

**Análise das chuvas na Região Metropolitana do Cariri e a influência do fenômeno
climático El Niño - Oscilação do Sul**

**Analysis of rainfall in the Metropolitan Region of Cariri and the influence of the el niño
climate phenomenon - Southern Oscillation**

**Análisis de las precipitaciones en la Región Metropolitana de Cariri y la influencia del
fenómeno climático el niño - Oscilación del Sur**

Recebido: 26/05/2020 | Revisado: 27/05/2020 | Aceito: 27/05/2020 | Publicado: 11/06/2020

Eliezio Nascimento Barboza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8100-9389>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: eliezio1999@outlook.com

João Marcos Pereira de Morais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8097-9607>

Universidade Regional do Cariri, Brasil

E-mail: joaomarcostecnologo@gmail.com

Miguel Adriano Gonçalves Cirino

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5441-8080>

Universidade Regional do Cariri, Brasil

E-mail: miguel.goncalves@urca.br

Eduarda Morais da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9463-8280>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: eduardamoraisengenharia@gmail.com

Bruno Barbosa de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1279-1431>

Universidade Regional do Cariri, Brasil

E-mail: bruno.barbosa@urca.br

Resumo

O estudo do clima é essencial para compreender e monitorar as atividades atmosféricas, como exemplo as mudanças climáticas. O clima de uma região sofre variadas modificações devido a fatores naturais ou antrópicos, destaca-se o El Niño - Oscilação Sul, anomalia esta que podem causar prejuízos financeiros na produção agrícolas, enchentes e secas severas. Destaca-se a Climatologia e a Meteorologia no estudo das precipitações históricas e os fenômenos de ordem climática, que corroboram no controle e compreensão das atividades atmosféricas que influenciam nas chuvas do Nordeste. Nesse sentido, o presente trabalho objetiva analisar o comportamento das precipitações pluviométricas na Região Metropolitana do Cariri e relacionar o comportamento das chuvas com os anos de influência do fenômeno climático El Niño-Oscilação do Sul, no período de 1980 a 2019, enfocando na identificação dos períodos mais secos do regime pluviométrico e os anos de chuvas intensas. Para a realização desse estudo, os dados foram disponibilizados pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos por meio das séries históricas. A tabulação e organização dos dados, como também os cálculos estatísticos, utilizou-se o *software* Excel. Foi possível identificar a variabilidade e irregularidades nas chuvas da Região e a influência do El Niño, intervindo nas chuvas da Região estudada.

Palavras-chave: Recursos hídricos; Geociências; Climatologia; Precipitação pluviométrica; Semiárido nordestino.

Abstract

Climate study is essential for understanding and monitoring atmospheric activities, such as climate change. The climate of a region undergoes several changes due to natural or anthropic factors, especially El Niño - Southern Oscillation, an anomaly that can cause financial damage in agricultural production, floods and severe droughts. Climatology and Meteorology stand out in the study of historical rainfall and climatic phenomena, which corroborate the control and understanding of atmospheric activities that influence the rains of the Northeast. In this sense, the present work aims to analyze the behavior of rainfall in the Metropolitan Region of Cariri and to relate the behavior of rainfall with the years of influence of the climatic phenomenon El Niño-Southern Oscillation, in the period from 1980 to 2019, focusing on the identification of the driest periods of the rainfall regime and the years of intense rains. For this study, the data were made available by the Ceará Meteorological and Water Resources Foundation through the historical series. Data tabulation and organization, as well as statistical calculations, used excel

software. It was possible to identify the variability and irregularities in the rains of the Region and the influence of El Niño, intervening in the rains of the studied region.

Keywords: Water resources; Geosciences; Climatology; Rainfall; Semi-arid northeast.

Resumen

El estudio climático es esencial para comprender y monitorear las actividades atmosféricas, como el cambio climático. El clima de una región sufre varios cambios debido a factores naturales o antrópicos, especialmente El Niño - Oscilación del Sur, una anomalía que puede causar daños financieros en la producción agrícola, inundaciones y sequías severas. Climatología y Meteorología destacan en el estudio de las lluvias históricas y fenómenos climáticos, que corroboran el control y la comprensión de las actividades atmosféricas que influyen en las lluvias del noreste. En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo analizar el comportamiento de las precipitaciones en la Región Metropolitana de Cariri y relacionar el comportamiento de las precipitaciones con los años de influencia del fenómeno climático El Niño-Sur oscilación, en el período de 1980 a 2019, centrándose en la identificación de los períodos más secos del régimen de lluvias y los años de intensas lluvias. Para este estudio, los datos fueron puestos a disposición por la Fundación Meteorológica y de Recursos Hídricos de Ceará a través de la serie histórica. La tabulación y organización de datos, así como los cálculos estadísticos, utilizaban software de Excel. Fue posible identificar la variabilidad y irregularidades en las lluvias de la Región y la influencia de El Niño, interviniendo en las lluvias de la región estudiada.

Palabras clave: Recursos hídricos; Geociencias; Climatología; Lluvias; Noreste semiárido.

1. Introdução

A região semiárida do Nordeste brasileiro abrange área aproximada de 982.563,3 km², constituída por 1133 municípios, ocupando área de aproximadamente 18,2% do território brasileiro (Silva et al., 2010). A expressão “semiárida” é utilizada para descrever o clima de regiões com precipitações baixas e que possui vegetação constituída por arbustos (Cirilo, 2008).

A história do Nordeste está relacionada com períodos prolongados de estiagem, intensificando a fome, pobreza e conseqüentemente no desemprego e êxodo rural das populações. Esses problemas socioeconômicos são intensificados pelas irregularidades das precipitações pluviométricas na região, afetando a produção agrícola e gerando problemas de abastecimento humano (Marengo, Alves, Beserra & Lacerda, 2011). A análise da precipitação

pluviométrica na Região Nordeste do Brasil é uma ferramenta importante no planejamento da região, pois as irregularidades das chuvas impactam nos diversos setores sociais (Lucena, Gomes Filho & Servain, 2011).

Destaca-se a Climatologia e Meteorologia no estudo das precipitações históricas e os fenômenos de ordem climática, que corroboram no controle e compreensão das atividades atmosféricas que influenciam nas chuvas (Mendonça & Danni-Oliveira, 2017). Os autores afirmam que a climatologia é uma ciência essencial para compreender e monitorar as atividades atmosféricas. Pois entende-se o clima, não apenas como elemento natural, mas também como um fenômeno geográfico de seu conhecimento acerca do entendimento do território (Sant'anna Neto, 2008).

Devido a contribuição da precipitação pluviométrica para compreender o ciclo hidrológico e a manutenção do meio ambiente e dos seres vivos, a análise da precipitação pluviométrica vem sendo estudada em várias regiões do mundo (Stern & Coe, 1984; Vide & Botija, 1991; Gupta & Waymire, 1993; González & Sinoga, 2013; Luna Vera & Domínguez Mora, 2013; Souza, Nogueira & Silva Nogueira, 2017; Al-Amri & Subyani, 2020; Wang et al., 2020; Tigabu, Hörmann, Wagner & Fohrer, 2020; Barboza, Caiana & Neto, 2020).

A precipitação pluviométrica é um elemento imprescindível, seja pela caracterização climatológica de uma determinada região, como também servindo de informação básica para os estudos hidrológicos ou ambientais, essencial para a obtenção de êxito em diversas atividades, como no comércio e turismo (Chierice, 2013), no planejamento de Bacias Hidrográficas (Aleixo & Neto, 2019), produção agrícola (Rossato et al., 2017) e no planejamento urbano e ambiental de uma região (Barboza, Caiana & Neto, 2020).

Xavier e Dornellas (2005) corroboram ao afirmar, que a supervisão e análise do comportamento das chuvas na Região Nordeste, faz-se muito importante, tanto para os aspectos exclusivamente climático, como também pelas complicações de ordem econômica e social, ocasionadas por esse evento. Praticamente toda região encontra problemas resultantes da falta de água, decorrentes da irregularidade temporal, espacial e aos baixos índices pluviométricos, dificultando as atividades agrícolas (Souza, Nogueira & Silva Nogueira, 2017).

A caracterização das chuvas no Nordeste pode corroborar projetos que visem amenizar os efeitos das estiagens, visto que a região apresenta problemáticas climáticas pelas irregularidades, intensidade, duração das precipitações, influenciando na fertilidade do solo e conseqüentemente a perda de produções agrícolas, enfraquecendo a economia local (Cerqueira, Santos & Aquino, 2019).

A variabilidade e a irregularidade das chuvas no semiárido nordestino é modulada por padrões atmosféricos e oceânicos de grande escala que se processam sobre os Oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais (Lucena, Gomes Filho & Servain, 2011). Um exemplo é o fenômeno El Niño - Oscilação do Sul, atuante na Região Nordeste do Brasil, caracterizado como um fenômeno atmosférico-oceânico resultante do aquecimento anômalo das águas superficiais no oceano Pacífico Tropical, afetando diretamente o clima regional e global, modificando os padrões de vento a nível mundial, e afetando assim, os regimes de chuva em regiões tropicais e de latitudes médias, especialmente no Nordeste do país (INPE, 2020).

Existem 4 mecanismos que atuam no regime pluviométrico do Nordeste: Fenômeno meteorológico El Niño-Oscilação Sul; Temperatura da Superfície do Mar – TSM na bacia do oceano Atlântico, Ventos Alísios e Pressão ao Nível do Mar - PNM; Zona de Convergência Intertropical - ZCIT sobre o oceano Atlântico e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis – VCAN (Uvo & Berndtsson, 1996).

A variabilidade interanual da precipitação pluviométrica na região está diretamente relacionada com a variações na Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre os oceanos tropicais, afetando a posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Oceano Atlântico, no qual é o principal sistema atmosférico determinante nas chuvas nas Regiões áridas e semiáridas do Nordeste (Hastenrath & Heller, 1977; Moura & Shukla, 1981; Hastenrath, 1984; Alves, 2002; Andreoli, Kayano, Guedes, Oyama & Alves, 2004; Ferreira & Silva Melo, 2005; Andreoli & Kayano, 2007; Bezerra & Cavalcanti, 2008).

Em anos com presença de anomalias da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) nas bacias dos oceanos, a célula de Hadley atua no sentido meridional e a célula de Walker que atua no sentido zonal são perturbadas, causando fortes anomalias na circulação atmosférica sobre os trópicos, modificando a quantidade de chuvas que caem no Nordeste (Ferreira & Silva Melo, 2005). Nesse contexto, o objetivo desse artigo é analisar o comportamento das precipitações pluviométricas na Região Metropolitana do Cariri – RMC e relacionar o comportamento com os anos de influência do fenômeno climático El Niño-Oscilação do Sul, no período de 1980 a 2019, enfocando na identificação dos períodos mais secos do regime pluviométrico e os anos de chuvas intensas.

2. Metodologia

2.1 Tipo da pesquisa

Conforme caracterizam Pereira et al. (2018), do ponto de vista da sua natureza, esta é uma pesquisa básica. Pela perspectiva de abordagem, é uma pesquisa quantitativa. Analisando os objetivos, essa pesquisa é exploratória. Em relação aos procedimentos técnicos, é uma pesquisa do tipo estudo de caso.

2.2 Descrição da área de estudo

A Região Metropolitana do Cariri – RMC foi instituída oficialmente através da Lei Complementar nº 78 de 26 de junho de 2009, sendo constituído por três municípios principais, formando o “Crajobar”: Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha (Barboza, Alencar & Alencar, 2020). Os municípios de Jardim, Missão Velha, Caririaçu, Farias Brito, Nova Olinda e Santana do Cariri foram acrescentados com a finalidade de aprimorar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse conjunto (Moura-Fé et al., 2019).

A Região Metropolitana do Cariri foi formada pelo conjunto dos nove municípios próximos e que estão interligados entre si, construída ao redor do Crajobar, com a cidade de Juazeiro do Norte como cidade central e mais desenvolvida (Barboza, Silva Alencar & Alencar, 2020). A formação da RMC foi marcada pelo processo de conurbação intensificado no século XXI, no qual as principais cidades (Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha) cresceram até unirem-se (Silva et al., 2020). As informações de geográficas dos municípios que compreendem a área de estudo estão representadas na Tabela 1.

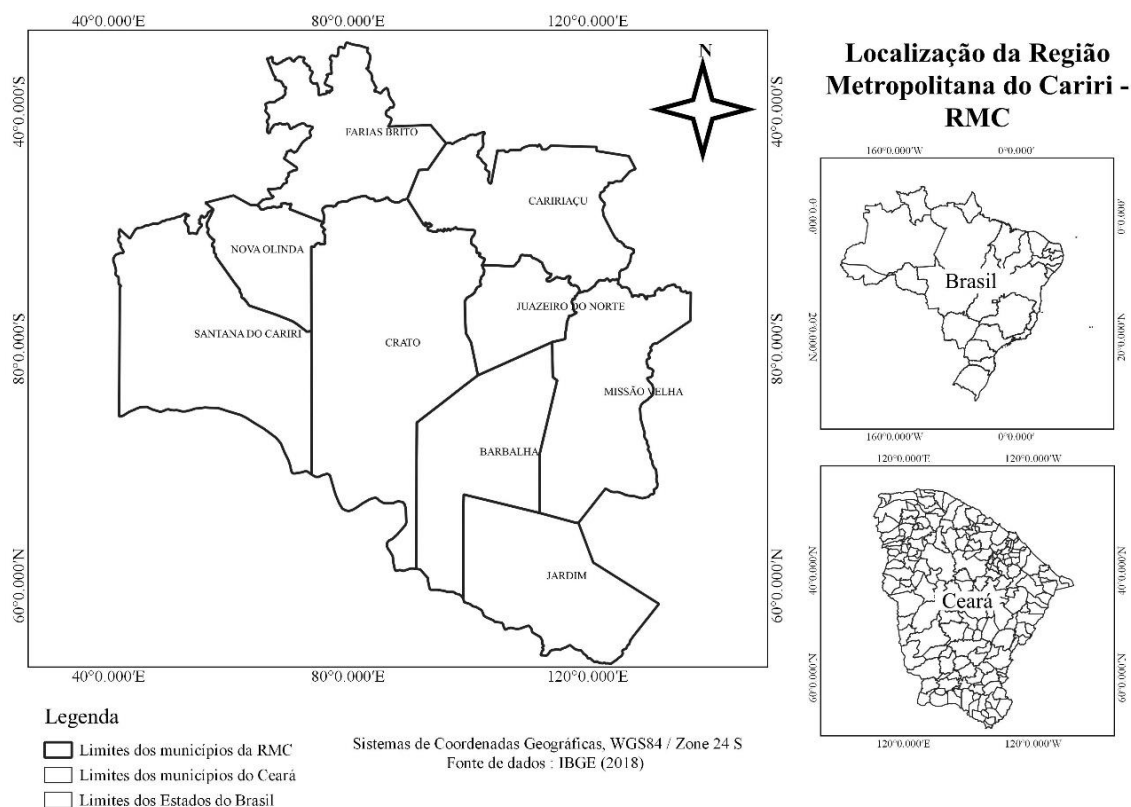
Tabela 1: Latitudes e Longitudes dos municípios que compreendem a Região Metropolitana do Cariri -RMC.

| Município | Área (km ²) | Latitude (S) | Longitude (W) |
|-------------------|-------------------------|--------------|---------------|
| Barbalha | 569.508 | 7°17'55" | 39°18'09" |
| Caririaçu | 623.564 | 7°02'30" | 39°17'08" |
| Crato | 1176.467 | 7°13'48" | 39°24'44" |
| Farias Brito | 503.622 | 6°55'34" | 39°34'24" |
| Jardim | 552.424 | 7°34'57" | 39°17'53" |
| Juazeiro do Norte | 248.832 | 7°13'44" | 39°18'44" |
| Missão Velha | 645.704 | 7°14'59" | 39°08'25" |
| Nova Olinda | 284.401 | 7°38'12" | 48°25'21" |
| Santana do Cariri | 855.563 | 7°11'05" | 39°44' 16" |

Fonte: IBGE, 2019. Elaborado pelos autores.

Na Tabela 1 está representado as Latitudes (S) e Longitudes (W) e as áreas totais dos municípios de interesse nesse estudo, possibilitando a localização e a dimensão desses locais na superfície terrestre. A Região Metropolitana do Ceará (Figura 1) está localizada no semiárido brasileiro constituído por 9 municípios, com área de aproximadamente 5.460.085 km² e população de 609.358 habitantes (IBGE, 2019).

Figura 1: Mapa de localização da Região Metropolitana do Cariri – RMC.



Fonte: Silva et al. (2020).

O clima da Região é dependente do município, em Juazeiro do Norte, Barbalha, Caririacu e Missão Velha o clima é Tropical Quente Semiárido e Tropical Quente Brando, no município de Crato, Várzea Alegre, Nova Olinda, Santana do Cariri e Jardim o clima predominante é Tropical Quente Semiárido Brando e Tropical Quente Subúmido (IPECE, 2019).

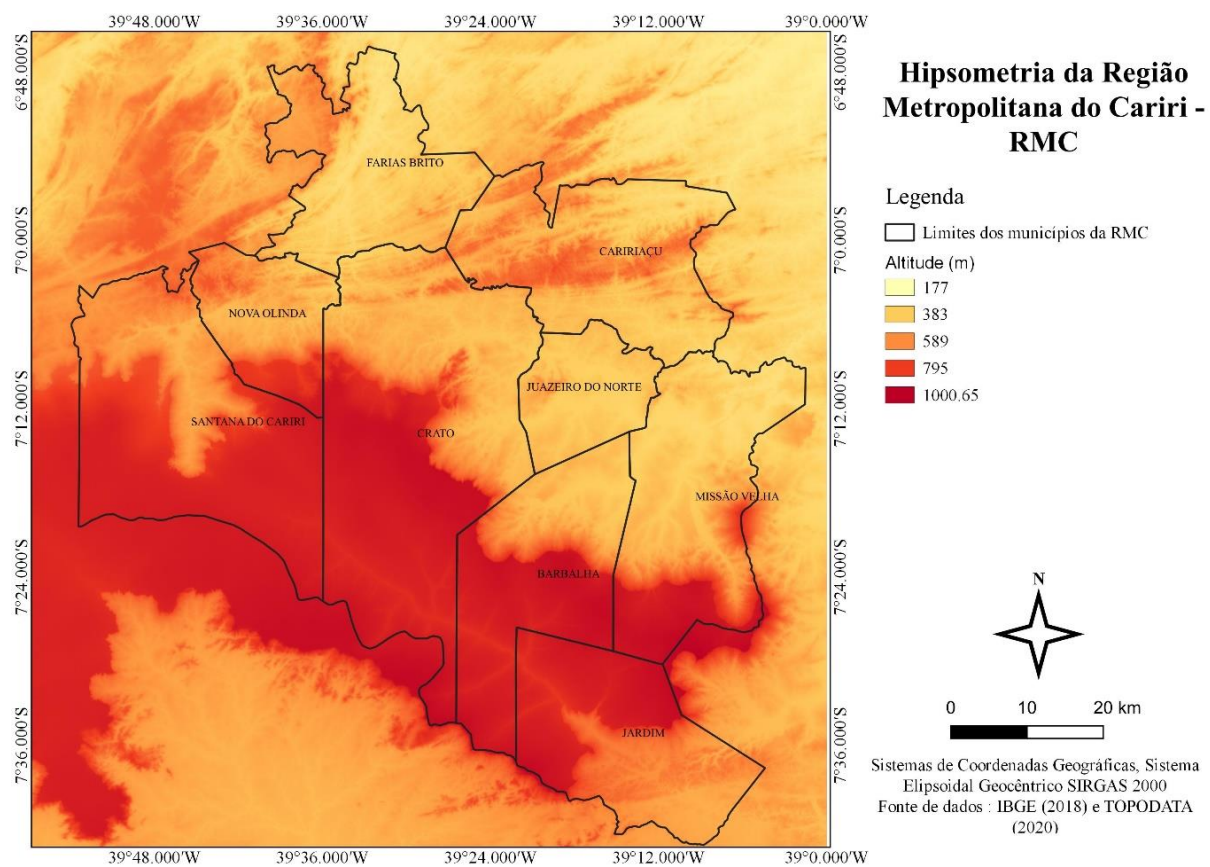
A vegetação predominante na Região é de Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea), Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Mata seca), Carrasco, Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea), Floresta Subcaducifólia Tropical Xeromorfa (Cerradão) e Floresta Subperenifólia Tropical Pluvio-Nebular - Mata úmida (IPECE, 2019). A área de estudo está inserida na região fisiográfica do sertão nordestino, caracterizado pela insuficiência de chuvas, com altas temperaturas e evaporação, com presença marcante de duas estações climáticas bem definidas: uma chuvosa e outra seca (Nobre & Melo, 2001).

A Região é formado pelos substratos geológicos xistos, quartzitos, granitos, conglomerados arenitos do Paleozóico, arenitos e calcários do Mesozóico e apresenta Neossolos Litólicos, Argissolos Vermelhos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Neossolos

Regolíticos, Latossolos Vermelhos Distróficos, Latossolos Amarelos e Planossolos Nátricos (FUNCEME, 2018).

Através da Figura 2, é possível a identificar as feições topográficas de altitude mais representativas da área de estudo, oscilando de 177, 0 a 1000,65 metros acima do nível do mar, contribuindo para a compreensão das características ambientais da Região. As altitudes são representadas através de um sistema de graduação de cores, que não são escolhidas aleatoriamente. As cores mais escuras representam as maiores altitudes, as cores mais claras representam médias e baixas altitudes (Barboza, Bezerra Neto & Caiana, 2020).

Figura 2: Hipsometria da Região Metropolitana do Cariri – RMC.



Fonte: Autores, 2020. Elaborado no *software* Qgis 4.3.

Analisando a Figura 2, verifica-se a presença do relevo da Chapada do Araripe na maior parte da área de estudo, presente em Jardim, Barbalha, Missão Velha, Crato, Santana do Cariri e Nova Olinda, representando as maiores altitudes, ultrapassando 1000 metros acima do nível do mar.

2.3 Procedimentos metodológicos

As séries de precipitações pluviométricas necessárias para realização desse estudo foram obtidas no site da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME (2020). O período analisado é de 1980 a 2019, no total de 39 anos analisados. O procedimento metodológico utilizado foi baseado na metodologia desenvolvida por Monteiro et al. (2013), no qual é selecionado um posto pluviométrico de um local e posteriormente é analisado o comportamento das chuvas históricas.

Para avaliação do comportamento das chuvas, foram adotados parâmetros estatísticos, como: média, desvio padrão, variância, valor mínimo, valor máximo, amplitude e coeficiente de variação (CV) com auxílio do *software* Excel. Os parâmetros estatísticos são essenciais para a análise dos resultados, visto que é possível identificar o comportamento pluviométrico. As informações geográficas dos postos pluviométricos dos nove municípios que compreendem a Região Metropolitana do Cariri estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Coordenadas Geográficas dos pontos pluviométricos

| Município | Latitude | Longitude |
|-------------------|----------|-----------|
| Barbalha | -7.3072 | -39.3016 |
| Caririaçu | -7.0460 | -39.2854 |
| Crato | -7.2383 | -39.4127 |
| Farias Brito | -6.9230 | -39.5715 |
| Jardim | -7.5830 | -39.2789 |
| Juazeiro do Norte | -7.2460 | -39.3260 |
| Missão Velha | -7.2487 | -39.1466 |
| Nova Olinda | -7.1000 | -39.6833 |
| Santana do Cariri | -7.1835 | -39.7389 |

Fonte: FUNCEME, 2020. Elaborado pelos autores.

A Tabela 2 apresenta as Latitudes (S) e Longitudes (W) dos pontos representativos dos postos pluviométricos, possibilitando a localização desses postos em um mapa.

3. Resultados e Discussão

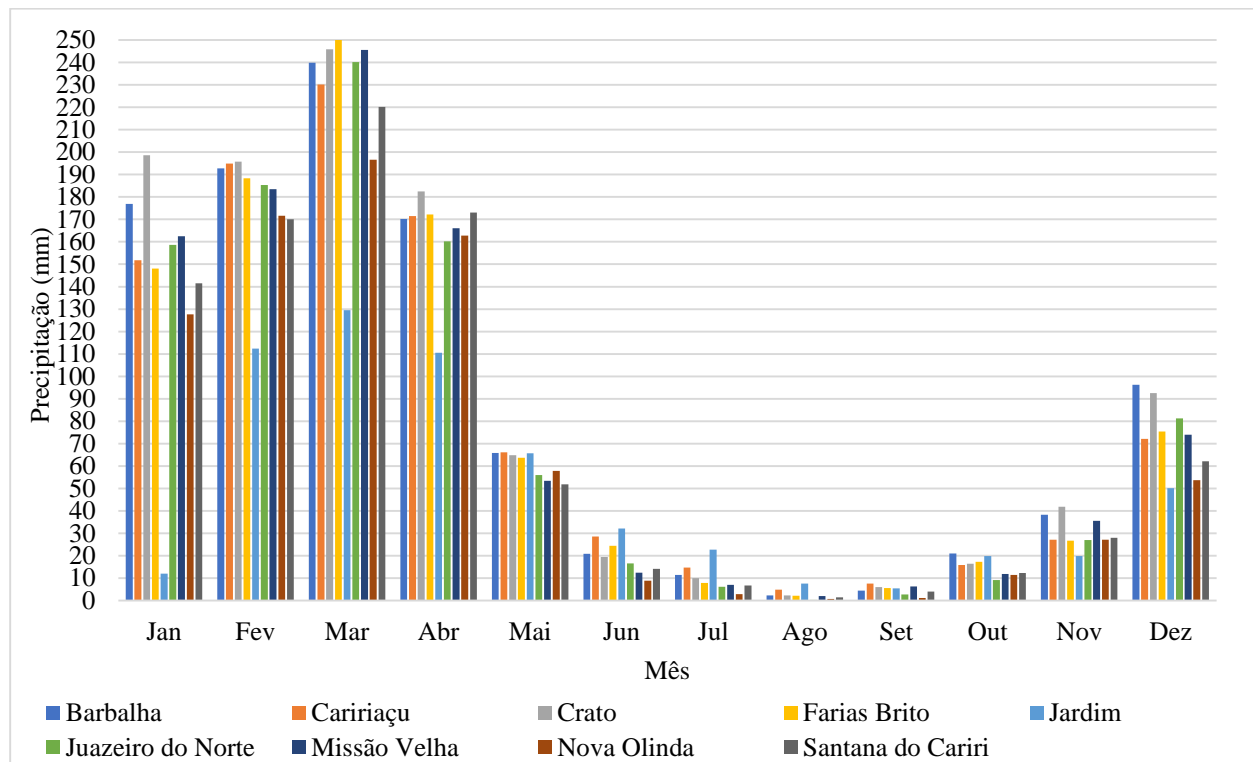
3.1 Estação seca e chuvosa da Região Metropolitana do Cariri

A partir da análise dos resultados, verificou-se alta irregularidade nas chuvas mensais acumulada no período de 1980 a 2019. Pelo Gráfico 1 é possível identificar a discrepância dos valores de precipitação pluviométrica total acumulada por mês. Nota-se a presença de uma pré-estação chuvosa na região, que compreende os meses de novembro e dezembro. A pré-estação chuvosa identificada está associada aos vórtices ciclônicos de altos níveis e às incursões de sistemas frontais oriundos das médias e altas altitudes na direção equatorial, como também as convecções isoladas (Studart, 1991).

Verifica-se que o período chuvoso é de janeiro a abril, com valores médios dos municípios de 142,0, 177,0, 222,1 e 163,2 mm, de janeiro, fevereiro, março e abril, respectivamente. A estação chuvosa na Região está diretamente relacionada com a época do ano em que a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) está mais ao Sul, correspondente aos primeiros meses do ano (Silva, Pereira, Azevedo, Souza & Souza, 2011), constituindo o sistema meteorológico mais relevante nas chuvas do Nordeste brasileiro (Uvo & Nobre, 1989; Melo, Nobre, Melo & Santana, 2000; Xavier, Silva Dias & Silva Dias, 2000; Molion & Bernardo, 2002; Coelho, Gan & Conforte, 2004; Xavier & Dornellas, 2005).

Pela análise do Gráfico 1, verifica-se os meses secos do ano, que engloba a maioria dos meses do ano, iniciando em maio e se estendendo até dezembro. O período com menor quantidade de chuvas (junho-setembro), acontece devido a migração do ZCIT para o hemisfério norte, se posicionando climatologicamente entre 4 a 5 °N (Marengo, Alves, Beserra & Lacerda, 2011). O Gráfico 1 apresenta o comportamento das chuvas na Região Metropolitana do Cariri para o período de interesse nesse estudo.

Gráfico 1: Chuvas acumuladas mensalmente nos municípios da Região Metropolitana do Cariri (1980-2019).



Fonte: Autores, 2020.

No Gráfico 1, percebe-se as duas estações bem definidas: uma chuvosa e outra seca. A Tabela 3 apresenta os parâmetros estatísticos de precipitação mensal. Nota-se que o município com maior média de precipitação é em Crato, com 89,64 mm, em seguida Barbalha com 86,66 mm. Esses dois municípios apresentaram maiores médias de precipitação, possivelmente pela influência orográfica da Chapada do Araripe. Mendonça (2001) afirma que na Chapada há influência convectiva tanto do norte como do sul do Nordeste, no qual a massa de ar úmida entra em contato com as feições do relevo (alta altitude), a massa de ar sobe para a atmosfera, favorecendo o processo de condensação e a formação de chuvas. A Chapada do Araripe consiste em um planalto sedimentar, representando uma área de exceção climática (Morales & Assine, 2015).

Segundo Silva (2014), além de desempenhar uma grande importância climática, a Chapada do Araripe também viabiliza um clima razoavelmente moderado, com chuvas constantes em uma ampla área do semiárido nordestino. As cidades que se encontram nas proximidades da Chapada do Araripe apontam importante capacidade natural de recursos hídricos, mineral e climáticos (Araújo Pereira et al., 2014).

Tabela 3: Parâmetros estatísticos das precipitações médias acumuladas por mês dos municípios que compreendem Região Metropolitana do Cariri.

| Cidade | Média | Assimetria | DP | Valor mín | Valor máx | Amplitude | CV |
|-------------------|-------|------------|-------|-----------|-----------|-----------|------|
| Barbalha | 86,66 | 0,66 | 85,82 | 2,23 | 239,89 | 237,66 | 0,99 |
| Cariri | 82,07 | 0,78 | 82,14 | 4,81 | 230,14 | 225,33 | 1,00 |
| Crato | 89,64 | 0,66 | 90,64 | 2,24 | 245,88 | 243,64 | 1,01 |
| Farias Brito | 81,85 | 0,87 | 85,79 | 2,09 | 250,72 | 248,63 | 1,05 |
| Jardim | 48,94 | 0,89 | 44,96 | 5,44 | 129,51 | 124,07 | 0,92 |
| Juazeiro do Norte | 78,59 | 0,79 | 85,09 | 0,22 | 240,26 | 240,04 | 1,08 |
| Missão Velha | 79,98 | 0,84 | 85,88 | 2,02 | 245,58 | 243,56 | 1,07 |
| Nova Olinda | 68,48 | 0,74 | 74,95 | 0,62 | 196,57 | 195,95 | 1,09 |
| Santana do Cariri | 73,76 | 0,81 | 79,69 | 1,44 | 220,22 | 218,78 | 1,08 |

Fonte: Autores, 2020.

O Desvio Padrão (Tabela 3) representa uma medida de dispersão, refletindo a variabilidade das observações em relação à média (Lunet, Severo & Barros, 2006). Nota-se na Tabela 3, o desvio padrão mais elevado nos municípios de Crato e Barbalha, com 90,64 e 85,82 mm, respectivamente. Isto significa presença de irregularidade pluviométrica nesses dois municípios a partir da discrepância dos valores de precipitação. Os municípios de Jardim e Nova Olinda apresentaram os menores Desvio Padrão, com 44,96 e 74,95 mm, respectivamente. Os baixos desvio padrão em Jardim e Nova Olinda pode ser explicado pela baixa média de precipitação pluviométrica nesses municípios.

Os maiores valores de coeficientes de variação estão presentes nos municípios de Nova Olinda, Santana do Cariri e Juazeiro do Norte, com 1,09, 1,08 e 1,08, respectivamente. Isto significa que os valores de precipitação desses municípios são menos homogêneos, representando a variabilidade dos dados em relação à média (Guedes, Martins, Acorsi & Janeiro, 2005). Os valores baixos CV apresentados nos municípios de Barbalha e Jardim significa uma homogeneidade da precipitação. A Tabela 4 apresenta a média dos valores de precipitação acumulada por mês e a média total e Desvio Padrão dos municípios que compreendem Região Metropolitana do Cariri.

Tabela 4: Média dos valores de precipitação acumulada por mês e a média e Desvio Padrão dos municípios que compreendem Região Metropolitana do Cariri.

| Cidade | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|
| Barbalha | 177,0 | 192,8 | 239,9 | 170,3 | 65,9 | 20,8 | 11,4 | 2,2 | 4,3 | 20,9 | 38,2 | 96,2 |
| Caririaçu | 151,8 | 194,9 | 230,1 | 171,6 | 66,1 | 28,5 | 14,7 | 4,8 | 7,6 | 15,8 | 27,1 | 72,1 |
| Crato | 198,6 | 195,8 | 245,9 | 182,5 | 64,7 | 19,4 | 10,0 | 2,2 | 6,0 | 16,3 | 41,8 | 92,5 |
| Farias Brito | 148,1 | 188,3 | 250,7 | 172,2 | 63,7 | 24,4 | 7,9 | 2,1 | 5,6 | 17,2 | 26,7 | 75,3 |
| Jardim | 11,9 | 112,4 | 129,5 | 110,4 | 65,7 | 32,1 | 22,7 | 7,5 | 5,4 | 19,7 | 19,8 | 50,1 |
| Juazeiro do Norte | 158,7 | 185,4 | 240,3 | 160,2 | 55,9 | 16,5 | 6,1 | 0,2 | 2,7 | 9,1 | 26,9 | 81,3 |
| Missão Velha | 162,5 | 183,4 | 245,6 | 166,0 | 53,4 | 12,4 | 6,9 | 2,0 | 6,2 | 11,8 | 35,5 | 74,0 |
| Nova Olinda | 127,7 | 171,7 | 196,6 | 162,8 | 57,7 | 8,8 | 2,8 | 0,6 | 1,1 | 11,4 | 27,0 | 53,6 |
| Santana do Cariri | 141,5 | 170,1 | 220,2 | 173,0 | 51,8 | 14,1 | 6,6 | 1,4 | 3,9 | 12,3 | 28,0 | 62,1 |
| Média | 142,0 | 177,2 | 222,1 | 163,2 | 60,5 | 19,7 | 9,9 | 2,6 | 4,8 | 14,9 | 30,1 | 73,0 |
| DP | 52,9 | 26,0 | 38,5 | 20,8 | 5,8 | 7,7 | 5,9 | 2,3 | 2,0 | 4,0 | 6,9 | 15,9 |

Fonte: Autores, 2020.

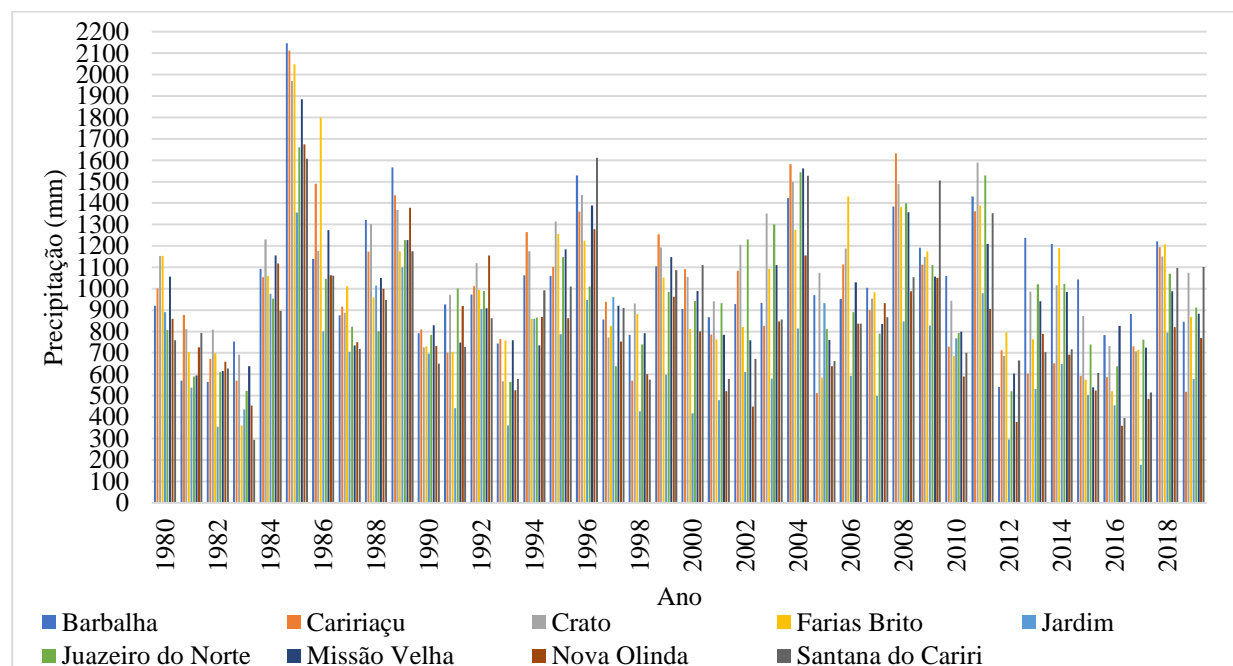
Pela análise da Tabela 4, verifica-se que os meses com maiores incidências de chuva (janeiro, fevereiro, março e maio) obtiveram médias acima de 140 mm, observa-se nesses meses os maiores valores de Desvio Padrão. Percebe-se que o mês com maior DP foi em janeiro, devido o baixo valor de precipitação no município de Jardim durante esse mês, em relação aos demais municípios. O trimestre mais crítico para o regime hídrico (agosto, setembro e outubro) apresentou uma média total de 22,3 mm. Pelo baixo índice pluviométrico, estes meses apresentaram os menores valores de Desvio Padrão, com 2,3, 2,0 e 4,0 mm, respectivamente.

3.2 Variabilidade interanual e influência do El Niño - Oscilação Sul nas chuvas da Região Metropolitana do Cariri

Através dos resultados de precipitação acumulada por ano (Gráfico 2 e Tabela 5), percebe-se que 77,77% dos municípios que compõe a Região Metropolitana do Cariri possuem índices pluviométricos menores que 1000 mm anual. Os índices médios de precipitação pluviométrica mais frequentes de 900 - 1000 mm, representando 44.44%. Índices médios entre

600 - 700 representa 11,11% dos valores estudados, 700 - 800 representa 0%, 800 - 900 22,22%, 900 - 1000 44,44% e 1000-1100 22,22%. O Gráfico 2 apresenta as precipitações pluviométricas anuais totais acumuladas no período (1980-2019).

Gráfico 2: Chuvas acumuladas por ano nos municípios da Região Metropolitana do Cariri (1980-2019).



Fonte: Autores, 2020.

O Gráfico 2 apresenta o comportamento da precipitação pluviométrica acumulada por ano durante o período de estudo. Percebe-se diversos anos de secas, como 1981, 1982, 1983, 1990, 1991, 1997, 1998, 2001, 2002, 2005, 2007, 2010, 2012, 2013, 2015, 2016, 2017 e 2019, com valores inferiores a baixo da média da Região, que é 931,7 mm. Houveram poucos anos com chuvas muito acima da média, como nos anos de 1985, 1986, 1996, 2004, 2008 e 2011.

Essas grandes chuvas podem causar diversos impactos ao meio ambiente e a população, no qual as cidades do Sertão nordestino não estão preparadas para essas anomalias (Barboza, Caiana & Neto, 2020). Nos anos com precipitação muito acima da média, ocorreram diversas problemáticas socioeconômicas e ambientais. Marengo, Alves, Beserra e Lacerda (2011) afirmam que comunidades ficaram isoladas, casas, barragens e açudes foram destruídos, pessoas e animais morreram e prejuízo financeiro por causa de perdas na agricultura.

Nos 39 anos analisados, os municípios Jardim, Nova Olinda e Santana do Cariri apresentaram os menores índices médios de precipitação pluviométrica acumulada por ano,

com 687,33, 821,74 e 885,19 mm, respectivamente. Os municípios que apresentaram os maiores índices pluviométricos foram Barbalha e Crato, com 1039,84 e 1081,65 mm, respectivamente (Tabela 5).

O maiores valores de desvio padrão foram observados em Barbalha, Cariri, Farias Brito e Santana do Cariri, nesses municípios os valores elevados ou baixos de precipitação em alguns anos foram distantes da média, indicando que esses municípios tiveram os valores de precipitações anuais acumulado mais dispersos no período de 1980 a 2019. Em relação ao coeficiente de variação (CV), os valores de precipitação pluviométrica acumulada por ano foram mais homogêneos nos municípios de Crato e Missão Velha, possuindo os menores valores de CV.

Tabela 5: Parâmetros estatísticos das precipitações médias acumuladas por ano dos municípios que compreendem Região Metropolitana do Cariri.

| Cidade | Média | Assimetria | DP | Valor mín | Valor máx | Amplitude | CV |
|-------------------|---------|------------|--------|-----------|-----------|-----------|------|
| Barbalha | 1039,84 | 1,26 | 307,28 | 540,50 | 2147,50 | 1607,00 | 0,30 |
| Cariri | 984,85 | 0,95 | 357,92 | 512,00 | 2112,00 | 1600,00 | 0,36 |
| Crato | 1081,65 | 0,67 | 288,80 | 568,10 | 1970,00 | 1401,90 | 0,27 |
| Farias Brito | 982,13 | 1,00 | 337,80 | 361,40 | 2047,80 | 1686,40 | 0,34 |
| Jardim | 687,33 | 0,28 | 251,86 | 177,00 | 1356,10 | 1179,10 | 0,37 |
| Juazeiro do Norte | 943,18 | 0,76 | 278,54 | 520,50 | 1660,30 | 1139,80 | 0,30 |
| Missão Velha | 959,74 | 1,11 | 281,93 | 539,00 | 1885,60 | 1346,60 | 0,29 |
| Nova Olinda | 821,74 | 0,72 | 279,96 | 359,00 | 1674,40 | 1315,40 | 0,34 |
| Santana do Cariri | 885,19 | 0,73 | 318,43 | 293,40 | 1612,10 | 1318,70 | 0,36 |

Fonte: Autores, 2020.

A alta variabilidade interanual na Região Metropolitana do Cariri -RMC é explicada pela presença do fenômeno de ordem climática El Nino – Oscilação Sul. Dos anos de seca observado na RMC (18 anos a baixo da média da Região), 10 desses anos a Região sofreu influência do El Nino, representando 55,55 % dos anos de seca na Região. Vários anos de seca na Região Metropolitana do Cariri coincidiram com os anos que o fenômeno El Niño -

Oscilação Sul que estiverem presentes no Nordeste, destacam-se os anos: 1982, 1983, 1991, 1997, 1998, 2002, 2007, 2010, 2015 e 2016 (Tabela 6).

Tabela 6: Anos de seca no semiárido nordestino que são coincidentes com anos de El Niño.

| Século XVII | Século XIII | Século XIV | Século XX | Século XVI |
|-------------|-------------|------------|-----------|------------|
| 1603 | 1711 | 1895-1896 | 1902-1906 | 2002-2003 |
| 1614 | 1721 | 1896-1897 | 1911-1915 | 2006-2007 |
| 1692 | 1723-1724 | 1899-1900 | 1918-1919 | 2009-2010 |
| | 1736-37 | | 1919-1920 | 2015-2016 |
| | 1744-1746 | | 1925-1926 | |
| | 1754 | | 1930-1931 | |
| | 1760 | | 1939-1942 | |
| | 1772 | | 1951-1953 | |
| | 1776-77 | | 1957-1958 | |
| | 1784 | | 1963-1966 | |
| | 1790 | | 1968-1970 | |
| | | | 1972-1973 | |
| | | | 1976-1977 | |
| | | | 1979-1980 | |
| | | | 1982-1983 | |
| | | | 1986-1988 | |
| | | | 1991-1993 | |
| | | | 1997-1998 | |

Fonte: Adaptado de INPE (2020).

4. Considerações Finais

A partir da análise dos resultados, verificou-se a variabilidade de precipitação durante os anos de 1980 a 2019. Os resultados permitiram observar a presença de uma pré-estação chuvosa na região, que compreende os meses de novembro e dezembro. A estação chuvosa compreende os meses de janeiro, fevereiro, março e abril, com valores médios dos municípios de 142, 177, 222,1 e 163,2 mm, respectivamente. Os meses de seca engloba a maioria dos

meses, que começa em maio e se estende até dezembro. O período com menor quantidade de chuvas se entende de junho a setembro.

Observou-se os anos de secas, como 1981, 1982, 1983, 1990, 1991, 1997, 1998, 2001, 2002, 2005, 2007, 2010, 2012, 2013, 2015, 2016, 2017 e 2019, com valores inferiores a baixo da média da Região (931,7 mm). Como também os poucos anos com valores muito acima da média: 1985, 1986, 1996, 2004, 2008 e 2011. Verificou-se a forte influência do El Niño - Oscilação Sul nas chuvas da Região, dos anos de seca observado na RMC, 55,55% estavam relacionados diretamente com a influência do fenômeno atmosférico oceânico, os restantes dos anos de estiagem podem ter sido influenciados pelos resquícios do fenômeno, agindo consideravelmente no clima da Região.

Espera-se que o presente trabalho possa contribuir um planejamento hídrico da Região Metropolitana do Cariri, como também possa corroborar em estudos a serem desenvolvidos futuramente. Para futuros trabalhos, sugere-se um estudo semelhante nas diversas Regiões Metropolitana do semiárido brasileiro a partir da Metodologia desenvolvida por Monteiro, Oliveira, Alencar e Farias (2013).

Referências

Al-Amri, N. S., & Subyani, A. M. (2020). Analysis of Rainfall, Missing Data, Frequency and PMP in Al-Madinah Area, Western Saudi Arabia. In *Arabian Plate and Surroundings: Geology, Sedimentary Basins and Georesources*, 235-248.

Aleixo, N. C. R., & Neto, J. C. A. S. (2019). Caracterização da precipitação pluviométrica do médio Solimões - AM. *Acta Geográfica*, 13(31), 104-120.

Alves, J. M. B. (2002). Reanálise de índices de temperatura da superfície do mar no Atlântico e Pacífico tropicais potenciais indicadores da qualidade da estação chuvosa do setor norte do Nordeste do Brasil. *Revista brasileira de Agrometeorologia*, 10(1), 179-187.

Andreoli, R. V., & Kayano, M. T. (2007). A importância relativa do Atlântico Tropical Sul e Pacífico Leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 22(1), 63-74.

Andreoli, R. V., Kayano, M. T., Guedes, R. L., Oyama, M. D., & Alves, M. A. S. (2004). A influência da temperatura da superfície do mar dos Oceanos Pacífico e Atlântico na variabilidade de precipitação em Fortaleza. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 19(3), 337-344.

Araujo Pereira, F., Ferreira, D. A., do Nascimento, J. L. F., & de Figueiredo, P. I. (2014). Análise da atividade extrativista do pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm) em comunidades da chapada do araripe na região do cariri cearense. *Conexões-Ciência e Tecnologia*, 8(3).

Barboza, E. N., Caiana, C. R. A., & Neto, F. D. C. B. (2020). Rainfall analysis in the Central-South Region of Ceará: A study of the period (1980-2009). *Research, Society and Development*, 9(6), 18963304.

Barboza, E. N., da Silva Alencar, G. S., & de Alencar, F. H. H. (2020). Afforestation improves thermal comfort in urban areas: The case of Juazeiro do Norte, Ceará. *Research, Society and Development*, 9(6), 105963691.

Barboza, E., Bezerra Neto, F., & Caiana, C. (2020). Geoprocessamento aplicado na análise dos efeitos da urbanização no campo térmico em Fortaleza, Ceará. *Research, Society and Development*, 9(7), e57973731.

Bezerra, A. C. N., & Cavalcanti, E. P. (2008). Energia estática sobre o norte e Nordeste do Brasil relacionada com a temperatura da superfície do mar. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 23(2), 239-263.

Cerqueira, K. F., Santos, F. D. A., & Aquino, C. M. S. (2019). Análise das precipitações pluviométricas em trecho do médio curso da Bacia Hidrográfica do rio Poti (Piauí), a partir do Índice de Anomalia de Chuva (IAC). *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, 45(1), 110-122.

Chierice, R. A. F. (2013). Variabilidade espacial e temporal de precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu. (Doctoral dissertation, Dissertação de Doutorado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho).

Cirilo, J. A. (2008). Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. *Estudos avançados*, 22(63), 61-82.

Coelho, M. D. S., Gan, M. A., & Conforte, J. C. (2004). Estudo da variabilidade da posição e da nebulosidade associada à ZCIT do atlântico, durante a estação chuvosa de 1998 e 1999 no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 19(1), 23-34.

Ferreira, A. G., & da Silva Mello, N. G. (2005). Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. *Revista Brasileira de Climatologia*, 1(1).

FUNCEME. (2018). *Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos*. Acesso em 28 março, em http://www.funceme.br/wp-content/uploads/2019/02/16-Mapa_CE_Solos_A2.pdf.

FUNCEME. (2020). *Postos Pluviométricos*. Acesso em 29 março, em http://www.funceme.br/?page_id=2694.

González, J. M. S., & Sinoga, J. D. R. (2013). Análisis espacio-temporal de las lluvias torrenciales en la ciudad de Málaga. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (61).

Guedes, T. A., Martins, A. B. T., Acorsi, C. R. L., & Janeiro, V. (2005). Estatística descritiva. *Projeto de ensino aprender fazendo estatística*, 1-49.

Gupta, V. K., & Waymire, E. C. (1993). A statistical analysis of mesoscale rainfall as a random cascade. *Journal of Applied Meteorology*, 32(2), 251-267.

Hastenrath, S. (1984). Interannual variability and annual cycle: Mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic sector. *Monthly Weather Review*, 112(6), 1097-1107.

Hastenrath, S., & Heller, L. (1977). Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 103(435), 77-92.

IBGE. (2019). *Cidades e Estados* Acesso em 28 março, em <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html?view=municipio>.

INPE. (2020). *Monitoramento do El Niño Durante Ndj-2019/2020*. Acesso em 28 março, em <http://enos.cptec.inpe.br/#>.

IPECE. (2019). *Perfil municipal*. Acesso em 28 março, em ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/module/perfil-municipal.xhtml.

Lucena, D. B., Gomes Filho, M. F., & Servain, J. (2011). Avaliação do impacto de eventos climáticos extremos nos Oceanos Pacífico e Atlântico sobre a estação chuvosa no nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 26(2), 297-312.

Luna Vera, J. A., & Domínguez Mora, R. (2013). Un método para el análisis de frecuencia regional de lluvias máximas diarias: aplicación en los Andes bolivianos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 21(1), 111-124.

Lunet, N., Severo, M., & Barros, H. (2006). Desvio padrão ou erro padrão. *Arquivos de Medicina*, 20(1-2), 55-59.

Marengo, J. A., Alves, L. M., Beserra, E. A., & Lacerda, F. F. (2011). Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: *Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas*.

Melo, A. B. C., Nobre, P., de Melo, M. L. D., & Santana, S. C. (2000). Estudo Climatológico da Posição da ZCIT no Atlântico Equatorial e sua Influência sobre o Nordeste do Brasil. In *Congresso Brasileiro de Meteorologia*.

Mendonça, F., & Danni-Oliveira, I. M. (2017). *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. Oficina de textos.

Mendonça, L. A. R. (2001). *Recursos hídricos da Chapada do Araripe*. (Doctoral dissertation, Dissertação, Universidade Federal do Ceará).

Molion, L. C. B., & Bernardo, S. D. O. (2002). Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 17(1), 1-10.

Monteiro, D. R., Oliveira, D. D., Alencar, A. E. V., & Farias, S. A. R. (2013). Levantamento pluviométrico do município de Patos-PB nos últimos 16 anos. In: *Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro*.

Morales, N., & Assine, M. L. (2015). Chapada do Araripe: a highland oasis incrusted into the semi-arid region of northeastern Brazil. In *Landscapes and landforms of Brazil*, 231-242.

Moura, A. D., & Shukla, J. (1981). On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of the atmospheric sciences*, 38(12), 2653-2675.

Moura-Fé, M. M., da Silva, M. J. A., Dias, V. P., Monteiro, D. A., de Moura Silva, J. H., & Rodrigues, R. M. (2019). Região Metropolitana do Cariri (RMC), Ceará: meio ambiente e sustentabilidade. *Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)*, 21(2), 1198-1216.

Nobre, P., & Melo, A. D. (2001). Variabilidade climática intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. *Revista Climanalise*, ano, 2.

Pereira, A.S., Shitsuka, D.M., Parreira, F.J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Acesso em 5 março, em https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_MetodologiaPesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Rossato, L., Alvalá, R. C., Marengo, J. A., Zeri, M., Cunha, A. P., Pires, L., & Barbosa, H. A. (2017). Impact of soil moisture on crop yields over Brazilian semiarid. *Frontiers in Environmental Science*, 5, 73.

Sant'anna Neto, A. (2008). Da Climatologia Geográfica à Geografia do Clima Gênese, Paradigmas e Aplicações do Clima como Fenômeno Geográfico. *Revista da ANPEGE*, 4(04), 51-72.

Silva, L. M. (2014). O Cariri Natural – Apontamentos sobre a identidade carirense. In: *Anais do XV Encontro Estadual de História*, 1-7.

Silva, M., Batista, T., Cirino, M., Morais, J., Silva, E., Barboza, E., & Oliveira, B. (2020). O perfil da mão de obra na indústria de construção civil em Juazeiro do Norte, Brasil. *Research, Society and Development*, 9(7).

Silva, M., Batista, T., Cirino, M., Morais, J., Silva, E., Barboza, E., & Oliveira, B. (2020). O perfil da mão de obra na indústria de construção civil em Juazeiro do Norte, Brasil. *Research, Society and Development*, 9(7).

Silva, P. C. G., de Moura, M. S. B., Kiill, L. H. P., Brito, L. D. L., Pereira, L. A., Sá, I. B., ... & Guimarães Filho, C. (2010). Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. *Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE)*.

Silva, V. P., Pereira, E. R., Azevedo, P. V. D., de Sousa, F. D. A., & Sousa, I. F. D. (2011). Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(2), 131-138.

Souza, C. L. O., Nogueira, V. D. F. B., & da Silva Nogueira, V. (2017). Variabilidade interanual da precipitação em cidades do semiárido brasileiro entre os anos de 1984 e 2015. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 12(4), 740-747.

Stern, R. D., & Coe, R. (1984). A model fitting analysis of daily rainfall data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 147(1), 1-18.

Studart, T. D. C. (1991). *Variações sazonais das vazões de fontes da Chapada do Araripe*. (Doctoral dissertation, Dissertação, Universidade Federal do Ceará).

Tigabu, T. B., Hörmann, G., Wagner, P. D., & Fohrer, N. (2020). Statistical analysis of rainfall and streamflow time series in the Lake Tana Basin, Ethiopia. *Journal of Water and Climate Change*, 11(1), 258-273.

Uvo, C. R. B., & Nobre, C. A. (1989). A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a precipitação no norte do Nordeste do Brasil. *Parte I: a posição da ZCIT no Atlântico equatorial. Climanálise*, 4(07), 34-40.

Uvo, C., & Berndtsson, R. (1996). Regionalization and spatial properties of Ceará State rainfall in northeast Brazil. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 101(D2), 4221-4233.

Vide, J. M., & Botija, M. D. C. L. (1991). Las lluvias de barro: análisis estadístico de una serie de 43 años en Barcelona. *Geographica*, (28), 161-174.

Wang, Y., Xu, Y., Tabari, H., Wang, J., Wang, Q., Song, S., & Hu, Z. (2020). Innovative trend analysis of annual and seasonal rainfall in the Yangtze River Delta, eastern China. *Atmospheric Research*, 231, 104673.

Xavier, R. A., & Dornellas, P. C. (2005). Análise do comportamento das chuvas no município de Arapiraca, região Agreste de Alagoas. *Geografia*, 14(2), 49-64.

Xavier, T. M. B. S., Xavier, A. F. S., Silva Dias, M. F., & Silva Dias, P. L. (2000). Previsão regional de chuva para o Estado do Ceará através do projeto “Tempo de Chuva”: 1964-1999. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 5, 69-92.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Eliezio Nascimento Barboza – 40%
João Marcos Pereira de Moraes – 15%
Miguel Adriano Gonçalves Cirino – 15%
Eduarda Moraes da Silva – 15%
Bruno Barbosa de Oliveira – 15%