

# ASPECTOS METEOROLÓGICOS, SOCIAIS, SANITÁRIOS E DESASTRES NATURAIS NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

<https://doi.org/10.4215/rm2022.e21009>

Marcos Samuel Matias Ribeiro <sup>a\*</sup> - Lára de Melo Barbosa Andrade <sup>b</sup> - Maria Helena Constantino Spyrides <sup>c</sup>  
Pollyanne Evangelista da Silva <sup>d</sup>

(a) Doutor em Ciências Climáticas. Universidade Federal Rural da Amazônia, Paragominas (PA), Brasil.

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7558-7035>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/2448455825508406>.

(b) Doutora em Demografia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal (RN), Brasil.

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8019-9480>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/0327817672623352>.

(c) Doutora em Saúde Pública. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal (RN), Brasil.

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8087-1962>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/5023632543506327>.

(d) Doutora em Ciências do Clima. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal (RN), Brasil.

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3307-499X>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/4843961041421290>.

## Article history:

Received 26 February, 2022

Accepted 23 March, 2022

Published 15 May, 2022

## (\*) CORRESPONDING AUTHOR

**Address:** Universidade Federal Rural da Amazônia. Rodovia PA-256/Nova Conquista.

CEP: 68627451 - Paragominas (PA), Brasil. Phone: (+55 91)32105165

**E-mail:** marcos.matias@ufra.edu.br

## Resumo

Objetiva-se, neste estudo, caracterizar a ocorrência dos desastres naturais das mesorregiões do Nordeste do Brasil, a partir dos aspectos meteorológicos e sociosanitários, considerando o período de 1991 a 2013. A metodologia Grade of Membership, baseada na teoria de conjuntos nebulosos, foi aplicada com o intuito de definir uma tipologia de grupos com distintos atributos. Posteriormente, aplicou-se o teste não-paramétrico de Kruskal Wallis e Nemenyi, com o intuito de identificar diferenças significativas entre as medianas das variáveis climáticas, sociosanitárias e de desastres que caracterizam os perfis. Para ilustrar o comportamento espaço-temporal, construiu-se mapas temáticos através do QGIS. A tipologia delimitou três perfis extremos: o predominante 1 agregou mesorregiões com moderada ocorrência de seca e enxurrada, condições favoráveis ao excesso de precipitação, melhores condições sanitárias e maior urbanização, destacando-se na região litorânea do Nordeste; o predominante 2 tem como características elevados registros de secas e enxurradas, condições favoráveis ao déficit de precipitação, intermediárias condições sanitárias e moderada urbanização, predominando-se mesorregiões localizadas ao centro da região em estudo com destaque ao Semiárido Brasileiro; e o perfil predominante 3 apresentou mesorregiões com elevados registros de inundações, condições favoráveis ao excesso de precipitação, mais baixas condições sanitárias e menor urbanização, localizado nas mediações do estado do Maranhão e sul da Bahia.

**Palavras-chave:** Fenômenos Naturais, Mesorregiões, GoM, Nordeste Brasileiro.

## Abstract / Resumen

### SANITARY, SOCIAL, AND METEOROLOGICAL ASPECTS AND NATURAL DISASTERS IN THE NORTHEASTERN REGION OF BRAZIL

This study aims to characterize the occurrence of natural disasters in the mesoregions situated in Brazil's Northeastern region from sociosanitary and meteorological aspects during the period from 1991 to 2013. The grade-of-membership (GoM) method, based on fuzzy sets theory, was applied in order to define a typology of groups with distinct features. In order to identify differences among medians of climatic, socio-sanitary and disaster variables, Kruskal Wallis and Nemenyi tests were applied. To illustrate spatio-temporal patterns, thematic maps were made through QGIS software. Typology showed three extreme profiles: predominant 1, characterized by mesoregions with moderate occurrence of drought and flood, favorable conditions for rainfall surplus, best sanitary conditions and more urbanization, standing out in the coastal region of the Northeast; predominant 2 which has high drought and flood records, favorable conditions for rainfall deficit, intermediary sanitary conditions and moderate urbanization, found predominantly in mesoregions located in Brazilian Semiarid area; and predominant profile 3 which shows high flood records, favorable conditions to rainfall surplus, but low sanitary conditions and less urbanization, located fairly close of Maranhão state and the southern part Bahia state.

**Keywords:** Natural disasters, mesoregions, GoM, Brazilian Northeast.

### ASPECTOS SANITARIOS, SOCIALES, METEOROLÓGICOS Y DESASTRES NATURALES EN LA REGIÓN NORESTE DE BRASIL

El objetivo de este estudio es caracterizar la ocurrencia de desastres naturales en las mesorregiones del Nordeste de Brasil, desde los aspectos meteorológicos y socio-sanitarios, considerando el período de 1991 a 2013. Se utilizó la metodología de Grade of Membership, basada en la teoría de conjuntos difusos, para crear una tipología de grupos con diferentes características. Para identificar diferencias entre las medianas de las variables climáticas, sociosanitarias y de desastres se aplicaron las pruebas de Kruskal Wallis y de Nemenyi. Por último, para ilustrar el comportamiento espacio-temporal, construyeron mapas temáticos usando el software QGIS. La tipología creada delineó tres perfiles extremos: perfil predominante 1 posee mesorregiones con ocurrencia moderada de sequía y tormentas, condiciones favorables para el exceso de precipitaciones, mejores condiciones sanitarias y mayor urbanización, localizada en la región costera del Nordeste; el perfil predominante 2 se caracteriza por altos registros de sequías y tormentas, condiciones favorables para el déficit de lluvias, condiciones sanitarias intermedias y urbanización moderada, mesorregiones ubicadas en el centro de la región en estudio, con énfasis en el Semiárido Brasileño; y el perfil predominante 3 presentó mesorregiones con altos registros de inundaciones, condiciones favorables para precipitaciones excesivas, menores condiciones sanitarias y menor urbanización, mesorregiones ubicadas entre los estados de Maranhão y el sur de Bahia.

**Palabras-clave:** Desastres Naturales, Mesorregiones, GoM, Nordeste brasileño

This is an open access article under the CC BY Creative Commons license

Copyright © 2022, Universidade Federal do Ceará.

## INTRODUÇÃO

Os desastres são caracterizados pela interrupção no funcionamento habitual de uma comunidade, ocasionando perdas humanas, materiais e/ou ambientais, excedendo a capacidade da sociedade afetada em responder e atender as consequências com eficácia frente aos eventos naturais, que interagem com as condições de vulnerabilidade social (FIELD et al., 2012; TRAJBER et al., 2017). Neste sentido, faz-se necessário considerar uma combinação de fatores com características físicas, sociais e políticas que combinados podem se estabelecer como condições de risco aos desastres (NARVÁEZ et al., 2009; DE ALMEIDA et al., 2016).

O Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (EM-DAT), em 2018, constatou em seus registros que a intensidade e a extensão espacial dos desastres naturais estavam aumentando ao longo do período (BLOOM e KHANNA, 2007; LEISEROWITZ, 2012). O relatório do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), de 2013, alertou que a frequência e intensidade dos desastres naturais tendem a crescer ou se intensificar com o processo de mudanças ambientais e climáticas globais.

No Brasil, nos últimos anos, os registros de desastres naturais vêm se tornando cada vez mais frequentes. Importantes centros de estudos nacionais, como o Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil – CEPED evidenciam esse incremento ao longo da série histórica dos dados nas últimas décadas. No Brasil nos últimos anos, vem ocorrendo uma intensificação dos prejuízos causados por fenômenos de eventos extremos provocando escassez ou excesso de chuvas que muitas vezes está vinculado à ausência de planejamento urbano adequado (CEPED, 2013; UFSC, 2014).

Vários estudos assinalam que a maioria dos desastres registrados no Brasil são provenientes de episódios ocasionados pelo déficit de precipitação em um determinado período, o que ocasiona as estiagens e secas (SILVA et al., 2013), bem como as chuvas prolongadas ou chuvas excepcionais e concentradas que ocasionam eventos de inundação, enxurradas, alagamentos e deslizamentos de terra, chegando a ocasionar mortes, impactos à saúde, danos ao meio ambiente, interrupção dos serviços e distúrbios sociais e econômicos (TOMINAGA, 2009; BRASIL, 2012, MOURA et al., 2010).

No período entre 1990 a 2015, o Brasil apresentou a maior parcela dos desastres de origem climatológica e hidrológica, sendo que as enxurradas e inundações corresponderam a 25% dos registros (CEPED, 2012; BRASIL, 2016) e foram responsáveis por: 40,3% dos afetados, 44,8% da mortalidade, 63,5% da morbidade e 67,5% das pessoas expostas, principalmente desalojadas e desabrigadas (FREITAS et al., 2014).

O Nordeste do Brasil é uma das regiões com maiores ocorrências de desastres naturais, correspondendo a 40% do total de registros do país, sendo que destes, 78% estão relacionados à estiagem/seca, seguida das inundações com 21% (BRASIL, 2016). Em 2013, 75% dos municípios da região do Nordeste Brasileiro (NEB) foram atingidos pela estiagem, sendo uma das piores dos últimos 50 anos (FREITAS et al., 2014). Outro comportamento observado é que as cidades litorâneas do NEB apresentaram maior frequência de desastres do tipo hidrológico (SOUZA et al., 2012), com chuvas intensas que registraram acima de 60 mm/dia e chuvas torrenciais com acumulados acima de 100 mm/dia, que se agravaram com a vulnerabilidade socioambiental, resultando em desastres com efeitos negativos sobre a população (OLÍMPIO et al., 2013).

A magnitude do impacto destes eventos depende da intensidade dos fenômenos meteorológicos, climáticos, geológicos e do desenvolvimento econômico da região, bem como, dos investimentos e articulações das políticas públicas utilizadas para a prevenção (KOUSKY, 2012). Dessa forma, a ocorrência dos eventos de DN está diretamente associada aos termos perigo, risco e vulnerabilidade (MARCELINO, 2005).

No que se refere ao perigo, deve-se levar em consideração todo processo ou evento que ocorre naturalmente ou induzido pelo homem, com potencialidades de gerar danos e prejuízos a sociedade (IWAMA, et al., 2016). Essas ameaças podem ser separadas em riscos humanos (conflitos, acidentes técnicos) e perigos naturais resultantes de causas climáticas, tectônicas ou biológicas (inundações, secas, terremotos, epidemias entre outros). Estes classificam-se como eventos extremos que podem criar riscos e potencialmente se transformar em desastres se os elementos expostos forem vulneráveis (DAO e PEDUZZI, 2004).

O risco está relacionado à probabilidade de ocorrência de um evento e aos danos resultantes do

perigo natural e/ou da ação do homem, frente às condições de vulnerabilidade apresentadas na sociedade (UNISDR, 2009; IWAMA, et al., 2016), gerando consequências danosas ou perda esperada de vidas, feridos, propriedades e atividades econômicas e/ou ambientais afetadas, resultantes da interação entre perigo e vulnerabilidade. De acordo com Marchenzini et al. (2017), os desastres causam perdas e danos às populações e ao meio ambiente, afetando a saúde, a qualidade da água e dos alimentos, como também a infraestrutura por meio de moradias, hospitais e transportes, tudo devido ao impacto do perigo (TOMINAGA, 2009).

Sobre o aspecto da vulnerabilidade, trata-se de um conjunto de condições sociais, econômicas, políticas, culturais, técnicas, educativas e ambientais que deixam as pessoas ou populações mais expostas ao perigo (MARCHEZINI et al., 2017), abordando-se as características dos indivíduos em antecipar, lidar, resistir e recupera-se de evento climático (CUTTER, 1994).

Diante do exposto, objetiva-se caracterizar a ocorrência dos desastres naturais das mesorregiões do Nordeste do Brasil, a partir dos aspectos meteorológicos e sociosanitários, considerando o período de 1991 a 2013.

## MATERIAL E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

A região Nordeste do Brasil (NEB) está localizada entre 1°N 18°S e 34,5°W 48,5°W, classificada como latitudes tropicais, apresentando uma extensão territorial de 1.558.196 km<sup>2</sup> que representa uma área de aproximadamente 18,2% do território brasileiro. Tratando-se da distribuição populacional em jurisdição nacional, representa 27,6% de indivíduos brasileiros que residem nessa área, sendo assim a segunda maior região em população, correspondendo a 53.081.950 habitantes (IBGE, 2010; 2016).

A região é composta por 1.794 municípios compreendidos em nove unidades da Federação, onde as unidades de análise para o estudo em questão referem-se à divisão geográfica de 42 mesorregiões administrativas, distribuídas em: Alagoas (3), Bahia (7), Ceará (7), Maranhão (5), Paraíba (4), Pernambuco (5), Piauí (4), Rio Grande do Norte (4) e Sergipe (3) (Figura 1).

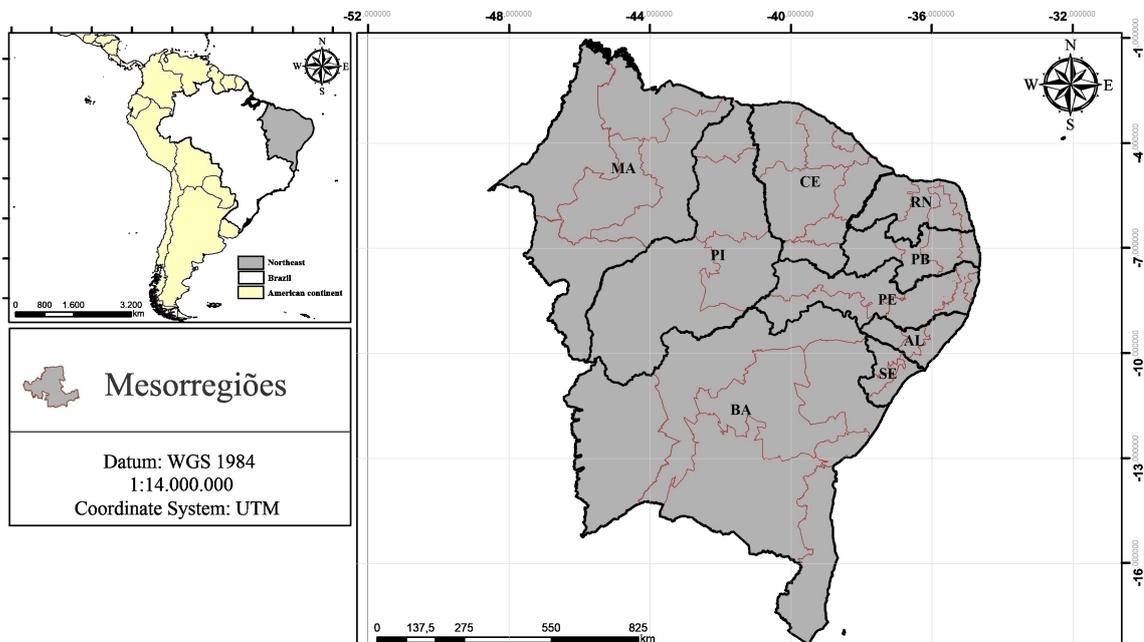


Figura 1- Região Nordeste do Brasil – NEB e suas respectivas mesorregiões.

O Nordeste Brasileiro apresenta alta variabilidade climática que envolve desde regiões semiáridas, com regime de precipitação acumulada anual inferior a 500 mm, até regiões úmidas que

apresentam altos totais de precipitações anuais, chegando a quantitativos em média de 1.500 mm, nas regiões litorâneas e norte da região. A alta variabilidade intra e inter anual da precipitação é ocasionada por diferentes sistemas meteorológicos atuantes na região do NEB devido à sua grande extensão territorial (MOURA e SHUKLA, 1981; RAO et al., 2016; OLIVEIRA et al. 2017).

## DADOS

Os dados sobre os registros das ocorrências dos desastres naturais utilizados nesse trabalho foram oriundos do Centro de Estudo em Pesquisa de Desastres Naturais (CEPED) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que disponibiliza as informações para as respectivas Unidades da Federação. Os mesmos foram digitalizados em nível municipal e, em seguida, agrupados por mesorregiões do NEB, sendo considerados no estudo os desastres de maior ocorrência no período de 1991 a 2013, classificados como Estiagem/Seca, Enxurradas e Inundações.

As informações de precipitação foram derivadas da parceria entre a Universidade do Texas e a Universidade Federal do Espírito Santo, com metodologia descrita por Xavier et al. (2016). O estudo desenvolvido para o Brasil gerou informações com alta resolução (0,25°×0,25°) para diferentes variáveis meteorológicas, sendo essas: precipitação (mm), evapotranspiração (mm), temperatura máxima (°C) e mínima (°C), radiação solar (W), umidade relativa (%UR) e velocidade do vento (m/s). Os dados utilizados em seu estudo foram provenientes de 3.625 pluviômetros e 735 estações meteorológicas no período de 1980 a 2013, utilizando diferentes técnicas de interpolação, que foram analisadas e validadas para as informações em análise. Os dados são de livre acesso e se encontram disponíveis em: <https://utexas.box.com/Xavier-et-al-IJOC-DATA>.

Assim, para o presente estudo, coletou-se a informação de precipitação referente a um ponto de grade para cada município da região NEB e, posteriormente, calculou-se as médias para os pontos que se encontravam dentro das respectivas mesorregiões do Nordeste Brasileiro.

Variável	Descrição
Estiagem/Seca	Número de ocorrências de estiagem/seca
Inundações	Número de ocorrências de inundações
Enxurradas	Número de ocorrências de enxurradas
CDD	Número máximo de dias consecutivos com precipitação inferior a 1 mm
CWD	Número máximo de dias úmidos consecutivos, superior ou igual a 1 mm
R95p	Precipitação anual que excedeu o percentil 95 (mm)
PRCPTOT	Precipitação total em dias úmidos
Abastecimento de água	Percentual de domicílios com abastecimento de água inadequado
Esgotamento sanitário	Percentual de domicílios com esgotamento sanitário inadequado
Coleta de Lixo	Percentual de domicílios com coleta de lixo inadequada
População urbana	Percentual da população residente na área urbana

Tabela 1 - Conjunto e descrição de variáveis do estudo compreendendo os tipos de desastres, variáveis climatológicas e sociosanitárias.

No estudo, utilizaram-se, como variáveis de análise, informações de 04 índices de extremos climáticos (Tabela 1) entre os 27 disponíveis, escolhidos por apresentarem uma maior relação com os desastres. Estes dados foram obtidos pelo Climdex, desenvolvido por Zhang e Yang (2004), e gerenciados pelos pesquisadores do Centro de Pesquisa em Mudanças Climáticas (CCRC) da University

of New South Wales (UNSW) e demais parceiros e colaboradores. Os dados são de domínio público e disponível em: <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.shtml>.

Com o intuito de buscar potenciais fatores sociais que permeiam a vulnerabilidade de cada região aos desastres naturais, obtiveram-se as características populacionais e socio-sanitárias (Tabela 1) do Censo Demográfico do Brasil de 2010, disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Utilizou-se a metodologia das separatrizes (quartis), a fim de realizar a categorização para cada um dos parâmetros em análise em quatro níveis, atribuindo-se aos piores indicadores os maiores escores.

## GRADE OF MEMBERSHIP (GOM)

Com intuito de identificar os perfis de vulnerabilidade aos desastres naturais no NEB, utilizou-se da metodologia Grade of Membership (GoM), fundamentada na teoria de conjuntos nebulosos de Zadeh (1965) e utilizada na modelagem multidimensional de dados discretos (MANTON, 1994). Essa metodologia destaca-se por levar em consideração, em sua estruturação de análise, que os indivíduos ou eventos analisados, neste caso as mesorregiões, não pertençam apenas a um único perfil/grupo formado, mas sim a múltiplos conjuntos com distintos atributos.

Utilizando-se o método da máxima verossimilhança, com base nas variáveis de características individuais das mesorregiões, são definidos os perfis extremos e os seus respectivos graus de pertencimento (MANTON et al., 1994, GUEDES et al., 2016). O modelo matemático é expresso pela seguinte fórmula:

$$L(x) = \prod_{i=1}^I \prod_{j=1}^J \prod_{l=1}^{L_j} \left( \sum_{k=1}^K g_{ik} * \lambda_{kjl} \right)^{y_{ijl}}$$

sendo: I o número de observações na amostra; J o número de variáveis incluídas;  $L_j$  o número de categorias de cada uma das J variáveis e K o número de perfis extremos.

O método estima dois tipos de parâmetros, o de descrição e o de classificação dos indivíduos em seus respectivos perfis formados. As características que definem as descrições dos perfis são obtidas a partir da comparação entre as estimativas de  $\lambda_{kjl}$  e as frequências marginais dos resultados de uma categoria de resposta l a uma variável j, fornecendo a probabilidade de cada categoria das respectivas variáveis j em cada um dos perfis k, definindo-se assim as particularidades predominantes nos perfis extremos k. A disposição das mesorregiões foi baseada no grau de pertinência  $g_{ik}$ , ou seja, para cada mesorregião considerada no estudo foi estimado o grau de pertencimento ao k-ésimo perfil, podendo variar entre 0 e 1, em que a

$$\sum_{k=1}^K g_{ik} = 1$$

para cada indivíduo i. Dessa forma, a mesorregião i não pertencerá apenas a um só conjunto, mas sim, parcialmente a múltiplos conjuntos/perfis com graus de pertinência diferentes para cada um.

Construíram-se diferentes configurações de perfis, com base nos resultados estimados e, assim, estabeleceram-se três configurações distintas que permitam caracterizar a incidência de desastres naturais para as mesorregiões em estudo, segundo os atributos climáticos, socio-sanitários e populacional. A caracterização dos perfis de acordo com a metodologia GoM é estabelecida por meio da comparação dos valores de referência, obtidos a partir da razão entre os valores de  $\lambda_{kjl}$  e as frequências percentuais respectivas a cada uma das categorias das variáveis. Dessa forma, o valor estimado na razão deve ser superior a 1,4 para que a categoria em análise seja característica integrante do respectivo perfil. Subsequentemente, procedeu-se ao enquadramento das microrregiões nos perfis dos grupos formados, utilizando-se como critério de pertencimento a metodologia de Guedes (2010), em que será:

1) tipo puro do perfil extremo k:

$$g_{ik} \geq 0,75 \text{ com } k = 1, 2, 3;$$

2) tipo misto: se

$$(0,50 \leq g_{ik} < 0,75) \cap (0,25 < g_{im} \leq 0,50) \cap (g_{in} < 0,25) \text{ com } k \neq m \neq n;$$

3) tipo amorfo: se

$$g_{ik} < 0,50 \text{ com } k = 1 \cup 2 \cup 3.$$

## TESTE DE KRUSKALL WALLIS

Com o objetivo de verificar se existem diferenças estatisticamente significativas entre as medianas dos perfis criados com base no Grade of Membership (GoM), aplicou-se o teste estatístico não paramétrico de Kruskal Wallis (1952) nas variáveis contínuas, baseado na ordenação (ranks) dos dados em cada um dos grupos analisados.

Subsequentemente, para identificar as diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, empregou-se o teste não paramétrico de comparação múltipla de Nemenyi (1963), baseado na soma dos ranks. O teste consiste em realizar comparações em pares buscando o/os grupos que diferem entre si.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A região Nordeste do Brasil (NEB), no período de 1992 a 2013, registrou um quantitativo de 15.382 ocorrências de desastres de origem natural, de diversos tipos. Os desastres naturais (DN) de maior frequência para a Região são classificados como Estiagem/Seca com mais de 12 mil registros contabilizando 78,5% dos casos, seguido das Enxurradas e Inundações, que corresponde a um total de 1.769 (11,5%) e 1.197 (7,8%) notificações, respectivamente. Dessa forma, pode-se observar que estes eventos de maior frequência, em suas múltiplas classificações são potencializados através dos quantitativos pluviométricos, considerando o déficit ou excesso de precipitação.

Alvalá et al. (2019) evidenciaram que a região apresentou o maior percentual de população exposta a áreas de risco aos desastres, além de ser caracterizada por grande vulnerabilidade socioambiental (FREITAS et al., 2014). Outros eventos com menor frequência são observados na Região, tais como: Alagamentos, Vendavais, Granizo, Movimentos de Massa, Erosão e Incêndios Florestais, que conjuntamente contabilizaram 336 eventos, o que corresponde a 2,2 % do total de registros.

Durante os 22 anos considerados no estudo, pode-se observar uma tendência crescente nos quantitativos analisados. Os eventos de estiagem e seca são recorrentes para todo o período em análise, principalmente quando observados os últimos dez anos, uma vez que, as ocorrências intensificaram-se ao longo dos anos, com valores mais expressivo observados nos anos de 1993, 2001, 2003, 2007 e 2012. Os tipos de desastres potencializados pelo excesso de precipitação apresentaram comportamentos bem similares uns dos outros em sua série, não sendo frequentes para a Região, destacando o ano de 2004 como atípico, com altos registros de enxurradas e inundações e, posteriormente, os anos de 2008 e 2009.

Marcelino (2006) mostrou a relação entre o aumento das ocorrências de desastres e o crescente aumento da população ao longo dos anos. Com o processo de urbanização, os indivíduos passaram a ocupar locais em áreas impróprias para moradia, o que os colocou em situação de vulnerabilidade, potencializando o risco aos desastres. No entanto, deve-se levar em consideração que ao longo dos anos os sistemas de informação vêm se aperfeiçoando e se tornaram mais eficientes e presentes, bem como o conhecimento e entendimento dos mesmos se amplia dia após dia. Este fato pode também justificar o

aumento de registros nas séries históricas estudadas.

Considerando-se a distribuição espacial das ocorrências dos desastres naturais para as mesorregiões da região Nordeste do Brasil, no período de 1992 a 2013, Figura 2, pode-se identificar padrões distintos para cada uma das classificações em análise. Observou-se uma concentração dos registros de estiagem e seca, Figura 2 (a), em áreas localizadas mais ao centro do NEB, em que seu padrão configurado segue as características e particularidades correspondentes ao polígono de seca, mais conhecido como região Semiárida Brasileira. Como mostraram os estudos de Moura e Shukla (1996) e Marengo et al. (2011 e 2017), esta região é marcada pela deficiência hídrica com a redução dos quantitativos pluviométricos e um clima árido. De acordo com Leite et al. (1993), as ações antrópicas também são fatores que potencializam o evento, através do uso inadequado dos recursos hídricos e do solo, a destruição da vegetação nativa e as queimadas.

As Figuras 2 (b) e (c) revelam a distribuição espacial para os eventos ocasionados pelo excesso de precipitação. As ocorrências de enchurradas (Figura 2 - b) têm uma maior concentração nas mesorregiões localizadas no estado da Bahia, Pernambuco e Paraíba, sendo o estado do Ceará o menos afetado por eventos desta natureza. A inspeção visual apresentada pelas ocorrências de inundações (Figura 2 - c) apresentou uma concentração dos eventos na parte ao norte da região do Nordeste Brasileiro, correspondendo às mesorregiões dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Piauí e Maranhão.

Os eventos desta natureza apresentam alto poder destrutivo dependendo da forma com que atingem a população, acarretando, dependendo de sua intensidade, grande número de pessoas afetadas, como: desalojadas, desabrigadas e feridas, chegando até mesmo a ocasionar mortes e grandes impactos destrutivos na população. De acordo com o CEPED (2013), no período de 1991 a 2012, no NEB registraram-se 2.188.911 afetados e 27.405 entre desalojados e desabrigados por estes eventos. Além disso, apresentaram uma tendência crescente em nível nacional, passando a média de 227 eventos/ano, no período de 1991 a 2001, para 504 eventos/ano, entre 2002 a 2012.

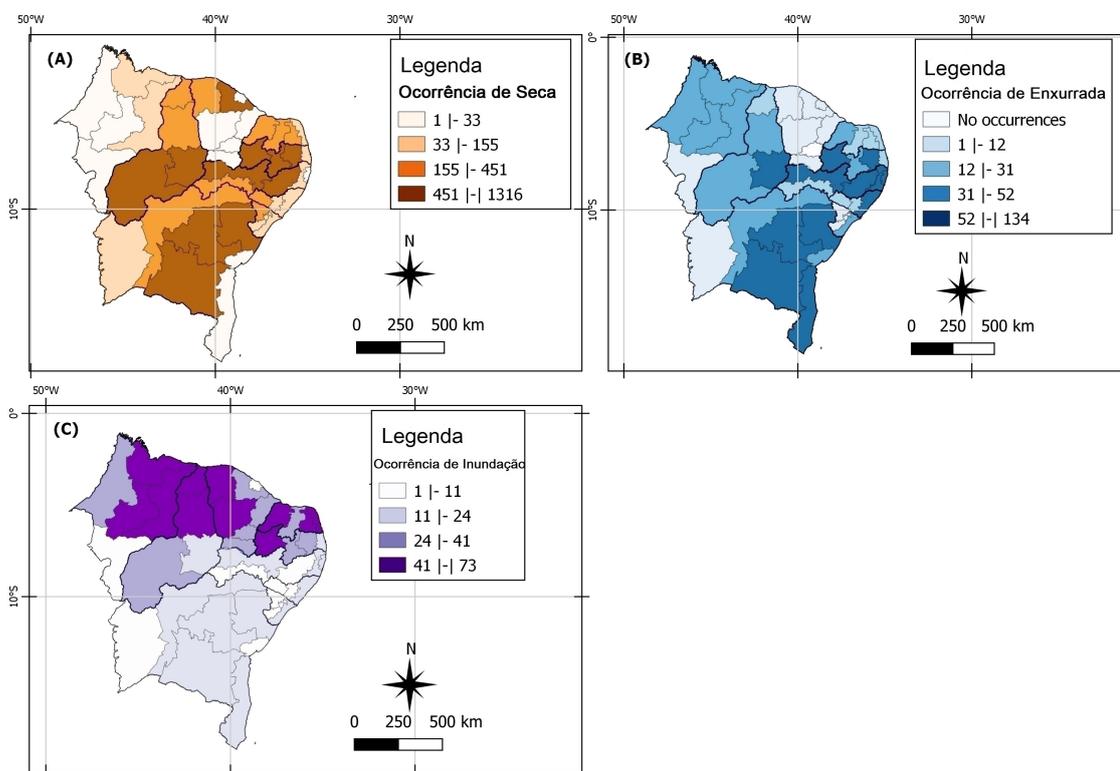


Figura 2 – Distribuição espacial das ocorrências de desastres naturais para a região Nordeste do Brasil, no período de 1992 a 2013.

A Tabela 2 apresenta as estatísticas de mínimo, máximo e separatrizes utilizadas para a

categorização das variáveis no desenvolvimento da metodologia do GoM. Tratam-se dos parâmetros meteorológicos e socio-sanitários para o NEB, segundo as mesorregiões em análise. Os resultados permitiram concluir que há uma elevada variação quanto às condições climáticas da Região, apresentando um maior número de dias consecutivos secos (CDD) e uma menor frequência nos dias consecutivos úmidos (CWD), aonde os acumulados anuais de chuva vão desde 469,4 mm até 1.848,9 mm, com 50% das unidades tendo valores inferiores a 834,2 mm.

Os indicadores socio-sanitários apresentaram alta variação entre as mesorregiões. O percentual de domicílios com abastecimento de água inadequado varia desde 6,3% até 44,4%, com 50% dos domicílios tendo percentuais superiores a 15,5% de inadequação ao esgotamento sanitário e sendo a coleta de lixo o indicador que tem os maiores percentuais. Observando-se o percentual de população urbana, percebe-se que 25% das mesorregiões apresentaram valores inferiores a 58,9% de urbanização, tendo mesorregiões com percentual de urbanização igual a 47,3% (Tabela 2).

VARIÁVEIS	MÍNIMO	QUARTIS			MÁXIMO
		1ºQ	2ºQ	3ºQ	
Seca	1,0	33,0	154,5	451,2	1.316,0
Enxurradas	0,0	11,8	31,0	52,3	134,0
Inundações	1,0	11,3	24,0	41,3	73,0
CDD	12,5	28,4	46,6	68,3	118,9
CWD	11,3	15,8	19,9	28,1	87,6
R95p	119,0	164,5	192,9	273,0	438,9
PRECPTOT	469,4	731,6	834,2	1.197,4	1848,9
Abastecimento de Água	6,3	23,3	26,0	32,2	44,4
Esgotamento Sanitário	2,6	9,6	15,5	22,3	36,6
Coleta de Lixo	4,6	22,7	32,7	40,2	55,9
População Urbana	47,3	58,9	62,9	74,4	97,1

Tabela 2 – Descrição estatística dos indicadores de desastres, climáticos e socio-sanitários para a região Nordeste do Brasil, considerando as mesorregiões.

A Tabela 3 identifica aquelas características que perfazem cada um dos três perfis, segundo as informações dos desastres naturais e aos parâmetros meteorológicos, sociais e sanitários.

O perfil extremo do tipo 1 (P1) corresponde às mesorregiões do NEB que apresentaram as seguintes características:

a) Dimensão desastres: caracterizam-se por registros intermediários de desastres naturais classificados como “estiagem/seca” e “enxurradas”;

b) Dimensão meteorológica: as mesorregiões que compõe o perfil apresentaram nível considerado baixo quando se analisa o indicador relativo ao número de dias consecutivos secos com precipitação diária abaixo de 1mm. As mesorregiões mostraram maior peso nos níveis intermediários do indicador relativo ao número máximo de dias úmidos consecutivos superior ou igual a 1 mm. Também caracterizam-se por elevados valores de precipitação anual excedendo o percentil 95 (extremos de chuva) e os altos quantitativos de precipitação anual;

c) Dimensão socio-sanitária: as mesorregiões revelaram os melhores indicadores de infraestrutura sanitária, ou seja, baixos percentuais de domicílios com o serviço considerados inadequados quanto ao abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo, o que proporciona uma região com as melhores condições de moradia. Esse perfil caracteriza-se por congregar mesorregiões com os mais elevados percentuais de população urbana.

Sobre as características do perfil extremo do tipo 2 (P2), os resultados apresentados na Tabela 3 permitem inferir que as mesorregiões que compõe esse perfil revelaram as seguintes características:

a) Dimensão desastres: caracterizam-se por apresentar mesorregiões com alta concentração de registros de estiagem/seca, embora também revele elevada ocorrência de enxurrada.

b) Dimensão meteorológica: agregam mesorregiões com níveis elevados de número de dias

consecutivos secos com precipitação diária abaixo de 1mm e os menores valores do indicador número de dias consecutivos úmidos superior ou igual a 1 mm. Revelaram baixos valores de extremos de precipitação anual excedendo o percentil 95 e baixas concentrações da precipitação acumulada anual.

c) Dimensão sociosanitária: as mesorregiões revelaram nível intermediário de acesso aos serviços de infraestrutura sanitária. Nesse perfil, as mesorregiões obtiveram moderados percentuais de inadequação dos serviços: abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo. Concentraram valores intermediários da variável “percentual da população residente na área urbana”.

As mesorregiões que compõe o perfil extremo 3, apresentaram as seguintes características (Tabela 3):

a) Dimensão desastres: caracterizaram-se por elevadas ocorrências de inundações, mas também por baixas frequências de secas/estiagem e enxurradas.

b) Dimensão meteorológica: as mesorregiões revelaram níveis elevados do número máximo de dias úmidos consecutivos superior ou igual a 1 mm. Também caracterizou-se por áreas com valores intermediários dos indicadores: número de dias consecutivos secos com precipitação diária abaixo de 1mm, precipitação anual que excedeu o percentil 95 e a precipitação anual.

d) Dimensão sociosanitária: congregaram mesorregiões com maiores limitações, tratando-se da dimensão sociosanitária, com altas concentrações de inadequação das condições de abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo. Também, compreende mesorregiões com menores percentuais da população residente na área urbana em comparação aos demais perfis. .

Categorias	Frequência		Lambdas			P/F (razão entre as probabilidades e a frequência marginal)		
	n	%	$\lambda_{1/jl}$	$\lambda_{2/jl}$	$\lambda_{3/jl}$	1	2	3
<b>PRECIPIOT – Precipitação acumulada anual</b>								
11	11	26,2	0,000	0,522	0,000	0,0	2,0	0,0
12	10	23,8	0,000	0,478	0,000	0,0	2,0	0,0
13	10	23,8	0,319	0,000	0,502	1,3	0,0	2,1
14	11	26,2	0,680	0,000	0,498	2,6	0,0	1,9
<b>R95p – Precipitação anual que excedeu o percentil 95</b>								
11	11	26,2	0,000	0,522	0,000	0,0	2,0	0,0
12	10	23,8	0,000	0,478	0,000	0,0	2,0	0,0
13	10	23,8	0,198	0,000	0,867	0,8	0,0	3,6
14	11	26,2	0,802	0,000	0,133	3,0	0,0	0,5
<b>Abastecimento de água inadequado</b>								
11	11	26,2	0,512	0,260	0,000	2,0	0,9	0,0
12	10	23,8	0,357	0,335	0,134	1,5	1,4	0,6
13	10	23,8	0,131	0,256	0,384	0,6	1,1	1,6
14	11	26,2	0,000	0,239	0,482	0,0	0,9	1,8
<b>Esgotamento Sanitário inadequado</b>								
11	11	26,2	0,828	0,159	0,000	3,2	0,6	0,0
12	10	23,8	0,172	0,185	0,388	0,7	0,8	1,6
13	10	23,8	0,000	0,501	0,000	0,0	2,1	0,0
14	11	26,2	0,000	0,1534	0,6116	0,0	0,6	2,4
<b>Coleta de Lixo inadequada</b>								
11	11	26,2	1,000	0,000	0,000	3,8	0,0	0,0
12	10	23,8	0,000	0,558	0,000	0,0	2,3	0,0
13	10	23,8	0,000	0,268	0,396	0,0	1,1	1,7
14	11	26,2	0,000	0,175	0,604	0,0	0,7	2,3
<b>População urbana</b>								
11	11	26,2	0,000	0,314	0,408	0,0	1,2	1,6
12	10	23,8	0,000	0,316	0,331	0,0	1,3	1,4
13	10	23,8	0,000	0,370	0,261	0,0	1,6	1,1
14	11	26,2	1,000	0,000	0,000	3,8	0,0	0,0

Tabela 3 – Frequências absolutas, relativas e estimativas de  $\lambda_{kjl}$ , segundo os perfis de vulnerabilidade gerados pelo GoM, para a região do Nordeste Brasileiro

Categorias	Frequência		Lambdas			P/F (razão entre as probabilidades e a frequência marginal)			
	n	%	$\lambda_{1j}$	$\lambda_{2j}$	$\lambda_{3j}$	1	2	3	
<b>Ocorrências de Estiagem e Seca</b>									
11	11	26,2	0,331	0,000	0,539	1,3	0,0		2,1
12	10	23,8	0,669	0,000	0,327	2,8	0,0		1,3
13	10	23,8	0,000	0,432	0,134	0,0	1,8		0,6
14	11	26,2	0,000	0,568	0,000	0,0	2,2		0,0
<b>Ocorrências de Enxurradas</b>									
11	11	26,2	0,000	0,000	0,584	0,0	0,0		2,2
12	20	47,6	0,659	0,568	0,416	1,4	1,2		0,9
13	11	26,2	0,341	0,432	0,000	1,3	1,6		0,0
<b>Ocorrências de Inundações</b>									
11	11	26,2	0,149	0,406	0,335	0,6	1,5		1,3
12	20	47,6	0,638	0,599	0,000	1,3	1,3		0,0
13	11	26,2	0,213	0,195	0,635	0,8	0,7		2,4
<b>CWD – Dias consecutivos úmidos</b>									
11	11	26,2	0,000	0,606	0,000	0,0	2,3		0,0
12	10	23,8	0,298	0,394	0,000	1,3	1,7		0,0
13	10	23,8	0,393	0,000	0,351	1,7	0,0		1,5
14	11	26,2	0,309	0,000	0,649	1,2	0,0		2,5
<b>CDD – Dias consecutivos secos</b>									
11	11	26,2	0,591	0,161	0,000	2,3	0,6		0,0
12	10	23,8	0,409	0,164	0,416	1,7	0,7		1,8
13	10	23,8	0,000	0,355	0,169	0,0	1,5		0,7
14	11	26,2	0,000	0,708	0,000	0,0	2,7		0,0

Tabela 3 – Frequências absolutas, relativas e estimativas de  $\lambda_{kj}$ , segundo os perfis de vulnerabilidade gerados pelo GoM, para a região do Nordeste Brasileiro

Além dos três perfis predominantemente puros (P1, P2 e P3) determinados, foram identificados quatro perfis mistos (PM1-3, PM2-3, PM3-2 e PM3-1) com mesorregiões que apresentaram predominância de um determinado perfil e características associadas a um dos outros extremos. Além de um perfil amorfo, que não teve predominância em nenhum dos perfis puros configurados no estudo.

O comportamento das médias dos parâmetros climáticos, sociosanitários e populacional e respectivas significâncias dos testes aplicados constataram diferenças estatisticamente significativas entre os perfis formados, sejam estes puros ou mistos (Tabela 4).

Variáveis	Perfis								Valor-p
	P1	P2	P3	PM 1-3	PM2-3	PM3-2	PM 3-1	Amorfo	
Estiagem/Seca	46,6a	501,9b	72,2a	82,0a	214,2b	451,3b	14,0	363,0	0,0013*
Enxurradas	55,9a	51,0a	23,7b	68,0a	9,3b	7,0b	36,0	38,0	0,0099*
Inundações	13,9a	24,9a	34,2a	29,0a	27,8a	43,0b	36,0	66,0	0,0032*
CDD	27,4a	54,8b	58,5b	36,9a	68,2b	80,1b	20,3	62,6	0,0223*
CWD	23,2a	16,1b	48,1a	23,9a	19,7b	24,3a	87,6	34,6	0,0003*
R95p	310,0a	156,6b	266,7a	255,3a	194,0a	167,4a	326,6	241,8	< 0,0001*
PRECPTOT	1.290,0a	692,2b	1.348,0a	1.068,5a	883,7ab	801,4ab	1.670,0	1.145,0	< 0,0001*
Abas. de Água	15,8a	30,2b	30,2b	25,7ab	22,6ab	33,9b	32,3	13,3	0,0149*
Esg. Sanitário	9,5a	16,5b	27,9c	7,2a	16,8b	15,9b	23,9	16,1	0,0280*
Coleta de Lixo	11,9a	32,6b	44,1b	9,9a	35,7b	40,3b	40,4	26,9	0,0006*
Pop. Urbana	89,2a	62,1b	61,6b	85,0a	59,7b	56,3b	64,1	78,1	0,0007*

Tabela 4 – Médias das variáveis em análise segundo os perfis de vulnerabilidade formados pelo GoM e resultados dos testes estatísticos de comparação de grupos.

\* Valor-p do teste estatístico de Kruskal Wallis ao nível de significância de 5%.

\*Valores seguidos das mesmas letras nas linhas, não apresentam diferença significativa ao teste de comparação múltipla de Nemenyi.

No perfil 1, como mencionado, predominaram os eventos de enxurradas, com média de 55,9 eventos, 46,6 estiagens/secas e 13,9 inundações. Esta predominância de enxurradas pode ser favorecida pelas condições climáticas extremas da região, pois apresentaram quantitativos pluviométricos anuais em torno 1.290 mm, 5% de chuvas que superam 310 mm, além de em média apresentarem apenas 27,4 dias consecutivos secos. O referido perfil apresentou as melhores condições sociosanitárias, expressando os menores percentuais médios de domicílios inadequados para o NEB, considerando o abastecimento de água (15,8%), esgotamento sanitário (9,5%) e coleta de lixo (11,9%) e em média 89,2% de população

urbana, concentrando, portanto, os maiores aglomerados urbanos: as regiões metropolitanas. Este fato confere melhores condições sociais e, assim, oferece maior capacidade adaptativa aos episódios adversos.

Em estudos desenvolvidos por Da Silva et al. (2019), analisando índices de extremos climáticos para o NEB, detectaram tendências positivas de extremos de precipitação para essa região, na qual Salvador e Recife são as capitais com maior número de residentes que vivem em áreas de risco na região (CEMADEM, 2018). De acordo com Ramos (1975), Moron (2007) e Santos et al. (2016), os principais sistemas causadores de precipitação intensa na região referem-se a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), as Frentes frias e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), ocasionando muitas vezes enxurradas e inundações.

Ainda em relação ao perfil predominante 1, observaram-se as melhores condições sanitárias, uma vez que a maioria das capitais localizam-se na região analisada, apresentando melhores condições socioeconômicas, concentrando uma proporção de domicílios com acesso à rede geral de água, à coleta de lixo e ao esgotamento sanitário, além do maior contingente populacional. Entretanto, Tucci (2003) revelou em seus estudos que a urbanização potencializa desequilíbrios naturais que podem favorecer a ocorrência de enchentes/inundações e ao incremento de doenças de veiculações hídricas. Uma vez que, com a superlotação dos centros urbanos, os indivíduos tendem a ocupar espaços de forma imprópria para habitação, concentrando-se em áreas inapropriadas no entorno, favorecendo a criação de regiões periféricas com condições sociais precárias.

No perfil extremo 2, o desastre de maior prevalência foi a estiagem/seca e de enxurradas, com uma média de 501,9 e 51,0 eventos, respectivamente, e menores ocorrências de inundações (24,9 eventos). As condições climáticas favoreceram ao déficit de precipitação, com médias de 54,8 dias consecutivos secos, 16,1 dias consecutivo úmido. A precipitação acumulada anual apresentou média de 692,2 mm, sendo o menor valor observado entre os grupos, além de contabilizar o menor extremo de chuva (156,6 mm). Dessa forma, o déficit de precipitação potencializou os eventos de estiagem e seca, aumentando a probabilidade de episódios desta natureza para estas localidades. A moderada condição sociosanitária revelou que 30,2% de domicílios com abastecimento inadequado de água, 16,5% não possuem esgotamento sanitário e 32,6% sem coleta de lixo. O percentual da população urbana é de 62,1%, o que a classifica como moderada urbanização.

As mesorregiões correspondentes a este perfil são caracterizadas pela estiagem e seca, como consequência dos baixos totais de precipitação, confirmando os achados de Oliveira et al. (2017) e Da Silva et al. (2019) e menor precipitação anual acumulada (KOUSKY, 1979; ZHOU e LAU, 2001). De acordo com Dias e Marengo (2007) e Nobre et al. (2006), a estiagem e seca estão associadas às características climáticas da região e às variabilidades dos Oceanos Pacífico e Atlântico Tropical. Embora a região seja caracterizada pela seca, observaram-se também eventos de enxurrada, o que pode estar associado às ocorrências de chuvas concentradas na região, ocasionadas pelo posicionamento da ZCIT (SIQUEIRA et al., 2010) e aos Complexos Convectivos (CALHEIROS et al., 2006).

Projeções climáticas realizadas por Marengo (2008) indicaram risco de secas intensas e reduções de chuva em até 40%, além do aumento de temperatura como evidenciado por Da Silva (2019). Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), em seus estudos de projeção, estimou-se até 2025 que áreas com mais de 5 mil habitantes poderão enfrentar crise no abastecimento de água para consumo humano, fator este agravante para uma região que apresenta baixos Índice de Desenvolvimento Humano, além de altas taxas de mortalidade infantil.

No perfil extremo 3, os registros de desastres apresentaram, em média, 72,2 ocorrências de seca, 23,7 para as enxurradas e, em destaque, 34,2 eventos de inundações. Estas inundações podem ser explicadas por serem mesorregiões com condições climáticas que favorecem ao excesso de precipitação, apresentando acumulado médio anual de 1.348 mm, com extremos de precipitação superando os 266,7 mm em média. Este perfil compreendeu, em média, 48,1 dias consecutivos úmidos. No entanto, mesmo apresentando esse comportamento que favorece a precipitação, a região ainda compartilha de dias consecutivos secos, com indicadores médios de 58,5 dias. As condições sociosanitárias são mais precárias por apresentarem os maiores percentuais de inadequação dos serviços oferecidos: 31,2% com abastecimento de água inadequado, 27,9% com esgotamento sanitário inadequado e 44,1% coleta de lixo inadequado. Dentre os três perfis, foi o de menor percentual de urbanização, com 61,6%.

Sendo as inundações a principal característica deste delineamento do perfil 3, estudos desenvolvidos por Oliveira et al. (2013; 2014) evidenciaram um aumento para os extremos de precipitação, o que pode potencializar desastres desta natureza. Contudo, observaram-se moderados dias consecutivos secos que podem ser explicados pela pouca influência marítima nas regiões localizadas ao sul do Maranhão e a mesorregião do Extremo Oeste Baiano. Por outro lado, as chuvas mais intensas no norte da região estão associadas a sua proximidade com o Oceano Atlântico, o qual serve de fonte de energia e umidade para os sistemas atuantes de escala regional ZCIT, VCAN e Brisas Marítimas (DE SOUZA GUEDES et al., 2012). Além do que essa região, compreendida no estado do Maranhão, encontra-se inserida nas delimitações da Amazônia legal, podendo proporcionar características atmosféricas favoráveis aos consideráveis volumes de chuvas.

As mesorregiões do Perfil 3 apresentaram os piores indicadores socio-sanitários, com elevados percentuais de domicílios em condições de inadequação frente ao abastecimento de água, ao esgotamento sanitário e à coleta de lixo. Fato este que acarreta condições precárias na prevenção e na reestruturação do pós-desastre, uma vez que as condições mínimas impossibilitam uma recuperação eficiente das áreas atingidas. Razzolini e Günther (2008) mencionou que as atividades antrópicas alteram o meio ambiente e associadas à ausência ou inadequação de saneamento podem levar ao aumento da incidência de doenças e à redução da expectativa e da qualidade de vida da população humana. Mota et al. (2015) evidenciaram que a população rural e ribeirinha do Maranhão vivem em condições precárias de saneamento básico e habitação, apresentando elevado número de internações hospitalares, principalmente de crianças, ocasionadas pelas doenças de veiculação hídrica.

Analisando os perfis mistos, ou seja, aqueles com características pertinentes a mais de um perfil, pode-se observar que o PM 1-3 apresentou características predominantes do extremo 1 com particularidades advindas do extremo 3. Assemelha-se ao P1 devido às condições climáticas que favorecem as chuvas, com acumulado médio anual de 1.068,5 mm, extremos de precipitação que superam 255,3mm em 5% e dias consecutivos úmidos em torno de 23,9 dias. No entanto, as mesorregiões ainda exibem um valor médio de 36,9 dias consecutivos secos. As condições socio-sanitárias seguem um mesmo comportamento do seu grupo de predominância, com baixos percentuais de inadequação: 25,7% de abastecimento de água; 7,2% esgotamento sanitário e 9,9% referente à coleta de lixo. Assemelha-se ao perfil 1 por apresentar maior população urbana, em média 85,0% de urbanização. No entanto, diferentemente do seu perfil predominante o perfil apresentou valores mais expressivos quanto às ocorrências de inundações, assemelhando-se ao perfil 3, contabilizando média 29 inundações.

O perfil misto PM 2-3 apresentou comportamento semelhante ao perfil predominante 2 com características de 3. Exibiu consideráveis ocorrências de estiagem/seca, com média de 214,2 eventos, porém com menos enxurradas, assemelhando-se neste aspecto ao perfil 3. Assemelham-se também ao perfil 3 quanto à precipitação acumulada anual, em torno de 883,7 mm, e com extremos de precipitação com 194 mm. As condições socio-sanitárias e o grau de urbanização não diferem do seu grupo de predominância, classificando-se como moderadas.

O perfil misto PM 3-1 destacou-se com as características do perfil 3 devido aos valores mais expressivos para os eventos provenientes do excesso de precipitação, que contabilizaram em média 36 eventos de enxurradas e 36 inundações, apresentando baixas ocorrências de estiagem/seca (14 registros). Suas condições climáticas mostraram-se favoráveis ao excesso de chuva, pois registrou 1.670 mm de precipitação acumulada e, conseqüentemente, 5% dos registros superaram 326,6 mm. Este perfil caracterizou-se pela ocorrência de mais dias consecutivos úmidos, com média de 87,6 dias, e apenas 20,3 dias consecutivos secos. Os percentuais de domicílios com condições inadequadas são elevados para a região, quando comparado aos demais, e apresentou urbanização moderada, similares ao perfil predominante 1.

No perfil misto PM 3-2, verificou-se uma maior predominância das inundações registrando uma média de 43 eventos seguida das enxurradas com apenas 7, porém apresentou elevado quantitativo das ocorrências de estiagem/seca com 451,3 eventos. Destaca-se com o maior número de dias consecutivos secos (80,1) e 24,3 dias consecutivos úmidos. Os quantitativos anuais de precipitação foram de 801,4 mm e 5% dos valores superaram em média 167,4 mm. Constatou-se que os domicílios tinham inadequação aos serviços básicos correspondendo a: 33,9% do abastecimento de água, 15,9% de esgotamento sanitário e 40,3% de coleta de lixo. Observou-se também o menor percentual médio de

urbanização entre os perfis, com 56,3%.

O perfil amorfo apresentou características bem particulares dos diferentes perfis puros gerados. Com mais altas ocorrências de desastres, compreendendo 363, 38 e 66 eventos de estiagem/seca, enxurradas e inundações, respectivamente. As condições climáticas são bem particulares, apresentando elevados dias consecutivos secos (62,6 dias) e úmidos (34,6 dias), precipitação anual registrando média de 1.145mm, com extremos de 241,8 mm. Os indicadores sociosanitários exibem baixos percentuais de inadequação, além de ter um alto percentual de urbanização (78,1%). Vale ressaltar que nesta mesorregião encontra-se inserida a região metropolitana de Teresina, o que proporciona condições populacionais melhores.

Observando-se as ocorrências de estiagem/seca, pode-se perceber que os perfis P2, PM 2-3 e PM 3-2 assemelham-se por apresentarem os maiores quantitativos de desastres desta natureza com médias de 501,9; 214,2 e 451,3 respectivamente, diferindo estatisticamente dos demais grupos formados. Os episódios de enxurradas apresentaram semelhanças entre os perfis P3, PM 2-3 e PM 3-2, com as menores médias registradas. Considerando-se os eventos de inundações, o PM 3-2 apresentou diferença estatisticamente significativa comparado aos outros perfis, sendo este e o amorfo os que registraram os maiores números de eventos deste tipo.

Considerando-se as características climáticas, pode-se observar que os perfis P1 e PM 1-3, com as menores médias com 27,4 e 36,9 dias consecutivos secos respectivamente, apresentaram diferenças significativas em relação aos demais perfis. Em relação aos dias consecutivos úmidos, os grupos com atributos predominantes ao extremo 2, o P2 e PM 2-3, foram os menos úmidos. O perfil P2 apresentou a menor média referente ao extremo de precipitação com 156,6 mm, diferindo significativamente dos grupos P1, P3 e PM 1-3 que são os de maiores médias. Comportamento semelhante verificou-se para a precipitação média acumulada anual, o P2 apresentou o menor quantitativo com 692,2 mm. No entanto, vale ressaltar que as maiores médias de precipitação acumulada anual e extrema foram observadas no PM 3-1.

As condições sociosanitárias mostraram diferenças significativas entre os perfis com predominância do extremo 1 (P1 e PM 1-3) frente aos demais perfis comparados, por apresentarem os menores percentuais de inadequação dos domicílios quanto ao abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo. Os perfis com predominância ao grupo 1 apresentaram as melhores condições sociosanitárias e exibiram diferenças significativas quanto ao grau de urbanização por serem as mais urbanizadas.

Subseqüentemente, procedeu-se a identificação das mesorregiões em cada um dos três perfis extremos considerados no estudo, através do grau de pertinência (gik) correspondente a cada um dos indivíduos em análise, 29 das 42 mesorregiões que abrangem a região Nordeste do Brasil apresentaram atributos equivalentes a apenas um delineamento extremo, ou seja, o seu grau de pertinência foi superior a 0,75 ( $gik > 0,75$ ).

Analisando-se a distribuição das mesorregiões de acordo com os perfis determinados, preponderantemente, observa-se que as regiões apresentaram características do tipo “predominante 2” contribuindo com 38,1% do total; os perfis mistos com predominância do tipo 2 contribuem com 14,3%, totalizando 52,4% de mesorregiões com características do perfil 2.

O perfil denominado “predominante 3” apresentou um percentual em torno de 14,3% do total de mesorregiões nordestinas, sendo que os perfis mistos com predominância do perfil 3, participaram com 9,5%, totalizando para o perfil do tipo 3 23,8%. Aproximadamente 16,7% das mesorregiões foram classificadas como tendo características predominantemente do perfil 1. O tipo misto com predominância do perfil 1 participa com 4,7% das mesorregiões, apresentando uma predominância geral de 21,4%. Vale frisar que apenas uma mesorregião foi classificada como Amorfo, por não ter características expressivas de nenhum dos perfis

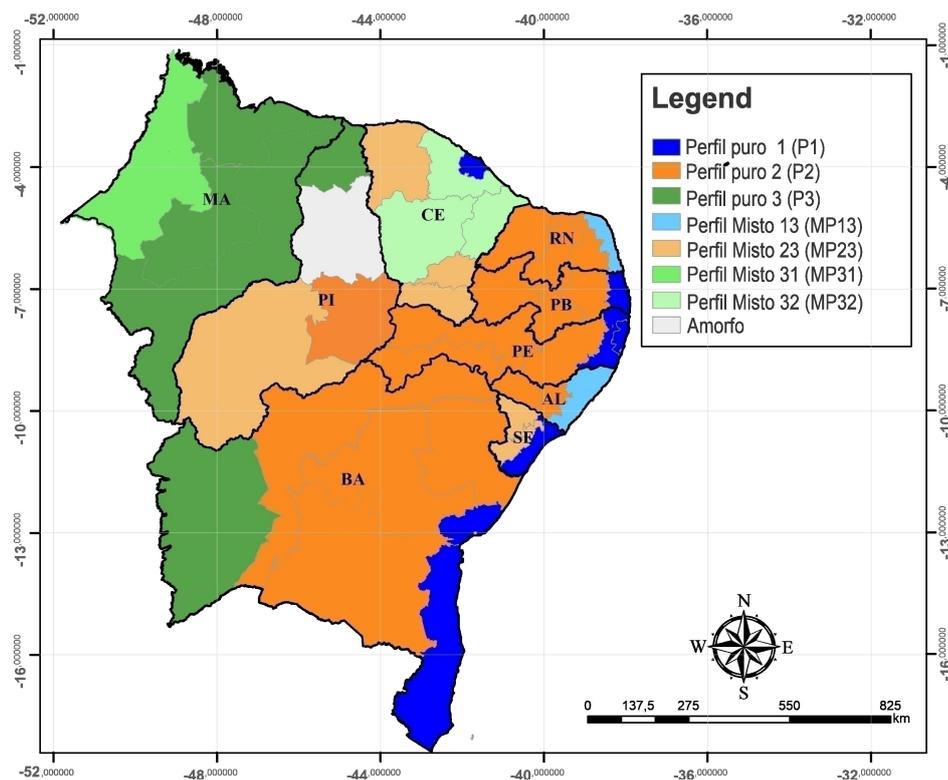


Figura 3 – Distribuição espacial da tipologia das mesorregiões do Nordeste. considerados na análise, sendo a mesorregião “Norte Piauiense”.

A Figura 3 permite visualizar a distribuição espacial do resultado da tipologia construída no estudo das mesorregiões considerando a ocorrência do desastres naturais, associados às características climáticas e sociosanitárias. O resultado revela um padrão regional distinto, no qual se observa uma ampla concentração de ocorrência de desastres naturais relacionados à seca e estiagem, correspondente ao perfil extremo 2, marcadamente na porção semiárida da região Nordeste. Já na porção mais ao litoral da região, observam-se as mesorregiões pertencentes ao perfil 1 com moderada ocorrência de seca e enxurrada, condições favoráveis ao excesso de precipitação, melhores condições sanitárias e maior urbanização. E, por último, destacaram-se as mesorregiões caracterizadas com elevados registros de inundações, condições favoráveis ao excesso de precipitação, precárias condições sanitárias e menor urbanização (perfil 3), localizando-se mais ao oeste do NEB.

## CONCLUSÃO

Este estudo permitiu uma abordagem multidisciplinar da problemática dos desastres naturais, identificando-se que o Nordeste Brasileiro apresentou no período considerado, elevados quantitativos de ocorrências de desastres, com incrementos expressivos ao longo dos anos. Estes eventos geraram elevado número de pessoas afetadas, direta ou indiretamente, dependendo dos diferentes fatores sociais, ambientais, climáticos e políticos. Além disso, vale-se ressaltar uma melhoria na qualidade dos registros das informações, que com o passar dos anos veio aprimorando e aperfeiçoando.

Com a alta variabilidade climática apresentada pelo NEB, os eventos de predominância para a região são potencializados através do déficit ou excesso de precipitação, não sendo este o fator primordial para a deflagração de um evento. As ocorrências de estiagem/seca destacaram-se como sendo o evento de maior frequência para a Região e com maior periodicidade ao longo da série, seguido das enxurradas e inundações que se configuraram em anos específicos, apresentando elevados quantitativos considerados atípicos no decorrer do período.

Os indicadores climáticos, sociosanitários e de desastres permitiram identificar a relação entre diferentes fatores que determinaram a construção de três perfis. Na região Nordeste do Brasil, o perfil de

predominância 2 correspondeu às delimitações políticas e climáticas da região Semiárida Brasileira, configurando-se pela exposição das populações a situações de risco de estiagens/seca proveniente das altas frequências de dias consecutivos secos e dos baixos quantitativos pluviométricos, com clima seco e condições favoráveis ao déficit de precipitação. Com condições sanitárias intermediárias e moderada urbanização, não apresentando condições de capacidade adaptativa adequadas para o enfrentamento aos desastres.

Os demais perfis apresentaram características climáticas favoráveis ao excesso de precipitação, com mais dias consecutivos úmidos e maiores extremos de chuvas, favorecendo as ocorrências de enxurradas e inundações para as respectivas mesorregiões que se encontram inseridas. O perfil 1, compreendido na região litorânea do NEB, concentrando os maiores centros urbanos, o que proporciona as melhores condições de capacidade adaptativa. Em contrapartida, a parte oeste do NEB, concentra as mesorregiões do perfil 3, abrangendo o estado do Maranhão, caracterizando-se com menor urbanização e precárias condições sanitárias, aumentando a exposição aos desastres naturais.

Estes resultados podem ampliar a compreensão sobre a natureza e distribuição espacial dos eventos de desastres no Nordeste do Brasil, de forma a elucidar os gestores públicos e tomadores de decisões a fomentar a prevenção e mitigação das ocorrências desses eventos. Os conhecimentos dos aspectos sociais, climáticos e populacionais relacionados aos desastres podem favorecer e subsidiar no direcionamento de políticas públicas eficazes e específicas a cada perfil delineado a fim de mitigar os impactos das ocorrências de desastres.

## REFERÊNCIAS

ALVALÁ, R. C. dos S.; DIAS, M. C. de A.; SAITO, S. M.; STENNER, C.; FRANCO, C., AMADEU, P.; NOBRE, C. A. Mapping characteristics of at-risk population to disasters in the context of Brazilian early warning system. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 41, p. 101326, 2019.

BLOOM, D. E.; KHANNA, T. The urban revolution. *Finance and Development*, v. 44, n. 3, p. 9-14, 2007.

BRASIL. Lei no 12.608, de 10 de abril de 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm). Acesso em: 15 de março de 2020.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Situação de emergência e estado de calamidade pública: reconhecimentos realizados, 2016. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/reconhecimentos-realizados>. Acesso em: 20 mai. 2019.

CALHEIROS, A. J. P.; MOLION, L. C. B.; Vaz, J. C. M.; & TENÓRIO, R. S. Um evento de precipitação extrema sobre a costa leste do nordeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro De Meteorologia, XIV-(CBMET), Florianópolis, SC. Proceedings. 2006.

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais. Pluviômetros automáticos. Cachoeira Paulista: CEMADEN, 2018. Disponível em: . Acesso em: 27 de novembro de 2018.

CEPED, U. F. S. C. Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010. Volume Brasil, Volume Pará, Volume Amapá, Florianópolis, 2012.

CEPED, UFSC. Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. *Progress in human geography*, v. 20, n. 4, p. 529-539, 1996.

DAO, Q-H; PEDUZZI, P. Global evaluation of human risk and vulnerability to natural hazards. *Enviro-info* 2004, Sh@ ring, p. 435-446, 2004.

DA SILVA, P. E.; SANTOS e SILVA, C. M.; SPYRIDES, M. H. C.; ANDRADE, L. D. M. B.

Precipitation and air temperature extremes in the Amazon and northeast Brazil. *International Journal of Climatology*, v. 39, n. 2, p. 579-595, 2019.

DA SILVA, P. E.; SANTOS e SILVA, C. M.; SPYRIDES, M. H. C.; ANDRADE, L. D. M. B. Analysis of climate extreme indices in the Northeast Brazil and the Brazilian Amazon in the period from 1980 to 2013. *Anuário do Instituto de Geociências-UFRJ*, v. 42, n. 2, p. 137-148, 2019.

DE ALMEIDA, L. Q.; WELLE, T.; BIRKMANN, J. Disaster risk indicators in Brazil: a proposal based on the world risk index. *International journal of disaster risk reduction*, v. 17, p. 251-272, 2016.

DE SOUZA GUEDES, R. V.; MACEDO, M. J. H.; DE SOUSA, F. D. A. S. Análise espacial de eventos de secas com base no índice padronizado de precipitação e análise de agrupamento. *Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)*, n. 23, p. 55-65, 2012.

DIAS, P. S.; MARENGO, J. Águas atmosféricas. In: REBOUÇAS, A.D.A.C.; BRAGA JR., B.; TUNDIZI, J. G. (Ed.). *Águas doces no Brasil: capital ecológico usos múltiplos, exploração racional e conservação*. 2. ed. São Paulo: USP, 2002

EM-DAT. The OFDA/CRED International Disaster Database. Retrieved from Emergency Events, 2018. Disponível em: <http://www.em-dat.net/>. Acesso em: 20 de setembro de 2020.

FIELD, C. B.; BARROS, V.; STOCKER, T. F.; DAHE, Q. (Eds.). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, 2012.

FREITAS, C. M. D.; SILVA, D. R. X.; SENA, A. R. M. D.; SILVA, E. L.; SALES, L. B. F.; CARVALHO, M. L. D.; CORVALÁN, C. Desastres naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 19, p. 3645-3656, 2014.

GUEDES, G. R.; SIVIERO, P. C. L.; MACHADO, C. J.; PINTO, J.; RODARTE, M. M. S. *Grade of Membership-Conceitos básicos e aplicação empírica usando o programa GoM para Windows, Linux, Stata e R*. Livros editados pelo Cedeplar-UFMG [Books edited by Cedeplar-UFMG], 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico. 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 16 de maio de 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades*, 2016. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>. Acesso em: 16 de maio de 2017

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2013: a base da ciência física*. In: Stocker TF, Qin D, Plattner GK, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bix V, Midgley PM (Orgs) 2013 Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge and New York, 2013.

IWAMA, A. Y.; BATISTELLA, M.; FERREIRA, L. D. C.; ALVES, D. S.; FERREIRA, L. D. C. Risk, vulnerability and adaptation to climate change: an interdisciplinary approach. *Ambiente & Sociedade*, 19(2), 93-116.

KOUSKY, V. E. Frontal influences on northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, v. 107, n. 9, p. 1140-1153, 1979.

KOUSKY, C. Informing climate adaptation: a review of the economic costs of natural disasters, their determinants, and risk reduction options. *Resources for the future discussion paper*, n. 12-28, 2012.

KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American statistical Association*, v. 47, n. 260, p. 583-621, 1952.

LEITE, F. R. B.; SOARES, A. M. L.; MARTINS, M. L. R. Áreas degradadas susceptíveis aos processos de desertificação no Estado do Ceará – 2a aproximação. *VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, p.156–161,1993.

LEISEROWITZ, A.; MAIBACH, E.; ROSER-RENOUF, C.; HMIELOWSKI, J. D. Extreme weather, climate & preparedness in the american mind. Yale University and George Mason University. New Haven, CT. Disponível em: <http://environment.yale.edu/climate/files/Extreme-Weather-Climate-Preparedness>. Acesso em: 10 de janeiro de 2020.

MARCELINO, E. Desastres naturais. Palestra realizada junto à disciplina de Hidrologia

Florestal da turma de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UFSC. Florianópolis, 4 de abril de 2005.

MARCELINO, E. V.; NUNES, L. H.; KOBAYAMA, M. Mapeamento de risco de desastres naturais do estado de Santa Catarina. *Caminhos de Geografia*, v. 7, n. 17, 2006.

MARCHEZINI, V.; TRAJBER, R.; OLIVATO, D.; MUNOZ, V. A.; De OLIVEIRA PEREIRA, F.; LUZ, A. E. O. Participatory early warning systems: Youth, citizen science, and intergenerational dialogues on disaster risk reduction in Brazil. *International Journal of Disaster Risk Science*, v. 8, n. 4, p. 390-401, 2017.

MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas. *Estudos avançados*, v. 22, n. 63, p. 83-96, 2008.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. *Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas*, v. 1, p. 385-422, 2011.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 129, n. 3, p. 1189-1200, 2017.

MANTON, K. G.; WOODBURY, M. A.; TOLLEY, H. D. *Statistical applications using fuzzy sets*. Wiley-Interscience, 1994.

MOURA, L.; LANDAU, E. C.; FERREIRA, A. de M. Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado no Brasil. LANDAU, EC; MOURA, L. *Variação geográfica do saneamento básico no Brasil em*, p. 189-211, 2010.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of Atmospheric Sciences*, v. 38, n. 12, p. 2653-2675, 1996.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of Atmospheric Sciences*, v. 38, n. 12, p. 2653-2675, 1981.

MOTA, J. J. P.; SOUSA, C. D. S. S.; DA SILVA, A. C. Saneamento básico e seus reflexos nas condições socioambientais da zona rural do Baixo Munim (Maranhão). *Caminhos Da Geografia*, 16(54), 140–160, 2015.

MORON, Vincent et al. Spatial coherence of tropical rainfall at the regional scale. *Journal of Climate*, v. 20, n. 21, p. 5244-5263, 2007.

NARVÁEZ, L.; LAVELL, A.; PÉREZ, G. *La gestión del riesgo de desastres*. Secretaría General de la Comunidad Andina, 2009.

NEMENYI, P. *Distribution-Free Multiple Comparisons*, Princeton, N.J: Princeton University, 1963.

NOBRE, P.; MARENGO, J. A.; CAVALCANTI, I. F. D. A.; OBREGON, G.; BARROS, V.; CAMILLONI, I.; FERREIRA, A. G. Seasonal-to-decadal predictability and prediction of South American climate. *Journal of climate*, v. 19, n. 23, p. 5988-6004, 2006.

OLÍMPIO, J. L. S.; VIEIRA, P. M. B.; ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L. Episódios Pluviais Extremos e a Vulnerabilidade Socioambiental do município de Fortaleza: o episódio do dia 27/03/2012. *Geo UERJ*, v. 1, n. 24, p. 181-206, 2013.

OLIVEIRA, P. T.; LIMA, K. C.; SANTOS E SILVA, C.M. Synoptic environment associated with heavy rainfall events on the coastland of Northeast Brazil. *Advances in Geosciences*, v. 35, p. 73-78, 2013.

OLIVEIRA, P. T.; SILVA, C. M. S. E.; LIMA, K. C. Linear trend of occurrence and intensity of heavy rainfall events on Northeast Brazil. *Atmospheric Science Letters*, v. 15, n. 3, p. 172-177, 2014.

OLIVEIRA, P. T. de; E SILVA, CM S.; LIMA, K. C. Climatology and trend analysis of extreme precipitation in subregions of Northeast Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 130, n. 1, p. 77-90, 2017.

RAO, V. B.; FRANCHITO, S. H.; SANTO, C. M.; GAN, M. A. An update on the rainfall characteristics of Brazil: seasonal variations and trends in 1979–2011. *International Journal of Climatology*, v. 36, n. 1, p. 291-302, 2016.

RAMOS, R. P. L. Precipitation characteristics in the Northeast Brazil dry region. *Journal of Geophysical Research*, v. 80, n. 12, p. 1665-1678, 1975.

RAZZOLINI, M. T. P.; GÜNTHER, W. M. R. Impactos na saúde das deficiências de acesso a água. *Saúde e Sociedade*, v. 17, n. 1, p. 21-32, 2008.

SANTOS, A. P. P. D.; ARAGÃO, M. R. D. S.; CORREIA, M. D. F.; SANTOS, S. R. Q. D.; SILVA, F. D. D. S.; ARAÚJO, H. A. D. Precipitação na cidade de Salvador: variabilidade temporal e classificação em Quantis. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 31, n. 4, p. 454-467, 2016.

SILVA, V. M. D. A.; PATRÍCIO, M. D. C. M.; RIBEIRO, V. H. D. A.; DE MEDEIROS, R. M. O desastre seca no Nordeste Brasileiro. *POLÊM! CA*, v. 12, n. 2, p. 284-293, 2013.

SIQUEIRA, A. H. B.; DOS SANTOS, N. A.; DA SILVA CARDOSO, C.; SANTOS, W. R. T.; MOLION, L. C. B. Eventos extremos de precipitação de maio de 2006 sobre Alagoas: uma análise de suas causas e seus impactos. *Revista Ambientale*, v. 2, n. 2, p. 147-153, 2010.

SOUZA, W. M.; de AZEVEDO, P. V.; de ARAÚJO, L. E. Classificação da precipitação diária e impactos decorrentes dos desastres associados às chuvas na cidade do Recife-PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 5, n. 2, p. 250-268, 2012.

TRAJBER, R.; OLIVATO, D.; MARCHEZINE, V. Conceitos e termos para a gestão de riscos de desastres na educação. *Cemaden Educação*, 2016.

TOMINAGA, L. K. Desastres naturais: por que ocorrem. TOMINAGA, LK; SANTORO, J. AMARAL, R.(Orgs.). *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico, p. 11-23, 2009.

TUCCI, C. E.M. Processos hidrológicos e os impactos do uso do solo. *Climae recursos hídricos no Brasil*. ABRH, Porto Alegre, p. 31-76, 2003.

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Pesquisa e Estudos sobre Desastres. Laboratório de tecnologias Sociais em Gestão de Riscos e Desastres. Metodologia de avaliação de vulnerabilidade para mapeamento de áreas suscetíveis a deslizamentos e inundações: proposta piloto em Santa Catarina / [Coordenação Janaína Rocha Furtado]. - Florianópolis: CEPED-UFSC. p.77, 2014.

UNISDR terminology on disaster risk reduction. 2009. Disponível em: [https://www.preventionweb.net/files/7817\\_UNISDRTerminologyEnglish.pdf](https://www.preventionweb.net/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf). Acesso em: 10 de outubro de 2020.

XAVIER, A. C.; KING, C.W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). *International Journal of Climatology*, v. 36, n. 6, p. 2644-2659, 2016.

ZADEH, L.A. Fuzzy sets. *Information and contro*, v.8. p.338-353, 1965.

ZHANG, X.; YANG, F. RCLimDex User Manual.-Climate Research Branch Environment Canada downsvew. 2004.

ZHOU, J.; LAU, K.-M. Principal modes of interannual and decadal variability of summer rainfall over South America. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, v. 21, n. 13, p. 1623-1644, 2001.