



PADRÃO E EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NA CIDADE DE SÃO PAULO

**Alan Yago Barbosa de Lima¹, Amanda Rodrigues de Souza²,
Giovanni Calderoni Statonato³, Gabriel Tieppo Gonçalves Camacho³,
Andréa de Oliveira Cardoso³, María Cleofé Valverde³**

¹Universidade Federal do ABC (UFABC), Santo André-SP, Brasil
(alanlima.agro@hotmail.com)

² Universidade Federal do ABC (UFABC), Santo André-SP, Brasil

³Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas da UFABC, Santo André-SP, Brasil

Resumo: Índícios sugerem mudanças no padrão de precipitação na cidade de São Paulo durante décadas. Dados de precipitação possibilitam compreender tendências climáticas, beneficiando o meio ambiente e setores socioeconômicos. Foram aplicadas análises de séries temporais sobre dados mensais de precipitação (estação IAG-USP) entre 1933 e 2020, e foi realizada caracterização e regressão linear anual e mensal identificando tendências. De modo geral foram identificadas tendências positivas na precipitação.

Palavras-chave: Sazonalidade; eventos extremos; chuva; seca; normais climatológicas.

INTRODUÇÃO

A precipitação é um fator de grande influência no desenvolvimento de uma localidade, sendo uma das variáveis atmosféricas responsáveis pela manutenção do sistema hidrológico, com seu padrão sendo influenciado pela variabilidade climática. Ademais, pode sofrer mudanças de longo prazo, devido a mudanças locais ou globais. Discussões sobre mudanças climáticas a nível global tem sido foco de debate científico na última década. Além disso, estudos em escalas menores (regional ou local), visando a compreensão da influência dos aspectos locais, específicos de cada região, são importantes para o entendimento das variações da precipitação. Dessa forma, a cidade de São Paulo, devido à alta importância socioeconômica, tem sido objeto de estudo do ponto de vista climatológico (SALVADOR; 2010).

A estimativa da população da cidade de São Paulo para o ano de 2021 é de cerca de 12,3 milhões de habitantes (BRASIL, 2021), caracterizando-se como a cidade mais populosa e também como a principal metrópole do país, com o maior PIB (Produto Interno Bruto) do Brasil (BRASIL, 2021) e fortemente depende de recursos hídricos, como para abastecimento urbano, setores alimentícios, energia, transporte entre outros segmentos econômicos (ANA, 2020).

Eventos extremos de precipitação, seja extremo de muita ou pouca chuva, têm o potencial de causar

prejuízos ambientais, sociais e econômicos devido a enorme gama de processos que estão relacionados à precipitação. Tais eventos podem afetar o abastecimento urbano como a crise hídrica ocorrida na Região Metropolitana de São Paulo, na qual ocorreu um período extremo de pouca precipitação durante os verões de 2014 e 2015, levando a região a enfrentar uma crise de abastecimento hídrico causada, tanto pela má gestão da água, quanto pelos baixos índices pluviométricos (MARENGO *et al.*, 2015).

Obregón *et al.* (2014) comparou a evolução temporal do desvio médio e padrão da precipitação diária e do número de dias chuvosos para a estação do IAG, encontrando um aumento contínuo a partir de 1933. Tal fato, indica que as chuvas se tornaram mais intensas e as chuvas extremas mais frequentes ao longo dos anos.

Estudos locais de precipitação são motivados pela necessidade de analisar os aspectos pontuais. O conhecimento aprimorado e atualizado da precipitação, seus extremos e variabilidades temporais, ajudam a compreender as tendências climáticas, beneficiando o meio ambiente, a sociedade e os setores econômicos envolvidos.

Dentro desse contexto, este trabalho tem como objetivo estudar a variabilidade de precipitação, eventos extremos e tendências desta variável sobre a cidade de São Paulo, por meio de análise estatística das séries históricas atualizadas.



MATERIAL E MÉTODOS

Com uma área de 1.521.110 km², São Paulo é a nona cidade em extensão do estado e sede da Região Metropolitana do Estado de São Paulo. De acordo com os dados do último censo, a densidade demográfica do município é de 7.398,26 hab./km², o que o coloca em primeiro lugar entre os mais povoados (BRASIL, 2021).

O clima da cidade de São Paulo é caracterizado como subtropical úmido (*Cwa*) com invernos secos e verões chuvosos, no qual as temperaturas são mais altas, e tendo o outono e primavera como estações de transição (ALVARES *et al.*, 2013). A região Sudeste apresenta um ciclo anual de precipitação bem definido, com alta de precipitação no verão austral (de dezembro a fevereiro) e baixa no inverno (de junho a agosto) (REBOITA *et al.*, 2010), e a cidade São Paulo segue o mesmo padrão. Segundo registros do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em São Paulo a temperatura média é de 20,10 °C com um volume acumulado anual de precipitação de 1616 mm (INMET, [s. d.]).

Para a realização do estudo, foram utilizados dados pontuais de precipitação da Estação Meteorológica do IAG/USP, que está localizada no Parque CienTec (Parque de Ciência e Tecnologia da Universidade de São Paulo, uma das instituições que constituem o Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Bairro da Água Funda, Capital, SP, latitude 23,6512°S, longitude 46,6224°W e altitude de 799,2 metros. A série histórica inicia-se em janeiro de 1933 e termina em dezembro de 2020.

Para a identificação do padrão sazonal e identificação de eventos extremos de precipitação, foi analisado as médias mensais para o estudo da sazonalidade, o diagrama *boxplot*, para a investigação de eventos mensais raros e a classificação dos eventos pela técnica dos quantis. Procedimento similar ao já adotado por outros autores para a caracterização da vazão (DIONISIO *et al.*, 2021; SOUZA; CARDOSO, 2021; TORI *et al.*, 2021), efetuando as devidas modificações para estudos de precipitação.

Para a identificação de eventos mensais raros de precipitação da série em cada mês do ano, foi realizado o diagrama *boxplot*. O *boxplot* (ou diagrama de caixa) é utilizado para a investigação da distribuição de uma amostra através dos valores dos quantis.

O *boxplot* (ou diagrama de caixa) é um gráfico que permite a visualização da distribuição e valores discrepantes (conhecidos como *outliers*) de um conjunto de dados. É comumente utilizado para descrever as características mais proeminentes de um conjunto de dados, como o centro, dispersão, a

extensão e a natureza do desvio em relação a simetria e a identificação de *outliers* (DEVORE, 2006). Este gráfico é constituído basicamente de seis elementos: três quartis, os limites inferiores e superiores e os *outliers*. O quartil inferior corresponde ao limite de 25% dos dados, o superior corresponde ao limite de 75% dos dados e a mediana (quartil de 50%). O quartil superior e inferior delimita a caixa do *boxplot*. Os limites inferiores e superiores são representados pela cauda e é definido por 1,5 vezes o tamanho da caixa, ou seja, a diferença entre o terceiro quartil e o primeiro. Valores que excedem os limites inferiores e superiores são classificados como um *outliers* negativos e positivos, respectivamente (DEVORE, 2006)

Valores distantes da maioria, como os *outliers* podem afetar drasticamente os valores de média e o desvio padrão de um conjunto de dados, por isso é interessante avaliar dados por meio de gráficos *boxplot*, pois o método é resistente à presença de valores discrepantes (DEVORE, 2006).

Com a construção do *boxplot* mensal, pode-se observar o comportamento através dos meses, podendo-se então, identificar períodos de chuvas elevadas e de chuvas baixas, amplitude das variações, forma da distribuição, bem como a ocorrência de eventos raros no período estudado.

Para a classificação de eventos em diferentes classes, é mais adequado utilizar o método dos quantis, considerando diferentes limiares por classes, o que permite identificar extremos e não somente eventos raros já identificados pelo diagrama *boxplot*. Os eventos registrados pelo diagrama são ainda mais extremos que os eventos registrados pela técnica de quantis, e, portanto, para diferenciar, foi feita esta diferenciação entre os eventos raros (registrados pelo diagrama *boxplot*) e os eventos extremos (identificados pelos quantis), ressaltando ainda que os eventos raros também serão registrados como eventos extremos.

Assim, para a classificação de evento foi utilizado o método dos quantis. Um quantil de ordem p (indicado por $q(p)$), onde p é definido como uma proporção qualquer, admitindo valores entre 0 e 1. O $q(p)$ é dado pelo valor tal que a soma das probabilidades dos valores menores que ele é p (BUSSAD; MORETTIN, 2013)

Dada uma determinada série de dados P_i , com i variando de 1 a n observações, é necessário determinar o número de ordem $w(P_i)$ de cada elemento i desta série, com observações em ordem crescente. Então, calcula-se os quantis a partir da equação:

$$q(P_i) = \frac{1}{2n} + \frac{w(P_i) - 1}{n} \quad (1)$$



A técnica dos limiares quantílicos foi aplicada à série de precipitação mensal para determinar os limiares de ocorrência de diferentes categorias de precipitação. A separação das categorias considerou os mesmos critérios de Xavier *et al.* (2003), conforme a Tabela 1:

Tabela 1. Classificação dos eventos de precipitação de acordo com os quantis

Classificação	Intervalos Quantílicos
Muito Seco	$q(X_i) \leq 0,15$
Seco	$0,15 < q(X_i) \leq 0,35$
Normal	$0,35 < q(X_i) \leq 0,65$
Chuvoso	$0,65 < q(X_i) \leq 0,85$
Muito Chuvoso	$q(X_i) > 0,85$

As classes extremas, muito seco ou muito chuvoso, apresentam um intervalo menor (15%), do que os demais intervalos (20% nas classes Seco e Chuvoso e 30% na classe Normal). A diferença dos intervalos objetiva facilitar a compreensão da distribuição dos eventos (MONTEIRO *et al.*, 2012). Ademais, os eventos mais extremos de uma série estão nas caudas da distribuição e, portanto, são menos frequentes.

Para a análise de tendência dos dados de precipitação, foi realizado o acumulado anual da precipitação e realizada um ajuste linear através de uma equação de regressão linear simples. A regressão linear apresenta uma equação matemática que relaciona os pontos envolvidos, resultando numa equação do tipo $y(x) = ax + b$. Onde x é a variável dependente, a é um valor constante denominado coeficiente angular (indica a inclinação da reta), b é o ponto de intersecção da reta e y é a variável dependente (WILKS, 2011). Os valores dos coeficientes a e b são obtidos através método dos mínimos quadrados.

O coeficiente de determinação (R^2) é uma medida estatística de quão próximo os dados estão da linha de regressão ajustada, ou seja, $R^2 = 0$ significa que não há correlação entre os dados e a reta ajustada e $R^2 = 1$ significa o ajuste perfeito (BUSSAD; MORETTIN, 2013).

No caso específico de linha de tendência foi analisado o parâmetro de inclinação, um valor positivo indica uma tendência positiva ou de aumento, e um valor negativo uma tendência negativa ou de diminuição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O padrão sazonal da precipitação mensal, informações dos quantis e da dispersão da precipitação estão apresentados na Figura 1, que apresenta os dados das médias mensais em barra e em linhas estão os limiares quantílicos. Na Figura 2

encontram-se os diagramas *boxplot* dos dados separados pelos meses do ano, os *outliers* são representados por pontos.

Em termos sazonais a cidade de São Paulo apresenta baixa precipitação no inverno com mínimo em agosto, com valor médio de 38,05 mm, aumentando totais precipitados durante a primavera (Figura 1). Os valores mais altos de precipitação ocorrem durante o verão, sendo o pico em janeiro correspondente a 232,14 mm, corroborando com os resultados obtidos por DIAS *et al.* (2013), que realizou a análise da precipitação diária para a cidade de São Paulo para os anos de 1933 a 2010.

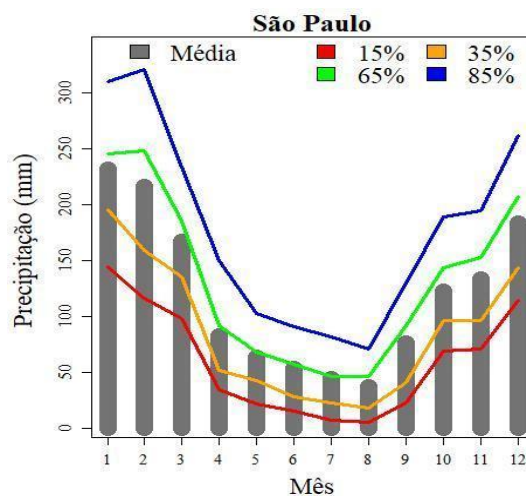


Figura 1. Médias e quantis mensais da precipitação.

Os valores medianos, indicado na barra central da caixa do *boxplot*, também apresentam o mesmo comportamento da média apresentada anteriormente, com maior mediana em janeiro (220,95 mm) e a menor em agosto (27,15 mm), indicando uma boa distribuição dos dados (Figura 2). Todos os meses apresentam assimetrias positivas pelo diagrama *boxplot*, sendo os meses do inverno com as maiores assimetrias e janeiro e outubro com as menores assimetrias. Os meses com as menores médias mensais também apresentam as menores caudas inferiores, indicando que há pouca dispersão entre os valores mais baixos de precipitação. Os meses que apresentam valores médios de precipitação mais alta também apresentaram maior dispersão no diagrama *boxplot*. Destaca-se o mês de fevereiro, por ter a maior caixa e os maiores limites inferiores e superiores.

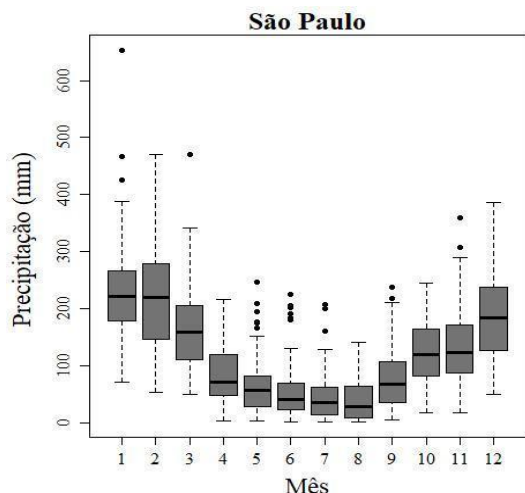


Figura 2. Diagrama *boxplot* mensal da precipitação.

De modo geral as diferenças entre os limiares quantílicos de 15% e de 35% é menor, principalmente nos meses mais secos (Figura 1). A diferença aumenta no período chuvoso entre outubro e março, com destaque para o verão. Nota-se também, ao longo de todo o ano, que maiores diferenças ocorrem entre os limiares chuvosos. O valor mais alto do limiar quantílico de 85% foi registrado em fevereiro, que pode ser justificado pela dispersão maior ocorrida no diagrama *boxplot* deste mês, onde a cauda superior supera a de janeiro (mês com a maior média), período corresponde da estação chuvosa, ou seja, a maior variabilidade ocorre no período de chuva, o que é esperado (Figura 2).

Os *outliers* identificado pelo diagrama *boxplot* foram interpretados como eventos raros de precipitação. A seguir estão listados os valores dos *outliers* identificados no diagrama *boxplot* e ilustrado na Figura 2. Os eventos, separados por mês se encontra em ordem decrescente de valor de precipitação, com o ano do evento entre parênteses. Como já mostrado na Figura 2, os meses de fevereiro, agosto, outubro e dezembro não apresentaram eventos raros e todos os vinte e três *outliers* encontrados pelo diagrama são eventos raros de precipitação muito alta.

- Janeiro: 653 mm (2010), 466 mm (2011) e 425 mm (1989);
- Março: 471 mm (1991);
- Maio: 246 mm (1987), 209 mm (1988), 194 mm (1983), 176 mm (1976), 175 mm (2005) e 165 mm (1958);
- Junho: 224 mm (1983), 204 mm (1987), 201 mm (1982), 191 mm (2012), 184 mm (1945) e 180 mm (2016);
- Setembro: 237 mm (1957) e 218 mm (2015);
- Novembro: 360 mm (1978) e 308 mm (2015).

Segundo o *boxplot* os eventos raros de muita precipitação ocorrem principalmente no inverno,

onde podemos destacar os meses de maio e junho, com seis eventos raros em cada mês, sendo os meses com maior ocorrência de *outliers*.

O maior valor mensal registrado ocorreu em janeiro de 2010 (653 mm), valor aproximadamente quatro vezes o valor da média do mês.

Nota-se maior concentração dos eventos extremos de precipitação na segunda metade dos anos observados, totalizando 19 *outliers* de 1977 a 2020 principalmente nos meses de maio, junho e julho, ou seja, mais de 80% dos *outliers* registrados. Tal resultado está de acordo com o encontrado por destacam-se os anos de 1982 e 1983 pelo efeito causado do *El Niño* sobre a região, como registrado por KAYANO; MOURA (1986).

A Figura 3 apresenta a variação de médias climatológicas da precipitação em diferentes períodos. Em barra estão as médias mensais utilizando todos os dados disponíveis, ou seja, de 1933 a 2020, em linha há as médias utilizando um intervalo de 30 anos de dados: de 1933 a 1963 em azul, de 1952 a 1982 em verde, de 1971 a 2001 em amarelo e de 1990 a 2020 em vermelho. Nos dois primeiros meses do ano ocorre uma maior diferença entre as médias climatológicas, indicando um aumento gradativo com o passar do tempo. Para o mês de outubro, os valores de todas as médias foram próximos. A média de 1933 a 1963 apresentou os menores valores para todos os meses do ano. Os meses de janeiro, fevereiro, março, julho, novembro e dezembro apresentaram os maiores valores para a média de 1990 a 2020. Os meses de abril, maio, junho e setembro apresentaram os maiores valores para a média de 1971 a 2002 e os meses de agosto e outubro, as maiores médias foram da média de 1952 a 1982. As diferenças são principalmente mais expressivas em janeiro, quando a média da precipitação no período mais recente é bem superior.

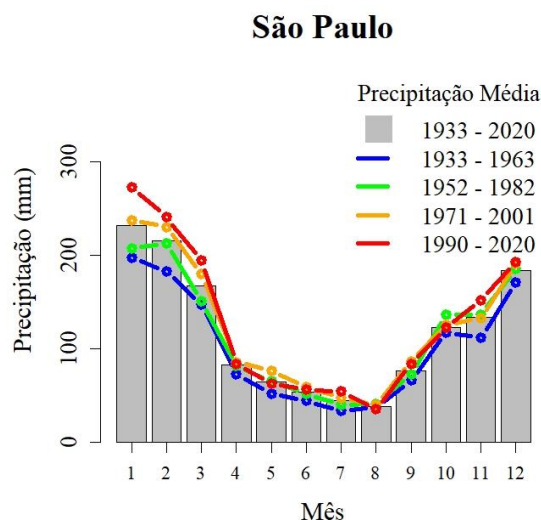


Figura 3. Médias da precipitação utilizando todos os dados, e com intervalos de 30 anos.



Com os limiares quantílicos ilustrados (Figura 1) foi possível classificar os eventos de precipitação mensal, resultando na Figura 4, que mostra a variabilidade destes eventos ao longo dos anos, onde os tons azulados representam eventos de precipitação acima do normal e os tons amarelados, precipitação abaixo do normal. A normalidade é indicada pela cor verde. Tal figura contribui para a identificação de variabilidade mensais, interanuais e para detecção de persistência de tipos de eventos.

Observando a imagem nota-se que há uma concentração maior de tons amarelados no primeiro quarto dos anos de análise (de 1933 a 1954), com a ocorrência de 33% dos eventos de precipitação classificados como muito seco, bem como os anos com maiores ocorrências de classificação. No mesmo período foram registrados apenas 9% dos eventos de precipitação classificados como muito chuvoso.

Já nos últimos quarto dos anos (de 1999 a 2020) foram registrados 34% dos eventos de precipitação classificados como muito chuvosos e 20% da classificação muito seco. Além disso, de modo geral, há um aumento de eventos de precipitação acima do normal, com mais extremos chuvosos a partir dos anos de 1960 e maior predomínio entre os anos de 1980 e o início dos anos 2000. Isto sugere uma tendência de aumento da intensidade da precipitação.

Os anos com maior ocorrência de eventos mensais de precipitação classificados como muito chuvosos foram os anos de 1983, com oito dos doze meses com tal classificação, sendo dois eventos classificados como evento raro de muita precipitação, e o ano de 2017, com seis meses nesta classificação. Em ambos os anos (1983 e 2017) ocorreram o fenômeno *El Niño* Oscilação Sul, sendo 1983 um *El Niño* forte e 2017 uma *La Niña*, destaca-se também o ano de 1956 (ano de *La Niña*) com metade do ano classificado como evento chuvoso ou muito chuvoso.

Observando a sequência de eventos de precipitação abaixo do normal, destacam-se os seguintes períodos: de janeiro a abril de 1933, com ocorrência de quatro meses seguidos de precipitação abaixo do normal, sendo três dos meses com precipitação muito seca; de novembro de 1935 a fevereiro de 1936, sendo dois dos quatro meses com precipitação muito seca; de março a setembro de 1940, onde dois dos sete meses com precipitação abaixo do normal foram classificadas como muito seca e; de novembro do mesmo ano até abril de 1940 com seis meses de precipitação abaixo do normal e três meses classificados como muito seca.

Os anos de 1933, 1940, 1943, 1944 e 1946 foram os anos onde a maioria dos meses apresentaram precipitação abaixo do normal, sendo os anos de 1933, 1943, 1944 e 1946 com cinco meses de secos e cinco meses com muito secos, já o ano de 1940 ocorreram seis meses de muito secos e três meses de

secos. Os anos de 1933 e 1943 foram marcados por eventos de *La Niña* moderada e forte, respectivamente e o ano de 1940, marcado por evento de *el niño* forte (CPTEC/INPE, [s. d.])

Ocorreram dois anos com sequência de seis meses de precipitação acima do normal: 1956, de abril a setembro, sendo apenas um mês classificado como muito chuvoso e 1976, de abril a setembro, com cinco dos seis meses classificados com precipitação muito chuvosa, sendo o mês de maio classificado como um evento raro pelo diagrama *boxplot*.

Os anos de 1957, 1979 e 1983 ocorreram sequências de cinco meses de precipitação acima do normal: de julho a novembro de 1957, com três meses classificados como muito chuvoso, sendo o mês de setembro classificado como um evento raro pelo diagrama *boxplot*; de julho a novembro de 1979, com três meses classificado como muito chuvoso e; fevereiro a julho de 1983 onde os cinco meses foram classificados como precipitação muito chuvosa e dois deles como um evento raro de muita precipitação. Tais anos foram marcados por eventos de *El Niño*, sendo o ano de 1979 o *El Niño* foi classificado como moderado e os anos de 1957 e 1983 classificados como forte (CPTEC/INPE, [s. d.]; KAYANO; MOURA, 1986).

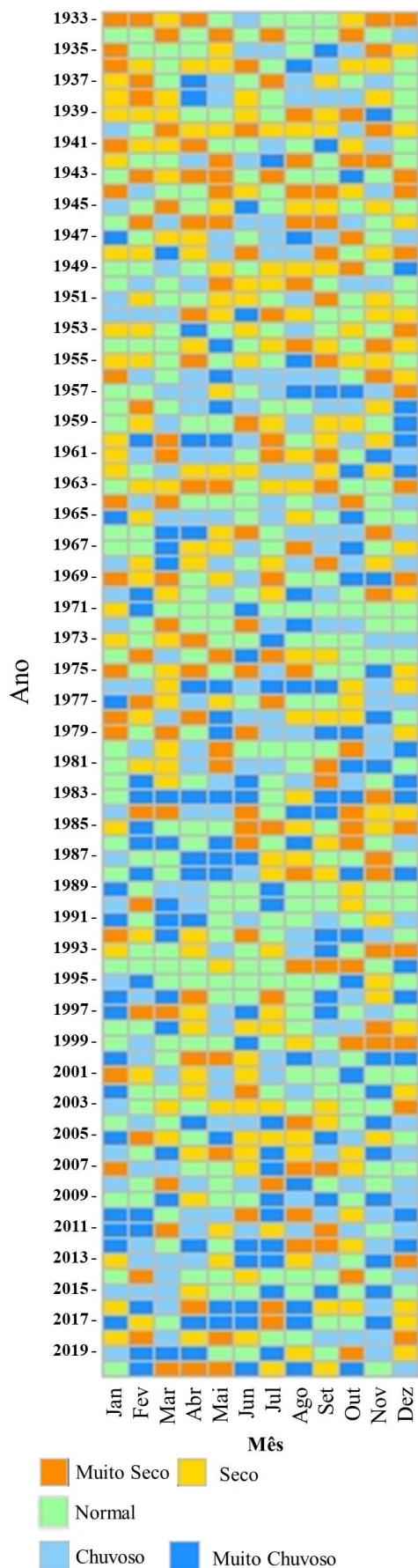


Figura 4. Classificação dos eventos mensais de precipitação.

Em relação às tendências, nota-se na Figura 5 que há uma tendência positiva, de aumento médio da precipitação anual de 508,43 mm, considerando o período de estudo. O resultado ilustrado na Figura 4, já era um indicativo desse aumento, principalmente pelo maior número de eventos extremos chuvosos. Tal tendência também foi observada no período entre 1960 e 2009 no estudo de Salvador e Santos (2010).

Conforme citado por Obregón *et al.* (2014), a mudança na tendência verificada ao final da década de 1950, tanto no índice pluviométrico anual quanto no sazonal, indica tratar-se de evidência da ocorrência da mudança climática abrupta e curta que ocorreu na Região Metropolitana de São Paulo. Sobretudo após 1960, verifica-se um aumento constante de precipitação na Região Metropolitana de São Paulo desde 1930, quando iniciaram os registros de chuvas na estação IAG/USP. Estudo realizado por Marengo *et al.* (2013) também indica tendência de aumento da precipitação para o mesmo local.

Regressão Linear das Médias Anuais

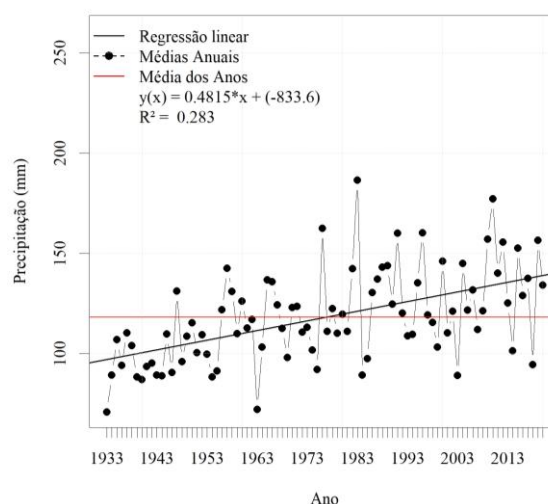


Figura 5. Tendência da precipitação anual através de regressão linear.

Avaliando os meses separadamente, nota-se que existem tendências diferentes para cada mês, indicando que há meses com maior contribuição para a elevação da tendência anual de precipitação (Tabela 2). A predominância é de tendências positivas, sendo que os meses de setembro e outubro apresentam pouca tendência de aumento de precipitação ao longo dos anos. O mês que apresenta maior tendência de aumento é janeiro, seguidos por fevereiro, julho e novembro. As altas tendências positivas nos meses mais chuvosos do ano, contribuem significativamente para o aumento da precipitação anual. Os demais meses também apresentam leve tendência de aumento de precipitação, sendo observado apenas o mês de agosto com leve tendência negativa de precipitação (Tabela 3). Tal resultado corrobora com o apresentado pela Figura 3, que apresentou as médias mensais em períodos de trinta anos, onde foi



mostrado que os meses mais chuvosos dos anos apresentaram maior diferença entre as médias que os meses secos e o mês de agosto, que apresentou tendência levemente negativa, tem as médias dos conjuntos de 30 anos com valores mais próximos comparado aos demais meses.

Tabela 2. Tendência das médias mensais da precipitação de 1933 a 2020.

Mês	Inclinação	Aumento médio
Janeiro	1,3237	115,1619 mm
Fevereiro	1,2050	104,835 mm
Março	0,6710	58,377 mm
Abril	0,2685	23,3595 mm
Mai	0,3211	87,3211 mm
Junho	0,3151	27,4137 mm
Julho	0,3705	32,2335 mm
Agosto	-0,0158	-1,3746 mm
Setembro	0,1612	14,0244 mm
Outubro	0,0469	4,0803 mm
Novembro	0,7330	63,771 mm
Dezembro	0,3774	32,8338 mm

CONCLUSÃO

Em termos sazonais a cidade de São Paulo apresenta um período seco no inverno com mínimo em agosto, onde foi encontrado o valor médio de 38,05 mm, ocorrendo um aumento nos totais precipitados durante a primavera e verão, com pico em janeiro (232,14 mm).

Todos os vinte e três *outliers* encontrados pelo diagrama são eventos raros de precipitação muito alta, onde destaca-se os meses de seca com as maiores ocorrências de eventos raros. Nota-se também, maior concentração de *outliers* na segunda metade dos anos observados, que acumulou 80% dos *outliers* registrados.

A avaliação da média mensal de trinta anos de precipitação apontou maior diferença entre as normais climatológicas nos meses chuvosos. A média dos dados de 1990 e 2020 foi a maior na maioria dos meses, com destaque para janeiro e fevereiro. A média de 1933 a 1963 apresentou o menor valor para todos os meses. O mês de agosto apresentou a maior proximidade entre os valores.

Foi identificada uma maior concentração de eventos de precipitação classificados como muito secos nos primeiros anos de análise, ocorreu uma leve concentração de eventos abaixo do normal no primeiro quarto (de 1933 a 1954) dos anos

analisados, que totalizam 33% dos eventos de precipitação classificados como muito secos. Já no último quarto dos anos (de 1999 a 2020) foram registrados 34% dos eventos de precipitação classificados como muito chuvosos.

A observação da precipitação anual, com a análise da regressão linear simples indicou uma tendência positiva, de aumento médio da precipitação anual de 508,43 mm, como já sugerido pelas análises de médias climatológicas, os anos de ocorrência de eventos raros de muita precipitação (*outliers* do diagrama *boxplot*) e a classificação dos eventos mensais pela técnica dos limiares quantílicos. Com a análise das regressões dos meses separadamente, nota-se maior influência dos meses de chuva, com destaque para janeiro. Apenas o mês de agosto apresentou inclinação negativa, indicando tendência de diminuição na precipitação, ou seja, tornou-se ainda mais seco.

Portanto, de modo geral, as diferentes abordagens indicam o aumento da precipitação na cidade de São Paulo, principalmente devido a maior frequência de eventos extremos chuvosos mensais. Neste contexto, este estudo pode agregar informações sobre o padrão de precipitação em São Paulo em parâmetros mensais, bem como a classificação dos eventos, identificação de ocorrência de eventos raros e a tendência de precipitação anual e mensal, servindo como referência para estudos que necessitam de tais informações.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do ABC. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de bolsa de mestrado do primeiro autor, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de mestrado da segunda autora.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, [s. l.], v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANA. **Conjuntura de Recursos Hídricos 2020**. Brasília: BRASIL, 2020.
- BRASIL. IBGE | Cidades@ | São Paulo | São Paulo | Panorama. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/panorama>. Acesso em: 6 out. 2021.
- BUSSAD, W. de O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. 8. ed. São Paulo, SP: [s. n.], 2013.v. 51.
- CPTEC/INPE. **El Niño e La Niña**. [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso



em: 7 jul. 2021.

DEVORE, J. L. **Probabilidade e Estatística para Engenharia e Ciências**. 6. ed. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2006. 2006.

DIAS, M. A. F. S.; DIAS, J.; CARVALHO, L. M. V.; FREITAS, E. D.; DIAS, P. L. S. Changes in extreme daily rainfall for São Paulo, Brazil. **Climatic Change**, [s. l.], v. 116, p. 705–722, 2013.

DIONISIO, C. B.; CARDOSO, A. D. O.; SOUZA, A. R. De. PADRÕES E EXTREMOS DE VAZÕES NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO. **II Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia**, [s. l.], n. 2016, 2021.

INMET. **Monitoramento de Precipitação**. [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/prec>. Acesso em: 19 abr. 2022.

KAYANO, M. T.; MOURA, A. D. O El Niño de 1982-1983 e a precipitação da América do Sul. **Revista Brasileira de Geofísica**, [s. l.], v. 4, p. 201–214, 1986.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; SELUCHI, M. E.; CUARTAS, A.; ALVES, L. M.; MENDIONDO, E. M.; OBREGÓN, G.; SAMPAIO, G. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP**, [s. l.], n. 106, p. 31–44, 2015.

MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C.; OBREGON, G. O. Observed and projected changes in rainfall extremes in the Metropolitan Area of São Paulo. **Climate Research**, [s. l.], v. 57, n. 1, p. 61–72, 2013.

MONTEIRO, J. B.; ROCHA, A. B.; ZANELLA, M. E. Técnica Dos Quantis Para Caracterização De Anos Secos E Chuvosos (1980-2009): Baixo Curso Do Apodi-Mossoró/Rn. **Geography Department, University of Sao Paulo**, [s. l.], v. 23, n. 2012, p. 232–249, 2012.

OBREGÓN, G. O.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Rainfall and climate variability: Long-term trends in the Metropolitan Area of São Paulo in the 20th century. **Climate Research**, [s. l.], v. 61, n. 2, p. 93–107, 2014.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P. da; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 185–204, 2010.

SALVADOR, M. D. A.; SANTOS, L. S. F. C. Análise da Precipitação na Cidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], v. 7, n. 6, p. 151–168, 2010.

SOUZA, A. R. De; CARDOSO, A. D. O. PADRÃO DE VAZÃO DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO

SUL: ESTAÇÃO PARAIBUNA. **II Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia**, [s. l.], p. 6, 2021.

TORI, S. A.; CARDOSO, A. de O.; DE SOUZA, A. R. PADRÃO DE VAZÃO E EXTREMOS NA PARTE BAIXA DA BACIA DO RIO PARANÁ. **Simpósio em Clima, Água, Energia e Alimentos**, [s. l.], n. 28, 2021.

WILKS, D. S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. 3. ed. Oxford: Elsevier Inc., 2011. 2011.v. 100.

XAVIER, T. de M. B.; XAVIER, A. F. S.; DIAS, M. A. F. da S.; DIAS, P. L. da S. Interrelações Entre Eventos ENOS (ENSO), a ZCIT (ITCZ) no Atlântico e a Chuva nas Bacias Hidrográficas do Ceará. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 111–126, 2003.