

ANÁLISE DE EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SANTA CATARINA, BRASIL.

Tarcísio Oliveira da Costa¹

Cássio Arthur Wollmann²

INTRODUÇÃO.

As grandes e médias cidades brasileiras enfrentam problemas de ordens diversas, desde a infraestrutura urbana deficitária, redução de áreas verdes, poluição do ar, escassez no abastecimento de água à impactos relacionados a desastres naturais que provocam perdas econômicas e humanas. Somando-se a isso, observa-se que o processo de urbanização em curso nessas cidades tem contribuído substancialmente para elevar os impactos de eventos naturais em escala temporal e espacial.

Desse modo, o processo de urbanização acarreta alterações na atmosfera urbana e conseqüentemente provoca alterações em seu padrão habitual, intensificando o potencial de eventos e aumentando/diminuindo a frequência de ocorrência eventos de natureza extrema como as tempestades, que associados a condições do sítio urbano modificadas pela urbanização têm seus efeitos intensificados.

Essas alterações, direta ou indiretamente favorecem a formação de diferentes microclimas na cidade, diferentemente do clima nas áreas adjacentes (MENDONÇA, 1994). Muitas cidades brasileiras enfrentam problemas referentes à atmosfera e impactos provenientes, especialmente, das chuvas intensas, as quais causam transtornos à população com alagamentos e inundações provocadas por eventos de precipitação extrema.

Assim, é perceptível que a atmosfera imediatamente acima do ambiente urbano passa por modificações nos atributos climáticos e assim a dinâmica climática local produz o clima urbano. Assim, entender o clima local requer compreender o comportamento e contribuição a partir dos atributos e fatores climáticos, com análise sistematizada, observação, aferição de dados e testagem.

No que se refere às chuvas, é importante destacar atenção especial para esse atributo no ambiente urbano, segundo Garcia; Vide (2000) os habitantes das cidades respiram e estão

1 Doutorando em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, tarcisio.costa@escola.seduc.pa.gov.br

2 Professor Orientador, Doutor pela Universidade de São Paulo – USP, Professor do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, cassio@ufsm.br

sujeitos a ventos e chuvas, são afetados pelas mudanças de temperatura e umidade. Nesse sentido, o estudo do clima urbano requer maior compreensão dos eventos de natureza climática extrema, como os extremos de precipitação pluviométrica.

Nesse sentido, o presente trabalho buscou identificar a ocorrência de eventos de precipitação extremas ocorridos na cidade de Balneário Camboriú/SC, no período de 2013 a 2022 e analisar a repercussão de impactos urbanos durante a duração dos eventos, nos quais observou-se que a urbanização tem grande influência na distribuição de impactos a partir das alterações promovidas na dinâmica natural do ambiente.

METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida inicialmente na busca em jornais e veículos de notícias locais, impressos e/ou digitais, e na base de dados da Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC) de informações referentes à ocorrência de eventos de precipitação extrema no período que compreende o recorte temporal da pesquisa (2013-2022, totalizando 10 anos) que provocaram inundações e/ou alagamentos na cidade, causando transtornos à população.

Isso permitiu traçar um histórico de ocorrência dos eventos e identificar as áreas que sofrem impactos, pois segundo Monteiro (1990) o canal do Impacto Meteorológico exige, além da análise espacial dos episódios pluviais, uma análise junto à memória da cidade, seja através de revistas ou arquivos de jornais.

Para a obtenção dos dados meteorológicos da série histórica de eventos identificados, foram utilizados dados obtidos por dois postos pluviográficos pertencentes ao Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN – localizados nos bairros da Barra e Nações, em Balneário Camboriú.

Na etapa seguinte, para a identificação dos sistemas atmosféricos associados aos eventos identificados no histórico, foram utilizadas as cartas sinóticas produzidas diariamente às 00h00min e às 12h00min, pela DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil, com apoio das imagens do satélite GOES-16, disponíveis no Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

REFERENCIAL TEÓRICO

A preocupação com o clima urbano não é algo recente, acompanha a evolução do fenômeno urbano e as mudanças que provoca em nível local. Desde os primeiros estudos voltados ao clima, já se observava que as atividades humanas causavam alterações na atmosfera

acima do ambiente urbano. Essa perspectiva motivou diversos estudos sobre o tema, tais como Landsberg (1956)³ Monteiro (1976) Mendonça (1994).

Landsberg (1956, p. 95) chamava a atenção em sua pesquisa para o fato que “...quando os homens são gregários, a necessidade de defesa e a tendência ao aumento da divisão do trabalho levam muitas casas a ficarem próximas. Isto causa modificações no clima local”. Monteiro (1976) defende a tese que o ambiente construído altera os elementos meteorológicos dando origem ao clima urbano. Enquanto isso, Mendonça (1994) acrescenta que o resultado das interações no ambiente natural, tais como a retirada da cobertura vegetal, modificação nas formas de relevo e na rugosidade da superfície, concentração de edificações, equipamentos e pessoas, impermeabilização do solo, canalização do escoamento superficial, acumulação de partículas e gases na atmosfera e produção de energia artificial criam um clima urbano.

Monteiro (1976) faz uma discussão mais específica sobre o clima urbano, os fatores que levam a sua alteração e as consequências para o ambiente e as pessoas. Afirma que o clima urbano deve ser compreendido como um sistema complexo e aberto, ou seja, que recebe, distribui e libera energia a partir da interação entre diferentes subsistemas componentes. Assim, ao propor um sistema, o autor o denominou de “Sistema Clima Urbano” (SCU).

A precipitação pluviométrica é um dos atributos climáticos que mais impactam na vida das pessoas. Pode afetar a partir de sua escassez, provocando secas, ocasionando desde desabastecimento para a população quanto prejuízo e perdas na agricultura ou mesmo na geração de energia. Bem como de seus extremos de precipitação que são a principal fonte de inundações no mundo, causando danos materiais e perdas humanas (TERASSI, 2019).

Entender o mecanismo de produção desses eventos no tempo e no espaço permite melhor gerenciamento e prevenção a alagamentos, inundações e escorregamento de encostas, por exemplo. Assim, estando a precipitação entre os mecanismos climáticos que mais interferência na vida humana pode causar, sendo este o principal mecanismo de entrada de água na superfície a partir da interação no Sistema Superfície Atmosfera (SSA), a precipitação afeta as atividades humanas com extremos positivos e negativos (ALMEIDA et al., 2011).

As áreas mais habitadas, as cidades, enfrentam problemas referentes à atmosfera e impactos de modo mais perceptível, sobretudo, das chuvas intensas, as quais causam

³ LANDSBERG, H.E. The Climate of Towns. In: THOMAS, W.E., *Man's Role in changing the face of earth*. The WennerGreen Foundation Anthropological Research. The University of Chicago Press, 1956. Tradução: Tarik Rezende de Azevedo. Revista do Departamento de Geografia, USP, 2006 n.18, p. 95-111.

transtornos à população. Segundo Liang *et al.*, (2018) a urbanização no mundo acelerou nos últimos 65 anos, saindo da casa dos 30% em 1950 para 54% em 2014 e previsões de 66% até 2050 (ONU, 2014), tornando, assim, as cidades mais vulneráveis às inundações.

O estudo de Zhang *et al.*, (2019) investigou os efeitos da urbanização sobre as chuvas de verão no Delta do rio das Pérolas na China. Os resultados indicam que a urbanização desempenha um papel importante na mudança da climatologia da precipitação urbana de verão, o que provoca eventos pluviométricos extremos com maior frequência e intensidade, provocando inundações e perdas sociais e econômicas.

Pesquisas de Debbage; Marshall Shepherd (2019) buscaram entender a influência urbana nas características espaço-temporal do escoamento e da precipitação durante a inundação ocorrida em Atlanta no ano de 2009. Por sua vez Costa; Conceição; Amante (2018) ao traçar uma cartografia das enchentes para a cidade do Rio de Janeiro, observam que desde a sua fundação a cidade tem passado por várias e intensas intervenções urbanas que modificaram o ambiente natural.

Pode-se concluir que estudos do clima das cidades necessitam da compreensão não apenas da atmosfera diretamente acima da cidade, mas também da compreensão de sistemas atmosféricos em escalas superiores a da cidade, sejam eles regionais ou sub-regionais.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os dados obtidos através do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) possibilitou a organização de informações da variabilidade sazonal da precipitação em Balneário Camboriú no período de 2013-2022

Diante desses dados dispostos, cruzando informações de noticiários sobre ocorrência de impactos durante precipitação na cidade, foi possível identificar os eventos de natureza extrema, sua caracterização e repercussão espacial na cidade. Assim, foi possível identificar 16 eventos com relevante repercussão sobre a cidade, dos quais 3 foram selecionados para análise. Além dos eventos com registros da repercussão espacial na cidade, foi possível ainda identificar outros 34 eventos com características da precipitação semelhantes, ainda que não tenha sido possível registros da repercussão do evento para análise.

ANÁLISE DE EVENTOS

Evento 01 – dia 03 de abril de 2013.

Este evento de precipitação, segundo a Defesa Civil Municipal, teve duração de 48h e precipitação de 217 mm nesse período de tempo. No entanto, destaca-se que segundo relatório

do referido órgão a chuva foi de tamanha intensidade que em seis horas a precipitação atingiu patamares milimétricos de 217 mm, o que causou danos em 6 bairros da cidade. Os bairros atingidos foram Nações, Barra, Centro, Pioneiros, Iate Clube e Nova Esperança, sendo o bairro mais afetado o das Nações figura (01).

FIGURA 01 – Bairro Nações durante evento extremo de 03/04/2013. (Fotos de Fabieli Kehl e Hermes Fotógrafo)



Fonte: G1. Com, 2013.

Segundo informado pelo diretor da DCM à época "Não tivemos enchente ou inundação por conta de obras de redes de captação de água pluvial, mas ainda assim o volume de chuva foi tão grande que extrapolou os limites" (G1.com, 2013). Ao que se analisa, o evento foi de tal proporção que mesmo o sistema de captação de águas pluviais não apresentar problemas, o volume extrapolou qualquer capacidade da rede.

Evento 02 – 09 a 10 de janeiro de 2022.

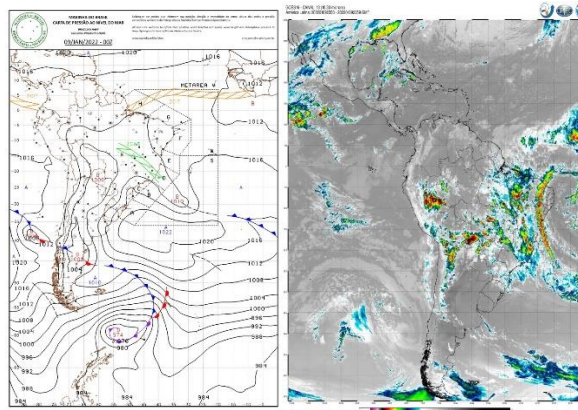
No final da tarde e início da noite do dia 09/01/2022 a Defesa Civil de Santa Catarina emitiu alerta para chuvas de intensidade moderada a forte nos municípios localizados no litoral norte do estado. Na sequência um segundo alerta é emitido para os municípios de Balneário Camboriú e cidades no entorno alertando do risco de alagamentos, deslizamentos e enxurradas, seguido por um terceiro alerta especificamente para Balneário Camboriú.

O evento ocorrido entre os dias 09 e 10/01/2022 registrou volume de 114 milímetros de precipitação. O evento iniciou as 20:00h do dia 09/01 e estendeu-se pela madrugada do dia 10/01, encerrando-se por volta das 07:00h desse mesmo dia, com duração total de aproximadamente 12h.

Esse mesmo evento registrou 118 mm na estação da Epagri em Balneário Camboriú, sendo este o maior volume registrado no Estado de Santa Catarina.

O evento foi caracterizado pela entrada da circulação marítima com transporte de umidade do mar e a atuação de um vórtice ciclônico segundo análise sinótica do INMET. A representação dessas condições atmosféricas podem ser analisadas na figura 03.

FIGURA 03 – carta sinótica e imagem de satélite do período do evento.



FONTE: CPETC/INPE

Evento 03 – 19 a 20 de dezembro de 2022.

O terceiro evento analisado ocorreu entre a noite do dia 19 e estendeu-se ao longo do dia 20/12/2022. Nesse período o INMET havia emitido o informativo meteorológico nº 49 para o período entre 19 e 26/12/2022 prevendo acumulados de chuva significativos para a faixa leste da região sul, podendo ultrapassar 90 mm no Paraná, Santa Catarina e extremo norte do Rio Grande do Sul.

No dia 20 há avanço de um sistema frontal pelo oceano e a presença de uma massa de ar quente e úmida penetrando sobre a faixa litorânea entre o sul e sudeste do Brasil, provocando áreas de instabilidades, assim como um corredor de umidade entre o oceano e parte do centro do país (INMET, 2022).

As condições apresentadas provocaram alto volume de precipitação no litoral norte de Santa Catarina, atingindo diversos municípios, dentre os quais, Balneário Camboriú, que registrou acumulados de 321,33 mm em 48h, o dobro do esperado para todo o mês de dezembro.

Com tal magnitude, o evento extremo ocorrido provocou escorregamento de encostas nos morros, alagamentos e inundações. Os bairros mais atingidos foram dos Estados, dos Municípios e Nova Esperança, em seguida atingindo Centro e das Nações. A repercussão de danos provocados pelo evento extremo no Bairro dos Estados pode ser observada na figura (04) a seguir, que mostra grande parte do bairro tomado pela água. Localizado entre a Av. Santa Catarina e das Flores, o Balneário Shopping foi invadido pela água.

FIGURA 04 – Repercussão do evento de 19 a 20 de dezembro de 2022.



FONTE; G1.com, 2022.

Cabe destacar que nas imediações em que se localiza o shopping há a presença de morros e a súbita mudança dessa compartimentação para a planície. Ademais, nessa mesma área há presença de canais fluviais como o rio Peroba que segue parte de seu percurso submerso pela urbanização até atingir o rio Camboriú na altura do Bairro dos Municípios.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa apresentada nesse trabalho buscou compreender o clima o clima urbano de Balneário Camboriú /SC com enfoque no terceiro canal do Sistema Clima Urbano, o canal do impacto meteórico. Este é considerado o canal que mais impactos têm gerado às populações urbanas de modo rápido e com danos que afetam a vida e cotidiano das cidades e seus cidadãos.

Em grande parte, os impactos da precipitação afetam as cidades na forma de precipitação pluviométrica, sobretudo com a ocorrência de eventos de natureza extrema que provocam inundações pelo transbordamento dos rios e canais de drenagem urbanas. Assim, a partir do referencial abordado, dos dados coletados e posterior análise, destaca-se alguns pontos que merecem ser destacadas para melhor compreensão e análise.

Foi possível identificar um valor de 40 mm de precipitação durante um evento, o qual utilizou-se inicialmente como parâmetro para seleção de eventos extremos na referida cidade, sendo que valores expressivos foram encontrados durante a ocorrência de um evento extremo, atingindo patamares de 321,33 mm. Ao observar as máximas mensais anuais, estas estão concentradas em determinado período do ano, sobretudo nos meses de verão, porém há uma distribuição presente nos demais meses do ano evidenciando a característica regional da variabilidade da precipitação.

Ainda que essa característica se apresente em termos a distribuição espacial da precipitação, o volume não está diretamente ligado as áreas que apresentam maiores e menores problemas de alagamentos e inundações. Mesmo áreas de menor precipitação sofrem impactos

de expressivo transtorno, estando ligados a urbanização, e capacidade de drenagem e as alterações promovidas na dinâmica natural do ambiente.

REFERÊNCIAS.

ALMEIDA, A. Q.; RIBEIRO, A.; PAIVA, Y. G.; RASCON, N. J. L.; LIMA, E. P. Geoestatística no estudo de modelagem temporal da precipitação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 354–358, 2011.

GARCIA, M. del C. M; VIDE, M. J. **Algunas ideas propias de la climatología urbana de cara a la planificación urbana y rural**. 2000. Conferência realizada no IV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica em 28 nov. 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, **Dados Demográficos**. IBGE, 2020. Disponível em <www.ibge.gov.br>. Acesso em agosto de 2024.

LANDSBERG, H.E. The Climate of Towns. In: THOMAS, W.E., *EcMan's Role in changing the face of heart*. The WennerGreen Foundation Anthropological Research. The University of Chicago Press, 1956. Tradução: Tarik Rezende de Azevedo. *Revista do Departamento de Geografia, USP*, 2006 n.18, p. 95-111

MENDONÇA, F. A. **O Clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno**: proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina-PR. 1994. 322f. Tese (Doutorado em Geografia)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MONTEIRO, C. A. F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos de clima urbano no Brasil. **GEOSUL**, Florianópolis – SC, nº 9 - Ano V – 1º semestre, p. 07-19. 1990.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo, EDUSP, (Série teses e monografias), nº25, 1976.

OMM , 2013 : O Projeto Meteorológico de Alto Impacto (HIWeather). WMO, ONU, Organização das Nações Unidas , 2014 : Perspectivas da urbanização mundial: A revisão de 2014—Destaques. Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas Rep. ST/ESA/SER.A/352. 27 p.

TERASSI, Paulo Miguel de Bodas. **Variabilidade pluviométrica e os eventos pluviiais extremos em bacias hidrográficas do leste do estado do Paraná**. 2019. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

ZHANG, H. WU, C. CHEN, W.HUANG, G. Effect of urban expansion on summer rainfall in the Pearl River Delta, South China, *Journal of Hydrology*, Volume 568, p. 747-757, 2019.