



UNILAB

UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA

AFRO-BRASILEIRA

INSTITUTO DE CIÊNCIA DA SAÚDE- ICS

BACHARELADO EM ENFERMAGEM

MARIA VITÓRIA SOUSA SILVA

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA, PRECIPITAÇÃO E UMIDADE RELATIVA DO
AR NO DIABETES MELLITUS NO CEARÁ**

REDENÇÃO - CEARÁ

2024

MARIA VITÓRIA SOUSA SILVA

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA, PRECIPITAÇÃO E UMIDADE RELATIVA DO
AR NO DIABETES MELLITUS NO CEARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao corpo docente da Graduação em Enfermagem da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Enfermagem.

Orientadora: Profa. Dra. Rafaella Pessoa Moreira.
Co-orientadora: Ms. Clara Beatriz Costa da Silva

**REDENÇÃO - CEARÁ
2024**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Silva, Maria Vitória Sousa.

S586i

Influência da temperatura, precipitação e umidade relativa do ar
no diabetes mellitus no Ceará / Maria Vitória Sousa Silva. -
Redenção, 2024.
42f: il.

Monografia - Curso de Enfermagem, Instituto De Ciências Da
Saúde, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-
Brasileira, Redenção, 2024.

Orientadora: Prof. Dr.^a Rafaela Pessoa Moreira.

Coorientadora: Profa. Ms. Clara Beatriz Costa da Silva.

1. Diabetes Mellitus. 2. Enfermagem. 3. Mudança Climática. 4.
Variabilidade climática. I. Título

CE/UF/BSCA

CDD 616.462

MARIA VITÓRIA SOUSA SILVA

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA, PRECIPITAÇÃO E UMIDADE RELATIVA DO AR
NO DIABETES MELLITUS NO CEARÁ

Trabalho de conclusão do curso apresentado ao corpo docente da Graduação em Enfermagem da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Enfermagem.

Orientadora: Profa. Dra. Rafaella Pessoa Moreira.
Co-orientadora: Ms. Clara Beatriz Costa da Silva

Aprovada em: ____/____/____

Profa. Dra. Rafaella Pessoa Moreira (Orientadora)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Ms. Clara Beatriz Costa Da Silva (Co-orientadora)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Profa. Dra. Andressa Suelly Saturnino De Oliveira (Membro interno)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Profa. Dra. Huana Carolina Cândido Moraes (Membro interno)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Profa. Dra. Vanessa Emille Carvalho de Sousa Freire (Membro Suplente)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Ms. José Erivelton de Souza Maciel Ferreira (Membro Suplente)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero externar minha total gratidão ao meu Deus, o meu pai, amigo de todas as horas e fiel protetor, que me auxiliou em todos os momentos cruciais da minha vida, que supriu os mínimos detalhes e nunca me desamparou. Aos meus pais que foram essenciais na minha formação como pessoa e como profissional, sou grata por todo reconhecimento e suporte emocional que ofereceram-me em todo percurso. Sou grata a minha irmã Dandara, por todo incentivo e companheirismo. Ao meu noivo Paulo Henrique por todo suporte que me ofereceu no processo educacional.

Também quero externar meus agradecimentos mais que especiais a minha estrela que brilha no céu (minha avó Dida), que através das suas orações poderosas e edificantes, hoje estou concluindo um sonho que compartilhamos juntas. Aos meus irmãos e Pastores José Carlos e Mirian Rodrigues (Igreja Assembleia de Deus Montese - Aracoiaba), agradeço por todas orações e intercessões que efetuaram por mim. Também sou grata à minha co-orientadora Clara Beatriz, por todo apoio, paciência e disponibilidade em me orientar nessa etapa final acadêmica.

As minhas amigas (Larissa e Lícia) que tornaram os dias mais leves e agraciados com risadas, histórias e momentos juntas que compartilhamos no decorrer da faculdade. Como também a todos que fizeram parte da turma de enfermagem (2019.1), a vocês a minha eterna gratidão.

Ao corpo docente do Instituto de Ciências em Saúde, por todo conhecimento repassado, aprendizado técnico e prático, aos colaboradores, servidores e motoristas que foram essenciais no suporte assistencial na minha formação.

E por fim, a Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, que me forneceu bons momentos, ensino e uma formação superior. A todos supracitados, meu muitíssimo Obrigado.

RESUMO

Os efeitos direcionados a variabilidade climática são diversos e costumam interferir na saúde humana de forma direta e indireta, trazendo consequências para o bem estar físico, como o aumento de internações hospitalares por diabetes mellitus (DM). Assim, são necessários estudos focados na variabilidade climática e sua influência na saúde humana, uma vez que poucos estudos são direcionados a essa temática. Deste modo, o objetivo geral deste estudo foi: analisar de forma espacial, temporal e descritiva os casos de internação por diabetes mellitus e sua relação com variáveis climáticas em região de clima seco no Ceará. O estudo é do tipo ecológico com análise de série-temporal. Os dados utilizados nas internações por DM foram do DATASUS, e os dados das variáveis climáticas foram obtidos do banco de dados de Xavier *et al.* de 2022. Identificaram-se 57.946 pessoas internadas por DM que foram notificadas e registradas no SIH no período de 2008 a 2019. As regiões de planejamento que tiveram os maiores quantitativos de internações e os coeficientes de prevalência médio foram, respectivamente: Região do Cariri - Aurora 675 internações (CP>244 casos/100 mil habitantes); Sertão dos Inhamuns - Tauá 1384 internações (CP>190 casos/100 mil habitantes); Maciço de Baturité - Aracoiaba 458 internações (CP > 152/100 mil habitantes); Litoral Leste - Mucambo 323 internações (CP>124 casos/100mil habitantes; Sertão de Cratéus - Iporanga 234 internações (CP>122 casos/100 mil habitantes). Nesse estudo, identificou-se que os anos 2009 e 2012 foram os anos com os maiores CP por DM no Estado do Ceará e as regiões do Sertão do Cariri, Sertão de Sobral e Sertão de Inhamuns, foram as que apresentaram maior prevalência da doença. Em relação a distribuição das internações e a climatologia do Estado, observou-se que na maioria das regiões nas quais ocorreram o aumento de internações por DM, concomitantemente foi observada elevação na temperatura e redução na precipitação e umidade relativa.

Palavra-chave: Diabetes Mellitus. Enfermagem. Mudança Climática. Variabilidade climática.

ABSTRACT

The effects caused by climate variability are diverse and tend to interfere with human health directly and indirectly, bringing consequences for physical well-being, such as an increase in hospital admissions due to diabetes mellitus (DM). Therefore, studies focused on climate variability and its influence on human health are necessary, since few studies are focused on this topic. Therefore, the general objective of this study was: to analyze in a spatial, temporal and descriptive way the cases of hospitalization due to diabetes mellitus and their relationship with climatic variables in a dry climate region in Ceará. The study is ecological in nature with time-series analysis. The data used in hospitalizations for DM were from DATASUS, and data on climate variables were obtained from the database of Xavier et al. 2022. 57,946 people hospitalized for DM were identified and were notified and registered in the SIH in the period from 2008 to 2019. The planning regions that had the highest number of hospitalizations and the average prevalence coefficients were, respectively: Cariri Region - Aurora 675 hospitalizations (CP>244 cases/100 thousand inhabitants); Sertão dos Inhamuns - Tauá 1384 hospitalizations (CP>190 cases/100 thousand inhabitants); Baturité Massif - Aracoiaba 458 hospitalizations (CP > 152/100 thousand inhabitants); East Coast - Mucambo 323 hospitalizations (CP>124 cases/100 thousand inhabitants); Sertão de Cratêus - Iporanga 234 hospitalizations (CP>122 cases/100 thousand inhabitants). In this study, it was identified that the years 2009 and 2012 were the years with the highest CP due to DM in the State of Ceará and the regions of Sertão do Cariri, Sertão de Sobral and Sertão de Inhamuns, were those with the highest prevalence of the disease. In relation to the distribution of hospitalizations and the climatology of the State, it was observed that in the. In most regions where there was an increase in hospitalizations for DM, an increase in temperature and a reduction in precipitation and relative humidity were concomitantly observed.

Keywords: Diabetes Mellitus. Nursing. Climate Change. Climatic Variability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Coeficiente de Prevalência Médio de DM no Ceará, entre 2008 e 2019. Redenção (CE), Brasil, 2024.....	19
Figura 2 –	Distribuição do Coeficiente de internação por DM no Ceará entre 2008 e 2019. Redenção (CE), Brasil, 2024.....	22
Figura 3 -	Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e climatologia, entre 2008 e 2019. Redenção (CE), Brasil, 2024.....	23
Figura 4 -	Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2008. Redenção (CE), Brasil, 2024.....	24
Figura 5 -	Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2009. Redenção (CE), Brasil, 2024.....	25
Figura 6 -	Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2010. Redenção (CE), Brasil, 2024.....	26
Figura 7 -	Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2011. Redenção (CE), Brasil, 2024.....	28
Figura 8 -	Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2012. Redenção (CE), Brasil, 2024.....	29
Figura 9 -	Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2013. Redenção (CE), Brasil, 2024.....	30
Figura 10 -	Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2014. Redenção (CE), Brasil, 2024.....	31
Figura 11 -	Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2015. Redenção (CE), Brasil, 2024.....	32
Figura 12 -	Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2016. Redenção (CE), Brasil, 2024.....	33
Figura 13 -	Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2017. Redenção (CE), Brasil, 2024.....	34
Figura 14 -	Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2018. Redenção (CE), Brasil, 2024.....	35
Figura 15 -	Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2019. Redenção (CE), Brasil, 2024.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CP	Coeficiente de Prevalência
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
DCNT	Doenças Crônicas Não Transmissíveis
DM	Diabetes Mellitus
DSC	Doença Sensível ao Clima
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMA	Índice Municipal de Alerta
IPCC	Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas
OMS	Organização Mundial de Saúde
SIH	Diagnóstico de Enfermagem
SUS	Sistema de Internação Hospitalar
UNILAB	Universidade da integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
VIGITEL	Sistema de Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	Objetivo Geral.....	15
3	METODOLOGIA.....	16
3.1	Tipo de estudo.....	16
3.2	Cenário da pesquisa.....	16
3.3	População da pesquisa e critérios de elegibilidade.....	16
3.4	Variáveis da pesquisa.....	17
3.5	Descrição das fontes dos dados.....	17
3.5.1	Levantamento de dados:Diabetes Mellitus.....	17
3.5.2	Levantamento de dados: Temperatura média, precipitação e umidade.....	18
3.6	Análise dos dados.....	18
3.7	Aspectos éticos.....	18
4	RESULTADOS.....	19
4.1	Prevalência das Internações por DM no Ceará, entre 2008 e 2019. Redenção, 2024.....	19
4.2	Internações por DM e climatologia do Ceará entre 2008 e 2019. Redenção, 2024.....	22
5	DISCUSSÃO.....	37
6	CONCLUSÃO.....	39
	REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

Os efeitos deletérios das mudanças climáticas na saúde humana são uma preocupação mundial. Segundo o Relatório do Painel Intergovernamental das Mudanças Climáticas (IPCC, 2024), a intensificação da variabilidade climática acarretará em mais danos à saúde dos seres humanos. Considerando este cenário, a primeira declaração científica sobre mudança climática e saúde foi publicada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) em 1990, com a temática “Mudanças Climáticas e Saúde Humana”. Desde então, uma série de estudos e pesquisas vêm sendo desenvolvidos sobre as mudanças no clima, tornando-a o centro de discussões nos setores do ambiente e saúde (Fernandes *et al.*, 2021).

Com a intensificação das mudanças climáticas, também agravaram-se as doenças sensíveis ao clima (DSC), caracterizadas como doenças em que o clima interfere direta e indiretamente no estado fisiológico e saudável do ser humano. Essa influência pode ser uma consequência da intensificação da proliferação de vetores, que podem favorecer risco de contaminação em massa ou, devido ao agravamento de doenças crônicas (Sousa *et al.*, 2018).

Dessa forma, a partir de pesquisas recentes, identificou-se que algumas doenças são influenciadas pela variabilidade do clima, dentre elas: chikungunya, febre-amarela, zika vírus e dengue (Costa *et al.*, 2022); asma (Dias *et al.*, 2020); diarreia (Moreira *et al.*, 2022); doenças cardiovasculares (Sousa *et al.*, 2018) e diabetes mellitus (Ratter-Rieck; Roden, 2023).

O diabetes mellitus (DM) é uma doença sensível ao clima, mas também é classificada como metabólica, dividida em dois tipos, sendo o DM tipo 1 decorrente da destruição autoimune das células β pancreáticas, resultando em hiperglicemia, e o DM tipo 2 é decorrente da resistência à ação da insulina pelos tecidos insulino dependentes, que ocasiona em redução das células β pancreáticas (Sociedade Brasileira de Diabetes - SBD, 2024). Com as altas concentrações de glicose na corrente sanguínea, ocorre o agravamento dos efeitos degenerativos crônicos, associados à falência de diversos órgãos, como os rins, coração, olhos, nervos e vasos sanguíneos (Nandi, 2021).

As mudanças climáticas impactam o aumento de novos casos ou intensificam a prevalência já existente da doença, ampliando sua morbimortalidade, como observado no caso do diabetes mellitus (DM). Segundo a OMS, o diabetes mellitus em 2019 ocupava a sexta causa de mortalidade nas Américas, e em 2021, aproximadamente 6,7 milhões de pessoas morreram em decorrência do diabetes mellitus. Além da mortalidade, o DM está associado a complicações, favorecendo as internações hospitalares. No mesmo estudo, a OMS relatou que

o diabetes mellitus é a doença responsável por maiores índices de cegueira, amputações de membros inferiores e doença renal crônica, em indivíduos entre 40 a 74 anos (Organização Mundial da Saúde, 2022).

Diante do exposto, o diabetes mellitus tornou-se nas últimas décadas uma das principais pautas da saúde pública mundial (Organização Mundial da Saúde - OMS, 2022). Conforme o Atlas do diabetes mellitus, em 2021, aproximadamente 10,5% da população adulta entre 20 e 79 anos tem diabetes mellitus, e um percentual quase igualitário não tem conhecimento que tem a doença. Os dados projetam que no ano de 2045, 1 em cada 8 adultos, serão diagnosticados com DM, resultando, aproximadamente, em 783 milhões de indivíduos com diabetes mellitus, um aumento de 46% da doença (Organização Mundial da Saúde - OMS, 2022).

No Ceará, analisou-se que o gênero feminino tem o diagnóstico de diabetes mellitus com maior predominância na cidade de Fortaleza-CE (13,6%), assim como, nacionalmente o gênero feminino apresentou (11,1%) valor maior do que gênero masculino (9,1%). Entretanto, em ambos os sexos, a frequência dessa condição aumentou intensamente com a idade e diminuiu com o nível de escolaridade. Este estudo foi realizado pelo Sistema de Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (VIGITEL) à qual é vinculado ao sistema de Vigilância de Fatores de Risco para doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) do Ministério da Saúde (Brasil, 2023).

Essas variações podem ser vinculadas a insegurança alimentar e hídrica em contexto socioeconômico de baixo nível, tornando as comunidades civis mais vulneráveis e suscetíveis aos efeitos adversos da variação climática, seja na ausência de água potável ou alimentos inapropriados, favorecendo oscilações glicêmicas e distúrbios de desidratação corporal. Além disso, essa classe econômica, é formada por civis ausentes de conhecimento sobre a temática, por isso, sofrem com mais intensidade os efeitos negativos das mudanças climáticas. Em suma, a mudança climática está inter-relacionada a condicionantes sociais (Painel Intergovernamental sobre Mudança Climáticas - IPCC, 2014).

Em relação aos aspectos climáticos no Nordeste, o clima predominante é do tipo semiárido, este tipo de clima apresenta como característica o déficit na precipitação. Deste modo, as populações residentes nessas regiões do Brasil, vivem em constante exposição a condições climáticas extremas, com períodos extensos de seca ou em abundância de chuvas, tornando-os mais vulneráveis aos efeitos deletérios do clima e consequentemente suscetíveis às mudanças fisiológicas no sistema humano (Kirsch; Schneider, 2016).

No Ceará, a ferramenta Índice Municipal de Alerta (IMA) é utilizada como uma ferramenta de gestão, que o Governo do Estado do Ceará usa para identificar os municípios que podem ser mais afetados pelas intempéries climáticas e pela falta de recursos hídricos adequados. Em 2023 o IMA avaliou e classificou os municípios consoante a sua vulnerabilidade. Destacou-se, a presença de 21 municípios classificados como de "Alta Vulnerabilidade" (11,41% do total), enquanto 25 municípios foram enquadrados na categoria de "Baixa Vulnerabilidade" (13,59%). É relevante notar que a maioria dos municípios cearenses concentra-se nas classes de "Média-Alta" e "Média Vulnerabilidade", respectivamente (47,28%) e (27,72%) do total de municípios (Índice Municipal de Alerta - IMA, 2023).

Essas instabilidades climáticas influenciam no controle térmico e interferem em mecanismos fisiológicos do corpo. Quando ocorre o aumento de uma variável climática, como a temperatura, tem-se a perda de água do corpo, originando-se o fenômeno da desidratação, essa condição nos indivíduos diagnosticados com DM acarreta Hiperglicemia (níveis elevados de glicose na corrente sanguínea), e com temperatura mais baixa a (sensibilidade a insulina é aumentada), causando hipoglicemia (Wainstock, 2019).

Estudos também apontam que condições socioeconômicas e baixa escolaridade influenciam no diagnóstico do DM. Segundo Tonaco *et al.* (2021), a elevação do diagnóstico por DM é devido à inacessibilidade alimentar e nutricional correta, à exposição a fatores poluentes e à alta taxa de analfabetismo. Isso resulta em perfis de moradores em áreas inapropriadas, perigosas e insalubres. Além disso, os efeitos adversos climáticos, como enchentes, inundações e deslizamentos, afetam esses portadores vulneráveis, potencializando as complicações de forma indireta. Isso causa transtornos emocionais e descontinuidades do tratamento farmacológico. Diretamente, desencadeia vasodilatação, sudorese, resistência à insulina, inflamação crônica em grau baixo e estresse térmico (Ratter-Rieck; Roden, 2023).

Essas condições extremas, subornam e alteram o controle do organismo com diabetes mellitus, podendo desencadear diversas complicações agudas, como cetoacidose diabética e estado de hiperosmolar-hiperglicêmico, ou crônicas, como microangiopáticas (retinopatia, nefropatia e neuropatias) ou microangiopáticas (doença vascular cerebral e doença vascular periférica), favorecendo a internação hospitalar para resolução aguda ou crônica da DM (Ratter-Rieck; Roden 2023).

Neste contexto, populações que residem em regiões de clima seco, nas quais as condições climáticas são extremas, podem ser mais suscetíveis ao agravamento de condições preexistentes, como o diabetes mellitus. Deste modo, são necessárias ações de planejamento

para intervir em agravos maiores em saúde, como também ações que considerem os efeitos do clima sobre a saúde, para que sejam desenvolvidas ações direcionadas a reduzir efeitos adversos, como as internações. Diante do exposto, percebe-se que o número de casos de diabetes mellitus no mundo tem-se tornado ainda maior nas últimas décadas, e que um dos fatores que podem influenciar neste aumento, são as mudanças climáticas. No entanto, poucos estudos são direcionados a investigar a influência do clima na saúde humana, considerando tipos climáticos específicos, como as regiões de clima seco. Portanto, o objetivo geral deste estudo foi: analisar de forma espacial, temporal e descritiva os casos de diabetes mellitus e sua relação com variáveis climáticas em região de clima seco.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

- a) Analisar de forma espacial, temporal e descritiva a prevalência das internações por Diabetes Mellitus e a climatologia do Estado do Ceará, entre 2008 e 2019.

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo de estudo

Trata-se de um estudo descritivo, de abordagem quantitativa, do tipo ecológico com análise de séries temporais. Este estudo é caracterizado por analisar comparativos entre a incidência de uma referida doença com as camadas civis (países e estados ou municípios), para analisar a existência de associação entre elas (Pimenta *et al.*, 2021).

A metodologia utilizada neste estudo foi estruturada segundo as diretrizes *STROBE*, para relatórios de estudos observacionais em epidemiologia, obedecendo às particularidades do estudo ecológico e das séries temporais (Malta *et al.*, 2010).

3.2 Cenário da pesquisa

A área estudada está localizada na região Nordeste do Brasil. O Estado do Ceará possui aproximadamente 8.794.957 habitantes e é composto por 184 municípios, divididos em mesorregiões de planejamento: Cariri; Centro Sul; Grande Fortaleza; Litoral Leste; Litoral Norte; Litoral Oeste/Vale do Curu; Maciço de Baturité; Serra da Ibiapaba; Sertão Central; Sertão de Canindé; Sertão dos Crateús; Sertão dos Inhamuns; Sertão de Sobral; Vale do Jaguaribe (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2022).

3.3 População da pesquisa e critérios de elegibilidade

A população analisada no estudo foram todos os indivíduos residentes nos 184 municípios do Estado do Ceará que foram notificados como casos de internação por diabetes mellitus (tipo 1 ou tipo 2) pelo Sistema de Internação Hospitalar (SIH), no período de janeiro/2008 a dezembro/2019.

O início da série foi definido a partir de 2008, devido ao acesso disponível dos dados no SIH. Já o período final da série (2019), deve-se ao cenário pandêmico da COVID-19, no qual resultou em aumentos de internações e óbitos devido à doença ou complicações associadas. Em relação aos critérios de exclusão, foram excluídos do estudo as internações que apresentaram dados incompletos ou indisponíveis na base de dados.

3.4 Variáveis da pesquisa

Neste estudo, foram consideradas variáveis dependentes os casos de internação por DM e o seu coeficiente de prevalência (CP). Como variáveis independentes, foram definidas três variáveis climáticas (temperatura média, precipitação e umidade relativa do ar).

3.5 Descrição das fontes dos dados

A base de dados utilizada para obtenção das informações referentes às internações por DM foi o Sistema de Informações Hospitalares (SIH). Em relação às variáveis climáticas, os dados foram obtidos do banco de dados meteorológicos diários em grade do Brasil de Xavier *et al.*, (2022).

Sobre o banco de dados de Xavier *et al.*, (2022), se caracteriza por um banco de dados meteorológicos diários em grade do Brasil (do inglês Brazilian Daily Weather Gridded Data - BR-DWGD), a partir dele foram obtidos os valores diários da temperatura média, precipitação e umidade relativa do ar.

3.5.1 Levantamento de dados: Diabetes Mellitus

Os dados de Diabetes mellitus foram obtidos em 17 de fevereiro de 2024, oriundos do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), na página do SIH. A escolha em se trabalhar com os dados oriundos do SIH foi pautada na acessibilidade facilitada e segurança dos dados, pois é um sistema vinculado ao vínculo do Ministério da Saúde do Brasil, além de ser uma ferramenta utilizada no país para planejamento de ações em saúde, servindo de mecanismo de orientação para os gestores públicos (Brasil, 2007).

A partir da categoria "Morbidade Hospitalar do SUS (SIH/SUS)", foram selecionados os dados com abrangência para o Estado do Ceará, por município de residência a partir de 2008. Posteriormente, foi gerado o banco de dados com o número de internações por DM definida a partir da lista de morbidade do CID-10, segundo município, ano/mês de atendimento, com delimitação de tempo de janeiro/2008 a dezembro/2019. Em seguida a planilha foi gerada e realizado o download de um arquivo no formato de *comma-separated-values* (CSV). Os dados dos bancos foram exportados para um novo arquivo no formato de planilha do *Excel*.

3.5.2 Levantamento de dados: Temperatura média, precipitação e umidade

O levantamento de dados das variáveis climáticas foi realizado a partir do banco de dados meteorológicos diários do Brasil elaborado por Xavier *et al.*, (2022), os dados anuais referentes às variáveis temperatura média, precipitação e umidade relativa do ar de todo o Estado do Ceará já estavam disponibilizados no formato de planilha do *Excel*, deste modo, foi realizado apenas o *download* do banco.

3.6 Análise dos dados

Os dados foram tabulados no *Excel* versão 2016 para o sistema operacional *Windows* e apresentados em mapas. Os mapas utilizados para a análise espacial anual dos casos confirmados de DM foram produzidos com o auxílio do programa QGIS, um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Código Aberto licenciado segundo a *General Public License* e pertencente a um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo).

Para verificar a probabilidade e a extensão do diabetes mellitus no Estado foi calculado o coeficiente de prevalência (CP) anual do período de 2008 a 2019, para cada município cearense. O CP foi considerado como variável contínua. A fórmula utilizada para resolução do cálculo está descrita a seguir:

$$CP = (\text{número de pessoas com a doença}) / (\text{população em risco}) \times 100.000$$

Nesta análise, o numerador foram os casos confirmados no ano de análise, em relação ao denominador, foram utilizadas as estimativas do Tribunal de Contas da União - TCU, considerando todos os indivíduos residentes nos municípios no período da série temporal (2008-2019).

3.7 Aspectos Éticos

Este estudo seguiu todos os preceitos éticos direcionados à pesquisa científica. Foi dispensada a submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), uma vez que os dados utilizados na pesquisa são de domínio público, conforme descrito na Resolução 510/2016.

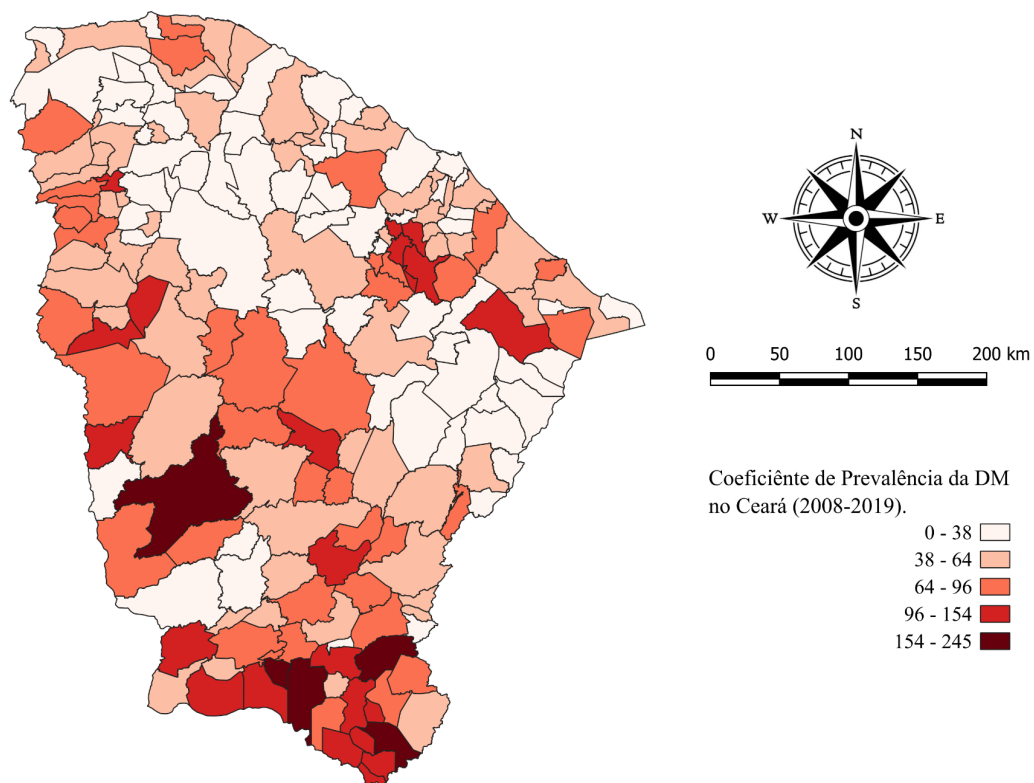
4 RESULTADOS

4.1 Prevalência das Internações por DM no Ceará, entre 2008 e 2019. Redenção, 2024.

Entre 2008 e 2019, 57.946 internações por DM foram notificadas e registradas no SIH, no Estado do Ceará. Os municípios que apresentaram os maiores coeficientes de prevalência da série estão localizados nas regiões de planejamento do Sertão do Cariri, Sertão dos Inhamuns, Maciço de Baturité, Sertão de Sobral e Sertão de Crateús.

O número de internações e os coeficientes de prevalência médio foram, respectivamente: Sertão do Cariri - Aurora 675 internações (244,76); Sertão dos Inhamuns - Tauá 1.384 internações (190,86); Maciço de Baturité - Aracoiaba 458 internações (152,83); Sertão de Sobral - Mucambo 323 internações (124,92); Sertão de Crateús - Iporanga 234 internações (122,49), como observado na Figura 1.

Figura 1 - Coeficiente de Prevalência Médio de DM no Ceará, entre 2008 e 2019. Redenção (CE), Brasil, 2024.



Fonte: Próprio autor

Análise descritiva do ano de 2008, demonstra que município de Ipaporanga, localizado na região dos Sertões de Crateús, apresentou o coeficiente de internação ($CP > 358$ casos/100 mil habitantes), seguido do município de Mucambo pertencente a região Sertão de Sobral ($CP > 303$ casos/100 mil habitantes), como também municípios da região de Cariri, Missão Velha, Aurora e Brejo Santo, onde todos apresentaram ($CP > 200$ casos/100 mil habitantes). Em contrapartida, o município com menor prevalência, localiza-se em Quixeré, na região de Jaguaribe, com ($CP > 5$ casos/100 mil habitantes). Alguns municípios não apresentaram internações hospitalares por diabetes mellitus, sendo Antonina do Norte, Catarina, Guaramiranga, Itaiçaba e Martinópolis.

Quanto ao ano de 2009, também foi observada elevada prevalência ($CP > 150$ casos/100 mil habitantes) nos municípios já mencionados (ano de 2008). Neste ano, o município de Mucambo (segundo município com maior número de casos em 2008), apresentou o maior coeficiente da série ($CP > 412$ casos/100 mil habitantes). Em contrapartida, as cidades localizadas na região do Sertão Central e Litoral Leste, apresentaram os menores valores de prevalência ($CP > 6$ casos/100 mil habitantes).

Em relação aos anos de 2010 e 2011, municípios pertencentes às regiões dos Sertões dos Inhamuns (Tauá) e Cariri (Jati), apresentaram os maiores coeficientes de prevalência nestes dois anos ($CP > 365$ casos/100 mil habitantes e $CP > 364$ casos/100 mil habitantes), respectivamente.

Na análise de internações anuais de 2012 e 2013, o município de Aurora, pertencente a região do Cariri demonstrou a maior prevalência nestes dois anos consecutivos, com ($CP > 408$ casos/100 mil habitantes) em 2012, e ($CP > 311$ casos/100 mil habitantes) em 2013. Além disso, esse município se destacou em outros anos do estudo por apresentar CP elevado, permanecendo em terceiro lugar nos anos de 2008 ($CP > 238$ casos/100 mil habitantes) e 2010 ($CP > 268$ casos/100 mil habitantes), e em segundo lugar nos anos de 2009 ($CP > 250$ casos/100 mil habitantes), 2011 ($CP > 330$ casos/100 mil habitantes) e 2019 ($CP > 27$ casos/100 mil habitantes).

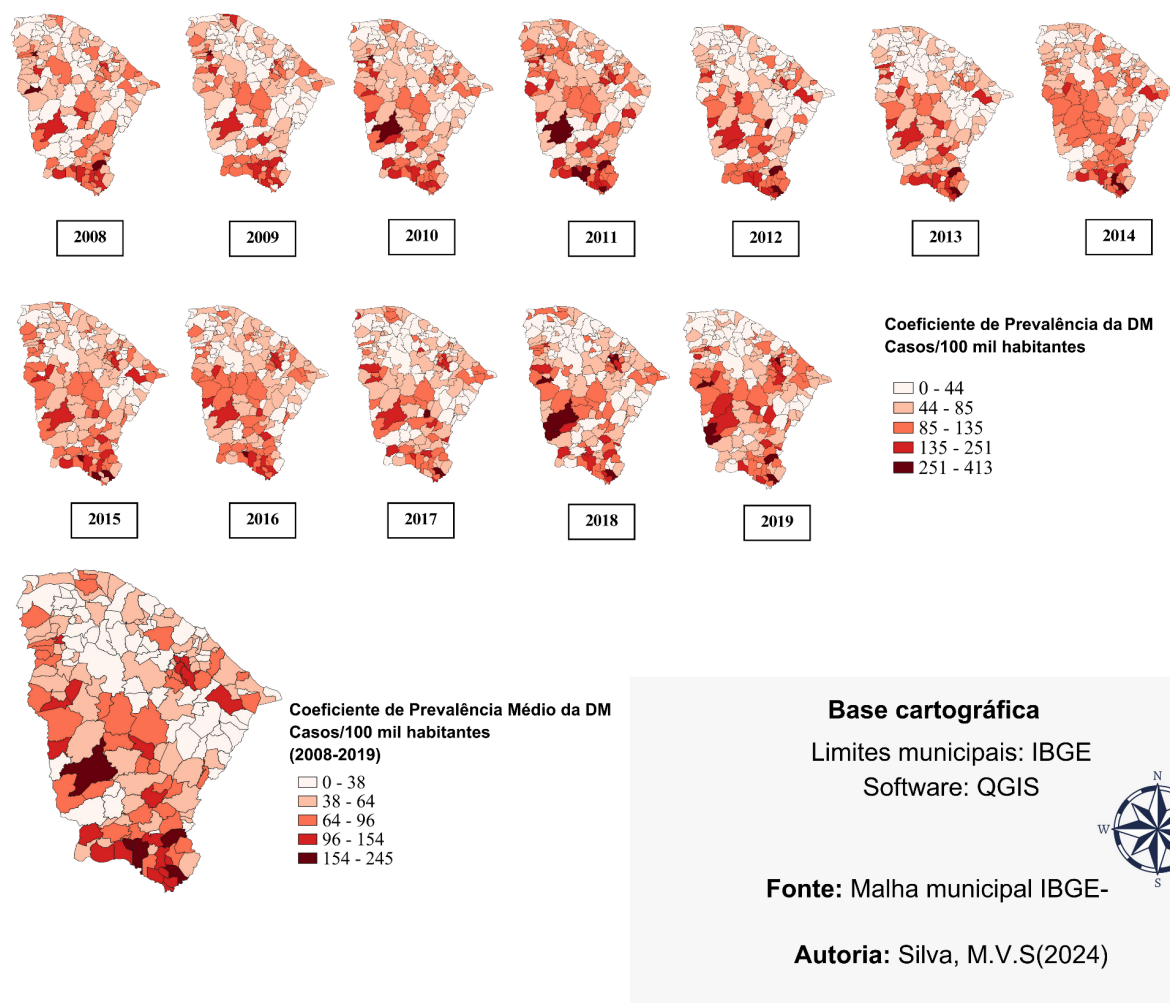
Concernente aos anos de 2014 e 2015, as maiores prevalências de internação por DM foram registradas nos municípios de Brejo Santo (2014) e Nova Olinda (2015), localizados na Região do Cariri. Neste período foi observada uma diminuição na prevalência de casos de DM de $CP > 312$ casos/100 mil habitantes em 2014, para $CP > 243$ casos/100 mil habitantes em 2015. No ano seguinte (2016), a cidade de Nova Olinda apresentou um aumento de casos de internações por DM, de aproximadamente ($CP > 100$ casos/100 mil habitantes) a mais, do que no ano anterior. Neste mesmo ano, nos municípios Pacoti e Aracoíaba, pertencentes a região

do Maciço de Baturité, também apresentaram coeficientes de prevalência mais elevados que em anos anteriores, respectivamente ($CP > 242/100$ mil habitantes) e ($CP > 194$ casos /100 mil habitantes).

Quanto ao ano de 2017, a maioria dos municípios do Ceará apresentaram menores coeficientes de prevalência de internações por DM no Estado. Consequentemente, este foi o ano com menor CP da série-temporal ($CP > 231$ casos/100 mil habitantes). Diferente do padrão observado no ano de 2017, em 2018 e 2019, foi identificado um aumento gradual e significativo da prevalência das internações por DM, sendo registrado ($CP > 262$ casos/100 habitantes) em 2018, e ($CP > 284$ casos/100 habitantes) em 2019.

Mediante a análise temporal dos casos de internação no Estado do Ceará, é perceptível que a distribuição temporal e espacial dos coeficiente de prevalência a cada ano foi variada, mas de forma geral, os últimos 3 anos da série apresentou uma diminuição considerável da prevalência de diabetes mellitus no Ceará entre 2008 e 2019, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Distribuição do Coeficiente de internação por DM no Ceará entre 2008 e 2019. Redenção (CE), Brasil, 2024.

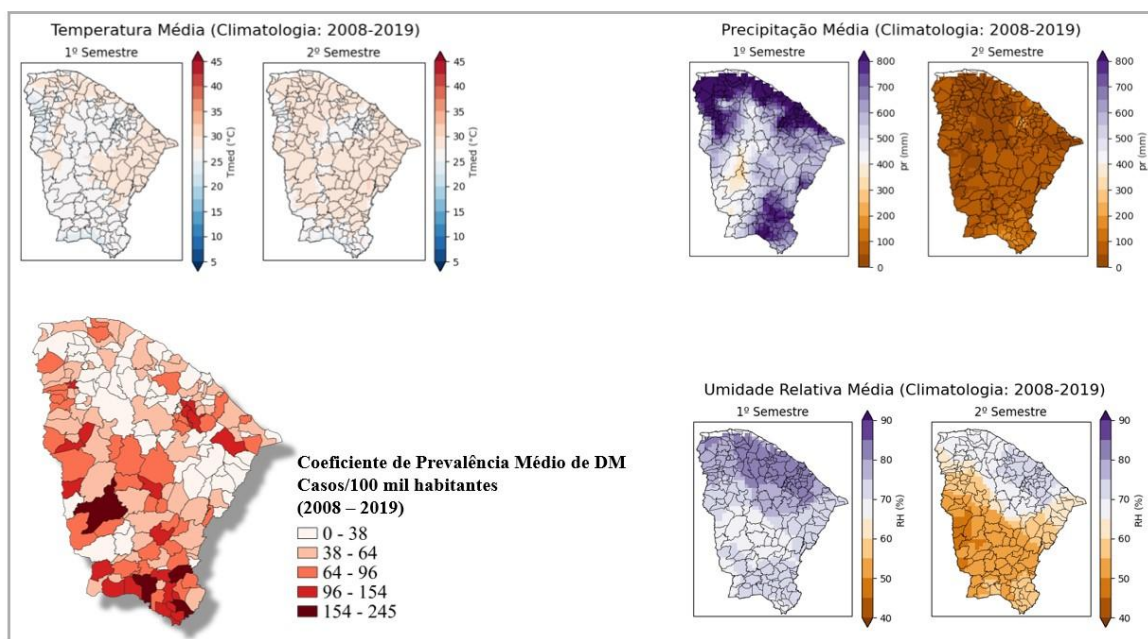


4.2 Internações por DM e climatologia do Ceará entre 2008 e 2019. Redenção, 2024.

A análise média das internações por DM nos anos do estudo (2008-2019), indicou que as regiões de planejamento do Sertão de Sobral, Cariri, Crateús e Sertão dos Inhamuns, foram as que apresentaram os maiores coeficientes de prevalência da série-temporal. Em relação à climatologia nestas regiões, foi observado um padrão de aumento na temperatura média no segundo semestre na maioria dos municípios ($\sim 25^{\circ}\text{C}$ no primeiro semestre, para $\sim 27,5^{\circ}\text{C}$ no segundo semestre) e um padrão inverso, nos índices pluviométricos e de umidade relativa do ar, em que nos meses iniciais ambas apresentaram valores elevados e, posteriormente, esses valores declinaram nos seis meses finais. As regiões do Sertão dos Inhamuns e Sertão de Sobral, apresentaram maior aumento da temperatura e os menores índices de precipitação e umidade relativa do ar. Por outro lado, na região do Sertão do Cariri, observou-se apenas a diminuição da precipitação e umidade relativa do ar no período entre 2008 e 2019, como pode

ser observado na Figura 3. Deste modo, observou-se que nas regiões de planejamento com maiores CP de internação por DM, foram regiões nas quais, paralelamente, houve aumento de temperatura e redução da precipitação e umidade relativa do ar.

Figura 3- Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e climatologia, entre 2008 e 2019. Redenção (CE), Brasil, 2024.



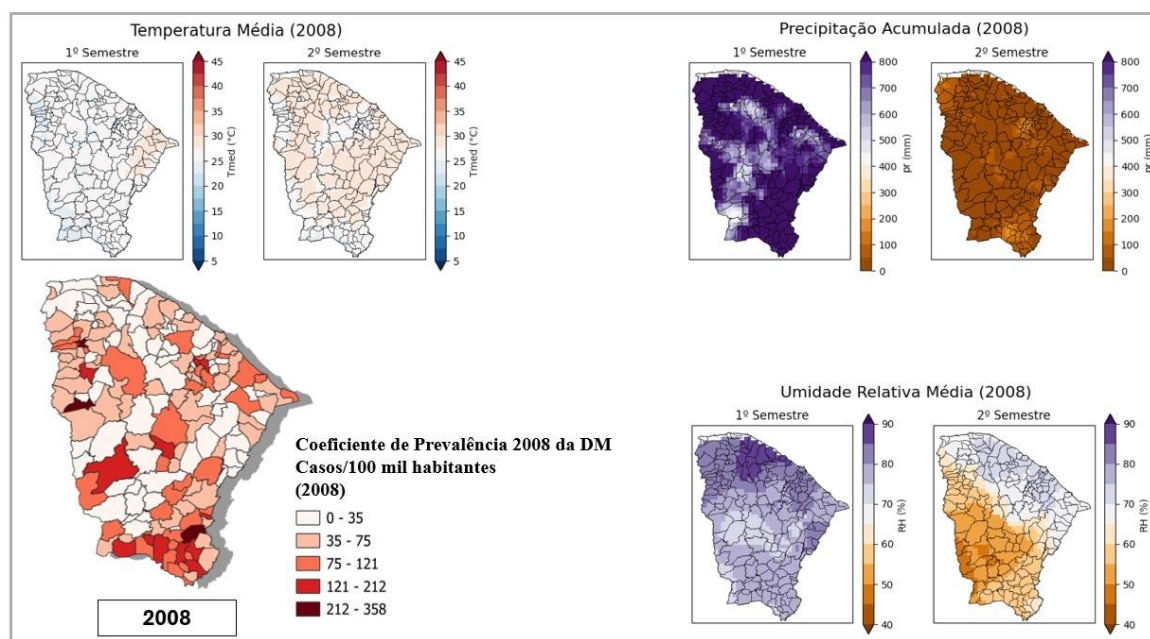
Fonte: Próprio autor

A Figura 4 mostra a temperatura média, precipitação e umidade relativa do ano de 2008. No primeiro semestre, a temperatura média foi de ~25 °C em grande parte das regiões, com exceção das regiões do Litoral Leste e Vale do Jaguaribe (~27 °C). Referente a precipitação, observou-se altos índices pluviométricos nas regiões do Litoral Norte, Litoral Oeste, Litoral Leste, Grande Fortaleza, Serra de Ibiapaba, Sertão de Cariri, Centro Sul, Sertão Central e Vale do Jaguaribe. Nestas regiões, os valores de precipitação eram em torno de ~700 mm a ~800 mm. Em contraposição, em algumas regiões como o Sertão de Inhamuns e Sertão de Canindé foram registrados menores índices pluviométricos (~400mm a ~500mm). Quanto à umidade relativa do ar, na grande maioria das regiões de planejamento foram observadas porcentagens de aproximadamente ~75% a ~90%. As regiões de Sertão de Crateús, Sertão de Canindé e Sertão Central foram as únicas a apresentarem valores mais baixos de umidade relativa (~65% a ~70%) neste ano.

No segundo semestre do mesmo ano, a temperatura média elevou, especialmente nas regiões do Litoral Leste, Norte e Oeste, como Grande Fortaleza, Sertão de Crateús, Sertão de

Inhamuns, Sertão de Sobral, Sertão Central, Vale do Jaguaribe e Centro Sul ($\sim 27,5^{\circ}\text{C}$). As regiões do Maciço de Baturité e Região do Cariri não apresentaram temperaturas elevadas comparadas com as demais regiões, e a precipitação apresentou valores pluviométricos baixos em todo Estado ($\sim 0\text{ mm}$ a $\sim 100\text{ mm}$). Quanto a umidade relativa do ar, as regiões dos Litorais Norte, Oeste e Leste, Grande Fortaleza, Maciço de Baturité e Vale do Jaguaribe apresentaram valores mais elevados de umidade ($\sim 70\%$ a $\sim 80\%$) do que regiões como os Sertões de Inhamuns, Sertão de Crateús, Sertão de Sobral, Sertão do Cariri, Sertão Central e Centro Sul ($\sim 60\%$ a $\sim 40\%$). Paralelamente a esta variabilidade climática, foi observado que algumas regiões com os maiores CP de internação por DM como: Cariri, Sertão dos Crateús e Sertão de Sobral, apresentaram aumento da precipitação e da umidade relativa. Já em relação a temperatura, apenas na região do Sertão do Cariri, não foi observado aumento nesta variável climática no segundo semestre de 2008.

Figura 4 -Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2008. Redenção (CE), Brasil, 2024.



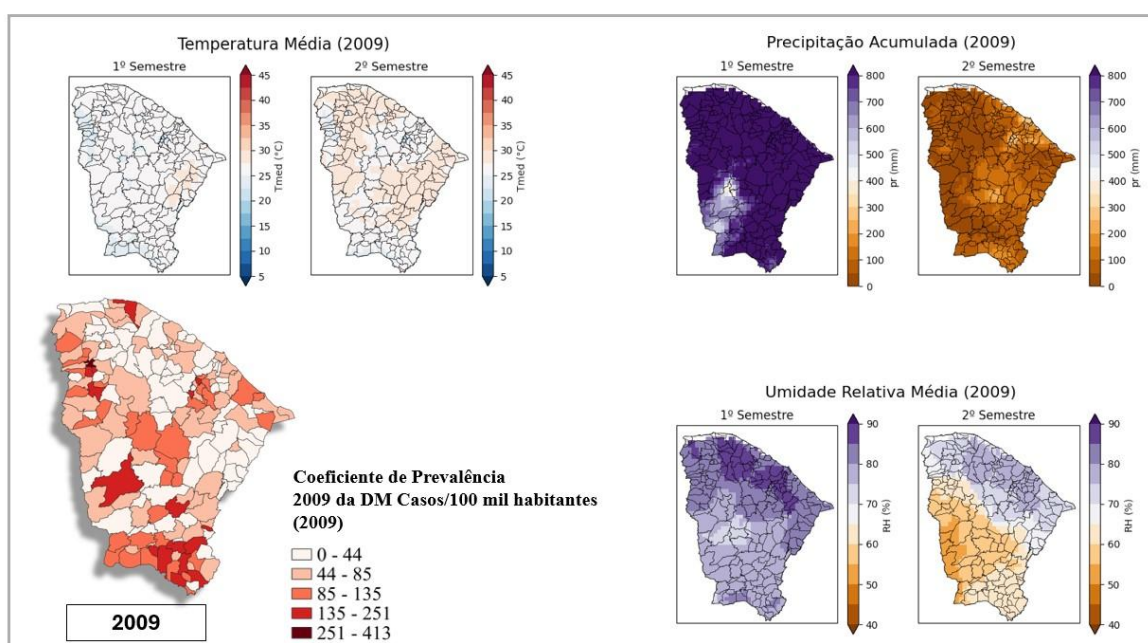
Fonte: Próprio autor

Em 2009 (Figura 5), no primeiro semestre a temperatura média, não ultrapassou os $\sim 27,5^{\circ}\text{C}$ na maioria dos municípios cearenses. Em relação à precipitação, os índices pluviométricos foram elevados na grande extensão do Ceará, variando entre $\sim 700\text{ mm}$ a $\sim 800\text{ mm}$, apenas o Sertão de Inhamuns apresentou valores menores $\sim 400\text{ mm}$ a $\sim 500\text{ mm}$. Em

relação a umidade relativa do ar, no primeiro semestre apresentou índices entre ~75% a ~85% em todas as regiões.

No segundo semestre, a temperatura elevou-se nas regiões dos Litorais (Leste, Oeste, Norte, Oeste), Sertão de Crateús, Sertão de Inhamuns, Sertão de Sobral, Sertão Central, Vale do Jaguaribe e Centro Sul (~27,5 °C a ~30 °C). Apenas nas regiões do Maciço de Baturité, Grande Fortaleza e Região do Cariri não foram identificados aumentos nos valores de temperatura. No que se refere a precipitação, os índices pluviométricos diminuíram em todo Estado, chegando a ~0 mm ou - 100 mm. Neste mesmo período, a umidade relativa apresentou porcentagens maiores nas regiões do Litoral Norte, Grande Fortaleza, Litoral Oeste, Litoral Leste, Maciço de Baturité, Sertão de Canindé e Vale do Jaguaribe (~70% a 75%). Nos Sertões do Ceará, principalmente nos sertões de Inhamuns e de Crateús, observou-se menores índices de umidade (50% a 60%). Em relação às internações por DM, o maior CP do ano foi no município de Mucambo, pertencente à região de planejamento do Sertão de Sobral (CP>412 casos/100 mil habitantes). Essa região apresentou aumento da temperatura, precipitação e umidade no segundo semestre do respectivo ano.

Figura 5 - Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2009. Redenção (CE), Brasil, 2024.



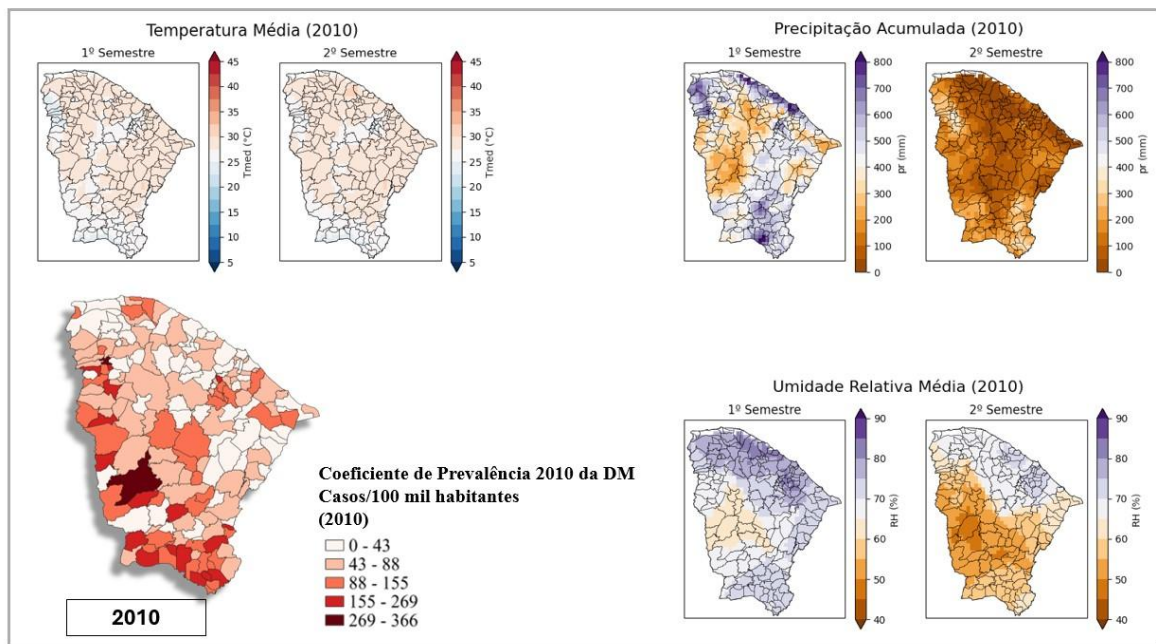
Fonte: Próprio autor

No ano de 2010 (Figura 6), pela primeira vez na série-temporal, a temperatura foi similar em ambos os semestres, na maioria dos municípios do Estado (~27,5 °C), sendo as

únicas exceções, a Serra de Ibiapaba e Região do Cariri, nas quais foram observados valores menores de temperatura no primeiro semestre (25°C) em comparação ao segundo semestre do ano (27°C). A precipitação nos seis meses iniciais foi diversificada em todo o Ceará. Enquanto que em algumas regiões como: Serra de Ibiapaba, Litoral Norte, Litoral Oeste, Grande Fortaleza, Sertão Central, Centro Sul e Região do Cariri, foram registrados maiores índices pluviométricos (~500 mm a ~700 mm), outras regiões como: Sertão dos Inhamuns, Sobral e Canindé, apresentaram valores menores de precipitação (~200mm a ~400mm). Já no segundo semestre do ano, foi identificado um padrão de redução nos índices de precipitação nas regiões do Litoral Norte, Grande Fortaleza, Litoral Oeste e Litoral Leste, Sertão de Canindé, Sertão Central e Centro Sul (~0 mm a ~100mm). Neste mesmo período, as regiões restantes apresentaram precipitação entre (~200mm a ~300mm).

A umidade relativa do ar, no primeiro semestre do ano, apresentou índices elevados (~70% a ~80%) em grande parte das regiões de planejamento. Todavia, outras regiões como, o Sertão de Crateús e Sertão de Inhamuns, apresentaram valores mais baixos (~60% a 65%). No segundo semestre desse mesmo ano, a umidade relativa diminuiu em todas as regiões, sendo observados índices de umidade entre ~55% a ~70%. Os maiores CP de internações por DM registrados neste período (2010), foram nas cidades de Tauá (CP>365 casos/100 mil habitantes) no Sertão de Inhamuns e Mucambo (CP>347 casos/100 mil habitantes) no Sertão de Sobral. No município de Tauá e Mucambo observou-se um padrão climático de diminuição da precipitação e umidade relativa e, simultaneamente, um aumento da temperatura.

Figura 6- Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2010. Redenção (CE), Brasil, 2024.



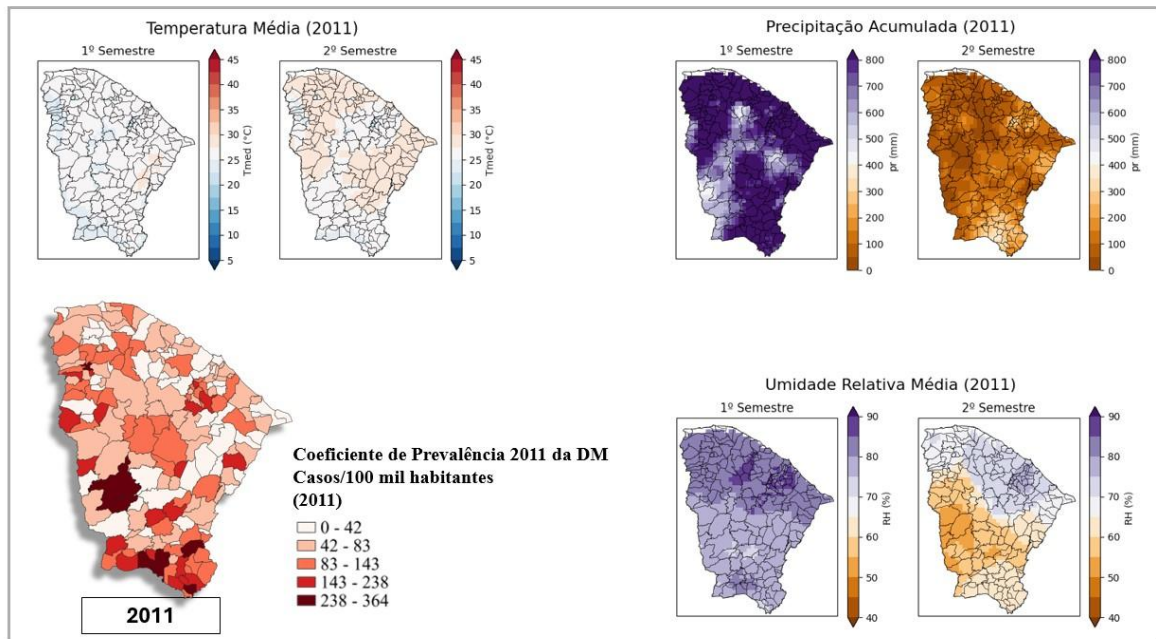
Fonte: Próprio autor

Em 2011, a temperatura no primeiro semestre foi de $\sim 25^{\circ}\text{C}$ em todo estado. A precipitação foi elevada (~ 700 mm a ~ 800 mm) nas seguintes regiões: Norte, Grande Fortaleza, Oeste, Leste, Serra de Ibiapaba, Sertão Central, Centro Sul, Sertão de Sobral e do Cariri. Os Sertões de Inhamuns e de Canindé foram as únicas regiões a apresentarem índices pluviométricos reduzidos (~ 400 mm a ~ 500 mm) se comparados com as demais regiões. No que tange a umidade relativa, no primeiro semestre permaneceu entre $\sim 70\%$ a $\sim 85\%$ em todo o Ceará.

Entretanto, na análise do segundo semestre, a temperatura elevou-se nas regiões do Litoral Norte, Litoral Oeste, litoral Leste, nos sertões de Sobral, Crateús, Central e Vale do Jaguaribe ($\sim 27,5^{\circ}\text{C}$ a $\sim 30^{\circ}\text{C}$). As regiões do Maciço de Baturité, Grande Fortaleza, Sertão de Inhamuns e Sertão de Cariri não apresentaram aumento da temperatura, permanecendo com valores do primeiro semestre ($\sim 25^{\circ}\text{C}$). Quanto à precipitação, na maioria das regiões houve uma diminuição dos índices pluviométricos, quando comparado ao semestre anterior (~ 100 mm a ~ 200 mm). Somente a região do Cariri demonstrou percentual diferente (~ 200 mm a ~ 300 mm). A umidade relativa apresentou valores menores, principalmente nos Sertões de Sobral, Inhamuns, Cariri e Central ($\sim 55\%$ a $\sim 65\%$). As demais regiões apresentaram umidade próxima à observada no semestre anterior ($\sim 70\%$ a $\sim 75\%$). As internações por DM no respectivo ano, apresentaram os maiores CP no Sertão de Sobral, Sertões de Inhamuns e Sertão do Cariri. Notou-se que neste mesmo período, houve a diminuição da precipitação e

umidade relativa do ar, acompanhadas de um aumento da temperatura apenas no Sertão de Sobral, especialmente no segundo semestre do ano.

Figura 7- Distribuição espacial dos CP das interações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2011. Redenção (CE), Brasil, 2024.



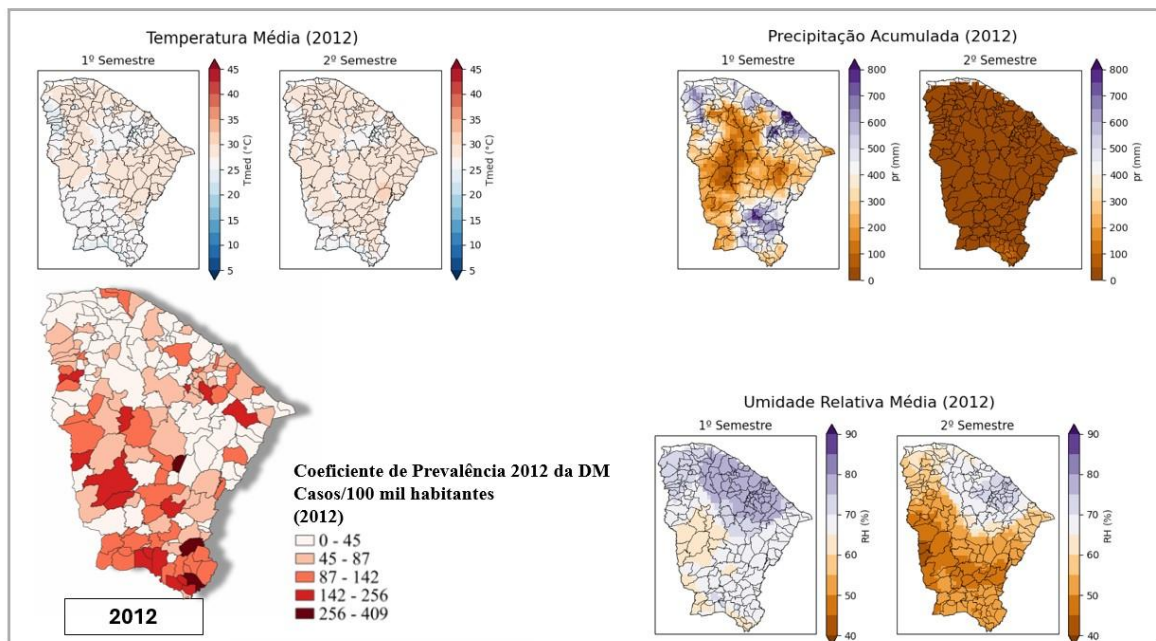
Fonte: Próprio autor

Em 2012 (Figura 8), no primeiro semestre, a temperatura apresentou índices elevados, na grande parte das regiões do Ceará, variando entre $\sim 27,5^{\circ}\text{C}$ e $\sim 30^{\circ}\text{C}$. Em contrapartida, as regiões da Serra de Ibiapaba, Sertão de Inhamuns e Sertão do Cariri e Sertão Central apresentaram valores menores comparadas às outras regiões ($\sim 25^{\circ}\text{C}$). Mas no segundo semestre, a temperatura aumentou para $\sim 30^{\circ}\text{C}$ em todas as regiões do Ceará. Ao que tange à precipitação foi elevada no primeiro semestre, nas seguintes regiões: Litoral Norte, Litoral Oeste, Grande Fortaleza, Serra de Ibiapaba, Sertão do Cariri (somente em alguns municípios) e Centro Sul ($\sim 400\text{mm}$ a $\sim 600\text{mm}$), já os Sertões de Inhamuns, Sobral, Crateús, Canindé, Central e Vale do Jaguaribe, apresentaram valores menores ($\sim 300\text{mm}$ a $\sim 500\text{mm}$). No segundo semestre não houve precipitação superior a ($\sim 100\text{mm}$) em todo território cearense.

A umidade relativa, mostrou-se elevada na grande maioria das regiões de planejamento ($\sim 70\%$ a $\sim 85\%$), somente nos Sertões de Crateús e de Inhamuns que apresentou uma diminuição do índice ($\sim 55\%$ a $\sim 60\%$), já na análise secundária anual, a umidade apresentou valores diminuídos nas áreas interiorizadas do Ceará (Sertões de Crateús,

Inhamuns, Sobral, Cariri, Central), Centro Sul, Serra de Ibiapaba e Vale do Jaguaribe (~40% a ~60%). As regiões do Litoral Norte, Litoral Oeste, Litoral Leste, Grande Fortaleza, Maciço de Baturité e Vale do Jaguaribe apresentaram percentuais iguais aos do primeiro semestre. As internações por DM referente ao ano do estudo (2012), evidenciaram elevação da prevalência nos Sertões do Cariri e Central, essas regiões apresentaram diminuição da umidade e precipitação, e elevação da temperatura em ambas regiões, pela primeira vez a região do Cariri apresentou elevação da temperatura.

Figura 8 - Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2012. Redenção (CE), Brasil, 2024.

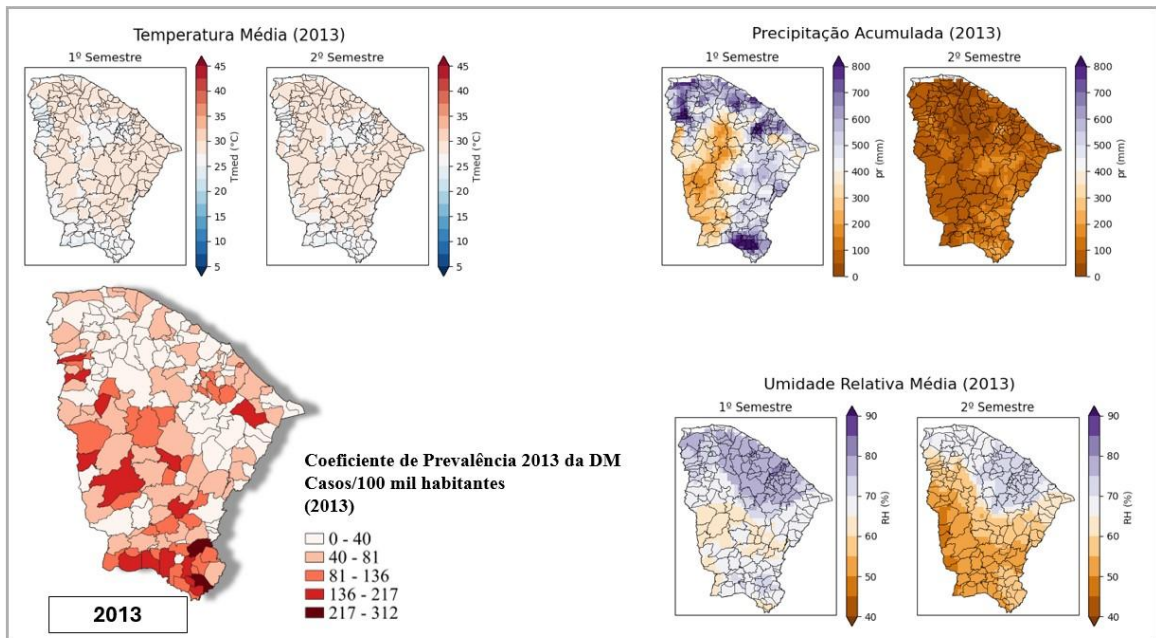


Fonte: Próprio autor

Na Figura 9, observa-se que a temperatura média em 2013, permaneceu similar em ambos os semestres. Assim, os parâmetros da temperatura ficaram entre ~27,5°C a ~30°C, na maioria das regiões de planejamento, somente o Maciço de Baturité e o Sertão do Cariri que evidenciou uma diminuição da temperatura (~25°C). Em relação a precipitação acumulada no primeiro período, as regiões do Sertões de Canindé, Sobral, Crateús e Inhamuns, apresentaram valores de ~100 mm a ~300mm, às demais regiões, observou-se uma elevação pluviométrica (~500 a ~700 mm). E no segundo semestre, a precipitação em todo espaço geográfico não ultrapassou ~200mm.

A umidade relativa, no primeiro semestre, apresentou valores menores nas regiões dos Sertões de Inhamuns e Central, variando entre ~55% a ~60%. Em contraste, nas outras regiões de planejamento, a umidade elevou para ~70% a ~85%. Já no segundo semestre, a umidade relativa registrou índices de ~70% nas regiões do Litoral Norte, Litoral Oeste, Litoral Leste, Grande Fortaleza e do Maciço de Baturité, enquanto nas demais regiões a umidade variou entre ~50% a ~60%. Os maiores coeficientes de prevalência no ano de 2013, foram os Sertões de Inhamuns, Crateús e Central, também observou-se uma diminuição na precipitação acumulada e na umidade relativa do ar, juntamente com um aumento na temperatura.

FIGURA 9 - Distribuição espacial dos CP das interações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2013. Redenção (CE), Brasil, 2024.

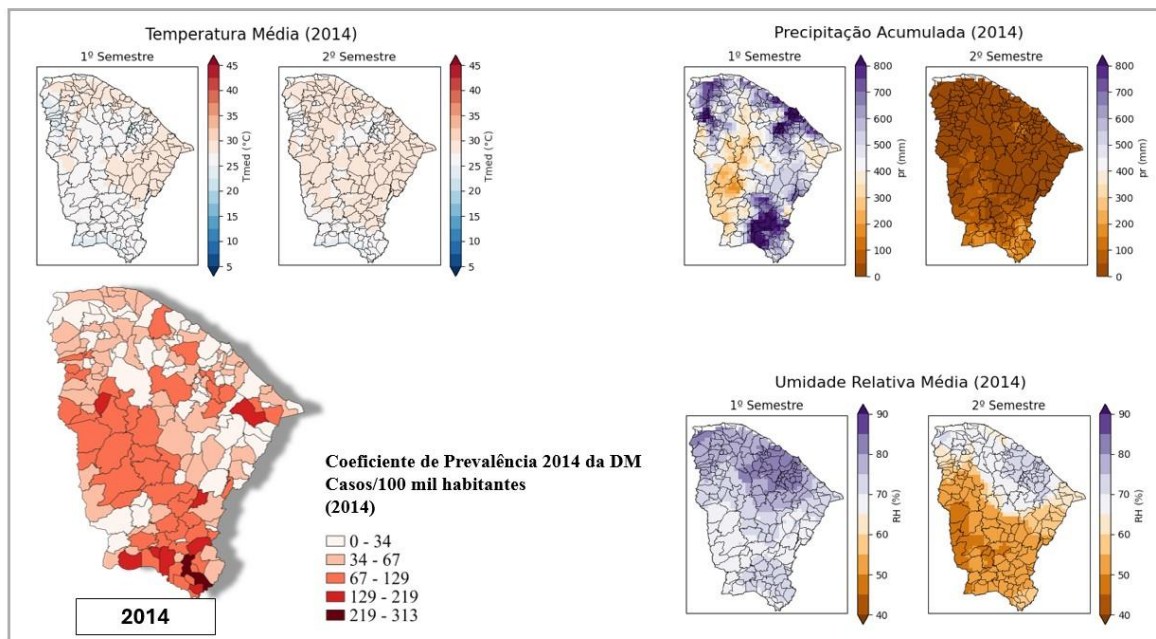


Fonte: Próprio autor

Em 2014 (Figura 10), alguns municípios das regiões de Cariri e Maciço de Baturité não apresentaram aumento da temperatura média, sendo observado um padrão semelhante ao registrado no ano anterior. A precipitação no primeiro semestre apresentou índices elevados em grande parte das regiões (~500 mm a ~800 mm), com exceção do Sertão de Inhamuns e Sertão de Sobral (~200 mm a ~300 mm). Em contrapartida, no segundo semestre, esta variável teve uma acentuada redução em todo o Ceará (~0 mm a ~100 mm). A umidade relativa do ar apresentou índices elevados no primeiro semestre em todas as regiões (~65% a 80%).

Porém, no segundo semestre, observou-se uma redução nos seus percentuais (~50% a 70%). Em relação às internações, os maiores CP ocorreram nas regiões de Sertão do Cariri, Sertão de Inhamuns e Sertão de Crateús, nos quais observou-se diminuição da precipitação e da umidade relativa do ar, quanto o aumento da temperatura, foi identificado apenas no Sertão de Inhamuns e Sertão de Crateús.

Figura 10- Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2014. Redenção (CE), Brasil, 2024.



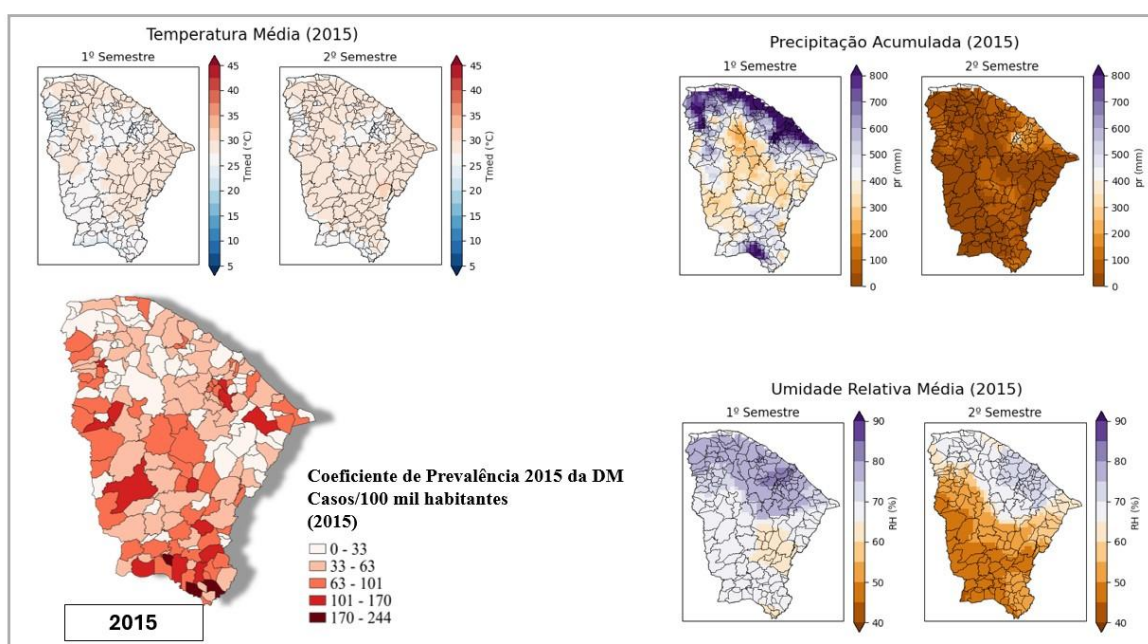
Fonte: Próprio autor

Concernente ao ano de 2015, no primeiro semestre, a temperatura elevou-se nas seguintes regiões: Litoral Leste, Oeste, Norte, Vale do Jaguaribe, Sertão Central, Sertão de Crateús e Sertão de Sobral (~27,5°C a ~30°C). As demais regiões, como a Serra de Ibiapaba, Maciço de Baturité, Sertão de Inhamuns e Sertão do Cariri, registraram temperaturas em torno de ~25°C. Porém, no segundo semestre, a temperatura aumentou em todo território cearense (~27,5°C a ~30°C).

Referente a precipitação, foi elevada no primeiro semestre nas seguintes regiões: Litoral Norte, Litoral Oeste, Litoral Leste, Grande Fortaleza e Serra de Ibiapaba (~400 mm a ~600 mm). No entanto, no segundo semestre, não houve precipitação superior a ~100 mm em todo o Ceará. A umidade relativa mostrou-se elevada na grande maioria das regiões de planejamento (~70% a ~85%), somente nos Sertões Central e Centro-Sul evidenciou-se uma

diminuição desses índices (~55% a ~60%). Nos meses finais do ano, a umidade apresentou valores diminuídos, principalmente nos Sertões de Crateús, Inhamuns, Cariri e Central (~50% a ~60%). Quanto aos casos de internação por DM, foi observado um maior CP no Sertão do Cariri. Nesta região também foi evidente a diminuição da precipitação acumulada e umidade relativa, assim como, o aumento na temperatura na maioria dos municípios, a partir do segundo semestre deste ano, como observado na Figura 11.

Figura 11- Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2015. Redenção (CE), Brasil, 2024.



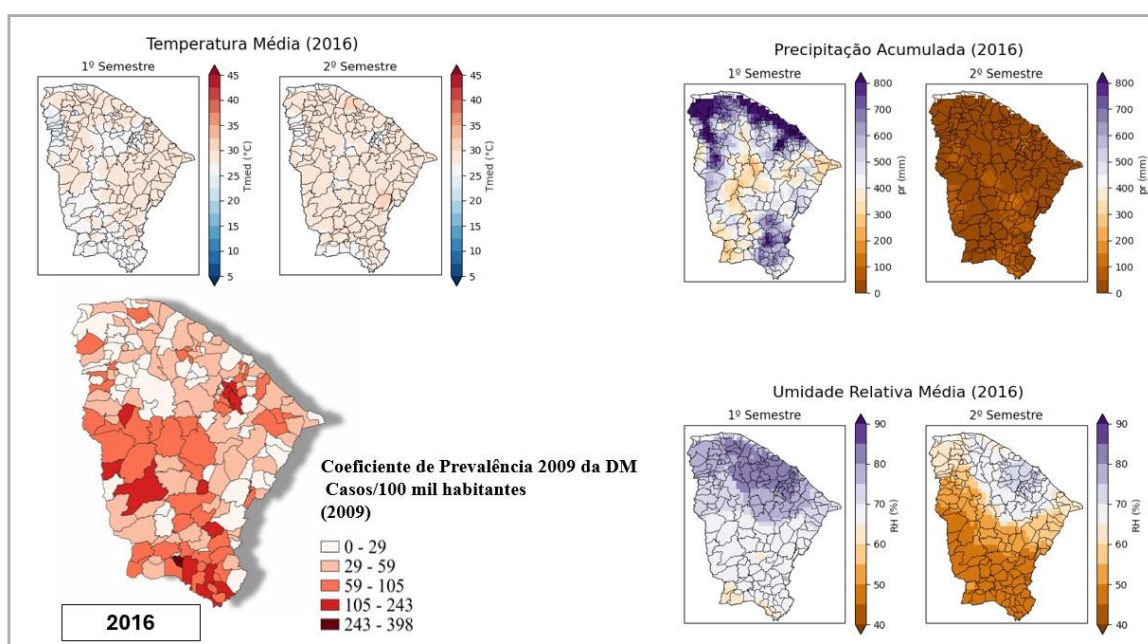
Fonte: Próprio autor

A análise da variabilidade climática, no primeiro semestre do ano de 2016, demonstrou que os municípios em que se registrou a elevação da temperatura, foram semelhantes ao ano anterior (2015). A precipitação nesse período foi mais significativa nas regiões do Litoral Norte, Litoral Oeste, Serra de Ibiapaba e Sertão do Cariri, aproximadamente ~400 mm e ~600 mm. Por outro lado, nas regiões do Sertão de Canindé, Sertão de Inhamuns e Litoral Leste, a precipitação foi mais baixa, variando entre ~200 mm e ~500 mm. No segundo semestre, a precipitação não superou ~100 mm.

A umidade relativa aumentou no primeiro semestre, variando entre ~60% e ~80%. No segundo semestre, esses valores se mantiveram apenas nas áreas do Litoral Norte, Litoral Oeste, Grande Fortaleza e no Maciço de Baturité, variando entre ~60% a ~70%. Nas demais áreas, a umidade foi baixa, especialmente nos Sertões de Crateús, Inhamuns, Cariri e Central

(~50% a ~60%). Quanto às internações por diabetes mellitus, apresentaram elevação do CP nos Sertões de Inhamuns, Crateús, Canindé, Sobral e Cariri. Nessas regiões, também se observou um aumento da temperatura, diminuição da precipitação e umidade relativa. Destaca-se que houve aumento do coeficiente de prevalência, comparado ao ano anterior, (CP> 244 casos/100 mil habitantes) em 2015 para (CP>398 casos/100 mil habitantes) em 2016.

Figura 12 - Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2016. Redenção (CE), Brasil, 2024.



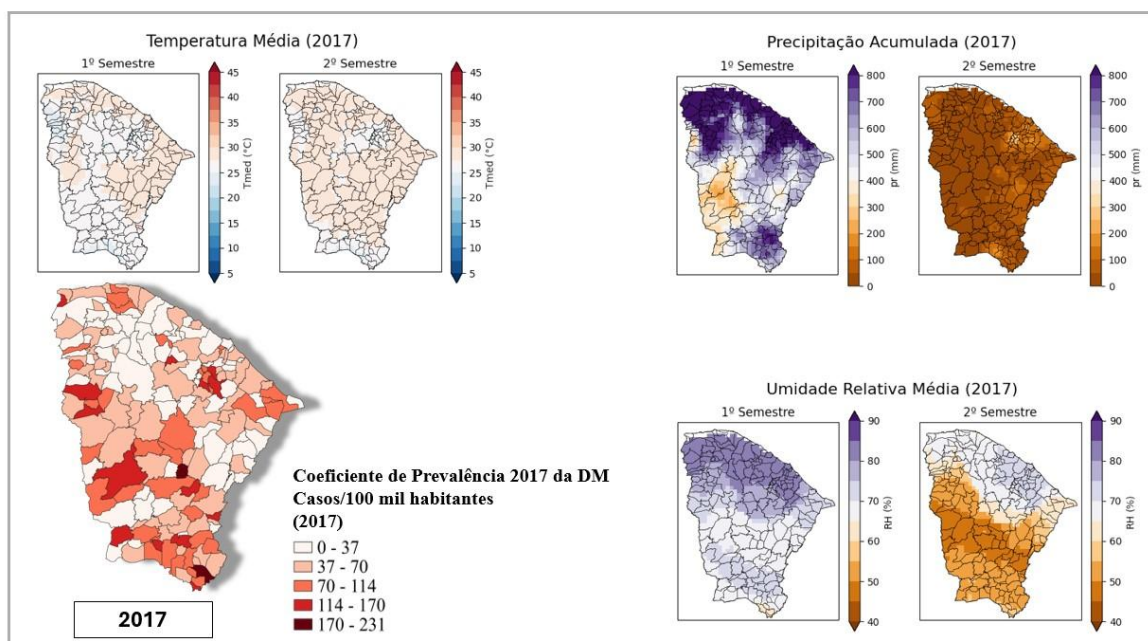
Fonte: Próprio autor

Em 2017, a temperatura elevou-se nas regiões do Litoral Leste, Oeste, Norte, Vale do Jaguaribe, Sertão Central e Sertão de Crateús (~27,5°C a ~30°C), as demais regiões apresentaram valores mais baixos de ~25°C. A precipitação apresentou parâmetros de ~400 mm a ~800 mm, na grande parte das regiões de planejamento. Uma redução dessa variável foi observada apenas nas regiões dos Sertões de Inhamuns e Crateús (~200 mm a ~300 mm). Quanto à umidade relativa, a porcentagem de ~60% a ~80%, foi predominante em todo o território cearense no primeiro semestre.

No segundo semestre, a temperatura teve valores elevados na maioria dos municípios (~30°C). Somente o Maciço de Baturité e o Sertão do Cariri permaneceram com os mesmos valores do semestre anterior. Em relação aos índices pluviométricos e de umidade, observou-se que ambas as variáveis apresentaram valores inferiores aos registrados no

primeiro semestre do ano. Em algumas regiões, como Sertões de Crateús, Inhamuns, Cariri e Central, o percentual de umidade foi baixo ($\sim 50\%$ a $\sim 60\%$). As internações por DM apresentaram maior CP na região do Centro Sul e Sertão do Cariri, também observou que a temperatura aumentou, enquanto a umidade relativa do ar e a precipitação diminuíram.

Figura 13 - Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2017. Redenção (CE), Brasil, 2024.



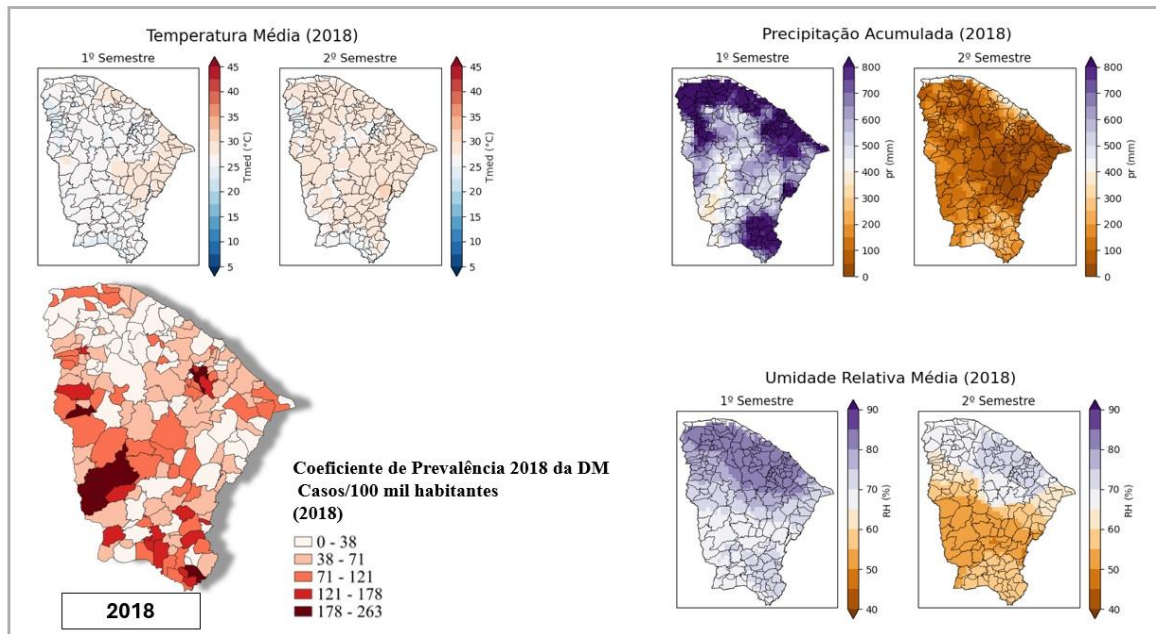
Fonte: Próprio autor

A variabilidade climática (temperatura, precipitação e umidade relativa) dos anos de 2018 (Figura 14) e 2019 (Figura 15) foram semelhantes. No primeiro semestre, a temperatura apresentou índices de $\sim 27,5^{\circ}\text{C}$ a $\sim 30^{\circ}\text{C}$, nas regiões do Litoral Oeste, Litoral Leste e Vale do Jaguaribe, as demais regiões demonstraram percentuais mais baixos (25°C). A precipitação no primeiro semestre, apresentou valores entre ~ 500 mm a ~ 700 mm, em muitas regiões do Ceará, somente o Sertão de Inhamuns que se observou uma redução pluviométrica (~ 250 mm a ~ 300 mm). No que tange, a umidade relativa, observou-se um padrão climático de $\sim 70\%$ a $\sim 85\%$ em toda malha estadual.

Na segunda metade do ano, a temperatura aumentou em todas as regiões ($\sim 30^{\circ}\text{C}$), em contrapartida, a precipitação reduziu para ~ 0 mm a ~ 250 mm, como também a umidade diminuiu para $\sim 55\%$ a 60% em todo o Ceará. As internações por DM, apresentaram maiores CP nas regiões do Maciço de Baturité, Sertão de Inhamuns, Sertão de Crateús e Sertão do

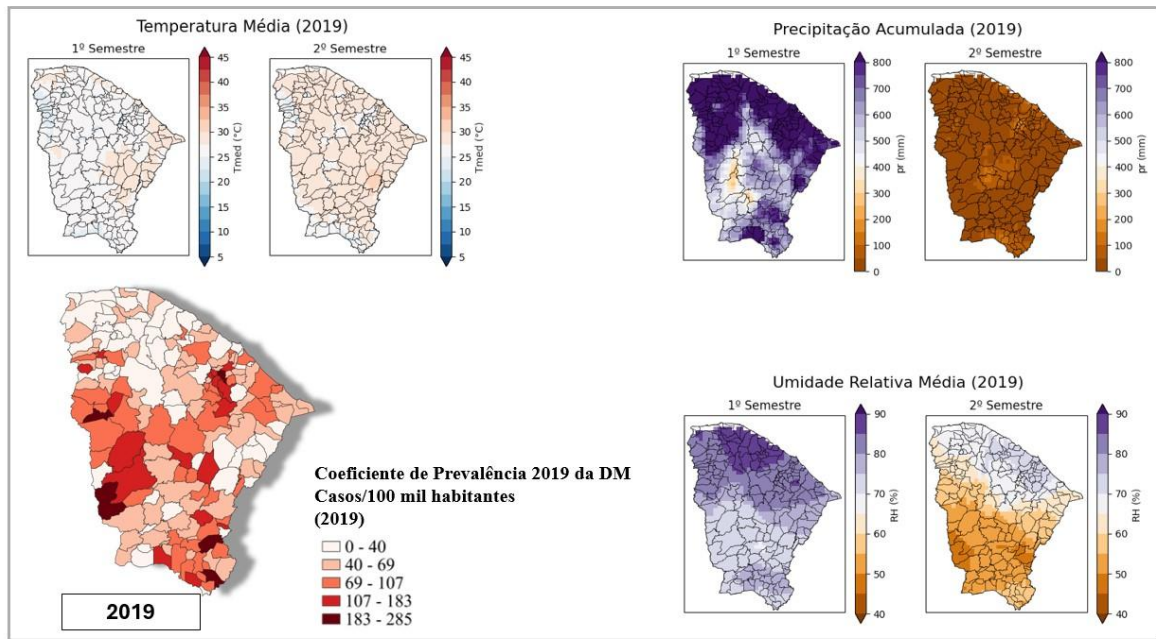
Cariri, nessas regiões observou-se elevação da temperatura, diminuição da precipitação e da umidade relativa no segundo semestre nos anos de 2018-2019.

Figura 14 - Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2018. Redenção (CE), Brasil, 2024.



Fonte: Próprio autor

Figura 15 - Distribuição espacial dos CP das internações por DM no Ceará e variabilidade climática, em 2019. Redenção (CE), Brasil, 2024.



Fonte: Próprio autor

5 DISCUSSÃO

No presente estudo, foram incluídos dados de 57.946 internações por DM dos 184 municípios do Estado do Ceará. Foi analisada a distribuição espacial destas internações, assim como a distribuição das variáveis climáticas (temperatura, precipitação e umidade relativa do ar) no mesmo período (2008 - 2019). A partir dessas análises, observou-se que alguns dos maiores CP de internação por DM (Sertão de Inhamuns e Sertão de Sobral) foram registrados em municípios onde houve aumento de temperatura, acompanhado de redução nos índices de precipitação e umidade relativa do ar. Sendo o Sertão do Cariri a única exceção, uma vez que apresentou aumento na temperatura média somente nos anos de 2012; 2015; 2016; 2018 e 2019.

A relação entre aumento de internações por DM com as variáveis climáticas temperatura, precipitação e umidade relativa do ar, já foi abordada em estudo anterior realizado por Freitas *et al.*, (2022), o qual foi direcionado ao município de Santarém, localizado ao oeste do Pará. Assim como neste estudo, os autores identificaram relação direta do aumento das internações por diabetes mellitus com valores sustentados de temperatura elevada e diminuição da precipitação e umidade relativa do ar.

Quanto aos mecanismos fisiopatológicos que podem estar envolvidos nessa relação entre as variáveis climáticas (temperatura, precipitação e umidade) e o DM, foram sugeridas: a desidratação corporal e alterações glicêmicas decorrentes do aumento de temperatura (aumento em 1°C a partir de 22°C) (Hajat *et al.*, 2017). Ainda sobre a relação da temperatura com as internações por DM, Vallianou *et al.*, (2021) e Xu *et al.*, (2019) destacaram que pacientes com diabetes mellitus apresentaram maior vulnerabilidade a ondas e oscilações de calor, devido a alterações nos mecanismos termorregulatórios. Além disso, o aumento das internações por DM também pode estar associado a influência da variabilidade climática sobre a ocorrência de complicações associadas à doença, como apontado por Pinto (2018), que correlacionou a variabilidade climática com internações por neuropatia diabética. Segundo os resultados obtidos, o período com mais registros de internações correspondeu a intervalos em que também houve elevação da temperatura.

Concernente ao achado relacionado a região do Cariri, no qual a região apresentou elevados CP nas internações por DM, ainda que em alguns períodos não tenha ocorrido aumento de temperatura. A possível explicação para este padrão, foi a criação do Hospital Regional do Cariri, em 2011 (Secretaria da Saúde do Ceará- SESA/CE, 2012). Logo após a inauguração, os maiores coeficientes de prevalência concentraram-se na região mencionada,

pois as internações passaram a ocorrer em nível local, evitando a disseminação para outras cidades ou para a região de planejamento na Grande Fortaleza. Outra possível justificativa é o elevado fluxo migratório, uma vez que a região do Cariri tem municípios limítrofes com os Estados de Pernambuco, Piauí e Paraíba, o que pode favorecer o processo de migração para a região do Cariri.

Cabe ressaltar que outros fatores, quando associados à influência do clima, podem contribuir para o aumento de efeitos deletérios em pessoas com DM. Nessa perspectiva, Schwartz (2005) relatou que indivíduos com diagnóstico de diabetes mellitus e com características socioeconômicas precárias, em exposição prolongada à temperatura elevada, são mais suscetíveis ao risco de morte. No caso do Estado do Ceará, observou-se que em 2009, o ano que registrou o maior CP ($CP > 412$ casos/100 mil habitantes) de internações por DM da série, além de apresentar um padrão com temperaturas mais elevadas e redução nos índices pluviométricos e de umidade, também foi um período com elevada porcentagem de pessoas em situação de pobreza e extrema pobreza dentro do Estado ($\sim 41\%$ e $\sim 17\%$, respectivamente). Em contrapartida, no ano (2017) em que se registrou o menor CP de internação por DM ($CP > 231$ casos/100 mil habitantes), também observou-se que não houve aumento da temperatura, apenas diminuição da precipitação e da umidade relativa do ar. E o percentual de pessoas em situação de pobreza e extrema pobreza reduziu para $\sim 19\%$ e $\sim 9\%$, respectivamente. Ressalta-se que são necessários mais estudos direcionados a investigar estas relações.

Neste sentido, considerando que o Estado do Ceará é uma região semiárida, ou seja, caracterizada por clima mais quente, maior vulnerabilidade socioeconômica, maior vulnerabilidade à desertificação, escassez de água; e uma região que enfrentou um longo período de seca (2012 a 2017), a população tem sido exposta frequentemente a condições climáticas extremas, o que leva a impactos tanto nas formas de subsistência, quanto podem elevar o risco de internação por DM no Estado.

Ademais, os resultados deste estudo poderão fornecer subsídios para a criação ou aprimoramento de novas políticas públicas, além de contribuir para a prática de enfermagem, uma vez que a identificação dos fatores de risco que influenciam nas internações por DM são essenciais para um melhor direcionamento das ações de saúde/enfermagem, e possibilita o desenvolvimento de medidas preventivas em tempo hábil para a redução dos efeitos deletérios destes fatores de risco ambientais sobre a saúde humana.

6 CONCLUSÃO

Nesse estudo, identificou-se que os anos 2009 e 2012 foram os anos com os maiores CP por DM no Estado do Ceará e as regiões do Sertão do Cariri, Sertão de Sobral e Sertão de Inhamuns, foram as que apresentaram maior prevalência da doença. Em relação a distribuição das internações e a climatologia do Estado, observou-se que na maioria das regiões nas quais ocorreram o aumento de internações por DM, concomitantemente foi observada elevação na temperatura e redução na precipitação e umidade relativa. Estes achados evidenciam a necessidade de mais pesquisas direcionadas à temática, inclusive estudos com abordagem multifatorial, uma vez que a influência do clima sobre o DM não ocorre necessariamente de maneira isolada.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual Técnico do Sistema de Informação Hospitalar.**

Brasília: Ministério da Saúde, 2007. Disponível em:

https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/07_0066_M.pdf Acesso em: 05 Jul. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigitel Brasil, vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico.** Brasília: Ministério da Saúde, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/v/vigitel#:~:text=O%20Sistema%20de%20Vigil%C3%A2ncia%20de,os%20voltados%20para%20a%20popula%C3%A7%C3%A3o> Acesso em: 1 jul. 2024.

COSTA, A. C. et al. Influence of hydroclimatic variability on dengue incidence in a tropical dryland area. **Acta tropica**, Basel, v. 235, p. 106657, 2022.

DIAS, Cláudia Silva et al. Influência do clima nas hospitalizações por asma em crianças e adolescentes residentes em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, p. 1979-1990, 2020.

FERNANDES, Thiago; DE SOUZA HACON, Sandra; NOVAIS, Jonathan Willian Zangeski. Mudanças climáticas, poluição do ar e repercussões na saúde humana: Revisão Sistemática. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, p. 138-164, 2021.

FREITAS, et al. Análise de associações entre internações de diabetes mellitus e condições atmosféricas no período de 2010 a 2020 no município de Santarém, Pará. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 30, n. 18, p. 647–667, 2022. DOI: 10.55761/abclima.v30i18.15482. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/15482>. Acesso em: 1 maio. 2024.

HAJAT S, HAINES A, SARRAN C, SHARMA A, BATES C, FLEMING LE. 2017. O efeito da temperatura ambiente no diabetes tipo 2: análise cruzada de casos de mais de 4 milhões de consultas médicas em toda a Inglaterra. **Saúde Ambiental** 16(1):73. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28701216/>. DOI: 10.1186/s12940-017-0284-7. Acesso em: 30 jun. 2024.

ÍNDICE MUNICIPAL DE ALERTA (IMA). Um instrumento para orientações preventivas sobre as adversidades climáticas do estado do Ceará. **Secretaria do Estado do Ceará**. Disponível em:

https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2023/12/IMA_2023.pdf. Acesso em: 25 jun. 2024.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2021: The Physical Science Basis - Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades e estados**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/> Acesso em: 05 jul.2024.

KIRSCH; SCHNEIDER. Vulnerabilidade social às mudanças climáticas em contextos rurais. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, [S.l.], v. 31 n. 31°, p. 01-25, 06/2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcsoc/a/YftSnfBxYr7fPLfW6LSHdWD/?format=pdf&lang=pt>.

MALTA, M. et al. Iniciativa STROBE: subsídios para a comunicação de estudos observacionais. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 44, n. 3, p. 559-565, 2010.

MOREIRA, R. P. et al. Health Interventions for Preventing Climate-Sensitive Diseases: Scoping Review. **Journal of urban health**, Cary, v. 99, n. 3, p. 519-532, 2022.

NANDI, Isabella Garcia; MAGAJEWSKI, Flávio Liberali; SILVA, Renata Fortunato da. Análise temporal das internações hospitalares por complicações do Diabetes Mellitus tipo 2 em Santa Catarina. 2021.45 F. Trabalho de Conclusão de Curso em graduação Medicina)- Universidade Do Sul De Santa Catarina. Tubarão/SC, 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/items/93d02c94-9125-4484-a9dc-a54f5735f706>. Acesso em: 1 jul. 2024.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS. **Número de pessoas com diabetes nas Américas mais do que triplica em três décadas, afirma relatório da OPAS**. 2022. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/11-11-2022-numero-pessoas-com-diabetes-nas-americas-mais-do-que-triplica-em-tres-decadas>. Acesso em: 1 jul. 2024.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL SAÚDE – OMS. **A OMS revela principais causas de morte e incapacidade em todo o mundo entre 2000 e 2019**. Disponível em: [https://www.paho.org/pt/noticias/9-12-2020-oms-revela-principais-causas-morte-e-incapacidade-em-todo-mundo-entre-2000-e#:~:text=Genebra%2C%209%20de%20dezembro%20de,Mundial%20da%20Sa%C3%BAde%20\(OMS\)\>](https://www.paho.org/pt/noticias/9-12-2020-oms-revela-principais-causas-morte-e-incapacidade-em-todo-mundo-entre-2000-e#:~:text=Genebra%2C%209%20de%20dezembro%20de,Mundial%20da%20Sa%C3%BAde%20(OMS)\>).

PIMENTA, et al. COVID-19 no município de Salvador: estudo ecológico dos primeiros meses da Pandemia. Research, **Society and Development**, v. 10, n. 11, p. e445101119783-e445101119783, 2021.

RATTER-RIECK, J. M.; RODEN, M.; HERDER, C. Diabetes and climate change: current evidence and implications for people with diabetes, clinicians and policy stakeholders. **Diabetologia**, Berlim, v. 66, n. 6, p. 1003-1015, 2023.

SECRETARIA ESTADUAL DE SAÚDE - SESA. **Inauguração do Hospital Regional de Cariri** Fortaleza: SESA/CE, 2011. Disponível em: https://www.saude.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/9/2018/06/boletim_dcnt_20212511.pdf. Acesso em: 30 junho 2024.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES. Tipos de Diabetes. **Sociedade Brasileira de Diabetes**, 2024. Disponível em: <https://diabetes.org.br/tipos-de-diabetes/> Acesso em: 3 jul. 2024.

SOUSA. et al. Doenças sensíveis ao clima no Brasil e no mundo: revisão sistemática. **Revista Panamericana de Salud Pública**, Washington, v. 42, p. e85, 2018.

SCHWARTZ, Michael W.; PORTE JR, Daniel. Diabetes, obesidade e o cérebro. **Science**, v. 307, n. 5708, p. 375-379, 2005.

TONACO, Luís Antônio Batista et al. Vulnerabilidade social se associa com o diagnóstico autorreferido de diabetes tipo II: uma análise multinível. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 24, p. e210010, 2021.

VALLIANOU, Natalia G. et al. Diabetes mellitus in the era of climate change. **Diabetes & Metabolism**, v. 47, n. 4, p. 101205, jul. 2021.

WAINSTOCK, T.; ISRAEL Y. Pregnant women may be sweeter in the summer: Seasonal changes in glucose challenge tests results. A population-based study. **Diabetes Research and Clinical Practice**, Amsterdam, v. 147, p. 134-137, 2019.

XAVIER, A. C. et al. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). **International Journal of Climatology**, [S. l.], v. 42, n. 16, p. 8390-8404, 2022.

XU, R. et al. Association between Heat Exposure and Hospitalization for Diabetes in Brazil during 2000–2015: a nationwide case-crossover study. **Environmental Health Perspectives**, v. 127, n. 11, p. 117005, nov. 2019.