

PKS

PUBLIC
KNOWLEDGE
PROJECT

REVISTA DE
GEOGRAFIA

Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE

OJS

OPEN
JOURNAL
SYSTEMS

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia>

CHUVAS EM JUAZEIRO DO NORTE, CEARÁ: ANÁLISE DOS EXTREMOS E SUAS REPERCUSSÕES

Vinicius Ferreira Luna¹, <https://orcid.org/0000-0002-2973-314X>
Cristiana Coutinho Duarte², <https://orcid.org/0000-0002-5219-3903>
Juliana Maria Oliveira Silva³, <https://orcid.org/0000-0003-0463-2809>
Lillian Souza Dos Anjos⁴, <https://orcid.org/0000-0001-5181-319X>
Ranyére Silva Nóbrega⁵, <https://orcid.org/0000-0001-9097-1537>

¹ Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil*

² Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil **

³ Universidade Regional do Cariri, Crato, Ceará, Brasil***

⁴ Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil ****

⁵ Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, Brasil*****

Artigo recebido em 14/09/2022 e aceito em 15/03/2023

RESUMO

A ocorrência de eventos extremos de chuva e os impactos associados já representam uma séria ameaça à vida, principalmente no Brasil, pois o país evoluiu muito pouco no gerenciamento de risco de desastres. Diante disto, o presente trabalho teve como objetivo identificar e analisar eventos extremos de chuva na cidade de Juazeiro do Norte, Ceará, no período de 1991 a 2021 e definir um limiar de chuva diária para esta. Para análise dos dados pluviométricos foram utilizadas a técnica dos quantis e estatística descritiva; para a observação dos impactos associados empregou-se de matérias jornalísticas do Diário do Nordeste e G1, como também imagens de satélite do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE, a fim de identificar os sistemas atmosféricos atuantes durante os episódios extremos. Constatou-se, portanto, que os meses mais chuvosos estão associados a quadra chuvosa da região (janeiro a abril). Já para os dados diários foi possível estabelecer três limiares ligados a eventos com chuva em 24 horas: eventos chuvosos (20,0mm), muito chuvosos (37,0mm) e extremamente chuvosos (62,0mm). A partir da análise dos impactos foi possível observar a coerência dos limiares levantados e que eles condizem com a realidade de Juazeiro do Norte.

Palavras-chave: eventos extremos de chuva; região do cariri; técnica estatística dos quantis.

* Doutorando em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará – UECE, viniciusluna13@gmail.com

** Professora Adjunta do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, cristiana.durte@ufpe.br

*** Professora Adjunta do Departamento de Geociências da Universidade Regional do Cariri – URCA, juliana.oliveira@urca.br

**** Mestranda em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, lilianjs4004@gmail.com

***** Professor da Unidade Acadêmica de Geografia na Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, ranyere.silva@professor.ufcg.edu.br

RAINS IN JUAZEIRO DO NORTE, CEARÁ: ANALYSIS OF EXTREMES AND THEIR REPERCUSSIONS

ABSTRACT

The occurrence of extreme rainfall events and the associated impacts already represent a serious threat to life, especially in Brazil, as the country has evolved very little in disaster risk management. In view of this, the present work aimed to identify and analyze extreme rainfall events in the city of Juazeiro do Norte, Ceará, from 1991 to 2021 and define a daily rainfall threshold for this. For analysis of rainfall data, the technique of quantiles and descriptive statistics were used; to observe the associated impacts, journalistic articles from *Diário do Nordeste* and G1 were used, as well as satellite images from the Center for Weather Forecast and Climatic Studies - CPTEC/INPE, in order to identify the atmospheric systems acting during extreme episodes. It was found, therefore, that the rainiest months are associated with the region's rainy season (January to April). As for the daily data, it was possible to establish three thresholds linked to events with rain in 24 hours: rainy events (20.0mm), very rainy (37.0mm) and extremely rainy events (62.0mm). From the impact analysis, it was possible to observe the coherence of the raised thresholds and that they match the reality of Juazeiro do Norte.

Keywords: extreme rainfall events; cariri region; statistical technique of the quants.

LLUVIAS EN JUAZEIRO DO NORTE, CEARÁ: ANÁLISIS DE LOS EXTREMOS Y SUS REPERCUSIONES

RESUMEN

La ocurrencia de eventos de lluvias extremas y los impactos asociados ya representan una seria amenaza para la vida, especialmente en Brasil, ya que el país ha evolucionado muy poco en la gestión del riesgo de desastres. En vista de eso, el presente trabajo tuvo como objetivo identificar y analizar eventos extremos de lluvia en la ciudad de Juazeiro do Norte, Ceará, de 1991 a 2021 y definir un umbral diario de lluvia para eso. Para el análisis de los datos de lluvia se utilizó la técnica de cuantiles y estadística descriptiva; para observar los impactos asociados, se utilizaron artículos periodísticos del *Diário do Nordeste* y G1, así como imágenes de satélite del Centro de Pronóstico del Tiempo y Estudios Climáticos - CPTEC/INPE, con el fin de identificar los sistemas atmosféricos que actúan durante episodios extremos. Se encontró, por lo tanto, que los meses más lluviosos están asociados con la temporada de lluvias de la región (enero a abril). En cuanto a los datos diarios, fue posible establecer tres umbrales vinculados a eventos con lluvia en 24 horas: eventos lluviosos (20,0 mm), eventos muy lluviosos (37,0 mm) y eventos extremadamente lluviosos (62,0 mm). A partir del análisis de impacto, fue posible observar la coherencia de los umbrales elevados y que coinciden con la realidad de Juazeiro do Norte.

Palabras clave: eventos de lluvia extrema; región de cariri; técnica estadística de los cuantos.

INTRODUÇÃO

A percepção predominante nas sociedades humanas contemporâneas é de que “nunca” foi tão importante estudar os fenômenos climáticos, quanto a sua periodicidade, heterogeneidade espacial e suas tendências. As excepcionalidades climáticas, ou eventos naturais extremos, têm tomado cada vez mais importância para as distintas sociedades e os meios de comunicação global (MENDONÇA; ROSEGHINI, 2012; STEIKE; OLIVEIRA, 2013), como consequência do aumento dos impactos gerados por tais eventos.

O comportamento das chuvas pode ser alterado pela localização geográfica, isso porque o Brasil é um país de grandes dimensões territoriais e sofre influência de diversos sistemas atmosféricos tendo como consequência a variabilidade sazonal das precipitações. Estes sistemas podem ocorrer com maior ou menor frequência e intensidade em diferentes regiões, influenciando no acumulado de chuva em determinado espaço de tempo, caracterizando as estiagens/secas e inundações que causam prejuízos e transtornos para as populações residentes nesses locais (MACÊDO; SANTOS, 2021, p.3).

Para Goudard (2019) os extremos de chuva podem ser considerados aqueles cujos totais anual, sazonal ou diário demonstram desvios de valores superiores ou inferiores à apresentação dos habituais da área, no período analisado, com potencial de deflagração de desastres. A ocorrência de eventos de chuva extrema desencadeia uma série de transtornos nas proximidades de córregos e rios, sobretudo em áreas urbanas com alta impermeabilização da superfície do solo e descaracterização das bacias (ARMOND, 2014). Essas chuvas extremas são responsáveis por uma variedade de impactos sociais, incluindo inundações que podem levar a danos, ferimentos e morte (SCHUMACHER; JOHNSON, 2006).

No Brasil, cerca de 80% da população está situada em áreas urbanas, como aponta pesquisa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2016). A variabilidade climática e os eventos extremos relacionados já representam uma séria ameaça à vida das pessoas por meio de impactos nos meios de subsistência. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC (2014) relata que os impactos desses fenômenos extremos relacionados com o clima trazem sérias consequências para a saúde mental e o bem-estar humano, por esses desastres causaram não só danos materiais, mas também em sua grande maioria, danos psicológicos à população exposta.

Diante do exposto e considerando a precipitação pluvial como um elemento dinâmico, o presente trabalho tem como objetivo identificar e analisar eventos extremos de chuva na cidade de Juazeiro do Norte, Sul do Ceará, no período de 1991 a 2021, com a definição de limiares de chuva diária, por meio da técnica dos quantis e estatísticas descritiva, bem como a compreensão dos sistemas atmosféricos atuantes e a espacialização dos impactos associados a estes eventos.

Vale salientar que algumas pesquisas utilizam parâmetros fixados para definir os eventos extremos, enquanto outras empregam técnicas estatísticas para estabelecer esse parâmetro. A utilização de técnicas estatísticas possibilita a ampliação e a compreensão de eventos de chuvas e seu comportamento, tendo os quantis como uma técnica simples e eficiente (SABOYA; MEDEIROS, 2022) como já observado em nos trabalhos de Wanderley *et al.* (2018), Medeiros (2020) e Monteiro *et al.* (2021) o qual utilizaram a técnica para classificação e análise de eventos extremos de chuva.

Desta forma, a pesquisa justifica-se na necessidade de melhor compreender a variabilidade pluviométrica, que pode ocorrer nas escalas diária, sazonal e interanual, com a ocorrência de eventos extremos, seja devido a fatores naturais controladores desta variabilidade, seja devido às mudanças

antrópicas que a amplificam, desencadeando impactos recorrentes, agravados pela falta de planejamento urbano, desigualdades sociais que elevam a vulnerabilidade destas populações.

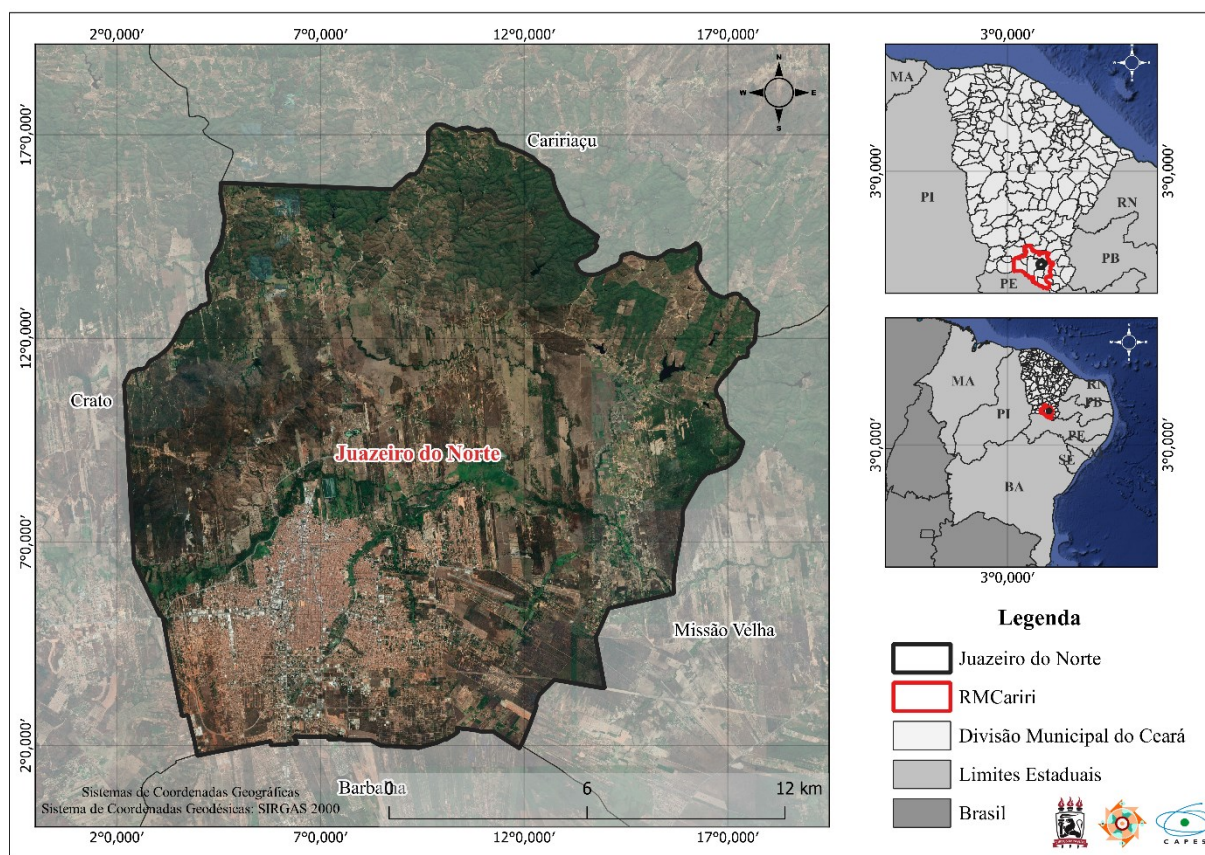
Levando em consideração as supracitadas questões, escolheu-se, como recorte espacial da pesquisa, o município de Juazeiro do Norte (CE), inserido na Região Metropolitana do Cariri (RMCariri - Ceará). Assim como várias cidades brasileiras, este município passou por um intenso processo de expansão urbana, sobretudo na última década de 2010 para 2020 pelo destaque em quatro setores o residencial, industrial, comercial e público (LEITE, *et al.* 2020) sem a prática de políticas que priorizem as condições geoambientais do sítio urbano, podendo ser observado através das ocupações em áreas de risco, ou em áreas de proteção ambiental.

Arelado a isso, Juazeiro do Norte tem histórico de intensas chuvas, ocorridas em curto espaço de tempo (FERREIRA, *et al.*, 2018; LUNA, *et al.*, 2021), deflagradora de impactos socioambientais, sobretudo à população mais pobre, inseridas, em sua grande maioria, em áreas de risco ambiental, como também ocasiona transtornos nas principais avenidas da cidade dificultando a mobilidade urbana.

ÁREA DE ESTUDO

O município de Juazeiro do Norte localiza-se no sul do estado do Ceará, compondo um dos nove municípios da Região Metropolitana do Cariri – RMCariri (Figura 1), a aproximadamente 800 km da capital Fortaleza. A população do município, para o ano de 2021, está estimada em 278.264 habitantes com aumento de 11% (28.325 habitantes) se comparado com o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE de 2010 o qual apresentava 249.939 habitantes. É considerada a terceira cidade no Estado com a maior densidade demográfica, ficando atrás apenas da capital Fortaleza e da cidade de Caucaia, concentrando 3% da população de todo o estado (IPECE, 2021). Ademais é a segunda maior do interior cearense.

Figura 1: Localização da área de estudo



Fonte: IBGE, 2021. Elaborado pelo autor.

Com relação aos aspectos físico-ambientais, o município de Juazeiro do Norte está inserido na Bacia Sedimentar do Araripe, o qual se destaca pela existência da Chapada do Araripe. Com relação a geomorfologia, destaca-se no município uma vasta área aplainada, classificada como depressão periférica, com um sobressalto topográfico que é a Colina do Horto (ANSINE, 2007).

As principais drenagens naturais neste espaço são constituídas pelo rio Salgadinho e pelo riacho das Timbaúbas, seu principal afluente no município (LIMA; RIBEIRO, 2012). Com relação às questões climáticas, o município de Juazeiro do Norte – CE, segundo o IPECE (2017), possui clima tropical quente semiárido brando, com média de chuva anual correspondendo a 970,7 mm, e temperatura que varia entre 24°C e 27°C. Como a cidade está inserida no semiárido, possui uma pluviosidade marcada por um período chuvoso breve e irregular e um extenso período seco (ZANELLA, 2007).

Sobre a economia, vale mencionar os dados levantados pelo Instituto de Pesquisas Espaciais do Ceará – IPECE em 2021, que destacou Juazeiro do Norte como o quarto município com maior participação no Produto Interno Bruto - PIB do Estado (2,98% de contribuição estadual), ficando atrás apenas dos municípios de Fortaleza, Maracanaú e Caucaia. O município ainda é conhecido nacional e internacionalmente pelo turismo religioso, recebendo romeiros de todo o país durante todo o ano,

possuindo estrutura econômica diversificada com setor industrial, comercial e de serviços (TEIXEIRA; COSTA NETTO, 2018; IBGE, 2018).

METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos foram divididos em três etapas: a primeira consiste na coleta e análise dos dados de precipitação; a segunda na aplicação da técnica dos Quantis a série histórica de precipitação pluvial; e, a terceira, na análise dos impactos associados aos eventos extremos de chuva.

Coleta e análise de dados

Os dados de precipitação utilizados na presente pesquisa foram obtidos através do site da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), compreendendo a série histórica de 1991 até 2021 (30 anos). Buscou-se analisar os dados a partir do recorte anual e diário utilizando a técnica dos quantis e os dados mensais foram trabalhados a partir de estatística descritiva usando o Software *Excel*. Vale ressaltar que, para análise dos dados diários, em decorrência do município ter um período sem chuva bem expressivo, foram descartados os valores iguais a zero, totalizando 1496 amostras. Baseado em Duarte (2015) considerou-se apenas os dias com chuva, não havendo definição do que se constitui um dia com chuva na comunidade científica.

Técnica dos Quantis

Xavier *et al.* (2007) definem quantis como medida de separação para distribuições empíricas ou teóricas, apresentando ainda ordens quantílicas de emprego mais corriqueiro. Esta permite identificar ou separar não apenas observações numéricas pertencentes a categorias extremas, como também aquelas posicionadas em categorias intermediárias.

Costa e Monteiro (2021, p.134) apresentaram análise compreensível para o quantil (Q_p) e, em linhas gerais, eles destacaram que “a probabilidade p é expressa em porcentagens, espera-se que em p (%) dos anos a quantidade de chuva “ X ” não deve extrapolar o valor desse quantil Q_p , em milímetros, à medida que para $(100 - p)$ % dos anos, tal valor será ultrapassado”. Monteiro (2016, p. 62) apresenta um exemplo, “para as ordens quantílicas $p = 0,15; 0,35; 0,65; \text{ e } 0,85$ (15%, 35%, 65% e 85%), os quantis respectivos são $Q_{0,15}, Q_{0,35}, Q_{0,65}, Q_{0,85}$, tendo assim uma divisão em 5 classes”. O autor evidencia a possibilidade de selecionar outros quantis com intervalos mais homogêneos ou mais rigorosos, com uma quantidade menor de quantis.

Para esta pesquisa a aplicação dos quantis tem como intuito, no primeiro momento, a definição de anos secos e chuvosos, adotando a classificação de Pikayan (1966) e Xavier (1999), o qual estimaram

o $Q_{0,15}$, $Q_{0,35}$, $Q_{0,65}$, $Q_{0,85}$, que totalizam cinco classes definidas. Sena *et al.* (2019, p. 282) ressalta que os quantis possibilitam estabelecer ou delimitar faixas com regimes de chuvas diferenciadas, tais como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Classificação da precipitação a partir da ordem quantílica

Categorias	Probabilidades
Muito Seco (MS)	$X \leq Q_{0,15}$
Seco (S)	$Q_{0,15} < X \leq Q_{0,35}$
Normal (N)	$Q_{0,35} < X \leq Q_{0,65}$
Chuvoso (C)	$Q_{0,65} < X \leq Q_{0,85}$
Muito Chuvoso (MC)	$X > Q_{0,85}$

Fonte: Adaptado de Xavier *et al.* (1999) e Silva *et al.* (2022)

Utilizou-se tal metodologia para definir limiares de chuva (anual, mensal e diária) para o respectivo município. Como realizado por Duarte (2015), procurar-se-á analisar os dados diários de chuva em 24 horas, definindo os eventos extremos de chuva, e o limiar para este período que pode causar transtornos à população, neste caso foram adicionadas mais duas classes relacionadas aos dias de chuva extremamente fraca ($Q_{0,05}$) e extremamente forte ($Q_{0,95}$). Conforme a Tabela 2, os valores diários de precipitação foram distribuídos em sete classes quantílica, tais como: Extremamente Fraca; Muito Fraca; Fraca; Moderada; Forte; Muito Forte e Extremamente Forte, com os seguintes intervalos quantílicos: $Q_{0,05}$; $Q_{0,15}$; $Q_{0,35}$; $Q_{0,65}$; $Q_{0,85}$; $Q_{0,95}$.

Tabela 2: Classificação da precipitação diária a partir da ordem quantílica

Categorias	Probabilidades
Extremamente fraca (E. Fraca)	$X \leq Q_{0,05}$
Muito fraca (C. M. Fraca)	$Q_{0,05} < X \leq Q_{0,15}$
Fraca (C. Fraca)	$Q_{0,15} < X \leq Q_{0,35}$
Moderada (C. Moderada)	$Q_{0,35} < X < Q_{0,65}$
Forte (C. Forte)	$Q_{0,65} \leq X < Q_{0,85}$
Muito forte (C. M. Forte)	$Q_{0,85} \leq X < Q_{0,95}$
Extremamente forte (E. Forte)	$X \geq Q_{0,95}$

Fonte: Adaptado de Duarte (2015)

Análise dos impactos associados às chuvas

Com relação aos impactos associados às chuvas extremas, foi utilizado para análise registros a partir de notícias de jornais locais, estaduais, regionais e blogs, a exemplo os jornais O ESTADO, Diário do Nordeste, G1 e CETV. E para identificação dos sistemas atmosféricos atuantes utilizou-se imagens do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a aplicação da técnica dos quantis, utilizando as mesmas classes quantílicas adotadas por Xavier (1999) foi possível definir limiares de precipitação para cada intervalo quantílico, como apresenta a Tabela 3. Com intuito de classificar anos secos e chuvosos para Juazeiro do Norte, para a classe muito seco foi estabelecido o limiar menor ou igual à 720,2 mm, para os secos 870,6 mm, 984,5 mm para os anos normais, 1025 mm para anos chuvosos e 1244,1mm para anos muito chuvosos.

Tabela 3: Limiares de precipitação para cada intervalo quantílico para o município de Juazeiro do Norte analisados durante os anos de 1991 a 2021

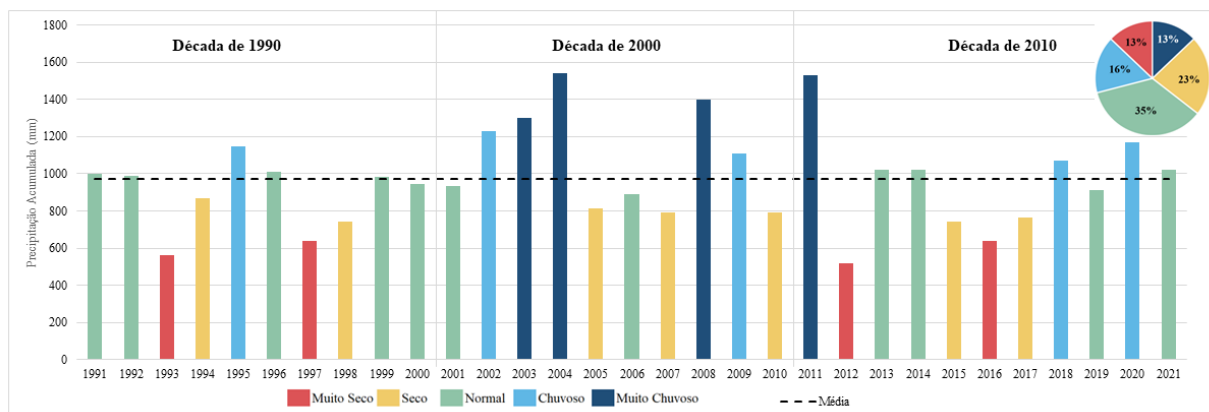
CLASSES	LIMIARES
Muito Seco (MS)	$X_i \leq 720,2 \text{ mm}$
Seco (S)	$720,2 \text{ mm} < X_i \leq 870,6 \text{ mm}$
Normal (N)	$984,5 \text{ mm} < X_i < 1025 \text{ mm}$
Chuvoso (C)	$1025 \text{ mm} \leq X_i < 1244,1 \text{ mm}$
Muito Chuvoso (MC)	$X_i \geq 1244,1 \text{ mm}$

Fonte: FUNCEME, organizado pelos autores (2022).

A partir da análise da precipitação anual para o município de Juazeiro do Norte, de 1991 a 2021, é possível identificar ciclos úmidos e outros secos. Pode-se destacar os anos de 2004 e 2011 com chuvas acima da média, evidenciando também os anos de 2002, 2003 e 2008 com registros expressivos. Já os anos de 1993 e 2012 foram marcados por chuvas abaixo da média, do mesmo modo o ano de 1997, e o triênio de 2015 a 2017, como demonstra a Figura 2.

Com a classificação dos anos secos e chuvosos para o município, podemos perceber que os anos muito secos correspondem a 13% dos valores, assim como os anos muito chuvosos. Os anos secos totalizam 19%, os normais 29% e os anos chuvosos com 26% como podemos ver na Figura 2. Observa-se também, a partir da Figura 2, que das três décadas analisadas a década de 2000 se sobressai em relação a ocorrência de anos muito chuvosos contabilizando a ocorrência de três.

Figura 2: Distribuição anual das chuvas para o município de Juazeiro do Norte (1991 a 2021)



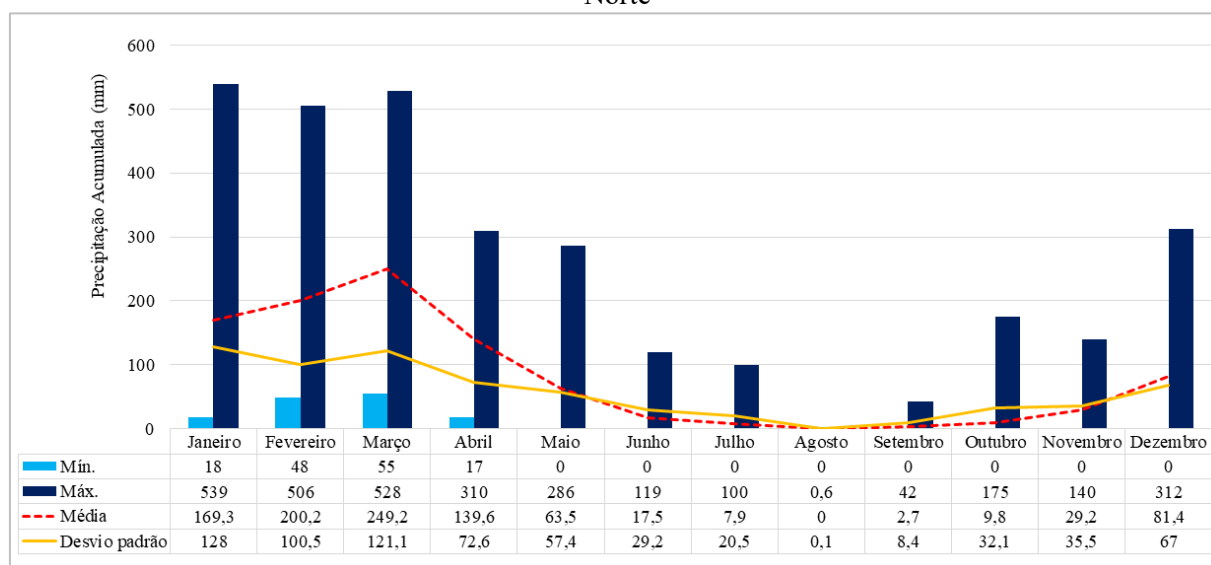
Fonte: FUNCEME, organizado pelos autores (2022).

Evidencia-se os anos de 2003, 2004, 2008 e 2011 como muito chuvosos, estes foram os anos com os maiores registros pluviométricos da série estudada, vale frisar que o período chuvoso dos referidos anos fora marcado por diversos impactos das chuvas não só na cidade de Juazeiro do Norte, mas também em cidades limítrofes. Para o ano de 2011, Reis *et al.* (2012) acentua os impactos associados às chuvas daquele ano, reforçando que a principal área atingida, em Juazeiro, foi a zona urbana com alagamentos de ruas e casas.

Já os anos classificados como muito secos são 1993, 1997, 2012, 2016, com os menores registros da série, desencadeando problemas de escassez hídrica principalmente para os moradores da zona rural do município que sobrevivem da agricultura. No ano de 2012, o município decretou situação de emergência, devido à estiagem e a ocorrência de seis óbitos no referido ano, em Juazeiro do Norte, como apontam os dados do CEPED/UFSC (2013).

No Ceará, as chuvas mais significativas iniciam-se em dezembro e janeiro (pré-estação) e podem estender-se até junho ou julho, dependendo das condições oceânicas e atmosféricas atuantes (BRITO; SILVA, 2012). A partir dos dados mensais (Figura 3) podemos perceber que as chuvas no município se concentram nos primeiros meses do ano, associado a quadra chuvosa do estado sendo março o mês mais chuvoso com média de precipitação de 259,2 mm, durante a série analisada, o mês teve mínima registrada de 55,0 mm e a máxima de 528,0 mm.

Figura 3: Dados médios mensais de precipitação para o período de 1991 a 2021 para o município de Juazeiro do Norte



Fonte: FUNCEME, organizado pelos autores.

Ao observar as Figuras 3, percebe-se a diminuição das chuvas a partir do mês de junho, ocasionado principalmente pelo deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) para o hemisfério norte e avanço do Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul (ASAS). Melo *et al.*, (2009) salientam que a migração da ZCIT associada aos fatores que causam o fortalecimento/enfraquecimento dos alísios de sudeste/nordeste, exerce um importante papel na determinação da estação chuvosa do norte do NEB.

Percebemos também o mês de agosto, sendo o mês com registro de chuva quase nulo tendo o valor máximo acumulado em 0,6 mm, seguido dos meses de setembro, outubro e novembro, conhecidos regionalmente como os meses “BROS” (setembro, outubro, novembro e dezembro), os quais caracterizam o período seco com altas temperaturas. Já em dezembro com a atuação do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) ou a expansão das massas de ar úmidas continentais, as chuvas voltam a ganhar notoriedade, sendo considerado como a pré-estação chuvosa do estado e, consequentemente, do município.

Percebe-se, a partir da observação da média na Figura 3, a frequência das chuvas e um padrão de comportamento caracterizado pela concentração dos maiores volumes nos primeiros meses do ano, tendo dois períodos bem definidos, o período chuvoso, correspondendo aos meses de janeiro a abril, podendo se estender até o mês de maio, e o período seco que corresponde basicamente a segunda metade do ano, ganhando notoriedade principalmente nos meses “BROS”.

Ao analisar a Tabela 4, nota-se os limiares que foram definidos com auxílio das ordens quantílicas adotadas conforme Duarte (2015), variando de 5% a 95% da categoria extremamente fraca para extremamente forte.

Tabela 4: Limiares de chuva em 24h a partir de classes quantílicas para o intervalo anual de 1991 a 2021.

Quantis	mm	Categorias
5%	2,0	Extremamente fraca (E. Fraca)
15%	4,0	Muito fraca (C. M. Fraca)
35%	8,5	Fraca (C. Fraca)
50%	13,0	Moderada (C. Moderada)
65%	20,0	Forte (C. Forte)
85%	37,0	Muito forte (C. M. Forte)
95%	62,0	Extremamente forte (E. Forte)

Fonte: Organizado pelos autores.

Em decorrência do município ter um período sem chuva bem expressivo, na análise dos dados foram descartados os valores iguais a zero, como citado anteriormente. A partir da aplicação da técnica evidenciou-se a existência de três limiares de chuva em 24h para o município (Tabela 4), o forte correspondendo ao quantil 65% com chuvas acima de 20 mm em 24 horas, o muito forte equivalente ao quantil 85% totalizando 37,0 mm em 24 horas e o extremamente forte, quantil 95%, para chuvas superiores a 62,0 mm em 24 horas.

Tabela 5: Quantidade de registros diários dos Quantis 65%, 85% e 95% para Juazeiro do Norte no período de 1991 a 2021

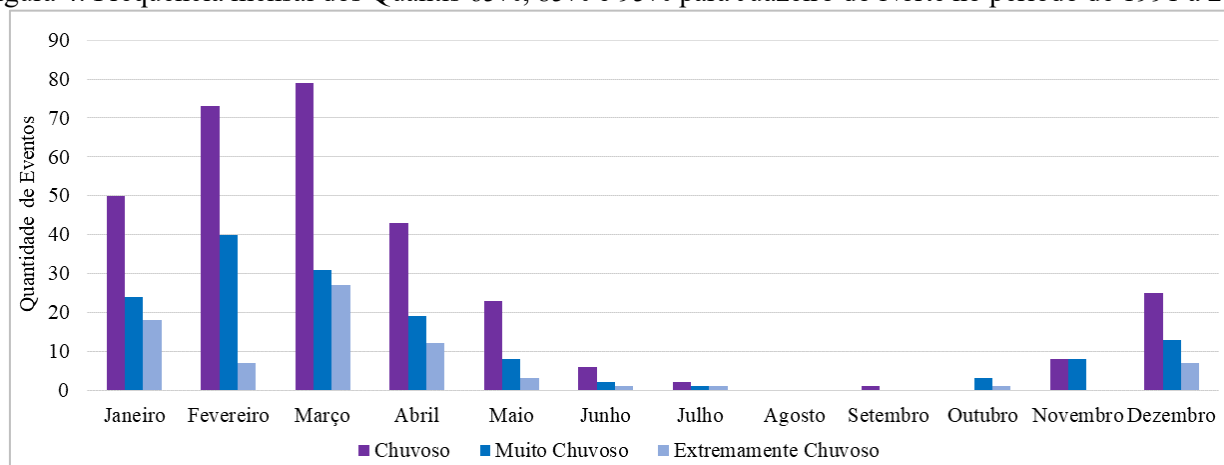
CATEGORIAS	QUANTIS (Q)	mm	Nº DE EVENTOS
Forte (C. Forte)	65%	20,0	310
Muito forte (C. M. Forte)	85%	37,0	149
Extremamente forte (E. Forte)	95%	62,0	77

Fonte: Organizado pelos autores.

Pode-se afirmar, ao analisar a Tabela 5, que os eventos de chuva forte são os que mais acontecem no município com o total de 310 ocorrências até o período analisado. Em seguida, destaca-se os eventos de chuva muito forte com o registro de 149, esses podem ocasionar sérios prejuízos à população dependendo de como essa chuva é distribuída em relação ao tempo de duração. E por fim, os eventos extremamente fortes, totalizando 77 eventos, pontua-se que os eventos desta categoria possuem bastante poder destrutivo, pois em muitos casos essas chuvas ocorrem em menos de quatro horas de duração.

Ao analisar a Figura 4, verifica-se a frequência mensal desses eventos para os respectivos limiares (67%, 85% e 95%), sendo possível destacar que estes se concentram no período chuvoso do município, especialmente nos meses de janeiro a maio, e há uma diminuição no período seco, sobretudo nos meses de agosto, setembro e outubro, voltando a ocorrer consideravelmente em novembro e dezembro.

Figura 4: Frequência mensal dos Quantis 65%, 85% e 95% para Juazeiro do Norte no período de 1991 a 2021

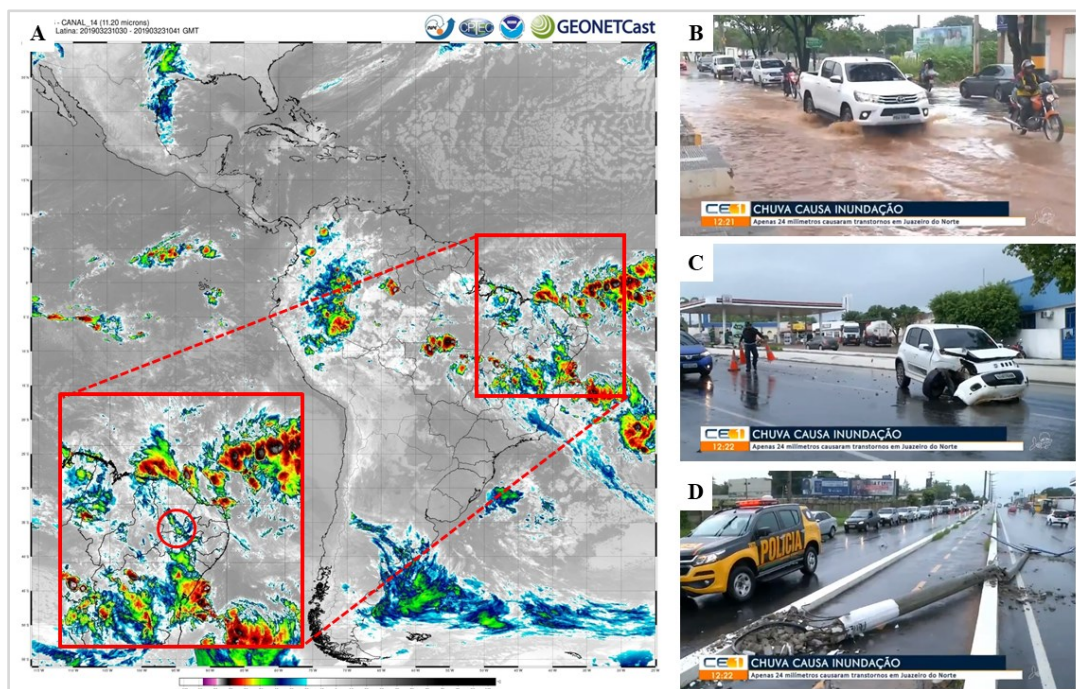


Fonte: Organizado pelos autores.

Para evidenciar o que foi descrito na análise dos limiares, destacou-se exemplos de chuvas com curta duração de tempo que ocasionaram impactos significativos no município de Juazeiro do Norte. Considerando o limiar forte (Q65%), destaca-se o episódio ocorrido na manhã do dia 23/03/2019 onde foi contabilizado 24,0 mm, influenciado pela atuação da ZCIT no estado como apresenta a Figura 5, imagem A.

A reportagem destaca que a chuva surpreendeu os moradores de Juazeiro do Norte, devido aos inúmeros impactos ocasionados no município como podemos observar na Figura 5, imagens B, C e D. Nesta manhã, vários pontos da cidade ficaram alagados, como a Av. Padre Cícero, e alguns inundados como foi o caso do bairro Lagoa Seca. Foi registrado também um acidente na Av. Leão Sampaio, pois, devido a pista molhada, um motorista perdeu o controle do automóvel e colidiu com um poste de iluminação pública, o que inviabilizou o trânsito nesta avenida (CETV 1ª ED, 2019). Salienta-se que fatores ambientais contribuem para a incidência de acidentes de trânsito, sobretudo, sob as condições meteorológicas como chuva e neblina que prejudicam a visibilidade dos motoristas (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2018).

Figura 5: Atuação da ZCIT e repercussão da chuva do dia 23/03/2019 em Juazeiro do Norte - CE

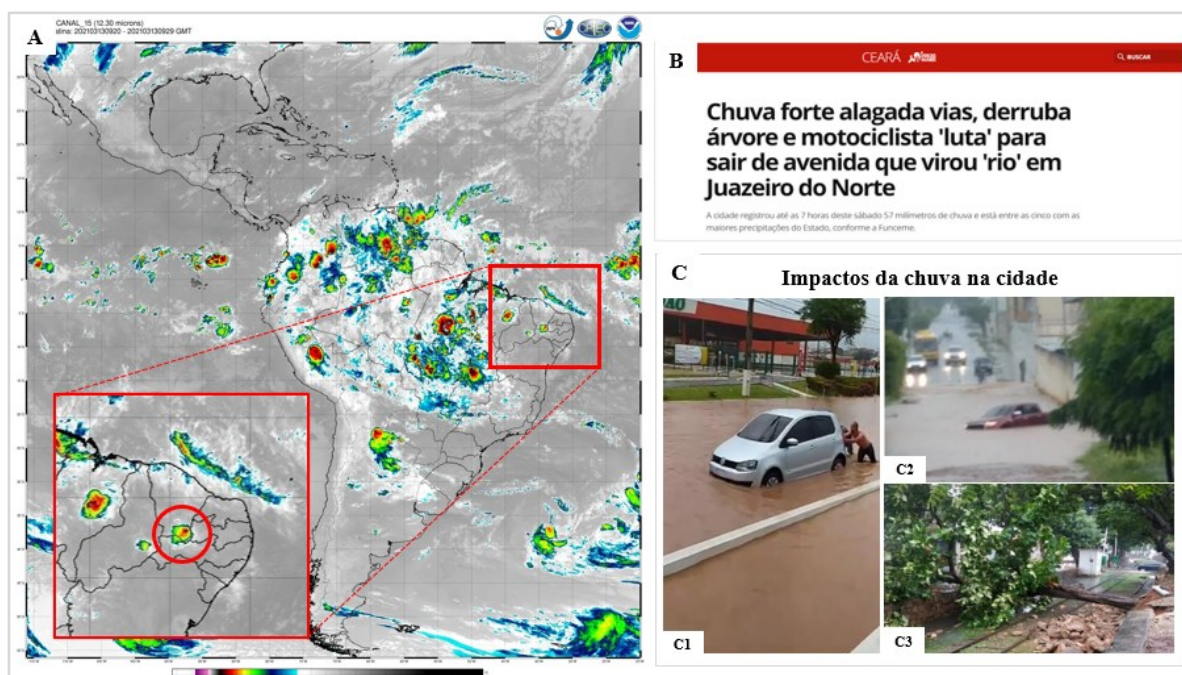


Fonte: CPTEC/INPE e CETV 1ª EDIÇÃO.

A chuva ocorrida na manhã do dia 13/03/2021 em Juazeiro do Norte, representa o limiar muito forte (Q85%), esta causou alagamentos e comprometeu as ruas na cidade como a manchete do jornal anuncia (Figura 6, imagem B), totalizando 57,0 mm no posto sede da FUNCEME no município. Através da estação automática do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), localizada no centro de Juazeiro do Norte, a chuva teve duração de duas horas e meia, tendo início por volta das 09h00min se estendendo até às 11h30min. A partir da Figura 6, imagem A, podemos observar que o sistema que influenciou o acontecimento dessa chuva também foi a ZCIT.

Em alguns pontos da cidade a força da água chegou a formar correnteza nas vias, o que dificultou o trânsito e causou transtornos aos condutores e pedestres (Figura 6, imagem C1). No bairro lagoa seca, o nível da água chegou a cobrir os pneus de uma caminhonete, o que acabou impedindo a retirada do veículo do local, deixando-o parado na água (Figura 6, imagem C2). Por fim, uma árvore caiu sobre o trilho do VLT durante a chuva, impedindo a circulação do transporte (Figura 6, imagem C3).

Figura 6: Atuação da ZCIT e repercussão da chuva do dia 13/03/2021 em Juazeiro do Norte - CE

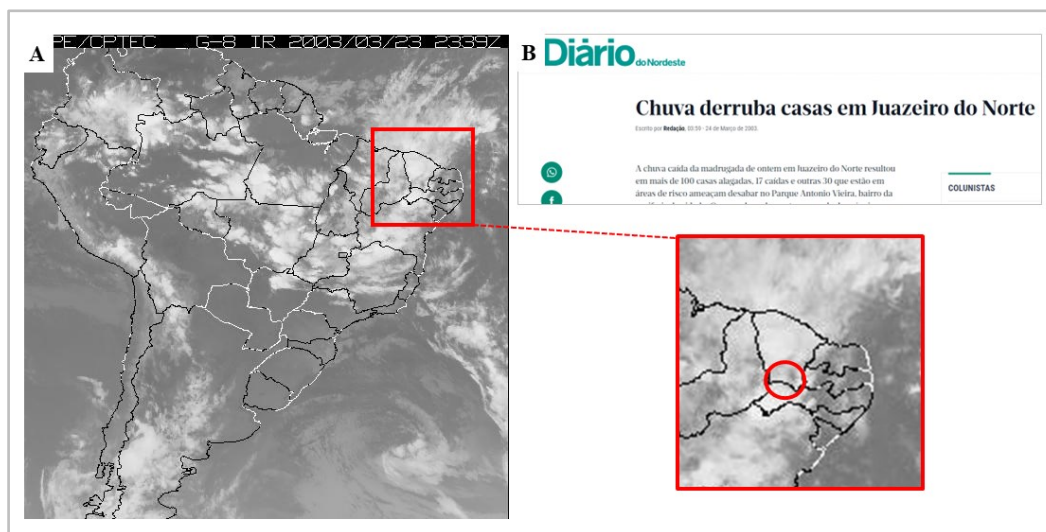


Fonte: CPTEC/INPE e G1

Representando o quantil 95%, extremamente forte, destaca-se a chuva ocorrida na madrugada do dia 23/03/2011. O volume precipitado foi de 115,0 mm, influenciado pela atuação da ZCIT como apresenta a Figura 7, imagem A. A reportagem do Diários do Nordeste (Figura 7, imagem B) ressalta que o volume de chuva, somado a falta de infraestrutura da cidade, resultou em mais de 100 casas alagadas, 17 que desabou e outras 30, localizadas em áreas de risco, ficaram ameaçadas desabar no bairro Antônio Vieira, bairro da periferia da cidade.

A reportagem destaca também que além do bairro supracitado, outros bairros também se afligiram com os impactos, como foi o caso da Lagoa Seca, além disso a principal avenida que interliga Juazeiro do Norte a Crato ficou obstruída devido a presença de pequenos blocos rochosos. Ressalta-se também que o prefeito da época, Carlos Cruz, designou uma equipe para realizar um levantamento dos impactos pela cidade, bem como, realizou a distribuição de cestas básicas e alojamento para os desabrigados (DIÁRIO DO NORDESTE, 2003).

Figura 7: Atuação da ZCIT no dia 23/03/2011 e noticiários de jornal dos impactos em Juazeiro do Norte.



Fonte: CPTEC/INPE e Diário do Nordeste.

Vale mencionar que o que foi descrito anteriormente não é uma realidade apenas de Juazeiro do Norte, mas sim, de inúmeras cidades brasileiras. Esses eventos se caracterizam pela imprevisibilidade, embora aconteçam com mais frequência na quadra chuvosa, dependendo não apenas do acúmulo de chuva, mas também dos aspectos físico-ambientais subjacentes, que normalmente não são considerados no ordenamento territorial das cidades brasileiras (MACÊDO; SANTOS, 2021). Pontua-se a importância dos dados de chuva para o planejamento das cidades, visando a prevenção de desastres e o armazenamento de água, permitindo, assim, ao poder público realizar ações de mitigação da seca e das cheias, construindo por exemplo estruturas adequadas para acomodar as chuvas elevada intensidade em poucas horas, que conforme foi visto, ocorre frequentemente na cidade (CASTELHANO, 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das considerações levantadas ao longo do texto, podemos pontuar a eficácia da Técnica dos Quantis tanto na definição de anos secos e chuvosos como também na definição de limiares de chuva anual e diária para o município de Juazeiro do Norte. Ressalta-se também a importância de, ao se utilizar essa técnica estatística para determinar um limiar, não o selecionar de maneira aleatória, pois as condições físico-ambientais e a forma de ocupação urbana de cada localidade determinam tal limite e de que forma desencadeia ou não impactos relacionados à chuva na cidade.

Com relação a análise mensal das chuvas conclui-se que a maior ocorrência de eventos extremos se concentra durante a estação chuvosa, sobretudo, nos meses de fevereiro, março e abril,

influenciados pela atuação da ZCIT. Como também se constatou a ocorrência de eventos extremos ao longo do ano, nos meses de dezembro e janeiro, influenciadas principalmente pela atuação do VCAN na pré-estação chuvosa.

A partir da análise dos impactos foi possível observar a coerência dos limiares levantados e que eles condizem com a realidade de Juazeiro do Norte, classificando-os como adequados para trabalhar eventos extremos no município. Pois, em chuvas a partir de 20 mm já se percebe a repercussão de inúmeros impactos, principalmente se ocorrido em curto espaço de tempo, já causa prejuízos significativos, especialmente na zona urbana.

É perceptível também que os impactos associados e essas chuvas estão relacionados à drenagem urbana e a ocupação de planícies fluviais, o que gera alagamento e inundações, e que esses não se concentram apenas nos bairros mais pobres da cidade, mas também em bairros nobres como a Lagoa Seca. Pontua-se, portanto, a importância de o poder público atuar na gestão desses eventos com objetivo de minimizar os impactos dessas chuvas ao longo prazo principalmente nas áreas mais vulneráveis do município.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pelo apoio financeiro - Código de Financiamento 001. Ao Grupo de Estudos em Climatologia Tropical e Eventos Extremos (TROPOCLIMA/UFPE), TropoClima Semiárido (UFCG) e ao Grupo de Estudos em Climatologia e Bacias Hidrográficas do Semiárido (LABCLIMA/URCA).

REFERÊNCIAS

ARMOND, N. B. **Entre eventos e episódios:** as excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro. 2014. 239f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/124041/000831399.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso: 15/04/2020.

ASSINE, M. L. Bacia do Araripe. B. Geoci. **Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 371-389, maio/nov. 2007.

BRITO, D. S; SILVA, J. M. O. Análise Hidroclimática Da Microbacia Do Rio Granjeiro/Crato Ceará. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v.1, n.5, p.359 – 369, 2012.

CEPED/UFSC. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012** / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2. ed. rev. ampl. – Florianópolis: CEPED UFSC, 126, 2013.

CHRISTIAN, A. K; DOVI, B. D; AKPALU, W; CODJOE, S. N. A. Households' socio-demographic characteristics, perceived and underestimated vulnerability to floods and related risk reduction in Ghana. **Urban Climate**, v. 35, p. 1 – 11, 2021.

CNT – Confederação Nacional do Transporte. **Acidentes Rodoviários e a Infraestrutura** (2018). Disponível em: < <http://www.cnt.org.br/Estudo/acidentes-rodoviaros-infraestrutura>>.

COSTA, R. S.; MONTEIRO, J. B. Secas, Inundações E Desastres Socionaturais Associados: Uma Análise Estatística De Períodos Secos E Chuvosos Em Hidrolândia-Ce. **Revista De Geociências Do Nordeste**, v. 7, p. 131-139, 2021.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Chuva derruba casas em Juazeiro do Norte**. Ceará, 2003. Disponível em <<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/metro/chuva-derruba-casas-em-juazeiro-do-norte-1.16755?page=10>> Acesso em: 16/04/2022.

DUARTE, C. C. **Eventos extremos de chuva e análise da suscetibilidade a movimentos de massa no município do Ipojuca-PE**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH. Programa de Pós-Graduação em Geografia, p.275, 2015. Acessado em:25 mai. 2022.

ESPINOLA, I. B; RIBEIRO, W. C. Cidades e mudanças climáticas: desafios para os planos diretores municipais brasileiros. **Cad. Metrop.**, São Paulo, v. 22, n. 48, pp. 365-395, maio/ago 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2020-4802>

FERREIRA, M. C. A.; GARCES JUNIOR, A. R. ; NASCIMENTO, B. F. ; ZANELLA, M. E. **Classificação e Identificação de Eventos Extremos de Precipitação nos Municípios de Fortaleza, Iguatu e Juazeiro do Norte, Ceará-Brasil**. In: XIII Simpósio Brasileiro De Climatologia Geográfica, Juiz de Fora, 2018.

IBGE. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios: síntese de indicadores**. Coordenação de Trabalho e Rendimento. - Rio de Janeiro. IBGE, 2016.

IBGE. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. 2018. Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/juazeiro-do-norte/pesquisa/38/0?ano=2000>> Acesso

IPCC, 2014. Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, p. 157. In press.

IPECE. Perfil Municipal 2017 - Juazeiro Do Norte. Fortaleza, 2017.

JIA, G., E. SHEVLIKOVA, P. ARTAXO, N. DE NOBLET-DUCOUDRÉ, R. HOUGHTON, J. HOUSE, K. KITAJIMA, C. LENNARD, A. POPP, A. SIRIN, R. SUKUMAR, L. VERCHOT. 2019. **Land–climate interactions**. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. et al. (eds.)]. In press.

LAKATOS, M.; SZENTES, O.; CINDRIĆ KALIN, K.; NIMAC, I.; KOZJEK, K.; CHEVAL, S.; DUMITRESCU, A.; IRAS, O. C. A.; STEPANEK, P.; FARDA, A.; et al. **Analysis of Sub-Daily Precipitation for the PannEx Region.** *Atmosphere* 2021, 12, 838. <https://doi.org/10.3390/atmos12070838>.

LEITE, M. das D. M. de S.; CARDOSO, I. V. S.; FAUSTINO, F. W.; CORDEIRO, R. de M.; SANTOS, S. P. dos; ROCHA, B. de A. P. Região metropolitana do cariri: uma análise socioeconômica e ambiental / Metropolitan region of cariri: a socioeconomic and environmental analysis. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 6, p. 35906–35919, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n6-222. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/11416>. Acesso em: 22 dec. 2022.

LIMA, G. G.; RIBEIRO, S. C. Geomorfologia e Paisagem do município de Juazeiro do Norte/CE: relações entre a natureza semiárida e os impactos antrópicos. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial, V.2, N.4, p.520 –530, 2012.

LUNA, V. F.; SILVA, M. O.; MATOS, F. B.; SILVA, J.M.O. **Metodologia Dos Máximos De Precipitação Aplicada A Análise De Eventos Extremos De Chuva Nos Municípios De Crato, Juazeiro Do Norte E Barbalha - Ceará.** In: XIV Simpósio Brasileiro De Climatologia Geográfica, João Pessoa, v. 1. p. 301-315, 2021.

MACÊDO, J. A.; SANTOS, J. O. **Caracterização de eventos máximos de precipitação no semiárido cearense.** Paper do Naea 2021, V. 30, Ed. 528, n. 1, 2021.

MEDEIROS, M. D. **Eventos hidroclimáticos extremos e vulnerabilidade socioambiental a inundações no Baixo-Açu – RN.** 2018. 207 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E.; PINHEIRO, D. R. C. A contribuição da técnica dos quantis na identificação de extremos de chuva e de uma metodologia para detectar situações de desastre natural no semiárido cearense. **GEOGRAFIAS (UFMG)**, v. 17, p. 1-16, 2021.

MONTEIRO, J.B. **Desastres Naturais no Estado do Ceará:** uma análise de episódios pluviométricos extremos. 2016. 256f. Tese (Doutorado em Geografia) –Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

PAZ, C. M. V; SANCHES, F. O; FERREIRA, R. V. Chuvas em Uberaba/MG: um estudo sobre a ocorrência de eventos extremos. **ENTRE-LUGAR**, [S.l.], v. 10, n. 20, p. 102-121, dez. 2019.

PINKAYAN, S. **Conditional probabilities of occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area.** *Hidrologypapers*, Colorado, n.12, p.1-53, 1966

REIS, G. P; SILVA, F. M. A; SILVA, J. M. O. Eventos Extremos De Chuva Na Porção A Barlavento Da Chapada Do Araripe – Ce No Período Chuvoso De 2011. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.988– 999, 2012

SABOYA, L. F.; MEDEIROS, R. M. Precipitation schemes by quantile technique and its water balances in Barbalha - CE, Brazil. **Ciência e Natura**, [S. l.], v. 44, p. e1, 2022. DOI: 10.5902/2179460X64696. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/64696>. Acesso em: 22 dec. 2022.

SCHUMACHER, R. S., & JOHNSON, R. H. Characteristics of U.S. Extreme Rain Events during 1999–2003, *Weather and Forecasting*, 21(1), 69-85, 2006

TEXEIRA, E. G. F. A; COSTA NETTO, M. L. **Uma Análise Sobre O Crescimento E Desenvolvimento Econômicos Da Cidade De Juazeiro Do Norte – CE**. Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Universitário Doutor Leão Sampaio. Juazeiro do Norte – CE, p.23, 2018

WANDERLEY, L. S. A.; NÓBREGA, R.S.; MOREIRA, A.B.; DOS ANJOS, R.S.; ALMEIDA, C.A.P. As chuvas na cidade do Recife: uma climatologia de extremos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p. 149-164, 2018.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S. Caracterização de Períodos Secos e ou Excessivamente Chuvosos no Estado do Ceará Através da Técnica dos Quantis: 1964-1998. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 14, n. 2, p. 63-78, 1999.

XAVIER, T.de M. B. S; XAVIER, A. F. S; ALVES, J. M. B. **Quantis e eventos extremos: aplicações em ciências da terra e ambientais**. Fortaleza: RDS, 2007. 278 p.

ZANELLA, M. E. Caracterização climática e os recursos hídricos do estado do Ceará. In: SILVA, J. B. da.; DANTAS. E. W.; CAVALCANTE. T. (Org.). **Geografia do Ceará: Um novo olhar geográfico**. 2. ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, P. 169-188, 2007.