



ANÁLISE DE EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO COM ÊNFASE EM DESASTRES NATURAIS EM ÁREAS URBANAS

Palavras-Chave: Mudanças Climáticas, Vulnerabilidade, Campinas

Autores:

Vanessa da Silva Bitter, UNASP

Prof.^a Dr.^a ANA MARIA HEUMINSKI DE AVILA (orientadora) CEPAGRI/UNICAMP

Prof.^a Dr.^a Camila da Silva Dourado (coorientadora) CEPAGRI/UNICAMP e UNASP

INTRODUÇÃO:

A urbanização caracteriza-se pela alteração do ambiente natural, em que ocorre a substituição de áreas verdes por edificações, pavimentação, adensamento populacional, impermeabilização do solo, forte presença de poluentes, entre outros, que contribuem para alterações no balanço energético, térmico e hídrico, conforme afirma Mendonça (2003). Desta forma, nestes ambientes alterados pela ação humana, fenômenos naturais como as chuvas podem trazer uma série de problemas. As repercussões são ainda maiores quando estes eventos são intensos e concentrados, caracterizando episódios de chuvas extremas, que têm causado danos significativos em cidades de todo o mundo (PENNEY e WIEDITZ, 2007).

Segundo o Relatório Especial do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês), um evento extremo é definido como a ocorrência de um valor de uma variável de condição meteorológica ou clima acima (ou abaixo) de um valor limite, perto das extremidades ('caudais') superiores (ou inferiores) da faixa de valores da variável observados (IPCC, 2012). Uma das mais importantes questões relacionadas a eventos extremos, é a avaliação a curto prazo, observando se sua ocorrência está aumentando ou diminuindo com o tempo; isto é, se há uma tendência a cenários propícios à ocorrência desses eventos (MARENGO, 2009).

Esses eventos são comuns no sudeste do Brasil, principalmente na estação chuvosa, entre os meses de dezembro e fevereiro. No entanto, a singularidade de alguns eventos está no volume acumulado de chuva, que às vezes é considerado extremo (ANDRADE et al., 2015). Sobre o estado de São Paulo, Carvalho et al. (2004) relataram que os eventos pluviais extremos exibem uma variabilidade interanual ligada ao El Niño e à La Niña, assim como variações intrassazonais associadas à atividade da Zona de Convergência do Atlântico Sul (SACZ) e do Jato de Baixos Níveis da América do Sul (SALLJ).

Maricato (2000) destaca a importância do planejamento urbano para assegurar justiça social e a reposição dos pressupostos ambientais naturais para o assentamento humano. Sobre isto, Ferrari Jr. (2004) afirma que não há como vislumbrar um futuro melhor para as cidades brasileiras sem planejamento, e que este é um processo de trabalho permanente, feito por intermédio de políticas públicas. Neste cenário de expansão urbana desordenada, encontra-se a cidade de Campinas. A cidade ocupa o 8º lugar no ranking do IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) das cidades paulistas e o 26º no ranking nacional, entretanto, essa realidade não se estende por todo o território que apresenta aproximadamente 13% de sua população morando em condições de alta vulnerabilidade, segundo o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS, 2010). Diante disto, o trabalho teve como objetivo investigar as relações entre variações climáticas extremas e a distribuição espaço-temporal das áreas de risco de desastres oriundos de chuvas intensas para o município de Campinas.

METODOLOGIA:

O município de Campinas possui uma área territorial de 794,571 km. O clima é caracterizado como tropical úmido (Cwa, segundo classificação de Koeppen), com invernos amenos. A temperatura média é de 21,4 °C e as precipitações médias anuais variam em torno de 1372.0 mm, concentradas no semestre de primavera-verão ocorrentes nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (CEPAGRI/UNICAMP, 2018). A Região Metropolitana de Campinas é a segunda maior do estado de São Paulo em população, com mais de 3,2 milhões de habitantes, é composta por 20 municípios (IBGE, 2018).

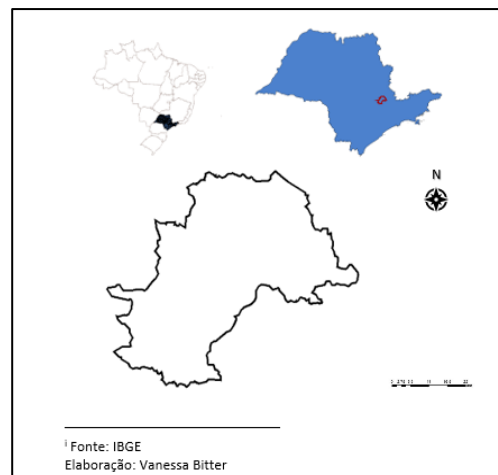


Figura 1: Espacialização Município de Campinas

Para as etapas de aquisição e processamentos dos dados, primeiramente foram coletadas informações diárias de precipitação pluviométrica para o período de 2009 a 2019 do município de Campinas, fornecidos pelo Instituto Agrônomo (IAC). Também foram coletados dados de desastres naturais (alagamento e deslizamento de terra), referente ao período de 2011 até 2019, disponibilizados pela Defesa Civil. Posteriormente, foram realizadas as transformações de escalas temporais nos dados de precipitação para o entendimento e análise da distribuição de chuvas do município nas escalas diária, mensais e anuais.

Para analisar os eventos extremos e estabelecer os limites pluviométricos foi aplicada a Técnica dos Quantis. Segundo Xavier e Xavier (1987), a técnica define que uma variável X representa os valores de precipitação, onde Q_p é o limite do intervalo do quantil para variável X , sendo p a probabilidade de ocorrência, tal que X seja menor ou igual que Q_p . Desta forma, a escolha do intervalo associado a um quantil deve satisfazer a seguinte relação:

Prob. ($X \leq Q_p$) = p , sendo ($0 < p < 1$).

Tabela1: Categorias de Precipitação usando a Técnica dos Quantis

Classificação	Limite de Precipitação
Muito Seco (MS)	$X_i \leq Q_{0,15}$
Seco (S)	$Q_{0,15} < X_i \leq Q_{0,35}$
Normal (N)	$Q_{0,35} < X_i < Q_{0,65}$
Chuvoso (C)	$Q_{0,65} \leq X_i < Q_{0,85}$
Muito Chuvoso (MC)	$X_i \geq Q_{0,85}$

Com a aplicação da Técnica dos Quantis foi possível identificar os eventos extremos nas três escalas: diária, mensal e anual. Nas análises anual e mensal foram utilizadas as ordens quantílicas $p=0,15$ e $p=0,90$, respectivamente, e para análise diária foi utilizada a ordem quantílica de $p=0,05$ e $p=0,99$.

Para análise e identificação das áreas de ocorrência de desastres naturais, foram utilizados os dados fornecidos pela Defesa Civil, correspondendo aos registros, em escala diária, dos deslizamentos e alagamentos ocorrido nas regiões sul, sudeste, norte e noroeste do município de Campinas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A partir da aplicação das Técnicas dos Quantis para a escala anual verificou-se que os anos com extremos muito chuvosos foram 2009, 2011, 2015 e 2016, com volumes de 1614 mm, 1676 mm, 1525 mm e 1586 mm, respectivamente. E os anos classificados como muito secos foram 2013, 2014 e 2019, com volumes de 1129 mm, 901 mm, e 1073 mm, respectivamente.

O Gráfico 1 mostra as distribuições da média do acumulado mensal da precipitação do município de Campinas para o período de 2009 a 2019, evidenciando a estação chuvosa para os meses de novembro a março, e seca de abril a agosto. Com base nos resultados, pode-se inferir que os maiores volumes médios de precipitação ultrapassam 250mm, e atingiram médias mínimas de 29mm.



Gráfico 1. Distribuição da média mensal da precipitação do município de Campinas para o período de 2009 a 2019.

O Gráfico 2 mostra os meses com “extremos chuvosos”, analisados pelos Quantis de ($p=0,90$, $p=0,95$ e $p=0,99$). Tendo como o valor máximo encontrado de 403,6mm em janeiro 2011. Seguidos dos meses de dezembro de 2009, janeiro de 2010, janeiro de 2012 e janeiro de 2017.

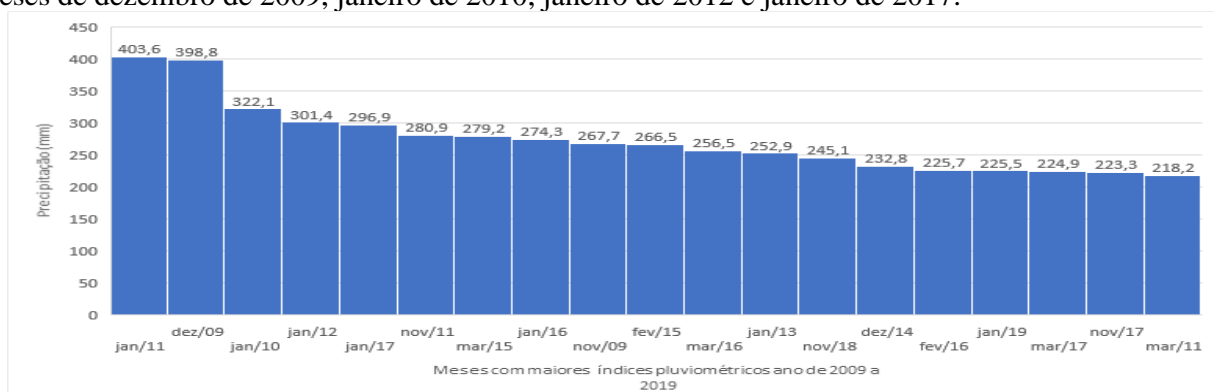


Gráfico 2. Identificação dos eventos extremos chuvosos em escala mensal para o período de 2009 – 2019, em Campinas.

Observa-se no Gráfico 2 que os meses identificados com ocorrência de “evento extremos chuvoso”, integram os meses do período chuvoso do município. Já a escala diária, é baseado na ordem quantílica de $p=0,99$; valores de referência superiores a 48,27mm de precipitação diária, conforme mostra o Gráfico 3. Para este cenário, destaca-se as seguintes datas (19/11/2017), (09/12/2009), (11/03/2016), (24/12/2014) e (19/03/2017) ambas com valores superiores a 80mm de precipitação diária num quantil de $p=0,99$.

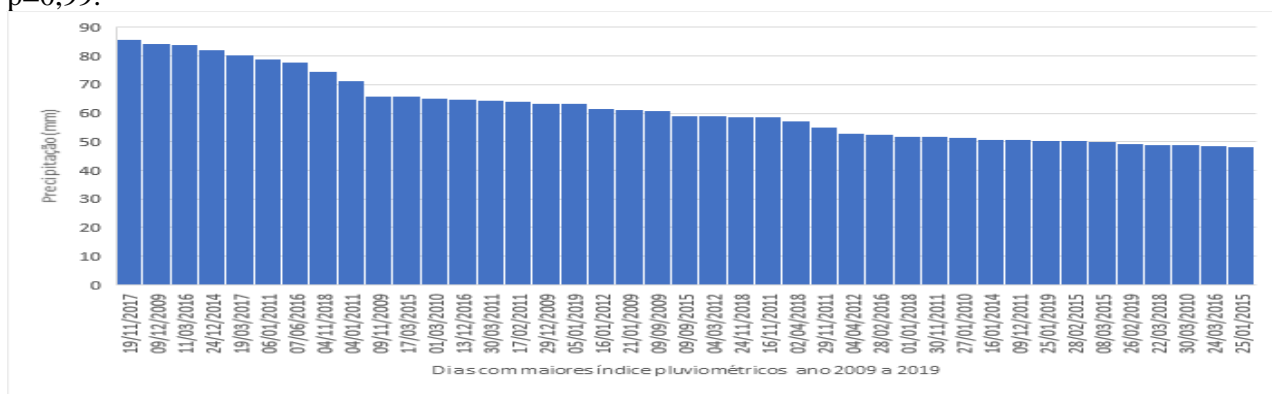


Gráfico 3: Dias com maiores índices pluviométricos para o período de 2009-2019, para o município de Campinas (Quantil $p=0,99$)

A análise realizada com os dados da Defesa Civil indica que os meses com maiores ocorrências de desastres naturais em Campinas aconteceram nos mesmos meses de ocorrência dos extremos chuvosos. No entanto, o mês de maior ocorrência de desastre natural foi o mês de fevereiro, e o mês de com máximas de “extremos chuvosos” foi o mês de janeiro com 37% de toda série. Semelhantemente, observa-se esse comportamento ao longo das séries na escala diária, onde o registro de um desastre ocorre no intervalo de dois ou três de dias após registros de volumes extremos de chuva, identificados como “extremo chuvoso” pela técnica aplicada neste trabalho, como visto no Gráfico 4. Com isso, pode-se inferir que a sequência de um mês extremamente chuvoso, seguido de outro mês muito chuvoso, influencia na drenagem urbana, favorecendo a ocorrência de desastres como alagamentos e deslizamentos nessas áreas.

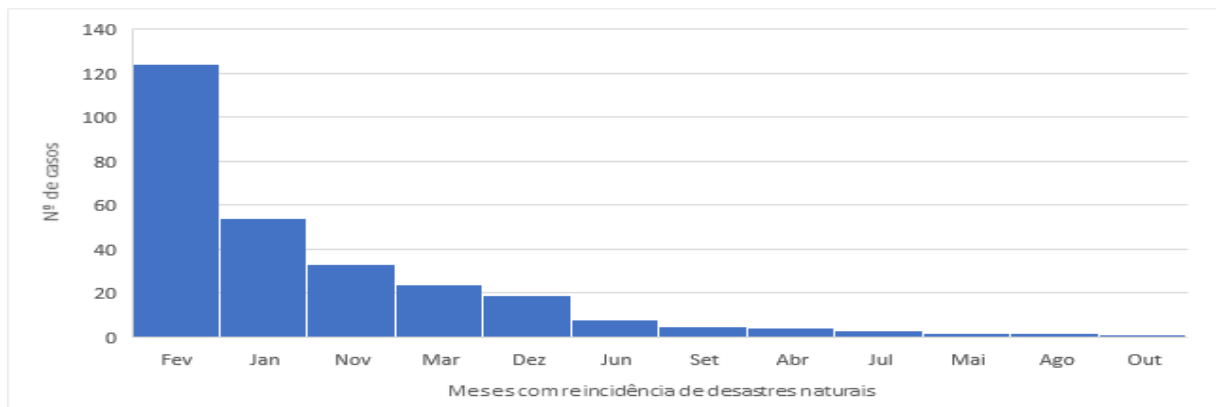


Gráfico 4: Indicação dos meses com maior reincidência de desastres naturais, Campinas 2011 a 2019

Observa-se que o mês de junho (ano de 2016), apesar de pertencer ao período seco da região, e não ser identificado neste período evento “extremo chuvoso”, apresentou 154 ocorrências de desastres naturais, diferindo dos demais anos da série estudada, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3: Registros de desastres naturais ocorridos em Campinas na escala mensal para o período de 2011 a 2019

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Jan	54	47	69	52	68	78	58	45	86
Fev	124	44	16	33	164	35	33	12	17
Mar	24	31	32	59	130	54	32	5	17
Abr	4	24	7	16	2	4	10	40	11
Mai	2	15	3	3	8	1	27	5	2
Jun	8	38	1	9	2	154	3	4	9
Jul	3	5	1	0	3	4	1	2	6
Ago	2	2	4	4	1	6	1	9	4
Set	5	3	7	11	27	12	3	2	1
Out	1	13	8	1	20	28	4	12	3
Nov	33	46	27	30	42	17	53	67	16
Dez	19	58	25	97	194	45	52	25	17

Verifica-se no Gráfico 5 que a região do município de Campinas com maiores ocorrências de desastres naturais é a região Sul, principalmente nos anos de 2015 com 626 casos, seguido do ano de 2016 com 434 casos, respectivamente, anos também de maiores ocorrências de “eventos extremos chuvosos”. A região que menos apresenta ocorrência de alagamentos e deslizamentos é a sul, seguida da região noroeste do município. Destaca-se que a partir do ano de 2017, observa-se que houve uma diminuição na ocorrência desastres naturais em todas as regiões do município.

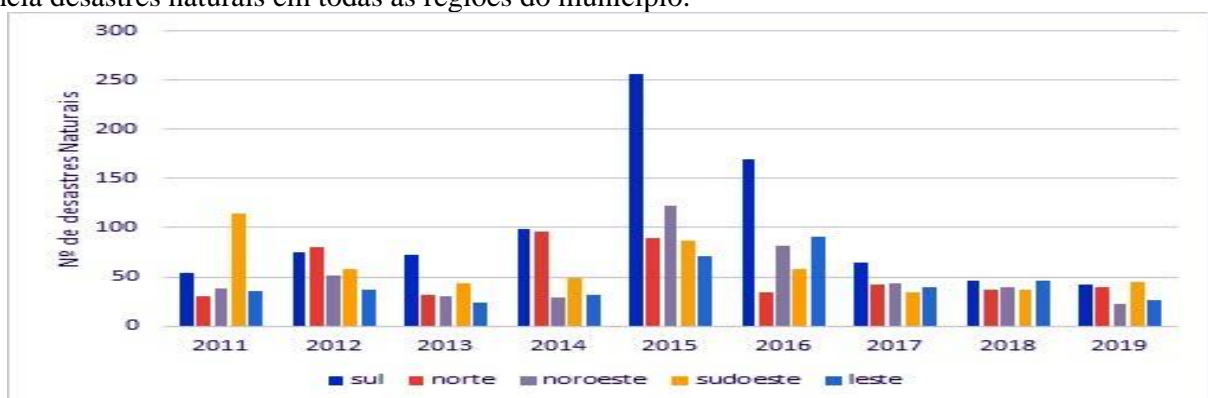


Gráfico 5: Número de desastres naturais ocorridos nas regiões de Campinas de 2011 a 2019

CONCLUSÕES:

Os dois anos com maior ocorrência de eventos “extremos chuvosos” identificados com a aplicação da Técnica dos Quantis se assemelharam aos anos com maior ocorrência de desastres naturais do tipo deslizamentos e alagamentos, 2015 e 2016. Na escala mensal, pode-se inferir que os meses com mais registros de desastres naturais coincidiram com os meses em que há maior número de eventos extremos

chuvosos. Outra observação foi o ano de 2014 apresentando o menor acúmulo pluviométrico da série estudada, porém, ele não é o ano com menor índice de desastres naturais, ficando atrás apenas dos anos de 2015 com 626 casos e 2016 com 434 casos.

Observou-se também, que a região Sul, mesmo sendo localizada no entorno da área central da cidade, é a área mais afetada com desastres naturais e conseqüentemente esses episódios trazem prejuízos à sociedade num todo e ao meio ambiente; contrapondo esta realidade, temos a região Leste, na qual apresenta áreas ecológicas e bairros de alto padrão, nos remetendo a ideia de que ela possui um planejamento público mais bem implantado. Sendo assim, é de suma importância que problemas relacionados às chuvas devem ser discutidos e analisados pelos poderes públicos municipais e até mesmo estaduais, visto que, vem ocorrendo impactos negativos, com constância, e por se tratar de uma região economicamente e socialmente importante para o Estado.

BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, K. M.; PINHEIRO, H. R.; DOLIF NETO, G. Evento extremo de chuva no Rio de Janeiro: Análise sinótica, previsão numérica e comparação com eventos anteriores. **Ciência e Natura**, v. 37, p. 175-180, 2015.

CARVALHO, JOSÉ ALBERTO MAGNO de. Crescimento populacional e estrutura demográfica no Brasil. - Belo Horizonte: UFMG/CEDEPLAR, 2004.

CASTELLANO, Marina S. **Extremos de chuva na região metropolitana de campinas (sp): impactos, análise socioeconômica e políticas públicas**. 2013. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, UNICAMP, Campinas, 2016.

CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Disponível em: <<https://www.cpa.unicamp.br>>. Acesso em maio de 2020.

FERRARI JR, J. C. Limites e Potencialidades do Planejamento Urbano – Uma discussão sobre os pilares e aspectos recentes da organização espacial das cidades brasileiras. **Estudos Geográficos**, v. 2, n. 1, junho 2004.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774_malhas.html?=&t=downloads>. Acesso em Agosto de 2021.

IPCC (2012): **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation**. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) [Field, C.B. et al. (Eds.)]. Cambridge, UK, e New York, NY, USA: Cambridge University Press, 582 pp.

IPVS - Índice Paulista de Vulnerabilidade Social. Disponível em: <<http://ipvs.seade.gov.br/view/index.php?selLoc=0&selTpLoc=2&prodCod=2>>, Acesso em: junho de 2021;

MARENGO, J. A. **Climate Change 2014-Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Summary for Policymakers**.

MARICATO, E. **As ideias fora do lugar e o lugar fora das ideias. Planejamento Urbano no Brasil**. In: ARANTES, O.; VAINER, C.; MARICATO, E. A cidade do pensamento único – Desmanchando consensos. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2000.

MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F. (Org.). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. 192p.

PENNEY, J. e WIEDITZ, I. **Cities Preparing for climate change. A Study of six urban region**. Toronto: The Clean Air Partnership, 2007.

XAVIER, T. M. B.; XAVIER, A. F. S, ALVES, J. M. B. **Quantis e Eventos Extremos. Aplicações em Ciências da Terra e Ambientais**. 2007.