



Validação estatística dos dados climáticos disponíveis na plataforma Climate-Data.Org para o Estado do Ceará *Statistical validation of climate data available on the Climate-Data.Org platform for the State of Ceará*

Mirelle Tainá Vieira Lima¹, Carlos Wagner Oliveira¹

¹ Universidade Federal do Cariri (UFCA), Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil

Contato: mirellet.vieira@gmail.com

Palavras-Chave

climatologia
base de dados
geoprocessamento análise
estatística

Key-word

climatology
data base
geoprocessing
statistical analysis

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo validar os dados mensais de temperatura do ar (média, máxima e mínima) e precipitação pluviométrica, disponibilizados pela plataforma Climate-Data Org, por meio da comparação com os dados normais da plataforma do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, para o Estado do Ceará. Elaborou-se um banco de dados contendo a normal climatológica do INMET (1981-2010), junto às médias do site Climate-Data (1982-2012) para os 12 municípios cearenses com estações do INMET. Observou-se que, de acordo com o Climate-Data, a temperatura média do ar dos municípios cearenses vai de 20,9°C a 27,9 °C, apresentando média geral no estado de 25,93 °C. Enquanto nas estações do INMET, a temperatura média vai de 20,9°C a 27,5°C, com média geral de 26,4°C. A análise estatística utilizada para comparar as duas fontes de dados foi baseada na análise de regressão linear, gerando o coeficiente de correlação (R); no índice “d” de Willmott e no índice “c” de Camargo e Sentelhas. Os dados analisados foram espacializados no Software Qgis 2.18, utilizando-se do método de interpolação Spline. A análise de regressão geral entre os dados de temperatura máxima, mínima e média do INMET e do Climate-Data alcançaram um $R^2=0,9668$, pela equação $Y=0,5344-0,99416x$, com intervalo de 95% de confiança. O índice de concordância de Willmott (d) corresponde a 0,986 e o índice “c” a 0,9695. As análises estatísticas apontaram forte correlação entre os dados das estações meteorológicas e os estimados pelo Climate-Data, na área de estudo selecionada. A partir deste trabalho, pôde-se concluir que a espacialização dos dados em ambiente SIG permitiu visualizar as diferenças e lacunas deixadas pelas deficiências de informações climáticas. Bem como, observou-se a carência de estações climáticas nas regiões elevadas do oeste e nas serras próximas ao centro e sul do Estado do Ceará.

ABSTRACT

The present work aims to validate the monthly data available in the platform Climate-DataOrg for air temperature (average, maximum and minimum) and rainfall by comparing them to the normalized data from the National Institute of Meteorology (INMET) platform for the State of Ceará. It was made a database containing the historical averages of the climatological normal from the INMET (1981-2010), together with the averages from the Climate-DataOrg website for the 12 INMET weather stations in Ceará. According to Climate-Data, the average air temperature of the municipalities in Ceará varies from 20,9°C to 27,9 °C, resulting in a state average of 25,93 °C. Meanwhile, the same average for the INMET stations varies from 20,9°C a 27,5°C, with a state average of 26,4°C. The statistical analysis used to compare the two databases was based on linear regressions, which generate the correlation coefficient (R); the “d” Willmott index and the “c” Camargo and Sentelhas index. The data was espacialized in the Software Qgis 2.18 using the Spline interpolation method. The overall regression with the INMET and Climate-DataOrg data reached a $R^2=0,9668$ and resulted in an equation of $Y=0,5344-0,99416x$, with a confidence of 95%. The concordance Wilmott index (d) was 0,986 and the “c” index was 0,9695. For the selected area, the statistical analysis indicates that there is a strong correlation between the data from the weather stations and the ones estimated by the Climate-DataOrg. From this study, it can be concluded that plotting data in a GIS environment allows the view of differences and gaps resulted from the deficiencies in climate information. Moreover, it shows the lack of weather stations in the elevated regions to west and in the ranges close to the center and south of the State of Ceará.

Informações do artigo

Recebido: 03 de junho, 2020
Aceito: 17 de maio, 2021
Publicado: 31 de agosto, 2021

Introdução

A temperatura exerce grande influência sobre os processos dinâmicos que ocorrem entre a atmosfera e as plantas, animais, solo, água e comportamento das sociedades humanas (JERSZURKI e SOUZA, 2010). Bem como, a precipitação pluviométrica é um dos elementos meteorológicos que mais exerce influência sobre as condições ambientais, sobretudo nos trópicos (MOLION e BERNARDO, 2002).

No Nordeste do Brasil, o regime de chuvas é caracterizado pela sua grande variabilidade no tempo e no espaço, enquanto a temperatura sofre poucas variações ao longo do ano. De acordo com Barbieri et al. (2013), a combinação da alta incidência de radiação solar e a irregularidade do regime pluviométrico da região semiárida brasileira determina a importância do monitoramento e desenvolvimento de estudos que permitam conhecer o comportamento de parâmetros e variáveis atmosféricas que afetam o clima regional.

O conhecimento desses fatores sobre cada território contribui para registrar e delimitar o potencial físico e biológico para a manutenção dos recursos naturais, além de poder nortear o planejamento estratégico do uso e ocupação do solo.

No entanto, a escassez de informações acerca das normais climatológicas de temperatura e umidade para todas as cidades dificulta o planejamento público para aplicação de recursos, a atuação da assistência técnica e a implantação de tecnologias para captação de água, bem como para a pesquisa. A delimitação climática correta é de fundamental importância para a implementação de políticas públicas como Pronaf, garantia safra e a construção de cisternas (MEDEIROS, 2016; SANTOS, 2017; VICTORIA et al. 2019). Uma vez que, devido à grande diversidade de ambientes presentes no Estado, pode ocorrer de uma localidade seca – próxima a uma região mais úmida e sem registros meteorológicos – ser classificada de forma errônea, prejudicando as populações rurais ali existentes, que não serão beneficiadas de acordo com as suas reais necessidades.

Analisar a distribuição espacial das precipitações pluviométricas e temperatura do ar de uma região de forma adequada também é de suma importância para o planejamento dos recursos hídricos de bacias hidrográficas, da mesma forma que corresponde a um importante suporte nos estudos climatológicos e meteorológicos (MARCUIZZO, 2011).

No entanto, um dos grandes problemas encontrados ao buscar estabelecer um zoneamento climático de uma localidade, no Brasil, é a falta de informação oficial (BARBIERI et al. 2013). O Estado do Ceará, que compreende a área de estudo deste trabalho, apresenta extensão de 148.826 km² e possui ao todo 12 estações da FUNCEME/INMET, que dispõem de médias históricas de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica. Sendo assim, considerando a extensão territorial do Estado, podemos supor que estes dados são insuficientes por si só, para projetar com clareza a realidade de todo o território cearense, mesmo que por interposição de dados, por exemplo.

Visto que nem todos os municípios brasileiros possuem estações pluviométricas e/ou dados divulgados por instituições oficiais, uma opção é utilizar fontes alternativas de dados climáticos.

Medeiros-Feitosa e Oliveira (2020), objetivando compreender melhor o clima do Estado do Ceará, especificamente quanto à pluviosidade, fizeram uma análise comparativa entre as precipitações observadas em postos pluviométricos da FUNCEME no estado do Ceará, com as precipitações estimadas pelo satélite TRMM, através do produto 3B43_V7. No referido estudo, os autores concluíram a confiabilidade do TRMM em representar estimativas de chuvas para o Estado, sinalizando a eficácia desse instrumentos para geração de dados de monitoramento climático.

Lima, Bezerra e Oliveira (2020) buscaram contornar a falta de informações sobre temperatura no estado do Ceará utilizando um modelo de regressão linear que envolviam a correlação entre imagens de satélite, dados normais climatológicos de temperatura média do ar (normal climatológica de 1981-2010) e dados geográficos (Latitude, Longitude, Altitude) das 12 estações meteorológicas presentes no Estado. Concluindo-o como um método possível para a avaliação de locais em que os dados meteorológicos são inexistentes.

Em um estudo mais amplo, realizado por Aguiar e Lobo Jr. (2020), comparou-se bancos de dados de satélites, de precipitação pluviométrica e temperaturas máxima e mínima, com estações INMET nas diversas regiões do Brasil, e observou-se que os dados de temperatura não tiveram boa relação para baixas latitudes. Apesar de ter estações na região Nordeste, nenhuma contemplou o estado do Ceará.

Atualmente, outra forma bastante utilizada de adquirir informações mais precisas de dados meteorológicos é utilizar os modelos climáticos divulgados por meio de plataformas eletrônicas, tais como: o WorldClim – Global Climate Data, que consiste em uma base de dados climáticos globais que fornece estimativas presentes e futuras (<https://www.worldclim.org/>); os dados de precipitação do Global Historical Climatology Network – Monthly (GHCN-M), gerados e disponibilizados pela Universidade de Delaware (DLW) (<https://www.ncdc.noaa.gov/>); o Travel Weather Averages (Weatherbase), que contém um banco com dados de 1994 até o presente (<https://www.weatherbase.com/>) e o site Climate-Data.Org. No entanto, há escassez de trabalhos visando a validação dos dados estimados por essas plataformas com dados observados em estações meteorológicas oficiais.

Nesse contexto, o site Climate-Data-Org é um dos bancos de dados climáticos mundiais disponíveis na internet que fornece suporte quanto aos dados de temperaturas – máximas, mínimas e médias – e pluviosidade média para as cidades no mundo. A plataforma encontra-se no endereço eletrônico: <https://pt.climate-data.org/>, e provém de um modelo climático que possui mais de 220 milhões de pontos de dados e uma resolução de 30 segundos de arco.

O modelo usa dados meteorológicos de milhares de estações meteorológicas de todo o mundo, que foram coletados entre 1982 e 2012 (30 anos) e são atualizados de tempos em tempos. O site Climate-Data provém de um modelo climático baseado em dados do projeto OpenStreetMap, que são atualizados regularmente para refletir rapidamente quaisquer alterações nos dados do projeto.

Observou-se a utilização de dados do Projeto Climate-Data.Org em diversos artigos científicos, em variadas temáticas, como exemplo: Lima et al. (2021), em estudo realizado sobre a redução das queimadas, com base na análise temporal de focos de calor; Riad et al. (2020), avaliando o risco de transmissão de doenças por vetores com o uso de modelo de rede espaço-temporal e dados climáticos; Demertzis e Iliadis (2018), estudando o impacto da mudança climática sobre a biodiversidade e espécies invasivas na Grécia; dentre outros autores. Não foram identificados, contudo, artigos científicos que realizassem a validação dos dados da plataforma supracitada, comparando-os, por meio de testes estatísticos, com dados reais observados em estações meteorológicas.

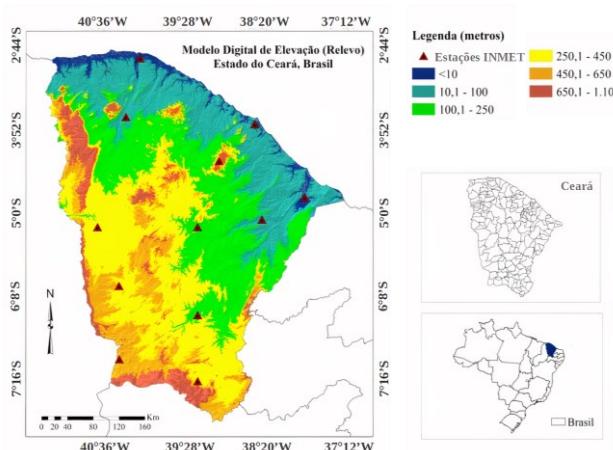
Diante do exposto, e tendo como base o recorte geográfico do Estado do Ceará, o presente trabalho teve por objetivo validar estatisticamente os dados mensais de temperatura do ar (média, máxima e mínima) e precipitação pluviométrica da plataforma Climate-Data.Org, por meio da sua comparação com os dados normais da plataforma do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

Material e Métodos

A área de estudo correspondeu ao Estado do Ceará (Figura 1), caracterizado por dois climas: tropical úmido e tropical semiárido (KAYANO et al., 2009). Onde predomina o clima tropical semiárido, com temperaturas elevadas durante todo o ano e chuvas que se concentram em um curto período de tempo, entre os três ou quatro primeiros meses do ano, e umidade que varia de acordo com a pluviosidade. Por estar situada no Nordeste do Brasil, a caracterização do clima na região é influenciada por fatores fisiográficos, tais como relevo, proximidade com a floresta Amazônica e a variabilidade e interação de sistemas meteorológicos em diferentes escalas de tempo e espaço (SANTOS e SILVA, 2012).

Para a realização do presente estudo, inicialmente, foram coletados da plataforma do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET – os dados normais mensais de temperatura do ar (média, máxima e mínima) e precipitação pluviométrica, de janeiro a dezembro, correspondentes à normal climatológica de 1981-2010, referentes às 12 estações meteorológicas presentes no Estado do Ceará (Tabela 1). Em seguida, realizou-se uma coleta manual das médias climáticas de precipitação pluviométrica e temperatura de cada um dos 184 municípios cearenses, provenientes do site Climate-Data.

Figura 1. Estado do Ceará com hipsometria (Relevo) e distribuição das estações meteorológicas INMET.



Fonte: Imagem modificada pelos autores (INPE, 2008)

Tabela 1. Identificação das 12 estações do INMET empregadas no estudo

Código	Nome da Estação	Longitude	Latitude	Altitude
82294	Acarauá	-40,1	-2,9	16,5
82784	Barbalha	-39,3	-7,3	409,0
82777	Campos Sales	-40,4	-7,0	583,5
82583	Crateús	-40,7	-5,2	296,8
82397	Fortaleza	-38,5	-3,8	26,5
82487	Guaramiranga	-39,0	-4,3	870,7
82686	Iguatu	-39,3	-6,4	217,7
82493	Jaguaruana	-37,8	-4,8	11,7
82588	Morada Nova	-38,4	-5,1	43,6
82586	Quixeramobim	-39,3	-5,2	79,5
82392	Sobral	-40,3	-3,7	109,6
82683	Tauá	-40,4	-6,0	398,8

Fonte: Autores (2021)

Elaborou-se um banco de dados contendo as médias históricas mensais de temperaturas (máximas, médias e mínimas) do ar e a pluviosidade, correspondentes à normal climatológica do INMET (1981-2010), junto a médias do site Climate-Data (1982-2012).

A análise estatística utilizada para comparar as duas fontes de dados foi baseada na Análise de Regressão Linear, executada no software livre Past, fundamentada na Equação 1, onde, y : é a variável dependente a ser estimada, a : é o intercepto, b : é a inclinação e x : é a variável independente. Como produtos dessa equação obtêm-se os coeficientes R e R^2 .

$$Y = a + b * x \tag{Eq. 1}$$

A avaliação do desempenho dos dados Climate-Data também foi realizada empregando-se o índice de concordância “d” de Willmott et al. (1985), obtida por meio da Equação 2, em que: P_i é o valor estimado; O_i é o valor observado; O é a média dos valores observados.

$$d = 1 - \left(\frac{\sum(Pi-Oi)^2}{\sum(|Pi-O|+|Oi-O|)^2} \right) \tag{Eq. 2}$$

Por fim, com o intuito de reforçar a análise, aplicou-se o índice “c” de desempenho de Camargo e Sentelhas (1997), que é o resultado do produto entre o coeficiente de correlação de Pearson (r) e o índice de exatidão de Willmott (d), conforme a Equação 3.

$$c = r * d \tag{Eq. 3}$$

Os dados de temperatura e precipitação pluviométrica foram espacializados no Estado por meio do Software Qgis 2.18, utilizando-se do método de interpolação Spline. No caso dos dados Climate-Data, coletados por município, utilizou-se, no ambiente SIG do Qgis 2.18, o mapa das divisas municipais do Ceará em formato shapefile, de onde se extraiu o centroide do polígono de cada município, criando, assim, um shape de pontos, onde os dados obtidos foram agregados para posterior interpolação.

A avaliação da pluviosidade média no Estado foi reforçada pelos dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME. Para tal, foi realizado o download em formato de texto (.txt) de todos os dados das estações da FUNCEME por meio do site e agrupados em um único arquivo do Excel.

A partir desse ponto, foram selecionadas em tabela dinâmica apenas as estações que possuíam dados ininterruptos entre 1989 e 2018, contabilizando 30 anos de coleta. Do total de 746 postos disponíveis, foram selecionados 181 para compor o mapa de pluviosidade média do Estado. Que foram espacializados por interpolação dos dados, através do método Multilevel B-Spline, no software Qgis 2.18.

A simbologia utilizada nos mapas foi do azul (mais frio) até o vermelho (mais quente), espacializados pelo método de quebras naturais no Qgis 2.18.

Resultados e Discussões

A análise de regressão geral entre os dados de temperatura máxima, mínima e média do INMET e do Climate-Data alcançaram um $r=0,98326$, $R^2=0,9668$, pela equação $Y= 0,5344 -0,99416 x$, com intervalo de 95% de confiança. A relação individual entre cada parâmetro é expressa na Tabela 2.

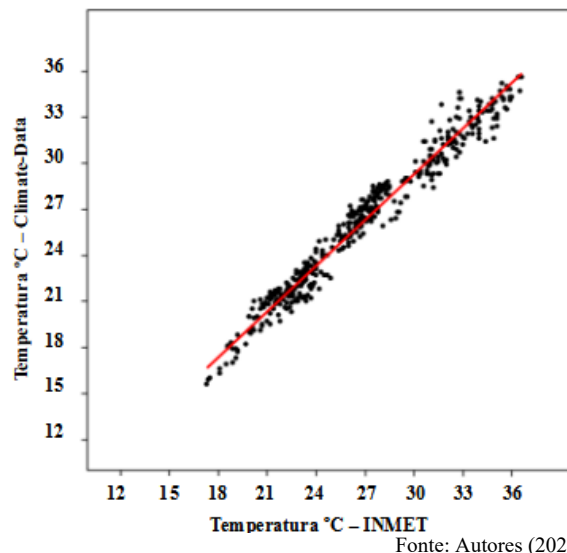
Tabela 2. Parâmetros da regressão e os coeficientes de determinação entre dados INMET e Climate-Data.

Parâmetro	a	b	R ²
Temperatura Mínima	-2,2384	1,0603	0,84705
Temperatura Média	0,49988	0,97197	0,88135
Temperatura Máxima	0,25767	0,96343	0,87543
Pluviosidade	0,15634	0,96702	0,953

Fonte: Autores (2021)

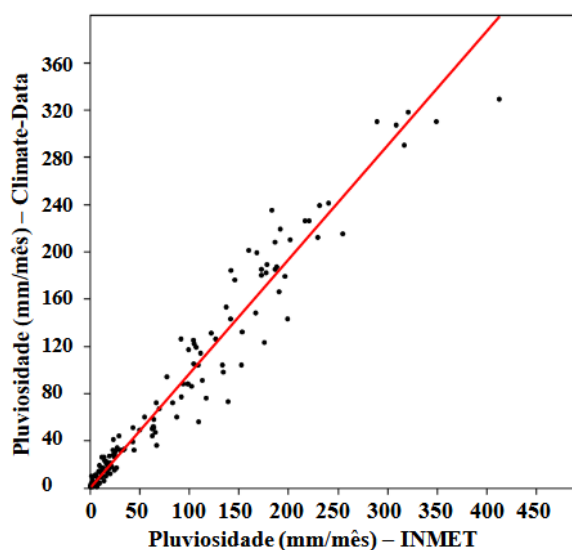
Conforme Hopkins (2000), o índice de correlação r entre 0,7 a 0,9 indica um nível de proximidade muito alto entre grupos e de 0,9 a 1,0 uma comparação quase perfeita. Esse resultado admite a forte correlação entre os dados climáticos das estações meteorológicas e os estimados pelo Climate-Data, podendo ser visualmente analisados nas Figuras 2 e 3.

Figura 2. Dispersão das médias de Temperatura do INMET e Climate-Data.



Fonte: Autores (2021)

Figura 3. Dispersão de dados de pluviosidade do INMET e Climate-Data.



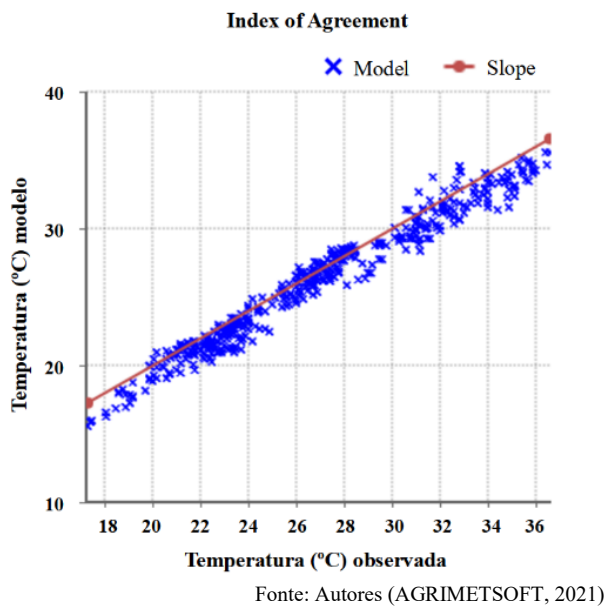
Fonte: Autores (2021)

Esses resultados reforçam a concordância entre os dados das estações meteorológicas e das estimativas do Climate-Data. Com valores de R^2 superiores a 0,85.

Aguiar e Lobo (2020), avaliando métodos alternativos de se conseguir dados climáticos via banco de dados de imagens de satélite, conseguiram bons resultados ($R^2= 0,77$) para precipitação pluviométrica, na região Nordeste; entretanto o desempenho de para dados de temperatura máxima ($R^2= 0,42$), e mínima ($R^2=0,48$), não foram satisfatórios para a região.

Semelhantemente, o índice de Willmott et al. (1985) já foi utilizado em diversos estudos de comparação e validação de dados, tais como: Cunha et al. (2013), Camargo e Sentelhas (1997) e Araújo et al. (2013). Nesse estudo, a base de dados apresenta o índice de concordância de Willmott (d) correspondente a 0.986 (Figura 4). De acordo com Gomes et al. (2015), a faixa de valores do índice “d” varia entre 0 (zero) para nenhuma concordância a 1 (um) para uma concordância perfeita.

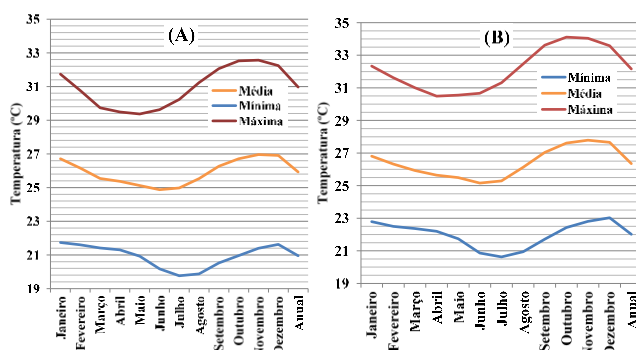
Figura 4. O índice de concordância de Willmott (d) entre as amostras de temperatura do INMET e Climate-Data.



O índice “c” corresponde, portanto, a 0,9695, de acordo com Camargo e Sentelhas (1997), esse índice acima de 0,85 interpreta-se como um ótimo resultado.

O comportamento mensal das temperaturas também apresentou forte semelhança, como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5. Temperaturas Máxima, Mínima e Média, mensal e anual, do Estado do Ceará, de acordo com os dados do site PtClimate (A) e do Instituto Nacional de Meteorologia INMET(B)



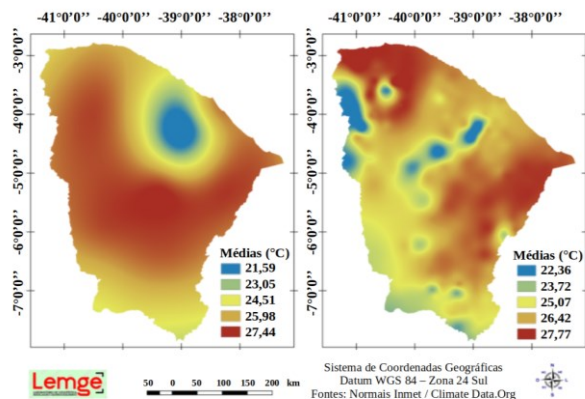
De acordo com o Climate-Data, a temperatura média do ar dos municípios cearenses vai de 20,9°C, presente no município de Guaramiranga, a 27,9 °C, no município de Granja, apresentando média geral no Estado de 25,93 °C.

Enquanto isso, dentre estações do INMET, destacaram-se: Jaguaruana, por apresentar a maior temperatura média (27,5°C), e Guaramiranga, pela menor média (20,9°C). A estação de Acaraú não apresentou a média de julho, sem esse mês, a média anual da estação constitui 27,3°C. A média geral de temperatura do INMET é de 26,4°C. Por sua vez, a elaboração do zoneamento de determinadas regiões tornou-se possível graças à maior disponibilidade de modelos e dados meteorológicos e ao avanço de sistemas de informações geográficas (SIG).

Para tal, a interpolação é o procedimento mais utilizado para a espacialização de dados pontuais, como no caso de estações pluviométricas que, conforme Burrough (1986), consiste em estimar valores para determinada localidade em que os dados não são amostrados, baseando-se em valores de dados observados em locais mais próximos e conhecidos.

A comparação espacial dos valores de temperatura, fornecida pelas duas bases de dados apresenta-se na Figura 6 e tiveram o objetivo de demonstrar as diferenças que o nível de detalhamento dos dados pode promover.

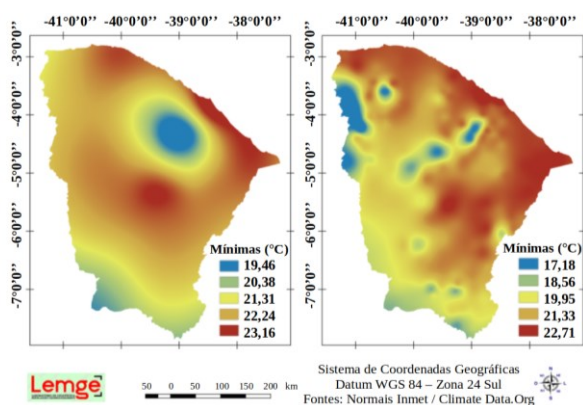
Figura 6. Espacialização das temperaturas médias °C, a) obtidas do INMET, para o período 1981-2010; b) obtidas do Climate-Data, para o período 1982-2012.



Percebeu-se que, conforme o Climate-Data, há pontos específicos dentro do Estado, que coincidem com as regiões serranas, em que ocorrem quedas de temperatura. No entanto, essas áreas não são percebidas por estações meteorológicas do INMET. Quanto às temperaturas mínimas, o Climate-Data atribuiu a menor média anual de temperatura mínima à Guaraciaba do Norte, de 15,6°C e a maior média de temperatura mínima a Fortaleza, de 23°C.

Dentre estações do INMET, a de Fortaleza concentrou as maiores médias de temperaturas mínima (23,9°C) e Guaramiranga as menores, com média 18,4°C. A distribuição espacial das diferentes bases de dados observa-se na Figura 7.

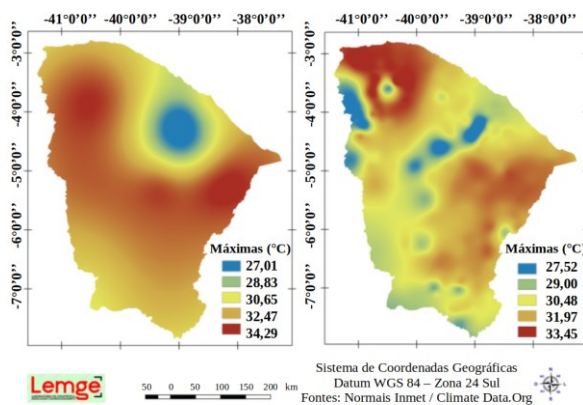
Figura 7. Espacialização das temperaturas mínimas °C. a) obtidas do INMET, para o período 1981-2010; b) obtidas do Climate-Data, para o período 1982-2012.



(a) (b) Fonte: Autores (2021)

Em relação às temperaturas máximas alcançadas, de acordo com o Climate-Data, o menor valor médio de temperatura máxima do Estado foi encontrado em Guarimiranga, de 25°C, e o maior em Santana do Acaraú, de 33,8°C. Das estações do INMET, Sobral apresentou as maiores temperaturas máximas, de 34,1°C, e Guarimiranga apresentou as menores máximas, correspondente a 25,5°C. Esses dados espacializados no Estado são expressos na Figura 8.

Figura 8. Espacialização das temperaturas máximas °C. a) obtidas do INMET, para o período 1981-2010; b) obtidas do Climate-Data, para o período 1982-2012.



(a) (b) Fonte: Autores (2021)

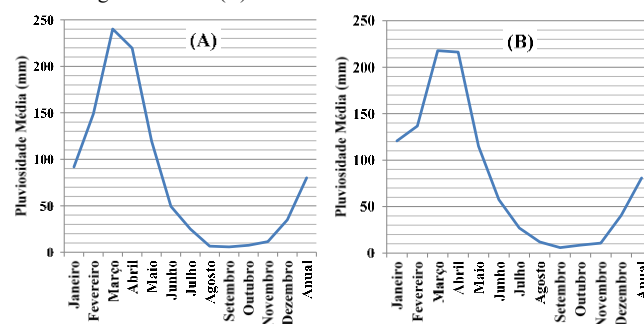
Percebeu-se na figura acima que a espacialização dos dados do INMET seria mais próxima à do Climate-Data caso fossem registados os dados referentes à região da Ibiapaba e nas serras próximas ao centro e sul do Estado.

De acordo com Barra et al. (2002), a temperatura média diária do Ceará varia entre 22 a 33 °C e a precipitação pluviométrica média anual está em torno de 775 mm, corroborando com os dados que foram fornecidos pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, e pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME.

De acordo com o Climate-Data, o município de Aiuaba apresentou a menor pluviosidade média mensal do Estado, correspondente a 39,5 mm/mês, enquanto que a maior foi em São Benedito com 137,9 mm/mês. Calculou-se, de acordo com os dados do site, que a pluviosidade média mensal no Estado equivale a 78,2 mm/mês (Figura 9).

Notou-se que a ocorrência de chuvas no Estado diminui, preponderantemente, entre os meses de agosto a novembro – mesmo período em que as temperaturas apresentam elevação – e atinge o pico de chuva entre março e abril. Esses resultados corroboram com Silva et al. (2012), em que afirmam que esse comportamento é característico do Nordeste brasileiro (NEB) e está associado à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Conforme Silva et al. (2017), há cerca de seis sistemas atmosféricos que regem as precipitações pluviométricas no NEB, que são: as frentes frias vindas do Sul; as ondas de Leste; os ciclones na média e na alta troposfera, as brisas terrestres e marítimas; as oscilações de 30-60 dias e a ZCIT.

Figura 9. Pluviosidade média mensal e anual do Estado do Ceará, de acordo com os dados do site Climate-Data (A) e do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (B).



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (1981-2010); Climate-Data.org (1982-2012).

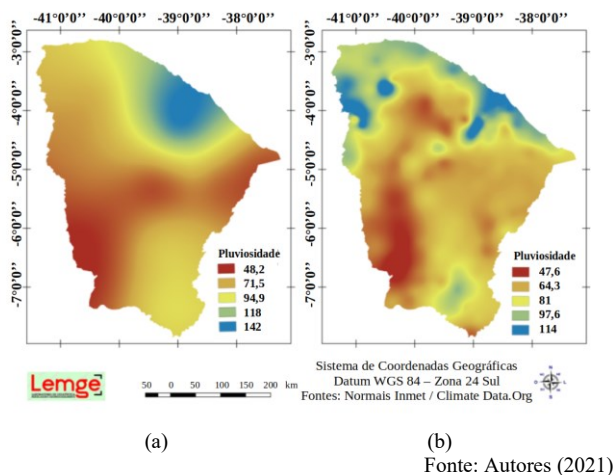
Dentro destes fatores, a ZCIT consiste na movimentação de massas de ar que, dependendo da umidade presente nela, promove a precipitação da chuva e está ligada à influência do mar (como no caso do litoral cearense).

Conforme o laboratório de Meteorologia Aplicada a Sistema de Tempo Regional (MASTER, 2010), a ZCIT é uma movimentação de ar responsável por transferir calor e umidade das regiões inferiores da atmosfera para regiões de latitude médias e altas. A ZCIT é formada pela confluência dos ventos alísios do Hemisfério Norte (alísios de nordeste) e os do Hemisfério Sul (alísio de sudeste), que resultam em movimentos ascendentes de ar com alto teor de vapor d’água, que ao subir na atmosfera, se resfriam e condensam, gerando a formação de nuvens para precipitação pluviométrica (SILVA et al., 2017).

Ocorre que nos meses de março e abril a ZCIT encontra-se mais ao hemisfério sul, assim, a porção norte do Nordeste apresenta máximos de precipitação; enquanto entre agosto e setembro a posição da ZCIT mais ao norte, resultando em escassez de chuva no norte do NEB (SILVA et al., 2012).

A espacialização do fator pluviosidade também reflete a escassez de dados das normais do INMET, conforme apresenta a Figura 10.

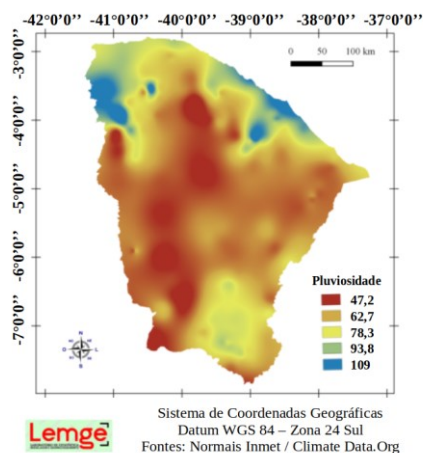
Figura 10. Espacialização da pluviosidade média (mm/mês), a) obtidas do INMET, para o período 1981-2010; b) obtidas do Climate-Data, para o período 1982-2012.



Fonte: Autores (2021)

Apesar dos dados de umidade e temperatura não serem tão abrangentes, a FUNCEME possui algumas centenas de estações pluviométricas no Estado, das quais são disponibilizados os dados de chuva, como pode ser observado na Figura 11, configurando dados oficiais a se comparar com o Climate-Data. Esses dados da FUNCEME, apesar de melhores distribuídas ainda não atendem os critérios de espacialização necessários de acordo com a Organização Meteorológica Mundial (MEDEIROS-FEITOSA e OLIVEIRA, 2020).

Figura 11. Espacialização da pluviosidade média (mm/mês) de acordo com os dados da Funceme entre 1989-2018.



Fonte: Autores (2021)

Verificou-se a similaridade entre a espacialização dos dados de pluviosidade da FUNCEME e do site Climate-Data.Org. com os dados da FUNCEME, a pluviosidade média do Estado do Ceará entre 1989 e 2018, para as 181 estações selecionadas, que possuem dados ininterruptos entre os anos citados, apresentou uma média mensal anual de 70,6 mm para todo o Estado.

A menor e a maior média mensal anual foram, 35,5 mm e 140,4 mm, respectivamente para os municípios de Irauçuba e Ibiapina.

Por fim, ressalta-se a importância do uso de séries de dados temporais e técnicas de geoprocessamento como uma valiosa fonte de informação, imprescindível para a gestão ambiental e avaliação do potencial do uso e ocupação do solo, caracterizando e revelando seus pontos fortes e fracos (LIMA et al., 2021).

Conclusão

Com base nos dados apresentados, concluiu-se que os dados climáticos fornecidos pela plataforma Climate-Data.Org reflete valores bastante próximos aos dados oficiais disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Visto que, a análise de regressão geral entre os dados de temperatura máxima, mínima e média do INMET e do Climate-Data alcançaram um $R^2=0,9668$, com intervalo de 95% de confiança, e os de precipitação pluviométrica um $R^2=0,95$.

Os testes: coeficiente de correlação (R), o índice “d” de Willmott e índice “c” de Camargo e Sentelhas apontaram que os dados propostos pela plataforma Climate-Data apresentam grande pertinência e similaridade com os dados climáticos oficiais disponíveis, comparados nesse estudo.

A partir deste trabalho, também pôde-se concluir que a espacialização dos dados em ambiente SIG permite visualizar as diferenças e lacunas deixadas pelas deficiências de informações climáticas, que tornam carente o conhecimento sobre os territórios. Bem como, observou-se que os dados oficiais poderiam ser mais bem interpretados no Estado se houvessem mais estações nas regiões elevadas do oeste e nas serras próximas ao centro e sul do Estado do Ceará.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de pesquisa.

Contribuição dos autores

Os autores desse artigo declaram que contribuíram de forma igualitária na sua elaboração.

Referências

AGUIAR, J. T. DE; LOBO JR., M. Reliability and discrepancies of rainfall and temperatures from remote sensing and Brazilian ground weather stations. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 18, p. 100301, abr. 2020.

ARAUJO, G. L.; REIS, E. F.; MARTINS, C. A. D. S.; BARBOSA, V. S.; RODRIGUES, R. R. Desempenho comparativo de métodos para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET0). **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 5, n. 2, 2013.

- BARBIERI, L. F. P.; CORREIA, M. D. F.; BRAGA, C. C.; GONÇALVES, W. A.; DE MOURA, M. S. B. Desempenho de método de estimativa da temperatura média diária: um estudo em áreas com forte pressão antrópica. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2013.
- BARRA, T. S.; COSTA, J.; RAO, T. V.; SEDIYAMA, G. C.; FERREIRA, W. P.; DANTAS NETO, F. S. Caracterização climatológica da severidade de secas do estado do Ceará-Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 266-272, 2002.
- CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- CLIMATE-DATA.ORG. Dados climáticos para cidades mundiais. 2017.
- CUNHA, P. C. R. D.; NASCIMENTO, J. L. D.; SILVEIRA, P. M. D.; ALVES JÚNIOR, J. Eficiência de métodos para o cálculo de coeficientes do tanque classe A na estimativa da evapotranspiração de referência. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 114-122, 2013.
- DELAWARE. Universidade de Delaware. EUA: precipitação mensal e temperatura, resolução de 0,5° x 0,5°, dados de 1910-2010. Disponível em: http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.Udel_AirT_Precip.html>. Acesso em: Fevereiro de 2021.
- DEMERTZIS, Konstantinos; ILIADIS, Lazaros. The impact of climate change on biodiversity: The ecological consequences of invasive species in Greece. In: Handbook of Climate Change Communication: Vol. 1. Springer, Cham, 2018. p. 15-38.
- GOMES, C. A.; LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; SOARES, W. A.; SOUZA, E. S.; RIBEIRO, A. A.; ALVES, E. M., MACHADO, C. B.; FIRMINO, F. H. T. Medição e Simulação dos Fluxos de Energia e Evapotranspiração em Solo Cultivado com *Brachiaria decumbens* na Microrregião de Garanhuns-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, n.2, p.365-376, 2015.
- HOPKINS, W. G. Correlation coefficient: a new view of statistics. 2000.
- JERSZURKI, D.; DE SOUZA, J. L. M. Estimativa da temperatura média diária do ar em distintas regiões brasileiras empregando métodos alternativos. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 5, p. 407-416, 2010.
- KAYANO, M.T. E ANDREOLI, R.V. O clima da região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A.J.; SILVA DIAS, M.A.F. **Tempo e clima do Brasil**. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, p.213-233, 2009.
- LIMA, E. G.; KATO, O. R.; DE FREITAS, T. P. M.; DE FREITAS, P. M.; NAGAISHI, T. Y. R.; COSTA, M. D. S. S.; MALTAROLO, B. M. Uso de sistemas alternativos e a redução das queimadas: uma análise temporal de focos de calor nos municípios de Igarapé-Açu e Marapanim, Pará. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 11345-11371, 2021.
- LIMA, M. T. V.; BEZERRA, A. E.; OLIVEIRA, C. W. Estimativa da temperatura média do ar no Estado do Ceará por meio do sensoriamento remoto. **Revista Equador**, v. 9, n. 2, p. 01-18, 2020.
- MASTER - Meteorologia Aplicada a Sistema de Tempo Regional. 2010. Zona de Convergência Intertropical Características gerais. Disponível em: <http://master.iag.usp.br/pr/ensino/sinotica/aula15/>. Acesso em: 14/05/2020.
- MEDEIROS, D. S. **Pluviometria, PRONAF e valor da produção de alimentos no Ceará entre 1980 e 2014**. 2016. 43 f. Monografia (Graduação). Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Curso de Ciências Econômicas, Fortaleza, 2016.
- MEDEIROS-FEITOSA, Jose Reginaldo; OLIVEIRA, Carlos Wagner. Estudo comparativo dos dados de precipitação do satélite TRMM e postos pluviométricos no estado do Ceará, Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, n. 65, p. 239-262, 2020.
- RIAD, Md Mahbul Huq; COHNSTAEDT, Lee W.; SCOGGIO, Caterina M. Risk assessment of vector-borne disease transmission using spatiotemporal network model and climate data with an application of dengue in Bangladesh. **MedRxiv**, 2020.
- SANTOS, C. A. C. dos; MANZI, A. O. Eventos extremos de precipitação no estado do Ceará e suas relações com a temperatura dos Oceanos Tropicais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 1, p. 157-165, 2011.
- SILVA, C. M. S.; LÚCIO, P. S.; SPYRIDES, M. H. C. Distribuição espacial da precipitação sobre o Rio Grande do Norte: estimativas via satélites e medidas por pluviômetros. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 3, p. 337-346, 2012.
- SILVA, M. J; GALVÍNCIO, J. D.; COSTA, V. S. O. Abordagem interdisciplinar sobre a Influência da Zona de Convergência Intertropical — ZCIT no nordeste brasileiro. **Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais**, Recife, V. 6, N. 1, 2017 (107-117).
- VICTORIA, D. de C.; DE OLIVEIRA, Aryeverton Fortes; CUADRA, Santiago Vianna. Relação entre acionamentos do garantia-safra, precipitação e índices de vegetação. In: Embrapa Informática Agropecuária-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 21., 2019, Catalão. Anais... Catalão: CBAGRO: UFGO, 2019., 2019.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Topodata: banco de dados geomorfométricos do Brasil. Variáveis geomorfométricas locais. São José dos Campos, 2008. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: Fevereiro de 2021.