

## ANÁLISE DO EXTREMO PLUVIOMÉTRICO NA CIDADE DE SÃO PAULO NO PERÍODO 1970-2019

Bruna Ariane Rodrigues da Silva<sup>1</sup>

Minella Alves Martins<sup>2</sup>

### Mudanças Climáticas

#### *Resumo*

Aliado ao crescimento demográfico desordenado no Brasil, a falta de planejamento urbano tem resultado a ocupação de áreas de riscos e áreas impermeabilizadas que prejudica a drenagem das águas e contribui para mudanças no clima local, desastres ocorridos como as inundações e deslizamentos ocasionados pelos extremos pluviométricos, acaba causando diversos danos à população desde perdas materiais até perdas de vidas, devido a isso este trabalho objetivou-se a analisar as chuvas extremas dos últimos 50 anos na cidade mais populosa do Brasil. Tendo em vista esse fato, foi feita uma pesquisa através dos dados IBGE censo 2010 das cidades mais populosas do Brasil, a metrópole São Paulo que é mais afetada por enchentes e alagamentos, foi coletado dados precipitação diária do INMET dos anos 1970 a 2019 da cidade, através dos dados foi calculado o índice de extremo pluviométrico R95P, assim realizando uma análise estatística da tendência da média móvel para análise de tendência da série de precipitação, obtivemos resultado linear, pela linha de tendência, houve um aumento dos extremos pluviométricos no período 1970-2019, enfim foi correlacionado desastres ocorridos na cidade de São Paulo com os índices de extremos pluviométricos calculados. Sugerindo a necessidade de considerar dados pluviométricos no planejamento de cidades para tornar cidades mais resiliente a extremos pluviométrico.

**Palavras-chave:** Mudanças climáticas; Cidades resilientes; dados pluviométricos.

### INTRODUÇÃO

Quando a urbanização não é planejada, consequências mais graves levam a perdas materiais e problemas sociais de magnitudes variadas, interferindo na qualidade da habitação, transporte, saneamento e setores da saúde (REZENDE et al. 2011).

<sup>1</sup> Aluna no curso de Engenharia Civil, UNISAL – campus São Joaquim, brunaariane.rodrigues@gmail.com.

<sup>2</sup> Professora das Engenharias, UNISAL – Campus São Joaquim, minella.martins@unisal.com.br.

Grandes centros urbanos como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Vitória foram afetados por chuvas volumosas e de alta intensidade causando transbordamento de rios, alagamentos e deslizamentos de terra, no verão de 2020. Estes desastres afetaram principalmente as populações instaladas nas áreas mais susceptíveis e são agravadas pelas condições sociais em que essa população se encontra.

Estes problemas precisam ser tratados de forma adequada e soluções técnicas devem evoluir para enfrentá-los. Diversas áreas do conhecimento como engenharia, arquitetura e urbanismo, ciências ambientais e sociais devem ser consideradas em uma abordagem multidisciplinar, afim de se definir padrões sustentáveis para o desenvolvimento urbano (REZENDE *et al.* 2011).

Conhecer os padrões do perigo que pode afetar uma população pode contribuir tanto para o planejamento dos espaços físicos de um município quanto para tomada de decisão por parte de agentes da defesa.

Neste sentido, o presente trabalho objetivou analisar dados pluviométricos de São Paulo a maior cidade brasileira, no período 1970-2019 e fazer uma correlação dos valores de chuva extrema com desastres ocorridos, afim de alertar os tomadores de decisão sobre a necessidade de se considerar dados pluviométricos no planejamento de cidades.

## METODOLOGIA

Para especificar a maior cidade do Brasil fazendo uma correlação entre densidade demográfica e população, Este dado foi obtido a partir do último censo demográfico do Instituto Nacional de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). Esta cidade está listada na Tabela 1.

Tabela 1 - cidade mais populosa do Brasil de acordo com o IBGE com suas respectivas latitudes, longitudes e altitudes.

| <b>Código da<br/>Unidade Geográfica</b> | <b>Município</b> | <b>População<br/>2010 (habitantes)</b> | <b>Densidade<br/>Demográfica 2010 (ha/km<sup>2</sup>)</b> |
|---|------------------|--|---|
| <b>3550308</b>                          | São Paulo        | 11 253 503                             | 7 387,69  |

Fonte: desenvolvido pelo autor com base nos dados IBGE (2010)

A precipitação diária foi obtida do Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET do município, assim como seus respectivos códigos, localização geográfica e altitude com o período de precipitação 01/01/1970 a 31/12/2019 listada na tabela 2.

Tabela 2 - Estação utilizada para o município como seu respectivos códigos, localização geográfica e altitude

| Municípios | Estação BDMET_INMET |                      |                       |                  |
|------------|---------------------|----------------------|-----------------------|------------------|
|            | Código              | Latitu<br>de (graus) | Longitu<br>de (graus) | Altitud<br>e (m) |
| São Paulo  | 83781               | -23,5                | -46,61                | 792,06           |

Fonte: desenvolvido pelo autor com base nos Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2020)

Com base nos dados de precipitação provenientes das estações do INMET listadas na Tabela 2, foi calculado o índice RP95. Este representa a precipitação anual total dos dias em que a precipitação for maior que o percentil 95 (mm) (PETERSON, 2005).

A Eq. (1) representa matematicamente o índice.

$$R95P = \sum_{w=1}^W RR_{wj} \text{ onde } RR_{wj} > RR_{wn}95 \quad (1)$$

Sendo RR wj a quantidade diária precipitação num dia úmido w (dias úmidos são aqueles com chuvas  $RR > 1,0$  mm) no período i. RR wn 95 é o 95 ° percentil de precipitação no dia úmido durante o período de 1970-2019. W representa o número de dias úmidos no período.

Análise estatística.

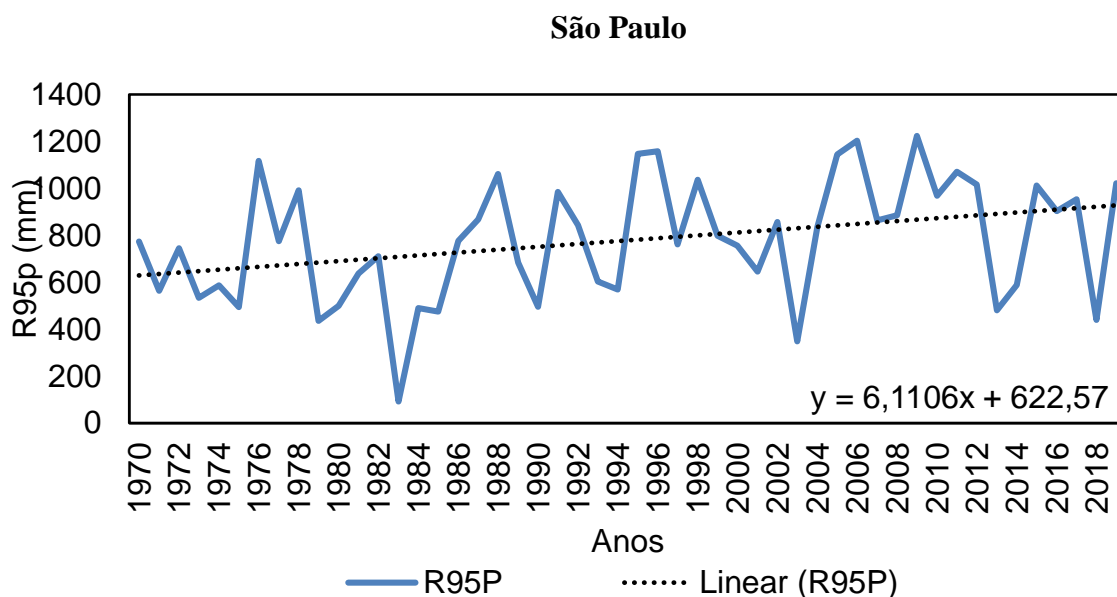
Tendências e análise de frequências

A análise foi realizada através da média móvel para análise de tendência. Foi feito uma regressão para avaliar a taxa de mudança no decorrer dos anos 1970-2019.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é apresentada a análise para o municípios de São Paulo. Foi analisado o dado do índice R95P. A linha preta tracejada representa o comportamento linear com o decorrer dos anos do extremos pluviométricos, enquanto a linha azul representa o extremos pluviométricos de cada ano, respectivamente.

Figura1 – Índice R95P para a cidade de São Paulo entre 1970 - 2019.



Fonte: Autor (2020).

Na Figura 1, é possível verificar o índice R95p para a cidade de São Paulo. Nota-se, pela linha de tendência, houve um aumento dos extremos pluviométricos no período 1970-2019, em 1970 sua precipitação foi 774mm e em 2019 chegando a precipitação de 1022mm, evidenciando uma maior frequência de ocorrência de precipitação com potencial de causar grandes desastres na cidade, exemplo do potencial destruir de chuvas extremas foram os desastres ocorridos nas cidade de São Paulo no verão de 2020. A tendência é aumentar devido a inúmeros fatores que favorece a mudança de clima local e extremos pluviométricos, sugere-se avaliar os dados de projeções futuras do clima para a cidade em

questão. Através destes pode-se obter uma perspectiva das mudanças futuras, se os extremos continuarão aumentando e assim, propor medidas preventivas e corretivas de forma mais urgente.

## CONCLUSÕES

Através do índice R95P observa-se uma mudança nos padrões de chuvas extremas na cidade de São Paulo com o decorrer do anos de 1970 a 2019, pela linha de tendência podemos ver o crescimento das chuvas extremas, o conhecimento do comportamento dos extremos pluviométricos, consequentes e vazões observadas nos últimos 50 anos é de extrema importância para desenvolvimento de projetos de obras hidráulicas, barragens, projeto de microdrenagem e etc. Devido às mudanças apresentadas no padrão de chuva extrema para cidade de São Paulo sugere-se dessa forma, que é de grande importância que se avalie as alterações nos padrões de precipitação, a fim de que as cidades possam se planejar e se tornar mais resilientes a estes eventos e mais adaptadas às mudanças do clima.

## REFERÊNCIAS

IBGE, 2018. Desastres naturais. Disponível em: < <https://censo2020.ibge.gov.br/2012-agencia-de-noticias/noticias/21633-desastres-naturais-59-4-dos-municipios-nao-tem-plano-de-gestao-de-riscos.html>>. Acesso em: 13 Maio 2020.

MARENCO J.A.; SCHAEFFER R.; PINTO H.S.; MAN WAI ZE D.; Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília: MMA; 2007, Disponível em: <[http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS\\_MudancasClimaticas.pdf](http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf)> acesso em: 09 Abril 2020

REZENDE M. O.; Miguez M. G.; Veról A. P.; Manejo de Águas Urbanas e sua Relação com o Desenvolvimento Urbano em Bases Sustentáveis Integradas — Estudo de Caso dos Rios Pilar-Calombé, em Duque de Caxias/RJ, RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 18 n.2 –Abr/Jun 2013,149-163 149.

TUCCI C. E.M; Inundações Urbanas, semarh.se.gov.br, (2017) Sergipe Disponível em: < <https://www.semarh.se.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/drenagem1.pdf>> Acesso em: 08 Abril 2020.