SECAS EXTREMAS NAS BACIAS PCJ: HISTÓRICO, TENDÊNCIAS E IMPACTOS NA AGRICULTURA.

Palavras-Chave: SECAS; METEORLÓGICOS; AGRICULTURA; BACIAS PCJ; RECURSOS HÍDRICOS

Autores(as):

CARLOS MIRANDA MORIWAKI, FECFAU – UNICAMP

Prof. Dr. HUGO DE OLIVEIRA FAGUNDES (orientador), FECFAU - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

O clima influencia diretamente diversas atividades humanas, como a agricultura. Nas últimas décadas, as mudanças climáticas têm intensificado a ocorrência de eventos extremos, como as secas hidrológicas — caracterizadas por períodos prolongados de precipitação abaixo da média, resultando em escassez de água (Cunha, 2019).

Nesse contexto, a pesquisa teve intuito de estudar ocorrências de eventos extremos nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ), que se destacam por sua relevância socioeconômica e hídrica, pois contribuem com aproximadamente 7% do PIB nacional e abrigando mais de 5,8 milhões de habitantes (IBGE, 2010). Isso se deve, pois, a intensificação do ciclo hidrológico, com reduções nas chuvas e vazões dos rios (Chagas, 2022), reforça a urgência de estudos que avaliem a variabilidade climática e os impactos dos eventos extremos na região do PCJ.

No intuito de estudar os impactos dos eventos extremos na região PCJ, a pesquisa as atividades da pesquisa foram divididas em realizar uma revisão bibliográfica das metodologias a serem aplicadas no estudo, buscar e selecionar estações meteorológicas com longos períodos de dados de precipitação (P) e temperatura (T) no local de estudo, além de coletar a ocorrência de eventos extremos na região.

METODOLOGIA:

Inicialmente, foram designadas, dentre as cidades que contemplam a Bacia do PCJ, cidades-alvo para análise: Piracicaba, Rio Claro, Campinas e Jundiaí, considerando que as bases de dados a serem utilizadas seriam o INMET, IAC, ESALQ, SP-ÁGUAS e ANA-HIDROWEB. Buscou-se, dentre as estações pluviométricas destas cidades, longas séries de dados de temperatura e precipitação, ou seja, séries centenárias. As duas estações escolhidas para análise foram: Estação 272 IAC (22° 53' 32" S 47° 03' 53" W), em Campinas, e Posto Agrometeorológico LEB-ESALQ-USP ((22º 42’ 30’’ S e 47º 38’ 30’’ W), em Piracicaba.

Os dados brutos provenientes de Campinas vinham em dois intervalos de tempo: 1890 a 2010 e

2011 a 2024. Desta forma, foi realizado a junção destes dados e formatação para análises mais eficientes. Já os dados brutos da ESALQ-USP eram separados em arquivos Excel anuais, o que resultou em uma estratégia diferente: utilização de Power Query para união de todos dados em um arquivo só.

Após estabelecer as estações a serem analisadas, a metodologia prosseguiu em realizar gráficos de estudo inicial de precipitação de forma anual, como: precipitação máxima diária, precipitação média mensal e precipitação anual. Além disso, foram obtidos gráficos de precipitação sazonal de ambas as estações, no intuito de verificar a mudança nos índices pluviométricos no decorrer dos anos para as quatro estações.

Para a análise inicial de temperatura anual, foram obtidos dois gráficos para cada estação pluviométrica: média das temperaturas mínimas e média das temperaturas máximas registradas anualmente. Semelhante à análise de precipitação, as análises de temperatura foram replicadas para cada estação do ano, motivando assim a verificação sazonal individualizada.

Como etapa final da pesquisa, foram realizadas análises para identificação das tendências dos índices hidrológicos nas Bacias PCJ. Inicialmente, foi feita a anotação de eventos extremos de precipitação e temperatura, o que envolveu o mapeamento dos maiores períodos consecutivos sem chuva em ambas as estações, a ordenação dos anos com os maiores volumes de precipitação diária e anual, além da definição dos percentis extremos de temperatura. Esses percentis, T10 e T90, correspondem, respectivamente, à temperatura abaixo da qual se encontram os 10% menores valores da série histórica e à temperatura acima da qual estão os 10% maiores valores.

A segunda análise final consistiu em dividir as séries centenárias de dados em intervalos de 20 anos. Para a estação do IAC, os períodos analisados foram: 1890–1909, 1910–1929, 1930–1949, 1950–1969, 1970–1989, 1990–2009 e 2010–2023. Já para a estação da ESALQ, os intervalos considerados foram: 1917–1936, 1937–1956, 1957–1976, 1977–1996, 1997–2016 e 2017–2024. O principal objetivo dessa análise foi verificar se há um aumento na frequência de eventos extremos de temperatura e precipitação ao longo do tempo. Assim como nas análises anteriores, essa investigação foi aplicada tanto aos dados anuais quanto aos sazonais, buscando identificar possíveis variações entre as diferentes estações do ano.

A terceira análise teve como foco mapear a intensidade dos eventos extremos presentes nas séries históricas analisadas. Para isso, quantificou-se os dias consecutivos sem precipitação em cada estação, contabilizou-se os períodos contínuos com temperaturas acima do percentil 90%, além de calcular as porcentagens de dias do ano em que as temperaturas ultrapassaram os limites de 30 °C e 35 °C. Essas análises, em conjunto, contribuem para evidenciar as mudanças climáticas observadas em cada estação das Bacias PCJ, além de fornecer informações para compreender a frequência de eventos que impactam diretamente as atividades agrícolas no interior do Estado de São Paulo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A primeira análise final contemplou a anotação de eventos extremos que ocorreramnas Bacias PCJ, por meio da análise de ocorrência de valores máximos e mínimos nos índices hidrológicos de

precipitação e temperatura nas estações do IAC em Campinas e da ESALQ em Piracicaba. A Tabela 1 demonstra os resultados obtidos na primeira etapa da análise final, ressaltando os três valores máximos de precipitação diária e anual para cada estação, além de definir parâmetros essenciais para as demais análises, como os percentis T10 e T90 para os gráficos de temperatura mínima e máxima anuais, para a estação do IAC e da ESALQ.

Índice	IAC	ESALQ
Máxima sequência de dias consecutivos sem chuva	88 dias - 1963	89 dias – 1963
Precipitação diária máxima	144,7 mm - 2001, 142,4 mm - 1925 e 140,4 mm - 2003	139,1 mm - 2004; 114,0 mm - 1982; 113,2 mm - 1997
Precipitação anual	Máxima 2317,30 mm - 1982, Média 1378,22 mm, Mínima: 762,00 mm - 2013;	Máxima 2318,50 mm - 1982, Média 1277,72 mm, Mínima: 746,90 mm - 1923;
Média temperatura mínima anual	T10 - 14,4ºC e T90 - 16,7ºC;	T10 - 14,12ºC e T90 - 16,07ºC;
Média temperatura máxima anual	T10 - 25,7ºC e T90 - 28,3ºC;	T10 - 27,5ºC e T90 - 29,52ºC;

Tabela 1: Tabela com resultados realizados na primeira análise final

Dentre todas as análises da segunda etapa final apresentadas na metodologia, foram selecionadas algumas para serem apresentadas neste documento. A análise da Figura 1 explicita uma diferença de valores máximos de precipitação diária na estação do IAC de 144,70 mm para 85,90 mm entre os dois últimos intervalos, além de apresentar uma alternância entre eventos com precipitação diária máxima anual acima de 140 mm e abaixo de 60 mm.

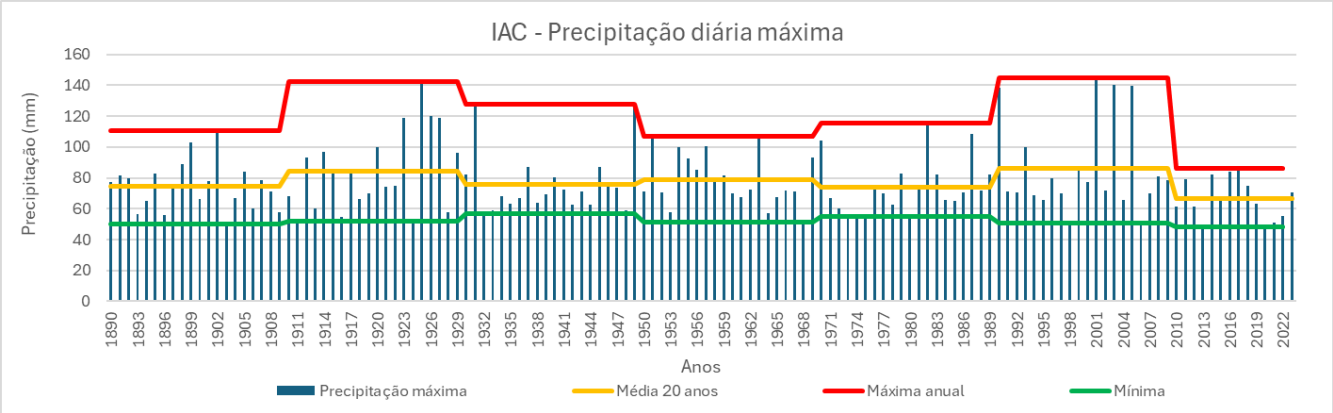

Figura 1: Precipitação diária máxima da estação do IAC de Campinas

Segundo a análise sazonal das estações da Figura 2 percebe-se que não há discrepância drástica entre o comportamento das estações do ano, dado que a amplitude máxima entre os intervalos de 20 anos de precipitações médias sazonais da estação IAC é de 88,08 mm. Dentre as análises de temperatura anual, a Figura 3a e a Figura 3b representam um evidente aumento nos

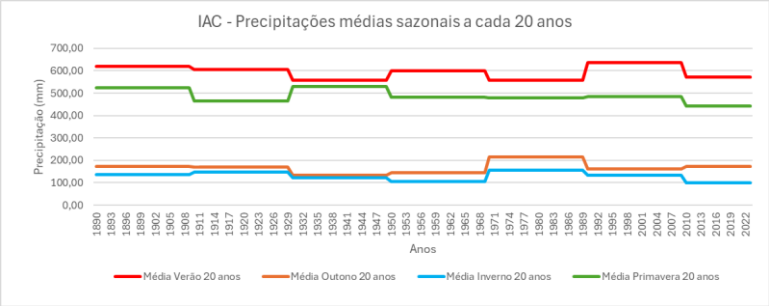

Figura 2: Precipitações médias sazonais da estação do IAC de Campinas

índices de temperaturas máximas e mínimas na estação da ESALQ, já que a média de 20 em 20 anos subiu de 27,86 ºC para 29,53ºC de 1917 até 2024 para temperaturas máximas, e de 14,70ºC para 16,02ºC de mínima. Por meio da Figura 4a e 4b, afirma-se que não há resultado discrepante entre os períodos do ano, dado que todas apresentam aumento semelhante tanto nos índices de temperatura máxima quanto mínima sazonal.

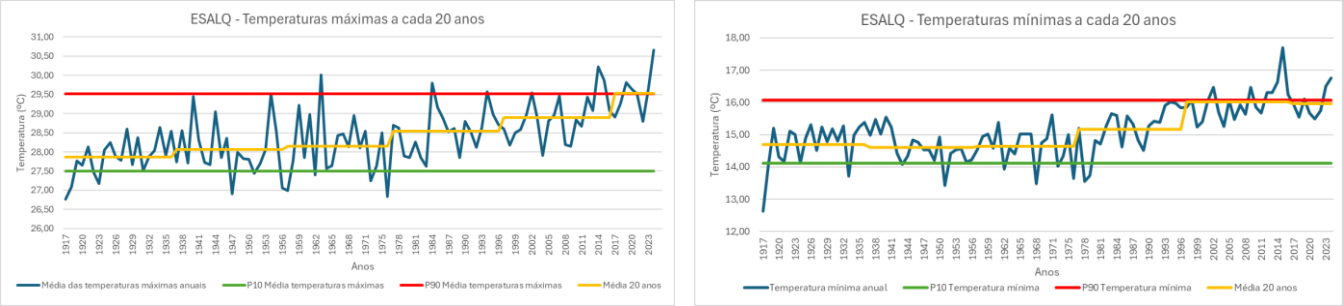

Figura 3a e 3b:Gráficos de temperaturas máximas e mínimas a cada 20 anos, da estação da ESALQ de Piracicaba.

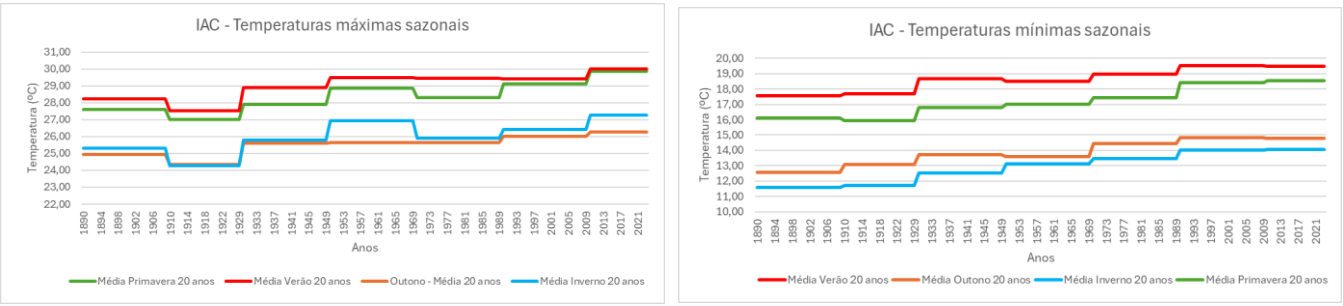

Figura 4a e 4b:Gráficos de temperaturas máximas e mínimas sazonais a cada 20 anos, da estação do IAC de Campinas.

Por fim, a terceira etapa da análise final consistia em mapear a intensidade das ocorrências de eventos extremos. Analisando as sequências de dias sem chuva em ambas estações, em 1963 o IAC teve sequência máxima de 88 dias e a ESALQ de 89 dias. Além disso, a média de dias consecutivos sem chuva do IAC foi de 36,69 dias, enquanto a da ESALQ foi de 38,59 dias. Por meio das Figuras 7a e 7b, é evidente identificar um aumento na porcentagem de dias com temperaturas elevadas, como na estação do IAC que foi de 18,6% dos dias com temperatura maior que 30ºC em 1890 para 49,3% em 2023, ou então a ocorrência de anos com mais de 5% de dias com tenmperatura acima de 35°C (1906, 2014 e 2023).

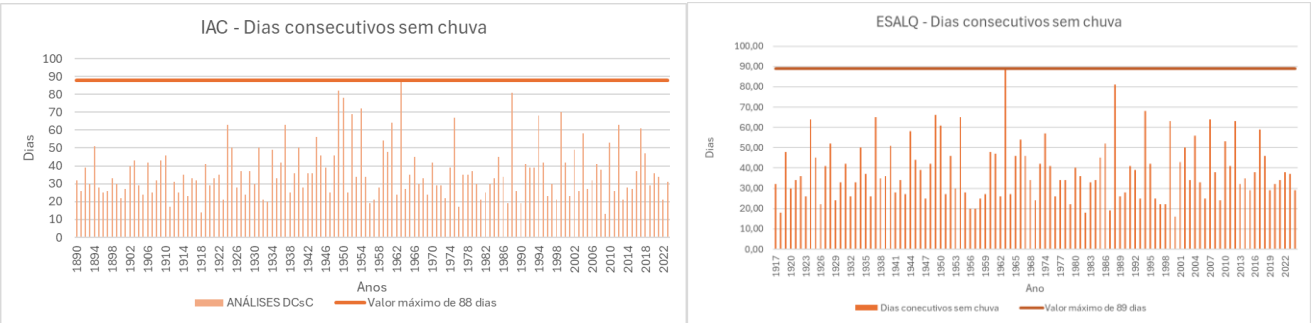

Figura 5a e 5b:Gráficos de dias consecutivos sem chuva, de ambas estações.

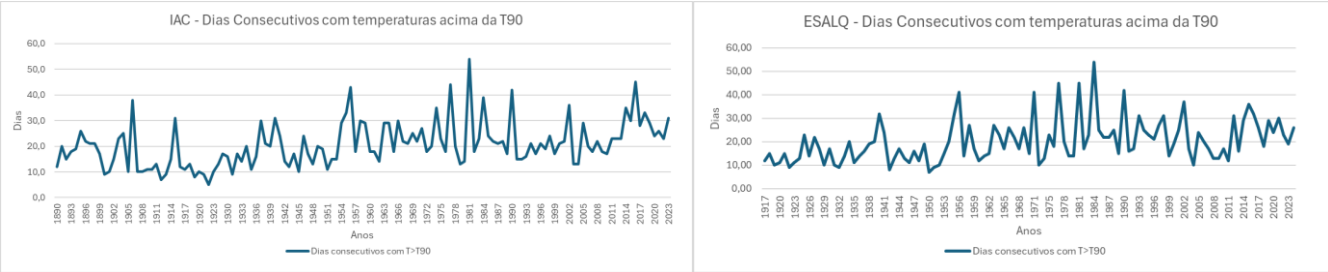

Figura 6a e 6b:Gráficos de dias consecutivos com temperatura acima da T90, de ambas estações.

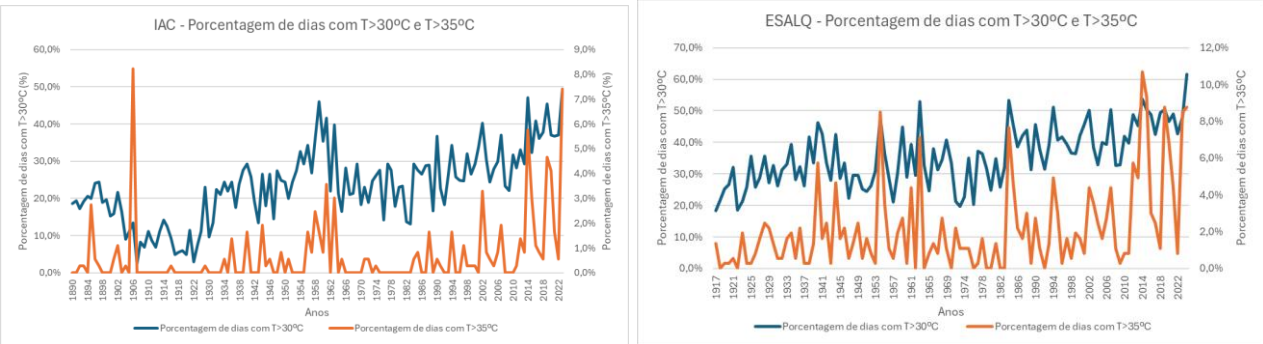

Figura 7a e 7b:Gráficos da porcentagem de dias com temperatura acima de 30°C e 35°C de ambas estações.

CONCLUSÕES:

Os resultados obtidos ao longo da pesquisa evidenciam alterações significativas nos padrões climáticos das Bacias PCJ ao longo das últimas décadas. Verificou-se uma tendência de aumento nas temperaturas máximas e mínimas, bem como na frequência de dias com temperaturas extremas. Paralelamente, observou-se uma crescente ocorrência de períodos prolongados sem precipitação, indicando um agravamento dos eventos de seca na região. Essas mudanças podem afetar diretamente a agricultura, uma vez que o regime de chuvas e as condições térmicas são fatores cruciais para a produtividade no campo. Essa compreensão é essencial para embasar ações de planejamento e gestão, contribuindo para maior resiliência do setor rural diante dos impactos das mudanças climáticas.

BIBLIOGRAFIA

[1] CHAGAS, Vinícius BP; CHAFFE, Pedro LB; BLÖSCHL, Günter. **Climate and land management accelerate the Brazilian water cycle.** Nature Communications, v. 13, n. 1, p. 5136, 2022.

[2] CUNHA, A. P. M. A. et al. **Changes in the spatial–temporal patterns of droughts in the Brazilian Northeast.** Atmospheric science letters, v. 19, n. 10, 2018.

[3] CUNHA, A. P. M. A. et al. **Extreme drought events over Brazil from 2011 to 2019.** Atmosphere, v. 10, n. 11, p. 642, 2019.

[4] BALLARIN, André S. et al. **Brazilian water security threatened by climate change and human behavior.** Water Resources Research, v. 59, n. 7, p. e2023WR034914, 2023.

[5] BALLARIN, André S. et al. **A copula-based drought assessment framework considering global simulation models.** Environmental Development, [S.l.], v. 39, p. 100651, 2021.

[6] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.