Máximo da Precipitação
Máximo de casos	5,1 a 6,9 meses após	Máximo da Precipitação
Máximo de casos	4,5 a 6,75 meses antes	Máximo da Precipitação

Fonte: Autores (2024).

Tabela 3: Melhores relações entre a precipitação em Maceió e os índices climáticos.

Variável 1	Tempo de Coerência	Variável 2
Máximo da Precipitação	0,37 a 0,45 meses após	Máximo do IOS
Máximo da Precipitação	2,1 a 2,7 meses após	Máximo do IOS
Máximo da Precipitação	1,5 a 1,72 meses antes	Máximo do IOS
Máximo da Precipitação	1,12 a 1,95 meses antes	Máximo do DA
Máximo da Precipitação	1,56 a 2,1 meses antes	Máximo do DA
Máximo da Precipitação	0,39 a 0,52 meses após	Máximo do DA

Fonte: Autores (2024).

Compreender a relação entre os índices climáticos globais, como o Índice de Oscilação Sul (IOS) e o Dipolo do Atlântico (DA), e a incidência de meningite em Maceió é fundamental para avançarmos nas estratégias de prevenção e combate a essa enfermidade (Tabela 1). Esses índices representam fatores essenciais da variabilidade climática, influenciando diretamente aspectos locais, como precipitação, temperatura e umidade, todos associados à ocorrência de doenças infecciosas.

Além disso, ao analisar a correlação entre os casos de meningite e os padrões de precipitação em Maceió, este estudo aprofunda-se na compreensão de como determinadas condições climáticas podem favorecer a disseminação da doença (Tabela 2). Por exemplo, períodos de chuvas intensas ou estiagens prolongadas podem comprometer o saneamento básico, a proliferação de vetores e até modificar o comportamento populacional, contribuindo para o surgimento de surtos.

Outro aspecto relevante a ser investigado é a influência dos índices climáticos sobre a variabilidade da precipitação em Maceió (Tabela 3). Essa abordagem possibilita a correlação entre a escala global (clima) e a escala local (impactos diretos), evidenciando como as oscilações oceânicas podem desencadear um efeito em cascata, afetando desde o sistema climático global até a saúde pública em um contexto urbano específico.

A aplicação do método de ondaleta cruzada constitui um diferencial nesta pesquisa, pois viabiliza a identificação de padrões de correlação e sincronização entre diferentes fenômenos climáticos e suas escalas de variação. Esse método se destaca por sua capacidade de detectar relações temporais que outras técnicas estatísticas convencionais frequentemente não conseguem identificar com a mesma precisão.

Além de contribuir para o avanço do conhecimento científico, esse tipo de estudo também apresenta uma relevância prática significativa. Ele pode subsidiar a formulação de políticas públicas mais eficazes, viabilizando a implementação de sistemas de alerta precoce baseados em condições climáticas e a adaptação de estratégias de saúde pública para mitigar a incidência de surtos em períodos de maior vulnerabilidade. Dessa forma, a pesquisa estabelece uma interconexão entre ciência, clima e saúde, promovendo abordagens mais integradas para a solução de desafios complexos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos dados sugere que as variáveis climáticas exercem influência sobre a incidência da meningite em Maceió, mas não constituem os únicos fatores determinantes. A complexidade dessa relação reforça a necessidade de aprofundamento das investigações, com vistas ao desenvolvimento de estratégias mais eficazes para a mitigação e prevenção da doença

Com o monitoramento dos indicadores climáticos, casos de meningite e precipitação em Maceió, juntamente com a aplicação das Ondaletas Cruzadas, é possível perceber que os resultados obtidos evidenciam uma complexa inter-relação de fatores que influenciam a ocorrência dessa enfermidade.

Os resultados encontrados indicam que, em relação aos casos de meningite comparados aos índices climáticos, observou-se que os picos mais elevados dos casos ocorreram, em grande parte, após a influência dos índices climáticos analisados.

Ao examinar os casos de meningite em relação à precipitação, foi identificado que os picos máximos de ocorrência dos casos sucederam os picos máximos de precipitação.

No que se refere à precipitação em relação aos índices climáticos, verificou-se que os picos mais altos de precipitação ocorreram após os picos máximos dos índices climáticos considerados na análise.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Sistema de Informações Hidrológicas – HidroWeb**: séries históricas de precipitação. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/hidroweb/. Acesso em: 13 out. 2024.

BLAIN, Gabriel Constantino; KAYANO, Mary Toshie. 118 Anos de Dados Mensais do Índice Padronizado de Precipitação: Série Meteorológica de Campinas, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.1, p.137-148, 2011.

CORREIA FILHO, Washington Luiz Félix; OLIVEIRA-JÚNIOR, José Francisco; LYRA, Gilberto Barbosa; ZERI, Marcos. Climatologia da Chuva em Maceió: Aspectos Climáticos e Ambientais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 29, p. 551-574, 2021.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ – FIOCRUZ. **Infectologista alerta para os riscos da meningite**. Portal Fiocruz, 03 jul. 2017. Disponível em: https://fiocruz.br/noticia/2017/07/infectologista-alerta-para-os-riscos-da-meningite. Acesso em: 08 set. 2024.

GONÇALVES, Helena Caetano; MEZZAROBA, Naiara. Meningite no Brasil em 2015: o panorama da atualidade. **Arquivos Catarinenses de Medicina**, v. 47, n. 1, p. 34-46, 2018.

GRINSTED, Aslak.; MOORE, John Coleman.; JEVREJEVA, Svetlana. **Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series**. Nonlinear processes in geophysics, v.11, p.561-566, 2004.

HASTENRATH, Stefan; HELLER, Leon. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 103, n. 435, p. 77–92, 1977.

MENDONÇA, Francisco. Aspectos da interação clima – ambiente – saúde humana: da concepção metodológica à análise espacial. **Revista da Associação dos Geógrafos Brasileiros** – Série Estudos Regionais / A Geografia em Debate (R-AEGA), v. 38, n. 2, p. 117-132, 2014.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Meningite**. Brasília: Ministério da Saúde, 2024. Disponível em: <https://www.m.com/meningite>. Acesso em: 8 set. 2024.

MOUNT, Hillary R; BOYLE, Sean D. Aseptic and Bacterial Meningitis: Evaluation, Treatment, and Prevention. **American Family Physician**, 2017; 96(5): 314-322.

NOAA – **Physical Sciences Laboratory**. Climate Indices: Monthly Atmospheric and Ocean Time Series. Disponível em: <https://psl.noaa.gov/data/climateindices/list/>. Acesso em: 13 out. 2024.

NÓBREGA, José Nildo da. **Estudos de variabilidades interanual e interdecenal da precipitação pluvial das regiões hidrográficas da parte setentrional oriental do Brasil utilizando a análise de ondaletas**. 2019. 160 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Pós-Graduação em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2019.

OLIVEIRA, Josildo Severino de. **Variáveis Meteorológicas e as ocorrências de doença meningocócica no município de Manaus de 2007 a 2009**. Monografia - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

ROCHA, Renan Vieira; SOUZA FILHO, Francisco de Assis de; SILVA, Samiria. Análise da Relação entre a Precipitação Média do Reservatório Orós, Brasil – Ceará, e os índices PDO e AMO através da Análise de Changepoints e Transformada de Ondeletas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 2019. 34(1), 139–149.

RODRIGUES, Erick de Miranda Bento. **Meningite: perfil epidemiológico da doença no Brasil nos anos de 2007 a 2013**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Biomedicina) — Centro Universitário de Brasília (UniCEUB), Brasília, 2015.

SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE DE ALAGOAS. Boletim semanal de doenças meningocócica em Alagoas. Disponível em: <https://saude.al.gov.br>. Acesso em: 8 nov. 2024.

SILVA, Rosimeire Araújo. **Padrões de variabilidade multiescalar na temperatura da superfície do mar no Atlântico Tropical e Norte e seus efeitos nas chuvas da América do Sul**. Tese (Doutorado em Clima e Ambiente) – INPA, Manaus-AM, 2015.

SOUZA, Edson Brígido de; KAYANO, Mary Toshie; TOTA, Julio; PEZZI, Luciano; FISCH, Gilberto; NOBRE, Carlos. On the influences of the El Niño, La Niña and Atlantic dipole pattern on the Amazonian rainfall during 1960-1998. **Acta Amazônica**, v. 30, n. 2, p. 305–318, 2000.

SOUSA, Nadja Maria Nascimento; DANTAS, Renílson Targino; LIMEIRA, Rodrigo Cézar. Influência de variáveis meteorológicas sobre a incidência da dengue, meningite e pneumonia em João Pessoa-PB. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.2, p.183-192, 2007.

SUS – **Sistema Único de Saúde; DATASUS**; Tabnet: Epidemiológicas e Morbidade; Doenças e Agravos de Notificação – 2007 a 2012; 2013 em diante (SINAN): Meningite. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br>. Acesso em: 8 nov. 2024.

TANG, Chunling; CHEN, Dong; CROSBY, Benjamin Thomas; PIECHOTA, Thomas Charles; WHEATON, Joseph. **Is the PDO or AMO the climate driver of soil moisture in the Salmon River Basin**. Idaho? Global and Planetary Change, v.120, p.16-23, 2014.

TERASSI, Paulo Miguel de Bodas; OLIVEIRA-JÚNIOR, José Francisco de; GÓIS, Givanildo de. Variabilidade do Índice de Precipitação Padronizada na Região Norte do Estado do Paraná Associada aos Eventos de El Niño-Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.33, n.1, p.11-25, 2018.

WALKER, Gilbert Thomas. Ceará (Brazil) famines and the general air movement. **Beitrage zur Physik der freien Atmosphare**, v.14, p.88-93, 1928.