

Trabalho de Graduação
Curso de Graduação em Geografia

Análise temporal das chuvas em Rio Claro/SP (1937–2023): considerações sobre a variabilidade, extremos e número de dias com chuva.

Victor Hugo Coelho Nogaroli

Prof(a).Dr(a). Karime Pechutti Fante

Rio Claro (SP)

2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

VICTOR HUGO COELHO NOGAROLI

ANÁLISE TEMPORAL DAS CHUVAS EM RIO CLARO/SP
(1937–2023): CONSIDERAÇÕES SOBRE A
VARIABILIDADE, EXTREMOS E NÚMERO DE DIAS COM
CHUVA.

Trabalho de Graduação apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências
Exatas - Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Bacharel e Licenciado em Geografia.

Rio Claro - SP

2025

N775a Nogaroli, Victor Hugo Coelho
Análise temporal das chuvas em Rio Claro/SP (1937 - 2023): considerações sobre a variabilidade, extremos e número de dias com chuva. / Victor Hugo Coelho Nogaroli. -- Rio Claro, 2025
55 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado e licenciatura - Geografia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientadora: Karime Pechutti Fante

1. Precipitação. 2. Variabilidade. 3. Tendência. 4. Chuvas extremas. I. Título.

Victor Hugo Coelho Nogaroli

Análise temporal das chuvas em Rio Claro/SP (1937 - 2023): considerações sobre a variabilidade, extremos e número de dias com chuva.

Trabalho de Graduação apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Bacharel e Licenciado em Geografia.

Comissão Examinadora

Profª Drª. Karime Pechutti Fante (orientadora)

Prof. Dr. Vinícius dos Santos

Prof. Dr. Rodrigo Silva Lemos

Rio Claro, 06 de janeiro de 2026



Assinatura do aluno

Documento assinado digitalmente
gov.br KARIME PECHUTTI FANTE
Data: 06/01/2026 15:25:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

assinatura da orientadora

Dedico este trabalho ao meu avô José Carlos, que, mesmo enfrentando a doença, nunca deixou de me aconselhar sobre a faculdade e a vida. Pelas conversas, pelas histórias de Portugal e pelos jogos de matemática que despertaram em mim o gosto pelos números.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Rogerio Nogaroli e Patrícia Nogaroli, pelo apoio constante, pela paciência e pelo incentivo em todas as etapas do curso.

Às minhas irmãs, Pâmella e Suelen, pelo carinho, apoio e companhia ao longo dessa trajetória.

À minha orientadora, Karime Pechutti Fante, pela orientação atenta, pelas discussões e pela confiança no desenvolvimento do projeto e desta pesquisa.

Ao meu namorado, Thomás Augusto Parente, pelo encorajamento, compreensão e parceria ao longo de todo o trabalho.

À minha sogra, Raquel, e à Vó Valéria pelo acolhimento, pelo carinho e pelo apoio durante esse período.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste estudo, meus sinceros agradecimentos.

O tempo não para.
— Cazuya, “O Tempo Não Para” (1988)

RESUMO

A compreensão da variabilidade das chuvas e seus efeitos é um grande desafio para as comunidades urbanas. Em contextos tropicais, como o Brasil, é crucial e emergente a compreensão das alterações climáticas, uma vez que os grandes volumes de precipitação impactam diretamente as atividades sociais, econômicas, infraestrutura, saúde pública e qualidade de vida urbana. Diante deste contexto, o objetivo desta pesquisa foi compreender os padrões e as excepcionalidades pluviométricas da cidade de Rio Claro/SP a partir de séries diárias do DAEE, entre os anos de 1937 e 2023. Os dados de volume, número de dias com chuva, e valores extremos foram verificados e agregados às escalas mensal, sazonal (dezembro–fevereiro, verão; março–maio, outono; junho–agosto, inverno; setembro–novembro, primavera), anual e decenal. Adotaram-se as definições de dia de chuva volume superior a 0,1 mm e de evento extremo, volume superior a 50 mm/dia; aplicaram-se somatórios nas escalas sazonal e decenal, regressões lineares (inclinação por decênio) e percentis (P20–P40–P60–P80) dos totais mensais. Como principais resultados, obteve-se média anual de precipitação de 1.360 mm; sendo os anos mais chuvosos: 1983 (2.268,0 mm), 1995 (2.186,3 mm) e 1996 (2.168,6 mm); e os anos mais secos: 1968 (736,4 mm), 1939 (739,5 mm) e 1953 (807,2 mm). Os somatórios sazonais evidenciam a concentração de chuvas no verão, cerca de 659,8 mm, e mínimos no inverno, 96,1 mm. Em análise ao número de dias com chuva verificou-se a frequência de 96 dias/ano, sendo o máximo de 145 no ano de 1986, e tendência discreta de aumento de 1,3 dia por decênio. Os extremos de chuva ocorreram em média em 3,87 dias/ano, com pico anual de 12 dias no ano de 1996 e tendências fracas. Os percentis mensais confirmam maior probabilidade de totais elevados no verão. Conclui-se que o regime é fortemente sazonal e com expressiva variabilidade entre anos e décadas, com tendências lineares fracas no período analisado.

Palavras-chave: Precipitação, variabilidade, eventos extremos, chuvas, número de dias com chuva.

ABSTRACT

Understanding rainfall variability and its effects is a major challenge for urban communities. In tropical contexts such as Brazil, grasping climate change is both crucial and urgent, since large precipitation volumes directly affect social and economic activities, infrastructure, public health, and urban quality of life. In this context, the objective of this research was to characterize rainfall patterns and extremes in the city of Rio Claro, São Paulo State, using daily DAEE series from 1937 to 2023. Data on totals, number of wet days, and extreme values were checked and aggregated at monthly, seasonal (December–February, summer; March–May, autumn; June–August, winter; September–November, spring), annual, and decadal scales. We defined a wet day as a daily total > 0.1 mm and an extreme event as a daily total > 50 mm. Seasonal and decadal sums, simple linear regressions (slopes interpreted per decade), and monthly percentile classes (P20–P40–P60–P80) were applied. The main results show a mean annual total of about 1,360 mm; the wettest years were 1983 (2,268.0 mm), 1995 (2,186.3 mm), and 1996 (2,168.6 mm), and the driest years were 1968 (736.4 mm), 1939 (739.5 mm), and 1953 (807.2 mm). Seasonal sums highlight a concentration of rainfall in summer (about 659.8 mm) and minima in winter (96.1 mm). Regarding wet days, we found an incidence of ~ 96 days/year, with a maximum of 145 in 1986 and a slight upward trend of ~ 1.3 days per decade. Extreme-rain days averaged 3.87 days/year, with an annual peak of 12 in 1996 and weak trends overall. Monthly percentiles confirm a higher probability of large totals in summer. We conclude that the rainfall regime is strongly seasonal and exhibits marked interannual and decadal variability, with weak linear trends over the analyzed period.

Keywords: precipitation; variability; extreme events; rainfall; number of wet days.

Title in english: Temporal analysis of rainfall in Rio Claro/SP (1937 to 2023): variability considerations, extremes and number of rainy days.

SUMÁRIO

Sumário

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 9 |
| 1.1. OBJETIVOS | 13 |
| 1.1.1. Geral | 13 |
| 1.1.2. Objetivos específicos | 13 |
| 2. DISCUSSÃO TEÓRICA | 14 |
| 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS | 17 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 19 |
| 4.1. Análises temporais sobre o volume de precipitação pluvial. | 19 |
| 4.1.1. Análise anual do volume total de precipitação pluvial | 19 |
| 4.1.2. Análise sazonal do volume total de precipitação pluvial (DJF, MAM, JJA, SON)..... | 20 |
| 4.1.3. Análise mensal do volume total de precipitação pluvial | 23 |
| 4.1.4. Análise decenal do volume total de precipitação pluvial | 27 |
| 4.2. Análises temporais sobre o número de dias com chuva (> 0,1 mm) entre os anos de 1937 a 2023. | 28 |
| 4.2.1. Análise anual do número de dias com chuvas. | 28 |
| 4.2.2. Análise sazonal do número de dias com chuva. | 29 |
| 4.2.3. Análise mensal do número de dias com chuva. | 31 |
| 4.2.4. Análise decenal do número de dias com chuva. | 36 |
| 4.3. Análise temporal sobre o número de dias com eventos extremos de chuva | 37 |
| 4.3.1. Análise anual do número de dias com eventos extremos de chuva..... | 37 |
| 4.3.2. Análise sazonal do número de dias com eventos extremos de chuva (superiores a 50mm/dia)..... | 38 |
| 4.3.3. Análise mensal do número de dias com eventos extremos de chuva (superiores a 50 mm/dia)..... | 41 |
| 4.3.4. Análise decenal do número de dias com eventos extremos de chuva (superiores a 50 mm/dia)..... | 45 |
| 4.4. Identificação dos meses chuvosos, tendentes a chuvosos, normais, tendentes a secos e secos (percentis) | 46 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 49 |
| REFERÊNCIAS | 52 |

1. INTRODUÇÃO

A compreensão da variabilidade climática e seus efeitos é um grande desafio para as comunidades urbanas, especialmente em relação à precipitação pluviométrica. Em países situados em contextos tropicais, como o Brasil, é crucial e emergente a compreensão das alterações climáticas, uma vez que os grandes volumes de precipitação impactam diretamente as atividades sociais, econômicas, infraestrutura, saúde pública e qualidade de vida urbana.

No município de Rio Claro/SP essa preocupação é latente. A variabilidade e os extremos pluviométricos ocorrem em uma cidade em constante crescimento populacional. Segundo dados de comparação ao censo de 2010 e 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) houve nesta cidade o crescimento de 15.164 moradores urbanos, totalizando 201.418 habitantes.

Como afirmado por Santos, Santos e Lima (2018), uma análise da variabilidade pluviométrica espaço-temporal é essencial para uma compreensão das mudanças climáticas locais. Essa compreensão não apenas ajuda a prevenir desastres, mas também potencializa políticas urbanas mais resilientes.

Sant'Anna Neto (1995) esclarece que as cidades de pequeno e médio porte frequentemente enfrentam desafios únicos quando se trata de gerenciar as consequências das chuvas intensas e inundações. Devido à sua capacidade limitada de recursos e infraestrutura, essas comunidades podem estar menos preparadas para enfrentar eventos climáticos extremos, tornando-as mais vulneráveis aos impactos devastadores das inundações.

Essas alterações são observadas com os trabalhos de Sant'Anna Neto (1995). De acordo com o autor, ao longo do período de 1888 a 1993 constatou-se mudanças significativas nos padrões de chuva, indicando uma tendência de aumento na pluviosidade e modificações nos regimes de chuva no decorrer do último século, com implicações importantes para o entendimento das mudanças climáticas e seus efeitos na região.

Essa leitura é coerente com a síntese de Goudard (2019) para a Região Metropolitana de Curitiba: no período 1986–2015 foram catalogados 119 episódios pluviais extremos, distribuídos em 19 (1986–1995), 51 (1996–2005) e 49 (2006–2015), com concentração no verão (DJF) — destaque para janeiro (51), fevereiro (43) e dezembro (27). Além disso, mais de 70% das chuvas

deflagradoras de impactos ficaram abaixo de 60 mm/24h, sobressaindo a classe 20–30 mm/24h (~20%).

Marengo; Valverde; Obregon, (2013), analisando a estação IAG-Água Funda na RMSP (1933–2010), identificaram aumento significativo do total anual (+5,2 mm/ano) e do índice de chuva extrema R95P (+3,5 mm/ano). Além disso, os dias >50 mm, quase inexistentes nos anos 1950, passaram a ocorrer entre 2 e 5 vezes/ano em 2000–2010.

Somada a estas condições climáticas nos últimos relatórios AR6 e AR5 pesquisadores de todo o mundo têm alertado sobre as alterações climáticas e consequências nos diferentes ecossistemas em decorrência do aumento próximo a 1,5°C na temperatura global, em relação aos níveis pré-industriais. Para os autores, a atividade humana é a principal causa do aquecimento global. Emissões de gases de efeito estufa provenientes de fontes como queima de combustíveis fósseis, desmatamento, e mudanças nas formas de uso e ocupação do solo são os principais impulsionadores desse fenômeno (Masson-Delmotte *et al.*, 2018).

No âmbito das alterações climáticas este aumento na temperatura está associado a um aumento na intensidade e frequência de chuvas intensas em diversas regiões do mundo. Eventos de precipitação extrema, como chuvas torrenciais e tempestades, tornam-se mais comuns, o que aumenta o risco de inundações. Esses fenômenos climáticos colocam em risco as áreas urbanas e costeiras, onde as inundações podem causar danos significativos. O aumento do risco de inundações coloca em ameaça a infraestrutura urbana, a segurança das populações e a economia dessas regiões. Têm impactos diretos nos ecossistemas, além dos impactos nas comunidades, como perda de habitat, perda da qualidade da água e mudanças na biodiversidade (Masson-Delmotte *et al.*, 2018).

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) também enfatiza a urgência de estratégias de adaptação para enfrentar esses desafios. Isso inclui o desenvolvimento de sistemas de alerta antecipado, eficaz, somado a um planejamento urbano e estratégias de gestão de recursos hídricos. As informações coletadas por meio de avaliações de vulnerabilidade podem ser usadas para desenvolver mapas que destacam as áreas de maior risco. O

envolvimento das comunidades e a consideração de suas necessidades e conhecimentos locais são fundamentais para o sucesso das medidas de adaptação (Masson-Delmotte *et al.*, 2018).

No sudeste da América do Sul, evidências observacionais desde os anos 1960 sugerem um aumento tanto na precipitação média quanto na precipitação extrema. Além disso, as projeções para cenários de aquecimento indicam uma intensificação e maior frequência de episódios de chuvas intensas e alagamentos sob um aquecimento global de 2 °C ou mais (IPCC, 2023). Embora esses sinais não eliminem a significativa variabilidade interanual típica da região, indicam que, além dessa variabilidade, a distribuição das chuvas tende a se deslocar para eventos mais intensos em algumas épocas do ano.

Simultaneamente, a literatura de síntese do AR6 aponta que eventos extremamente úmidos e secos tendem a se intensificar em um clima mais quente, com um aumento da variabilidade do ciclo hidrológico ocorrendo, em várias regiões, de forma mais rápida do que as alterações nas médias climáticas (IPCC, 2023). Esse cenário aumenta a probabilidade de eventos compostos, como períodos de seca seguidos por tempestades intensas, o que eleva os picos de escoamento, sobrecarrega os sistemas de drenagem e intensifica os danos causados por inundações repentinas em áreas urbanas.

No contexto brasileiro, o Plano Nacional de Adaptação (PNA) reconhece o aumento da ocorrência de extremos hidrometeorológicos e as alterações no regime de chuvas, com impactos diretos sobre a infraestrutura urbana, a saúde pública, a segurança hídrica e a gestão de riscos (Brasil, 2016). Sobre esse panorama, impõe-se a realização de análises em escala municipal sobre a variabilidade e os extremos pluviométricos, capazes de qualificar o quadro hidrometeorológico local de Rio Claro (SP).

No contexto da cidade de Rio Claro as chuvas foram objeto de estudo de diferentes pesquisas acadêmicas como a de Colissi (2016), sobre a variabilidade anual das chuvas, e Lopes (2013) que mostrou no período de 2005 a 2010, a soma de 133 ocorrências de alagamentos na cidade. Corrobora este dado as informações apresentadas por Bastos (2011) ao indicar que praticamente o município possui sistema de drenagem ineficiente de águas pluviais, fazendo com que as águas de chuva escorram superficialmente até as avenidas e aponta que somente no ano de 2009 houve 60 acontecimentos relacionados a abertura

de buracos nas vias após chuvas no município.

Parte destes estudos são oriundos da matriz teórica e metodológica proposta por Monteiro em 1976. De acordo com Alves e Fialho (2012), essa teoria busca entender como as variáveis atmosféricas interagem com o ambiente construído, formando um clima específico, o clima urbano. É uma abordagem sistêmica que leva em consideração três canais de percepção: termodinâmico, físico-químico e hidrometeorológico, canal a qual esta pesquisa será implementada.

Entender o canal hidrometeorológico, proposto por Monteiro (2023), é fundamental para minimizar os efeitos adversos das chuvas e outros fenômenos meteorológicos severos que afetam as cidades, principalmente local de habitat e concentração habitacional humana, no Brasil.

Em uma discussão sobre o termo clima urbano, Nobre *et al.* (2009) indica que há uma complexa gama de interações que auxiliam a modificação da atmosfera urbana. Cita-se o adensamento construtivo, a impermeabilização do solo e a presença de estruturas que alteram os padrões climáticos locais em áreas urbanizadas. A ocorrência e a intensidade dos eventos hidrometeorológicos podem ser diretamente impactadas por essa mudança no microclima urbano.

Associado a essa dinâmica, o estado de São Paulo situa-se em faixa de transição entre sistemas tropicais e extratropicais, o que torna a circulação atmosférica regional bastante complexa. Ao longo do ano atuam diferentes massas de ar, com predominância das de origem tropical e polar atlântica, condicionando a variabilidade das chuvas no interior paulista (Andrade, 2007).

Na escala sinótica, essa configuração se expressa principalmente em frentes frias que avançam do Atlântico Sul responsáveis por grande parte das precipitações e quedas de temperatura no outono-inverno e, no período quente, em convecção organizada associada à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), favorecendo chuvas persistentes e volumosas sobre o Sudeste. Essa alternância entre episódios frontais e convectivos explica a sazonalidade marcada e a maior propensão a eventos intensos no verão na região de Rio Claro (Reboita *et al.*, 2010). Somado a esta conjuntura dos eventos de ENOS (El Niño e Oscilação Sul), quando atuantes, promovem uma ampliação no volume

de chuvas e número de dias com precipitação, fenômenos identificados nas pesquisas de Reboita et. al. (2010) e Pereira et. al. (2021).

Assim, sustentado pela discussão teórica apresentada, este trabalho buscou-se aprofundar a compreensão das manifestações atmosféricas que condicionam a precipitação em Rio Claro (SP), especialmente os padrões e eventos extremos de chuva. Com base na Agenda 2030, a pesquisa estabelece um diálogo direto com o ODS 11 – Cidades e comunidades sustentáveis e o ODS 13 – Ação contra a mudança global do clima. Além disso, mantém uma conexão transversal com o ODS 6 – Água potável e saneamento, ao fornecer dados que podem auxiliar na formulação de políticas públicas de adaptação climática em âmbito municipal.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Geral

Compreender os padrões e excepcionalidades pluviométricas na cidade de Rio Claro/SP, considerando o volume, o número de dias e os eventos extremos de precipitação.

1.1.2. Objetivos específicos

- Analisar os dados temporais de precipitação pluviométrica na cidade de Rio Claro/SP.
- Compreender padrões de chuva mensal, sazonal, anual e de períodos decenais.
- Identificar os extremos de chuva.
- Identificar tendências e alterações na variabilidade das chuvas.

2. DISCUSSÃO TEÓRICA

A literatura nacional tem destacado a necessidade de distinguir variabilidade climática, oscilações naturais em diferentes escalas temporais de mudança climática, entendida como alteração persistente de estado, perceptível em médias, frequências ou na distribuição de extremos. Essa distinção evita a confusão entre flutuações de curto prazo e tendências de longo prazo e justifica o emprego de métodos objetivos para detecção de sinais e rupturas em séries históricas extensas (Fante, 2014).

Nesse enquadramento, medidas de dispersão relativa, como o coeficiente de variação, auxiliam a comparar amplitudes entre meses e estações e entre períodos distintos; classificações por percentis (por exemplo, P20, P40, P60 e P80) preservam a sazonalidade ao estratificar meses em seco, tendente a seco, normal, tendente a chuvoso e chuvoso; testes não paramétricos, como Pettitt (ruptura) e Mann–Kendall (tendência monotônica), reduzem a sensibilidade a assimetrias; e a inclinação da regressão linear expressa taxas de variação em unidades físicas, facilitando a leitura substantiva dos resultados (Fante, 2014).

Do ponto de vista dinâmico, o estado de São Paulo situa-se na vizinhança do Trópico de Capricórnio, em zona de transição entre influências tropicais e polares. Em Rio Claro atuam, ao longo do ano, as massas Equatorial Continental (mEc), Tropical Continental (mTc), Tropical Atlântica (mTa) e Polar Atlântica (mPa), com predomínio de mTa e mPa (Andrade, 2007).

No período frio, a precipitação ocorre majoritariamente através da passagem de frentes frias provenientes do Atlântico Sul, com chuva estratiforme mais contínua e quedas de temperatura (Andrade, 2007). No período quente, sobressaem a convecção local e a convecção organizada vinculada à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a sistemas convectivos de mesoescala, frequentemente associados a linhas de instabilidade e ao jato de altos níveis, sustentando chuvas persistentes e volumosas sobre o Sudeste (Reboita *et al.*, 2010).

Essa alternância entre episódios frontais, mais frequentes no outono e inverno, e episódios convectivos, mais incidentes na primavera e no verão, explica a sazonalidade marcada do regime pluviométrico em Rio Claro e a maior propensão a eventos intensos no período quente (Andrade, 2007; Reboita *et al.*, 2010).

Em escala interanual, destaca-se o papel do El Niño–Oscilação Sul (ENOS), principal modo de variabilidade acoplada oceano–atmosfera no Pacífico tropical,

capaz de intensificar secas e enchentes em diferentes regiões do Brasil. Marengo (2009) mostra que grandes episódios de extremos hidrometeorológicos no país – secas severas e enchentes de grande impacto – estão associados tanto a eventos de El Niño quanto a outras anomalias de temperatura da superfície do mar, evidenciando a importância da variabilidade interanual para a ocorrência de desastres climáticos.

Do ponto de vista da circulação, Reboita et al. (2010) descrevem que os regimes de precipitação na América do Sul resultam da atuação combinada de sistemas de grande escala, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e as frentes frias, entre outros. No contexto urbano, Pereira et al. (2021) mostram que, em São Gonçalo (RJ), a maior parte das inundações registradas entre 2005 e 2018 ocorreu em verões com atuação de El Niño, associados a maiores acumulados pluviométricos e aumento da frequência de eventos de chuva forte, o que reforça a articulação entre variabilidade climática de grande escala, dinâmica atmosférica regional e riscos hidrometeorológicos nas cidades do Sudeste.

Em escala regional, investigações para a Região Metropolitana de São Paulo indicam incremento de totais anuais e de índices de extremos ao longo do século XX, com maior frequência de dias acima de 50 mm nos anos 2000, sugerindo intensificação de episódios de alto impacto no contexto paulista (Marengo; Valverde; Obregon, 2013). Para aproximar diagnóstico e risco urbano, a contagem de extremos diários (por exemplo, > 50 mm/dia) é particularmente útil, pois sinaliza episódios potencialmente danosos para drenagem, mobilidade e estabilidade de encostas, complementando as estatísticas de variabilidade e os testes de mudança (Fante, 2014).

No que tange aos estudos anteriores com temática semelhante à aqui apresentada, Ferrari, Vecchia e Colabone (2012) afirmam que a precipitação durante o período de 1976-2008, em Pirassununga-SP não apresentou uma tendência significativa, de acordo com as medidas estatísticas como o Mann-Kendall, apesar da grande variabilidade temporal da precipitação na área estudada. Isso significa que não há um padrão consistente de aumento ou diminuição da quantidade de chuvas, mesmo que haja flutuações ao longo dos anos.

Nos estudos de Souza e Amorim (2023) com o intuito de analisar a precipitação absoluta acumulada em Foz do Iguaçu, (PR), ao longo da série histórica de 1980 a 2017, os resultados foram diferentes da pesquisa anterior supracitada. Os resultados

mostraram flutuações mais expressivas até o início dos anos 2000, com ocorrência de valores extremos positivos. Após esse ano, a variabilidade das chuvas pareceu menos marcante, com menor ocorrência de valores extremos.

Para o contexto nordestino, em pesquisa realizada no município de Petrolina, entre os anos de 1991 e 2021, Nascimento *et al.* (2023), revelaram padrões significativos na precipitação, a análise de tendência para os meses do período chuvoso mostrou uma leve diminuição na precipitação para novembro, dezembro e fevereiro, enquanto janeiro e março apresentaram tendências mais acentuadas de redução. Abril, por outro lado, indicou uma tendência de aumento na precipitação.

De toda forma, mesmo com essa variação espaço-temporal, enfatiza-se que no Brasil alguns dos riscos climáticos são desencadeados por eventos hidrometeorológicos e variabilidade climática, o que reforça a importância e necessidade de estudos com essa temática. Mendonça (2002) nota que a tropicalidade combinada com a ocupação pouco planejada do solo e a falta de drenagem pluvial causam problemas sérios e recorrentes em espaços urbanos, como chuvas e alagamentos mais intensos em áreas urbanas.

Os estudos de caso, como o de Gonçalves (1992), mostram que problemas estruturais históricos e a falta de planejamento adequado tornam as cidades mais vulneráveis a eventos extremos. A segurança dos cidadãos em relação aos riscos climáticos é ameaçada por falta de equipamentos de proteção, monitoramento e alerta.

Marengo (2009) destaca que o Brasil é vulnerável a precipitações extremas, principalmente nas áreas metropolitanas. O risco de inundações aumenta devido à variabilidade na distribuição temporal e espacial das chuvas. Essa variabilidade é um grande problema para o planejamento e gestão urbana. O risco hidrometeorológico é aumentado por fatores como ocupação desordenada e infraestrutura de drenagem inadequada, que podem resultar em enchentes e vulnerabilidades. Mesmo as cidades que são consideradas ecológicas enfrentam desafios, como a formação de ilhas de calor e a concentração de poluentes em "cânions urbanos". Isso torna necessário um planejamento urbano mais eficaz (Alves; Fialho, 2012; Mendonça, 2002).

Para construir cidades mais resilientes e minimizar os efeitos dos fenômenos extremos, é fundamental ter uma compreensão dessas mudanças climáticas e suas consequências locais.

O município de Rio Claro localiza-se no centro-leste do estado de São Paulo, inserido na Depressão Periférica Paulista e na bacia do rio Corumbataí (afluente do rio Piracicaba). O substrato geológico expõe, em afloramentos e subsuperfície, sucessões paleozóicas a cenozoicas, incluindo o Grupo Itararé, a Formação Tatuí, o Grupo Passa Dois (com destaque para as formações Irati e Corumbataí), além das formações Botucatu e Serra Geral, cuja alternância de litologias mais arenosas e mais argilosas condiciona a resposta hídrica local (Zaine, 1994).

Do ponto de vista climático-dinâmico, Rio Claro situa-se nas proximidades do Trópico de Capricórnio, em zona de transição entre influências tropicais e polares. Ao longo do ano atuam as massas Equatorial Continental (mEc), Tropical Continental (mTc), Tropical Atlântica (mTa) e Polar Atlântica (mPa); no período frio, a precipitação decorre majoritariamente da passagem de frentes frias provenientes do Atlântico Sul, enquanto no período quente sobressaem a convecção local e a convecção organizada associada à circulação de verão (Andrade, 2007).

Considerando a abordagem dos Tipos de Climas Anuais (TCA), que revisita Köppen a partir da frequência de tipos observadas ano a ano, Rio Claro apresenta predominância do tipo Cwa (verão quente e úmido; inverno seco), coerente com a sazonalidade marcada dos totais pluviométricos no Sudeste. (Dubreuil *et al.*, 2018)

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa adotou abordagem quantitativa, com organização das séries de precipitação em diferentes escalas temporais e uso de métricas descritivas de variabilidade e tendência. O recorte espacial é o município de Rio Claro (SP) e o recorte temporal abrange 1937 a 2023. Os dados diários de precipitação foram obtidos no posto pluviométrico D4-012 – Rio Claro – D.A.A.E., operado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE/SP), localizado em 22°24'20"S e 47°33'21"W, a 620 m de altitude. Como série complementar, utilizou-se a estação meteorológica da UNESP/Rio Claro, situada em 22°23'S e 47°32'W, a 626,5 m de altitude, empregada apenas para verificação pontual de dias específicos com dúvida na série principal.

Foram descritos na sequência os cinco passos utilizados ao longo da pesquisa, sendo: a) preparação das séries; b) agregações; c) classificação por percentis; d) medidas de variabilidade e tendência; e e) *software* e reprodutibilidade.

a) Preparação das séries.

Padronizaram-se unidade (mm) e calendário (anos completos). Definiu-se dia com chuva como acumulado diário > 0,1 mm e extremo diário como > 50 mm. O tratamento de falhas foi pontual: quando havia suspeita no DAEE, o dia foi conferido na UNESP; não foram feitas imputações e os totais mensais/anuais resultam da soma dos registros válidos (Fante, 2014).

b) Agregações.

A partir dos diários calcularam-se totais mensais, sazonais (DJF, MAM, JJA, SON), anuais e decenais. Para caracterizar frequência, computaram-se por ano o número de dias com chuva (> 0,1 mm) e o número de dias extremos (> 50 mm). A opção por contabilizar dias > 50 mm segue prática recorrente em estudos brasileiros de extremos de precipitação e de diagnóstico de impactos urbanos (Marengo; Valverde; Obregon, 2013; Goudard, 2019).

c) Classificação por percentis.

Para cada mês do ano (12 distribuições), calcularam-se os percentis P20, P40, P60 e P80 no período 1937 a 2023. Cada mês observado foi classificado em seco (< P20), tendente a seco (P20–< P40), normal (P40–< P60), tendente a chuvoso (P60–< P80) e chuvoso (\geq P80). A estratificação por percentis é adequada para preservar a sazonalidade e comparar meses homólogos quando o objetivo é descrever a distribuição e comunicar condições relativas de “seco–chuvoso” (Fante, 2014).

d) Medidas de variabilidade e tendência.

A variabilidade relativa foi quantificada pelo coeficiente de variação (CV) dos totais, comparando meses/estações e períodos (Fante, 2014). Para indicar tendências descritivas, ajustou-se regressão linear simples do tipo $y = a + b x$ às séries mensais, sazonais, anuais e decenais das três variáveis analisadas: (i) volume de chuva (mm), (ii) número de dias com chuva (> 0,1 mm) e (iii) número de dias extremos (> 50 mm). Em cada gráfico foram exibidas a linha de tendência, a equação e o coeficiente de

determinação (R^2). A inclinação (b) foi interpretada como taxa média por ano ($\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ ou $\text{dias}\cdot\text{ano}^{-1}$) e também expressa por decênio ($b \times 10$), facilitando a leitura substantiva (Fante, 2014; Marengo; Valverde; Obregon, 2013).

e) Software e reprodutibilidade.

Todas as etapas foram realizadas no Microsoft Excel para Mac, versão 16.101.1 (25092124), Microsoft 365. As planilhas com fórmulas e gráficos foram organizadas em abas específicas e estão disponíveis como material suplementar para reprodutibilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise pluviométrica do município de Rio Claro (SP), com base nos dados do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) para o período de 1937–2023, evidenciou um regime marcado por forte variabilidade interanual, com anos marcadamente chuvosos intercalados por períodos de estiagem. Foram consideradas as escalas mensal, sazonal, anual e decenal, tanto para o volume acumulado de precipitação quanto para o número de dias com chuva, complementadas por ajustes de regressão linear e cálculo do coeficiente de determinação (R^2).

4.1. Análises temporais sobre o volume de precipitação pluvial.

4.1.1. Análise anual do volume total de precipitação pluvial

No período 1937–2023, a precipitação média anual em Rio Claro/SP foi de aproximadamente 1.360 mm.

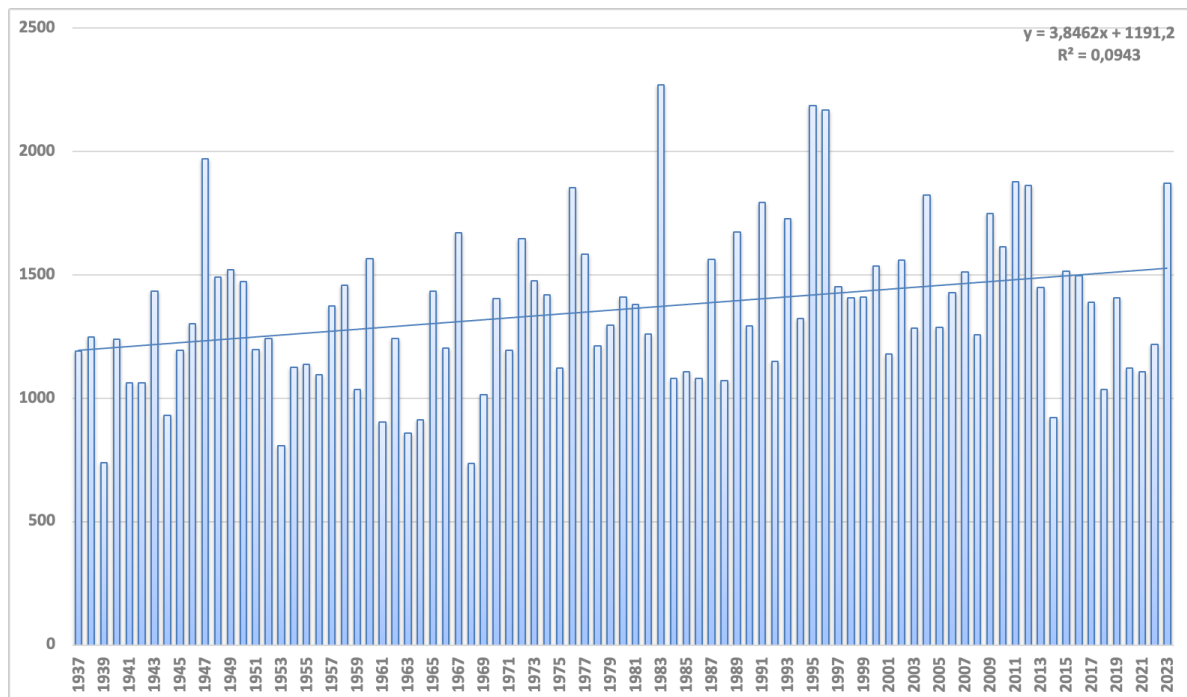
Os menores e maiores totais anuais ocorreram em 1968, com 736,4 mm, e 1983, com 2.268,0 mm, respectivamente; para esta análise também se destacam os anos de 1995 (2.186,3 mm) e 1996 (2.168,6 mm) entre os anos mais chuvosos, e 1939 (739,5 mm) e 1953 (807,2 mm) entre os mais secos.

Para este conjunto de dados a tendência linear é fraca. Houve um aumento de aproximadamente 38,5 mm por decênio, com o resultado de R^2 de cerca de (0,09), ou seja, uma fraca tendência diante da variabilidade interanual (Figura 1).

Ao comparar este resultado com pesquisas anteriores verifica-se que a tendência linear de longo prazo nos totais anuais mostrou-se fraca (R^2 baixo), o que é

coerente com resultados de regiões próximas, identificados, por exemplo, por Ferrari, Vecchia e Colabone (2012). Segundo os autores supracitados não foram identificadas tendências estatisticamente significativas em Pirassununga–SP (1976–2008), apesar da alta variabilidade.

Figura 1 – Totais anuais de precipitação (1937–2023), Rio Claro–SP.



Fonte: Elaboração própria, com base em DAEE (1937–2023).

4.1.2. Análise sazonal do volume total de precipitação pluvial (DJF, MAM, JJA, SON).

Os somatórios sazonais por estação do ano evidenciam volumes máximos de precipitação no verão (DJF) com aproximadamente 659,8 mm/estação e mínimos no inverno (JJA) com 96,1 mm/estação, com valores intermediários na primavera (SON) 336,0 mm e no outono (MAM), com precipitações em torno de 270,1 mm.

Em análise às tendências nos somatórios sazonais a técnica de regressão linear indica que são positivas e fracas (R^2 baixos), com sinal um pouco mais nítido em verão $R^2=0,055$ e outono $R^2= 0,032$ (Figuras 2, 3, 4 e 5).

Os resultados obtidos para Rio Claro (SP) confirmam uma sazonalidade marcada da precipitação, com concentração no verão (DJF) e mínimos no inverno (JJA), além de ampla variabilidade interanual e oscilações em escala decenal. Esse

padrão é coerente com a posição do município na transição subtropical–tropical próxima ao Trópico de Capricórnio (Andrade, 2007), onde interagem sistemas tropicais (convecção, ZCAS) e extratropicais (frentes frias), produzindo um regime pluviométrico naturalmente irregular ao longo do ano.

Os resultados aqui identificados são compatíveis com trabalhos que descrevem a concentração das chuvas no período quente no Sudeste do Brasil (Marengo; Valverde; Obregon, 2013). Essas feições concordam com a bibliografia que trata da forte modulação sazonal das chuvas em ambientes urbanos brasileiros (Mendonça, 2002; Nobre *et al.*, 2009), ainda que, no presente trabalho, o foco tenha sido a caracterização temporal e não a espacialização intraurbana.

Figura 2 – Somatório sazonal de precipitação no verão (DJF) entre 1937 a 2023.

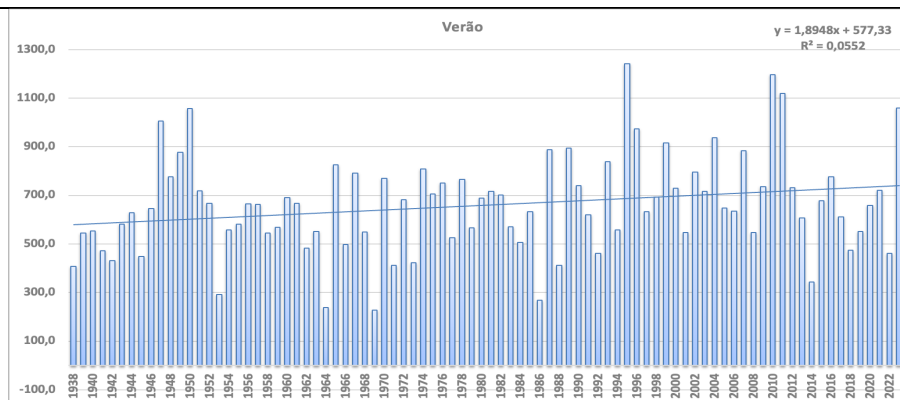


Figura 3 – Somatório sazonal de precipitação no outono (MAM) entre 1937 a 2023.

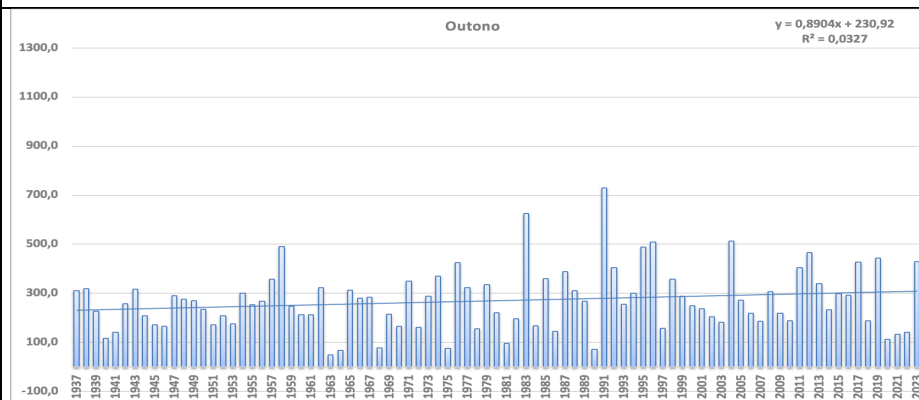


Figura 4 – Somatório sazonal de precipitação no inverno (JJA) entre 1937 a 2023.

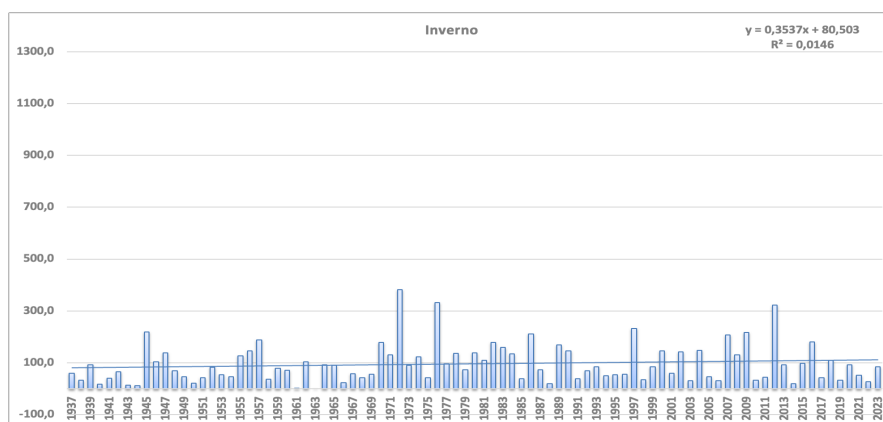
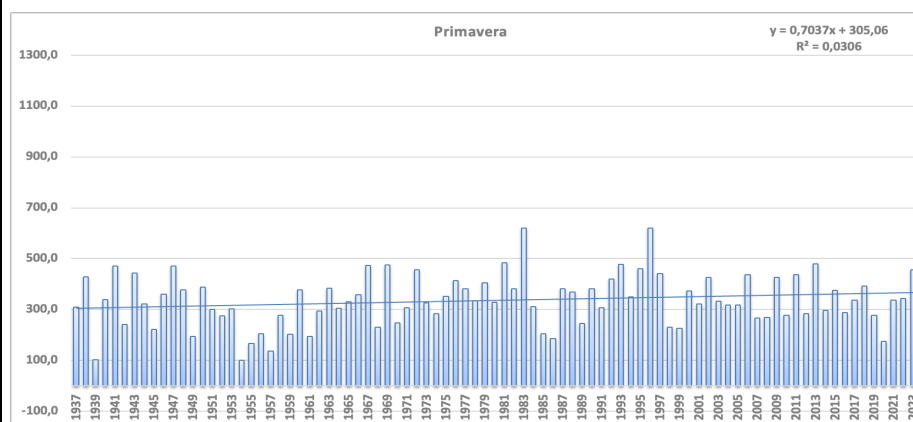


Figura 5 – Somatório sazonal de precipitação na primavera (SON) entre 1937 a 2023.



Fonte: Elaboração própria, com base em DAEE (1937–2023).

4.1.3. Análise mensal do volume total de precipitação pluvial

As séries mensais de precipitação indicam máximos em janeiro (cerca de 246 mm) e fevereiro (cerca de 204 mm) e mínimos em julho e agosto (cerca de 28 mm cada).

As tendências mensais estimadas por regressão linear são positivas e fracas em todos os meses, com valores de inclinação (mm/ano) e R^2 como segue: jan +1,080 mm/ano ($R^2=0,049$), fev+0,405 mm/ano ($R^2=0,012$), mar +0,124 mm/ano ($R^2=0,002$), abr +0,497 mm/ano ($R^2=0,048$), mai +0,269 mm/ano($R^2=0,017$), jun +0,205 mm/ano ($R^2=0,012$), jul +0,034 mm/ano ($R^2<0,001$), ago +0,117 mm/ano ($R^2=0,006$), set+0,258 mm/ano ($R^2=0,013$), out +0,031 mm/ano ($R^2\approx 0,000$), nov +0,313 mm/ano ($R^2=0,018$) e dez +0,207 mm/ano($R^2=0,004$).

Em síntese, os sinais mais nítidos ocorrem no verão e outono, com maiores inclinações em janeiro e abril, enquanto os meses secos (julho e outubro, sobretudo) exibem variações muito pequenas e R^2 próximos de zero, compatíveis com a elevada variabilidade interanual de precipitação (Figuras 6–17).

Figura 6 – Soma mensal de precipitação em janeiro por ano (1937–2023), Rio Claro–SP.

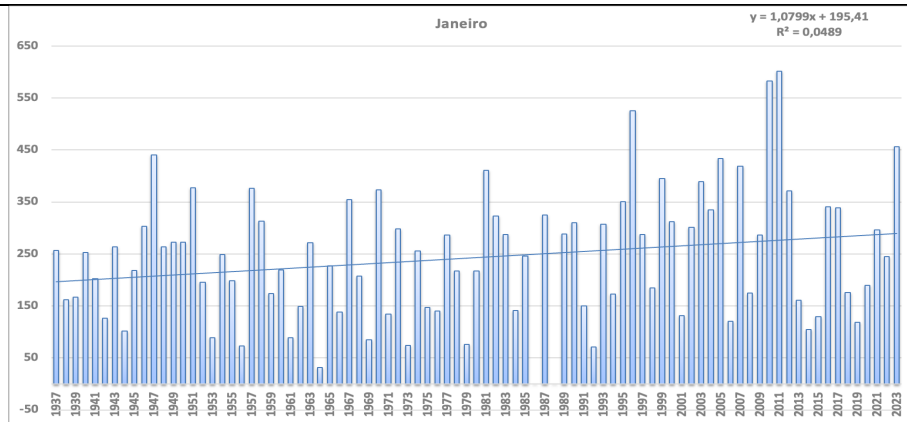


Figura 7 – Soma mensal de precipitação em fevereiro por ano (1937–2023), Rio Claro–SP.

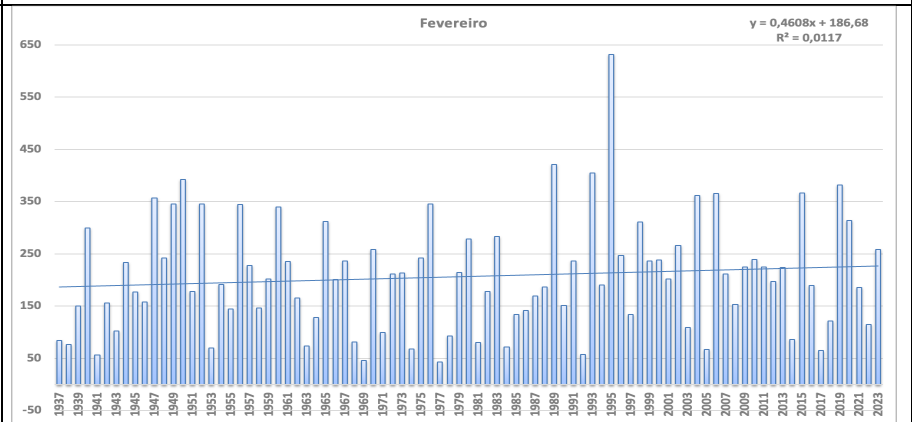


Figura 8 – Soma mensal de precipitação em março por ano (1937–2023), Rio Claro–SP.

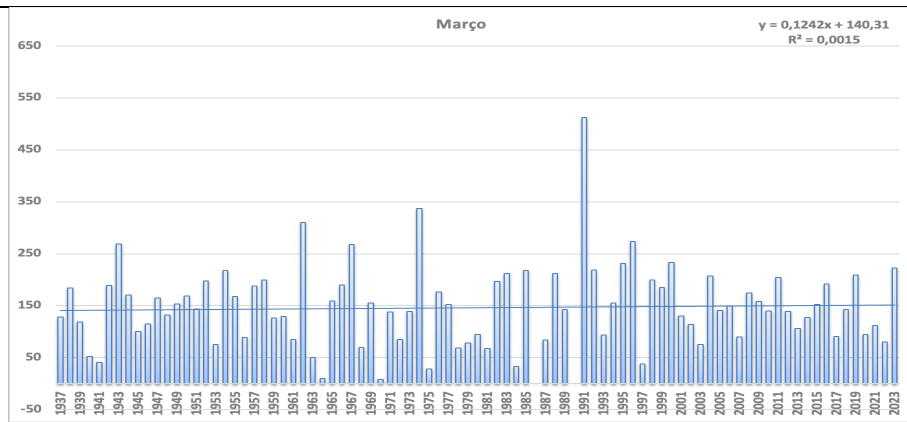


Figura 9 – Soma mensal de precipitação em abril por ano (1937–2023), Rio Claro–SP.

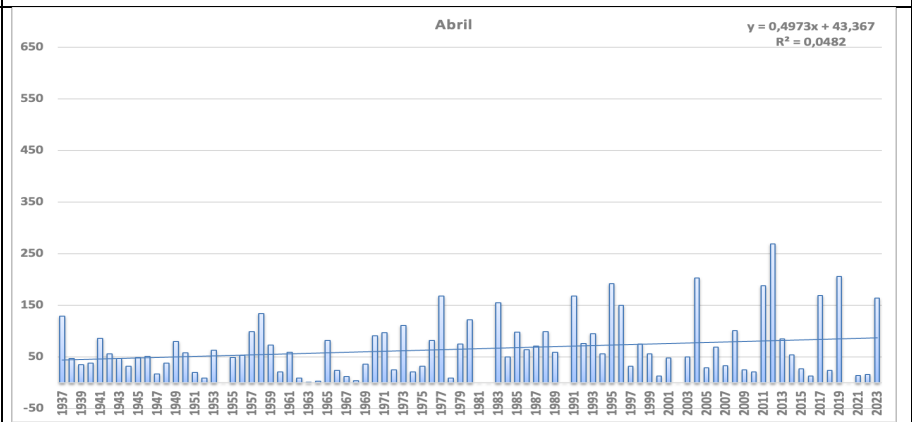


Figura 10 – Soma mensal de precipitação em maio por ano (1937–2023), Rio Claro–SP.

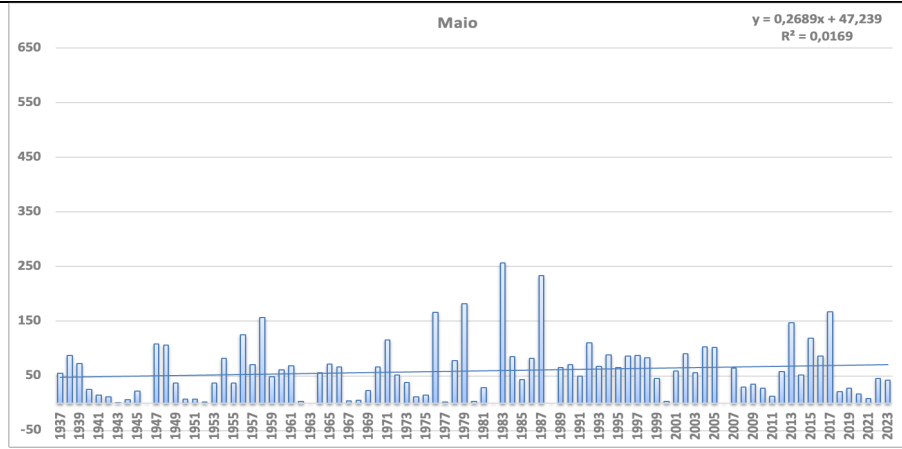


Figura 11 – Soma mensal de precipitação em junho por ano (1937–2023), Rio Claro–SP.

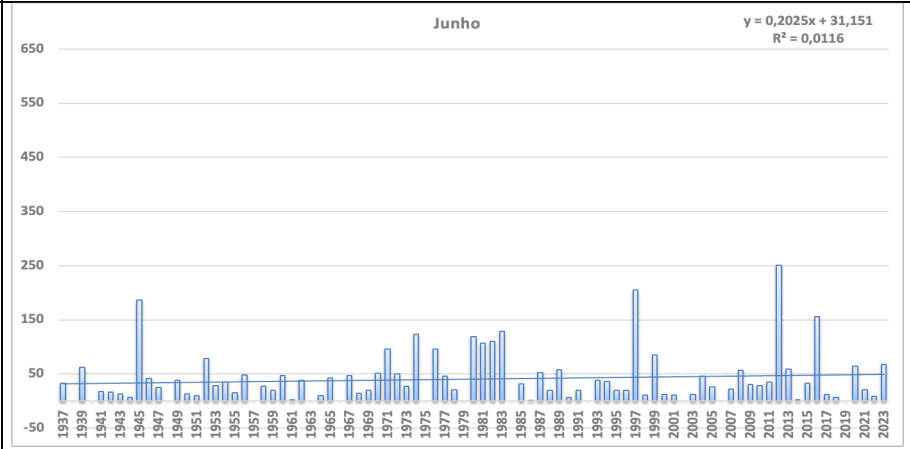


Figura 12 – Soma mensal de precipitação em julho por ano (1937–2023), Rio Claro–SP.

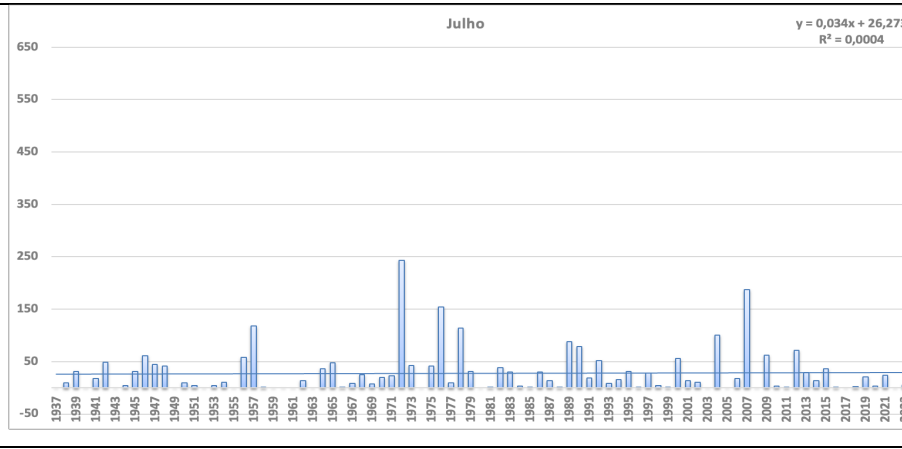


Figura 13 – Soma mensal de precipitação em agosto por ano (1937–2023), Rio Claro–SP.

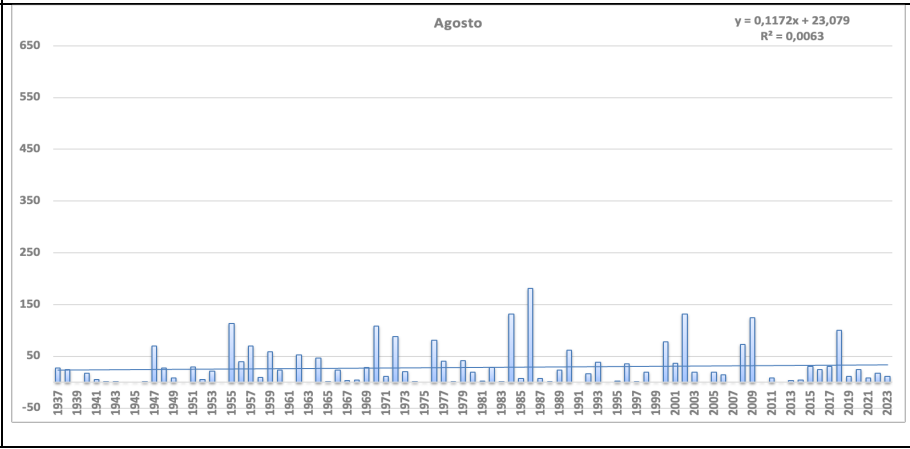


Figura 14 – Soma mensal de precipitação em setembro por ano (1937–2023), Rio Claro–SP.

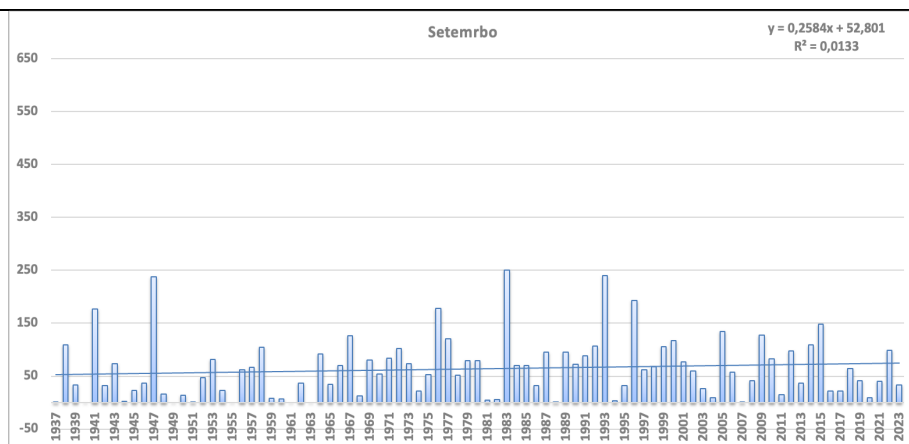


Figura 15 – Soma mensal de precipitação em outubro por ano (1937–2023), Rio Claro–SP.

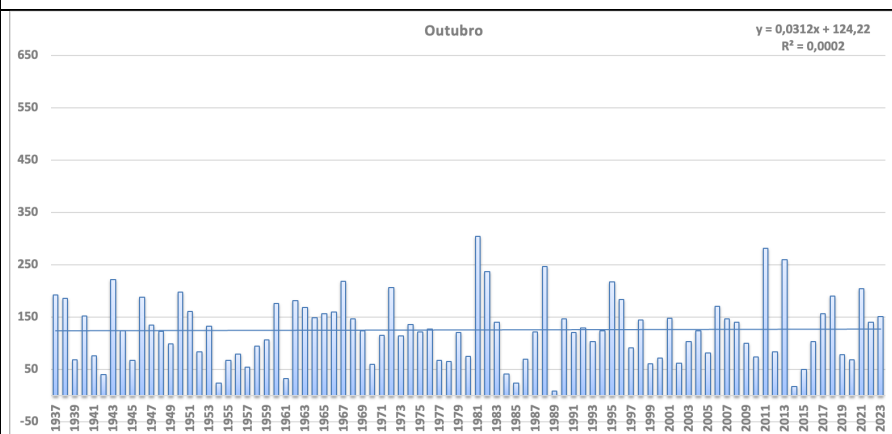


Figura 16 – Soma mensal de precipitação em novembro por ano (1937–2023), Rio Claro–SP.

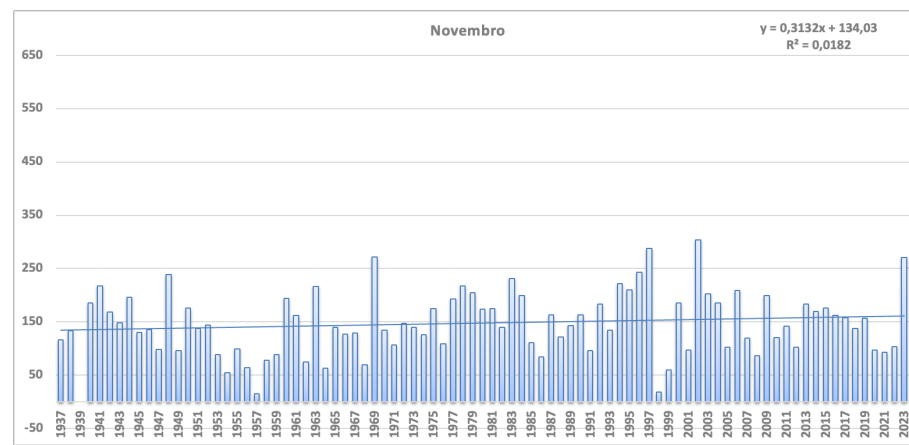
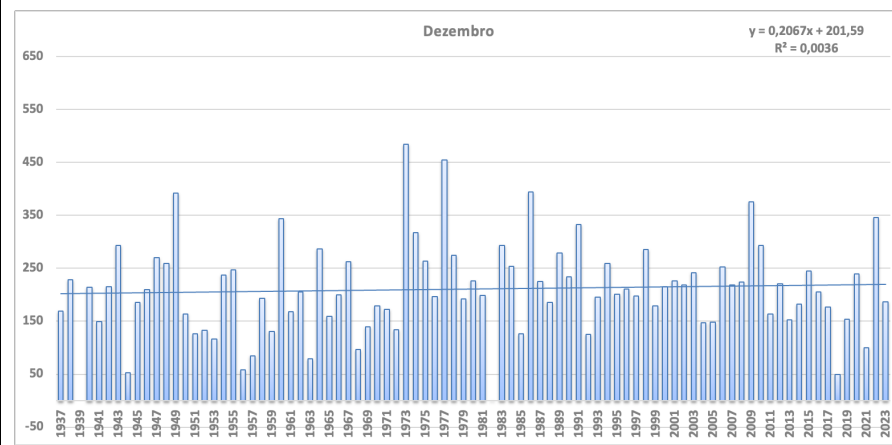


Figura 17 – Soma mensal de precipitação em dezembro por ano (1937–2023), Rio Claro–SP.



Fonte: Elaboração própria, com base em DAEE (1937–2023).

4.1.4. Análise decenal do volume total de precipitação pluvial

Os somatórios decenais dos totais anuais (mm), considerando apenas décadas completas, são: 1940s: 13.203,8; 1950s: 11.943,1; 1960s: 11.535,0 (década com menor volume); 1970s: 14.205,7; 1980s: 13.892,2; 1990s: 15.905,4 (década com maior volume); 2000s: 14.612,9; 2010s: 14.563,5. O comportamento por décadas não é linear: após os mínimos nas décadas de 1950–1960, observam-se elevação até o máximo nos 1990s, seguida de ligeira redução nos 2000s e estabilização em patamar ainda elevado nos 2010s.

A linha de tendência ajustada aos somatórios decenais indica acréscimo médio de +424,6 mm por década, com $R^2 = 0,51$ (Figura 18). A amplitude entre o mínimo nos 1960s e o máximo nos 1990s é de 4.370,4 mm por década, equivalente a ~437 mm/ano, ou 38% de aumento relativo.

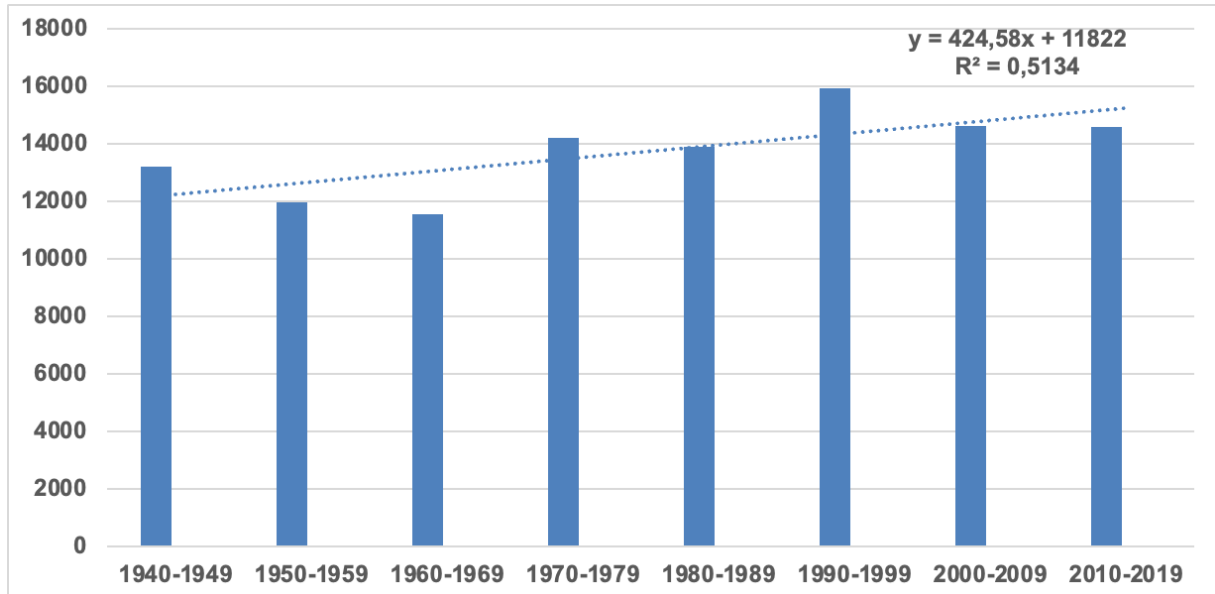
O pico nos 1990s decorre da agregação de anos excepcionalmente chuvosos (1995 e 1996), compatíveis com verões de convecção organizada associados à ZCAS, elevando os totais sazonais no Sudeste (Reboita *et al.*, 2010). Já o mínimo nos 1960s se ajusta a uma fase mais seca na série local. Esse padrão, contudo, não é homogêneo no estado: para o Extremo Oeste Paulista (55 postos DAEE; 1971–1999), Brigatti e Sant’Anna Neto (2003) identificaram concentração das chuvas no verão e redução decenal de aproximadamente 10% nos totais anuais, além de declínio no inverno, evidenciando contrastes regionais dentro de São Paulo. Em escala metropolitana, a literatura também reporta maior ocorrência recente de dias > 50 mm (Marengo; Valverde; Obregon, 2013), o que dialoga com o pico decenal observado em Rio Claro.

Em síntese, Rio Claro apresenta tendência positiva moderada no somatório decenal (+424,6 mm/década; $R^2 = 0,51$), com máximo nos 1990s e mínimo nos 1960s; as diferenças frente a outras áreas do estado reforçam o papel de oscilações de baixa frequência e da ZCAS na modulação espacial do regime pluviométrico (Reboita *et al.*, 2010; Brigatti; Sant’Anna Neto, 2003; Marengo; Valverde; Obregon, 2013).

Embora este trabalho não realize uma análise explícita de teleconexões, é plausível que parte das diferenças entre décadas mais chuvosas e mais secas esteja relacionada à forma como o ENOS modula, ao longo do tempo, a frequência de anos úmidos e secos no Sudeste. Estudos sobre extremos hidrometeorológicos no Brasil indicam que episódios de El Niño e La Niña podem reforçar períodos de maior ou

menor atividade pluviométrica em diferentes regiões do país, inclusive em áreas urbanas do Sudeste, modulando a ocorrência de verões com acumulados elevados de chuva (Marengo, 2009; Pereira *et al.*, 2021).

Figura 18 – Somatório decenal dos totais anuais de precipitação (décadas completas), entre 1940s a 2010s.



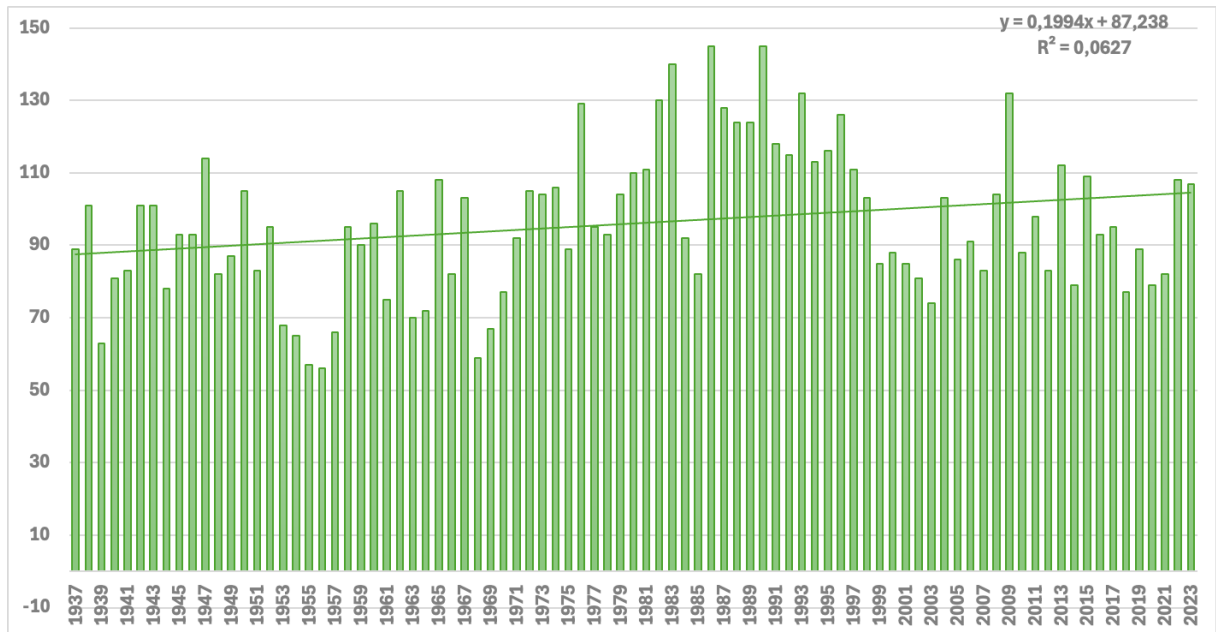
Fonte: Elaboração própria, com base em DAEE (1937–2023).

4.2. Análises temporais sobre o número de dias com chuva (> 0,1 mm) entre os anos de 1937 a 2023.

4.2.1. Análise anual do número de dias com chuvas.

Verificou-se média de aproximadamente 96 dias/ano com chuva (> 0,1 mm), variando entre 56 dias (1956) e 145 dias (1986). A tendência é discreta e positiva (cerca de +1,3 dia por decênio; $R^2 \approx 0,03$), indicando leve aumento na frequência anual (ver Figura 19)

Figura 19 – Dias com chuva por ano (>0,1 mm), 1937–2022.



Fonte: Elaboração própria, com base em DAEE (1937–2023).

4.2.2. Análise sazonal do número de dias com chuva.

Os somatórios sazonais de dias com chuva confirmam maior frequência no verão, com 41,1 dias/estação e menor no inverno, com 9,9 dias/estação. Na primavera e o outono os valores foram intermediários quando observou-se aproximadamente 24,7 dias com chuvas e 20,4 dias, respectivamente.

As tendências são fracas em todas as estações, com incrementos discretos em outono e primavera (ver Figuras 20–23)

Figura 20 – Somatório sazonal de dias com chuva (>0,1 mm) no verão (DJF) por estação-ano, 1937–2022.

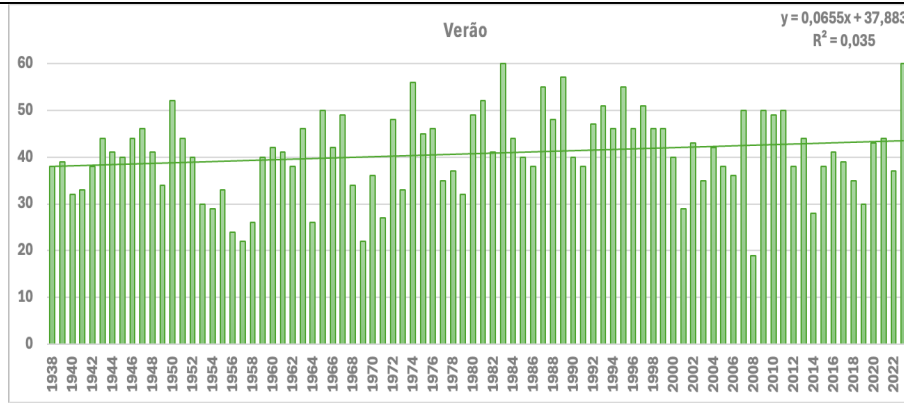


Figura 21 – Somatório sazonal de dias com chuva (>0,1 mm) no outono (MAM), 1937–2022.

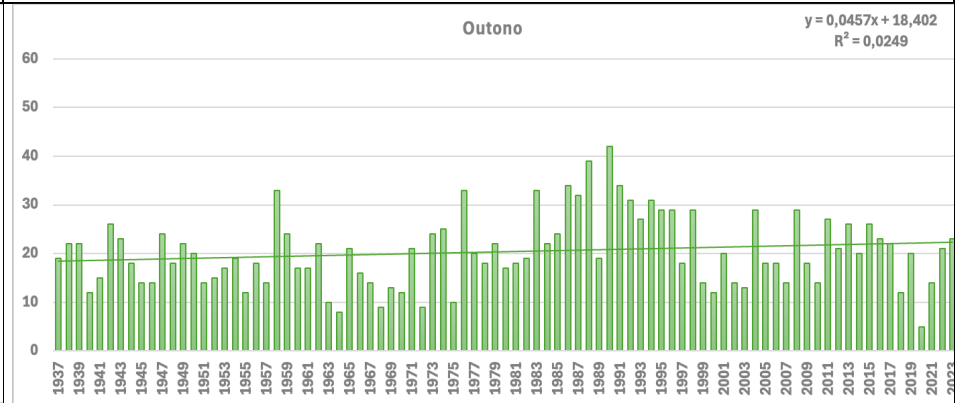


Figura 22 – Somatório sazonal de dias com chuva (>0,1 mm) no inverno (JJA), 1937–2022.

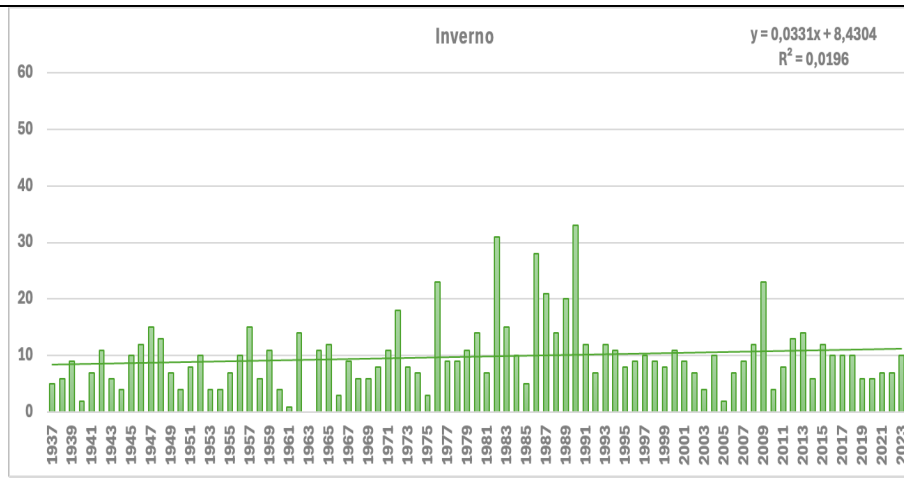
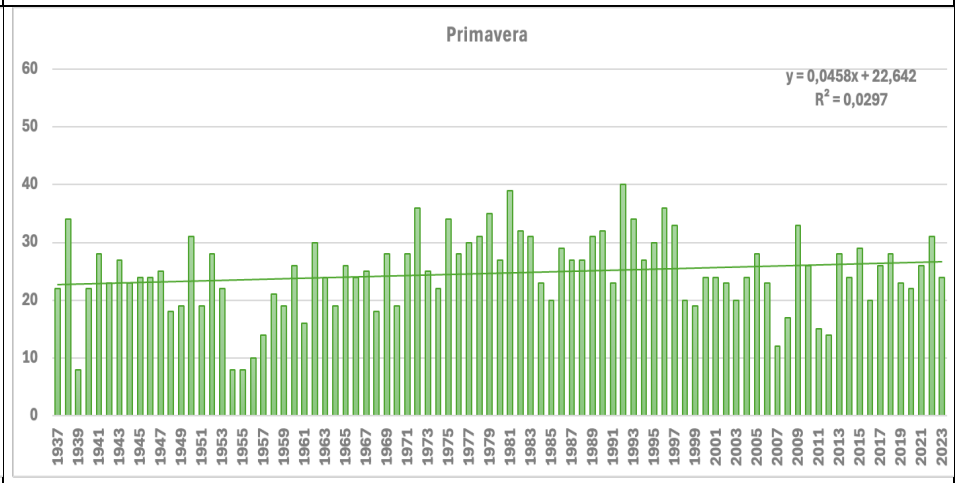


Figura 23 – Somatório sazonal de dias com chuva (>0,1 mm) na primavera (SON), 1937–2022.



Fonte: Elaboração própria, com base em DAEE (1937–2023).

4.2.3. Análise mensal do número de dias com chuva.

A contagem mensal de dias com precipitação (1937–2023) indica sinais positivos em todos os meses, mas com baixo poder explicativo das retas ($R^2 < 0,06$), o que caracteriza incrementos lentos imersos em forte variabilidade interanual e decenal (Figuras 24–35). Em ordem de grandeza, os acréscimos se destacam em janeiro, setembro e dezembro, enquanto nos demais meses permanecem discretos.

Esse comportamento é coerente com a atuação dos sistemas formadores de chuva no interior paulista. No verão, a ZCAS pode persistir por vários dias, elevando a frequência de ocorrência diária de precipitação (Carvalho; Jones; Liebmann, 2004). Fora do período quente, a chuva decorre sobretudo de passagens frontais mais espaçadas, o que reforça tendências fracas e grande dispersão mês a mês (Reboita *et al.*, 2010; Andrade, 2007).

Em janeiro (Figura 24) observa-se o maior ganho relativo do calendário (+0,41 dia por decênio), com picos na transição 1980–1990 e meados dos anos 1990. A leitura é coerente com verões em que a ZCAS se organiza e permanece por vários dias sobre o Sudeste, elevando a frequência de dias chuvosos (Carvalho; Jones; Liebmann, 2004). Em fevereiro (Figura 25) o aumento é discreto (+0,17 dia/decênio) e a dispersão é elevada, refletindo a alternância entre anos com vários episódios e anos com poucos dias de chuva. Março (Figura 26) também apresenta incremento leve(+0,11 dia/decênio), com sequência de anos muito úmidos intercalados por anos secos, o que preserva R^2 baixo.

Nos meses de abril e maio (Figuras 27 e 28) há sinais positivos fracos a moderados (+0,14 e +0,22 dia/decênio, respectivamente). Em maio, algumas janelas temporais sugerem ligeira intensificação do número de dias com chuva, possivelmente associada a maior frequência de passagens frontais no final do outono em parte da série (Andrade, 2007; Reboita *et al.*, 2010).

Em junho (Figura 29) o incremento é pequeno (+0,14 dia/decênio) e, em julho (Figura 30), o menor do conjunto (+0,08 dia/decênio), com muitos anos apresentando apenas alguns dias de chuva. Tal padrão é esperado em meses dominados por sistemas extratropicais e pela influência anticiclônica subtropical, que limitam a recorrência de dias com precipitação (Reboita *et al.*, 2010).

Em agosto (Figura 31) persiste aumento modesto (+0,12 dia/decênio), com séries curtas de dias chuvosos e episódios *pontuais* mais ativos. Já setembro (Figura

32) se destaca como mês de maior aceleração fora do verão (+0,30 dia/decênio), sugerindo início mais frequente de sequências de dias chuvosos na parte final da série, comportamento coerente com a maior probabilidade de organização de convecção e de corredores de umidade que antecedem a estação chuvosa principal no Sudeste (Reboita *et al.*, 2010).

Em outubro (Figura 33) a tendência é mínima (+0,07 dia/decênio) e a heterogeneidade entre anos é máxima, refletindo a natureza de mês de transição, quando a instalação do regime mais úmido pode ocorrer cedo ou tardiamente. Novembro (Figura 34) volta a indicar incremento discreto (+0,17 dia/decênio), com mais anos apresentando frequências mensais elevadas nas últimas décadas. Por fim, dezembro (Figura 35) exibe sinal positivo relevante (+0,26 dia/decênio) e vários episódios com > 15–20 dias chuvosos no mês, resultado compatível com verões em que a ZCAS permanece ativa por vários dias sobre o interior paulista (Carvalho; Jones; Liebmann, 2004; Andrade, 2007).

Em síntese, a análise mensal do número de dias com chuva confirma tendência positiva fraca ao longo de 1937–2023, com realce em janeiro, setembro e dezembro. Os R^2 baixos deixam evidente que a dinâmica mensal é dominada por variabilidade interanual e decenal e por forçantes sinóticas/intra-sazonais (persistência da ZCAS e passagem de frentes), mais do que por um crescimento linear robusto. Interpretações condizentes com a climatologia regional documentada para o estado de São Paulo e o Sudeste brasileiro (Reboita *et al.*, 2010; Andrade, 2007; Carvalho; Jones; Liebmann, 2004).

Figura 24 - Soma mensal de dias com chuva (>0,1 mm) em janeiro/por ano (1937–2022), Rio Claro–SP.

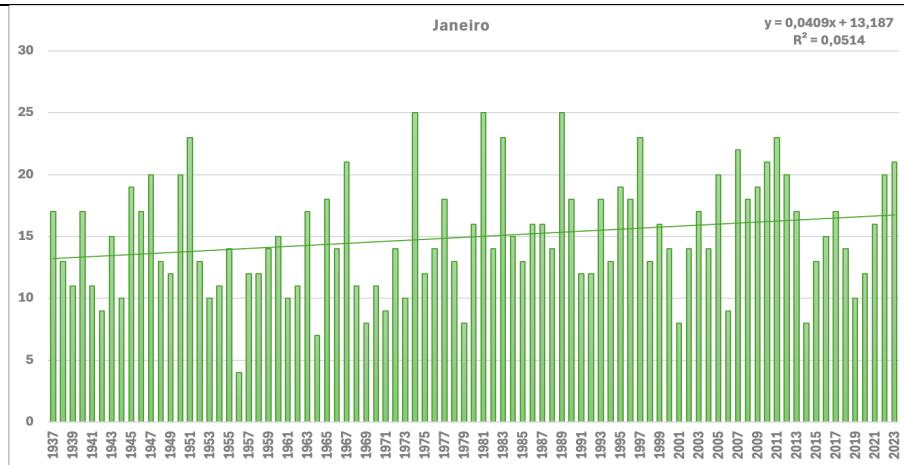


Figura 25 - Soma mensal de dias com chuva (>0,1 mm) em fevereiro/por ano (1937–2022), Rio Claro–SP.

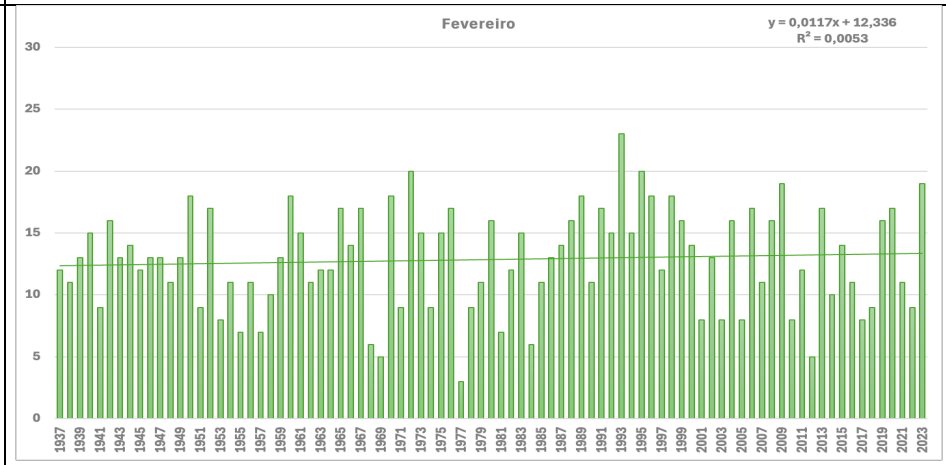


Figura 26 - Soma mensal de dias com chuva (>0,1 mm) em março/por ano (1937–2022), Rio Claro–SP.

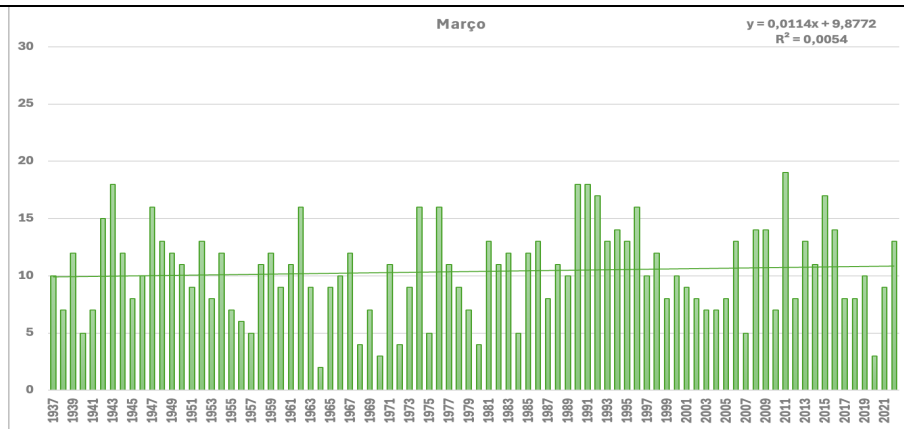


Figura 27 - Soma mensal de dias com chuva (>0,1 mm) em abril/por ano (1937–2022), Rio Claro–SP.

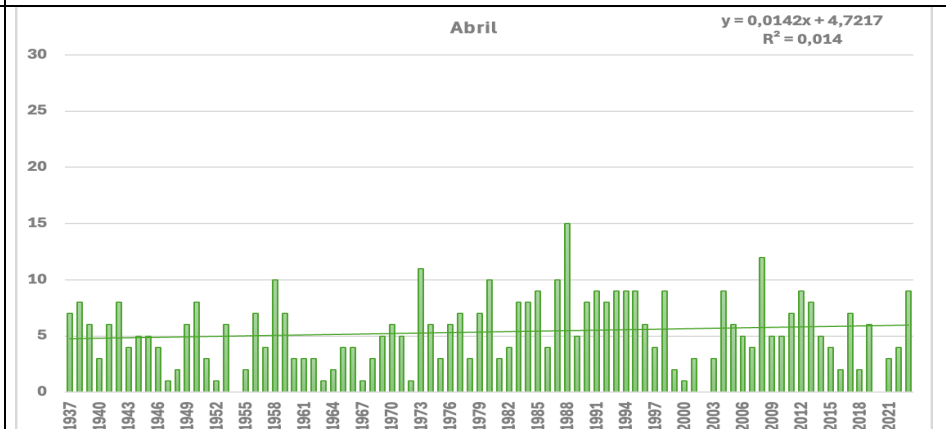


Figura 28 - Soma mensal de dias com chuva (>0,1 mm) em maio/ por ano (1937–2022), Rio Claro–SP.

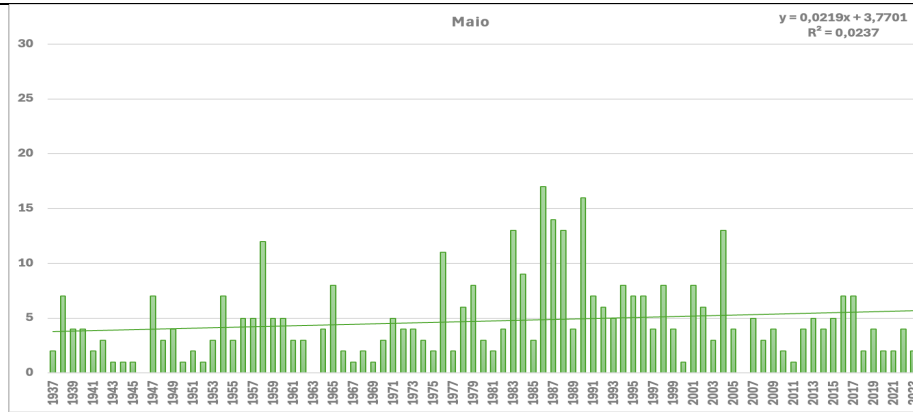


Figura 29 - Soma mensal de dias com chuva (>0,1 mm) em junho/ por ano (1937–2022), Rio Claro–SP.

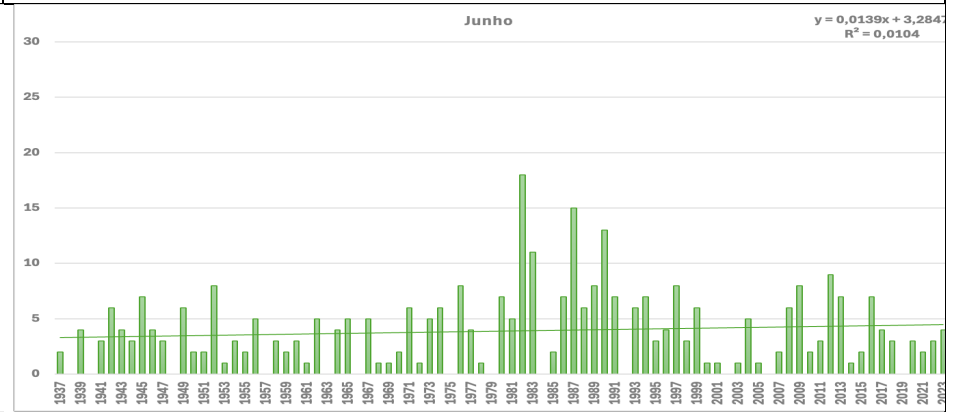


Figura 30 - Soma mensal de dias com chuva (>0,1 mm) em julho/ por ano (1937–2022), Rio Claro–SP.

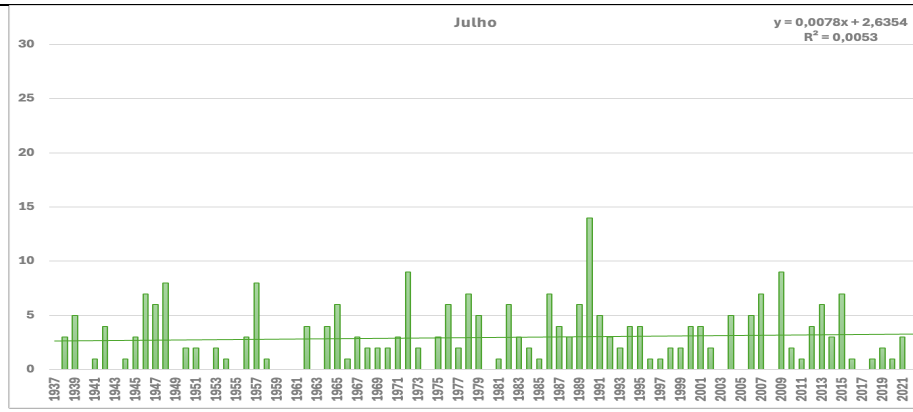


Figura 31 - Soma mensal de dias com chuva (>0,1 mm) em agosto/ por ano (1937–2022), Rio Claro–SP.

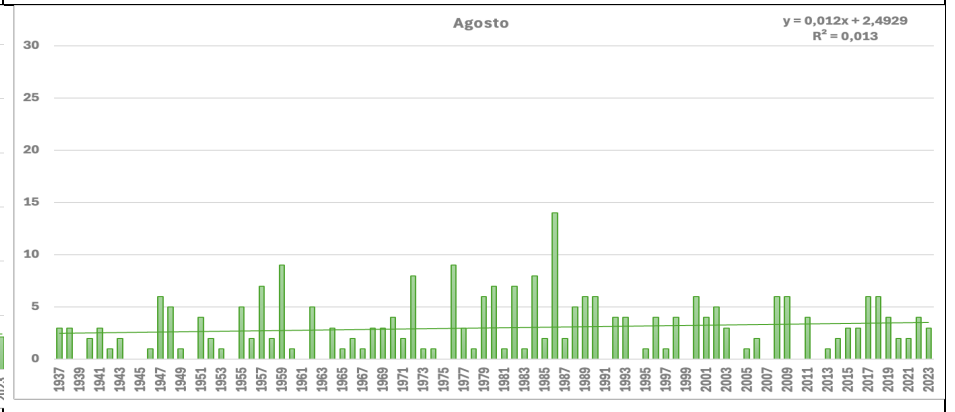


Figura 32 - Soma mensal de dias com chuva (>0,1 mm) em setembro/por ano (1937–2022), Rio Claro–SP.

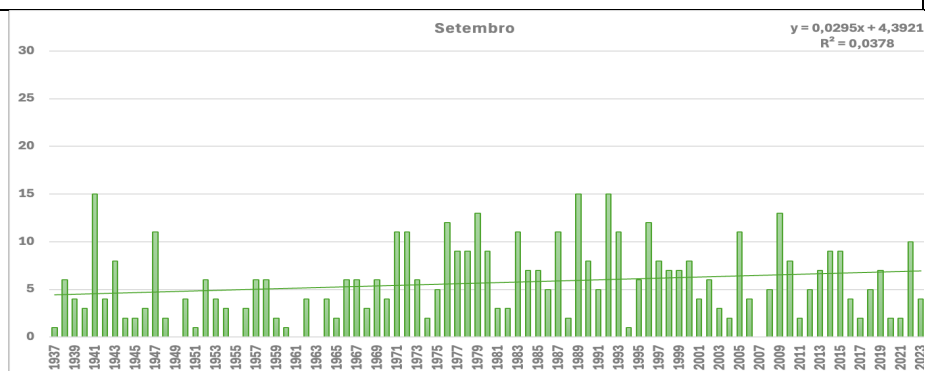


Figura 33 - Soma mensal de dias com chuva (>0,1 mm) em outubro/por ano (1937–2022), Rio Claro–SP.

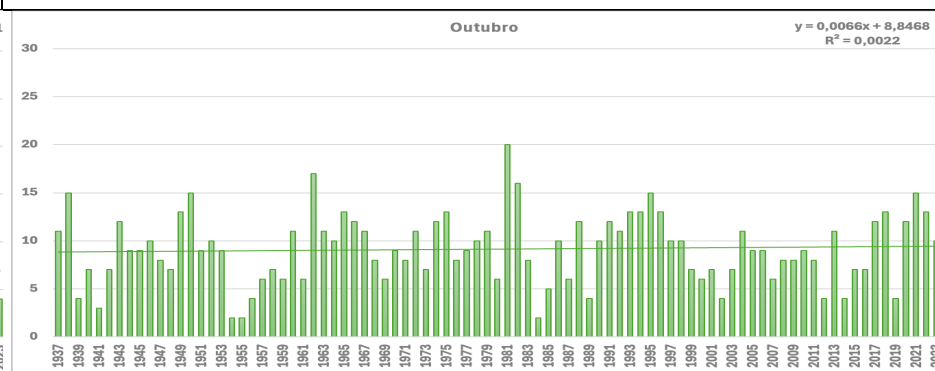


Figura 34 - Soma mensal de dias com chuva (>0,1 mm) em novembro/por ano (1937–2022), Rio Claro–SP.

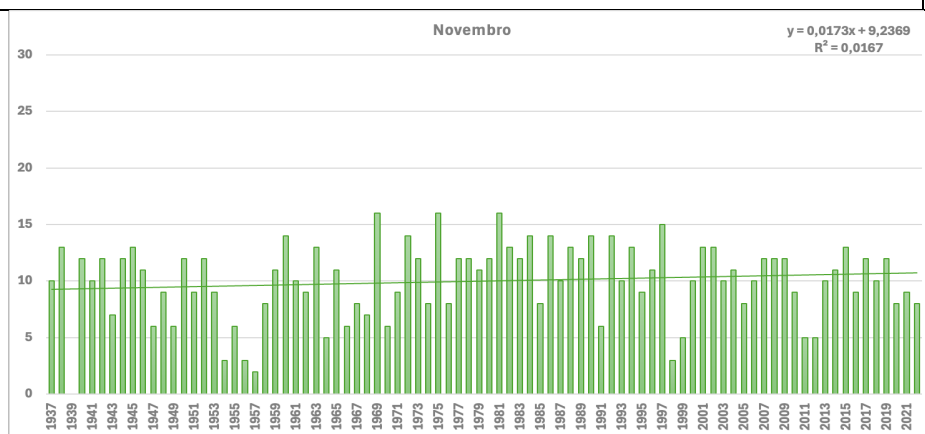
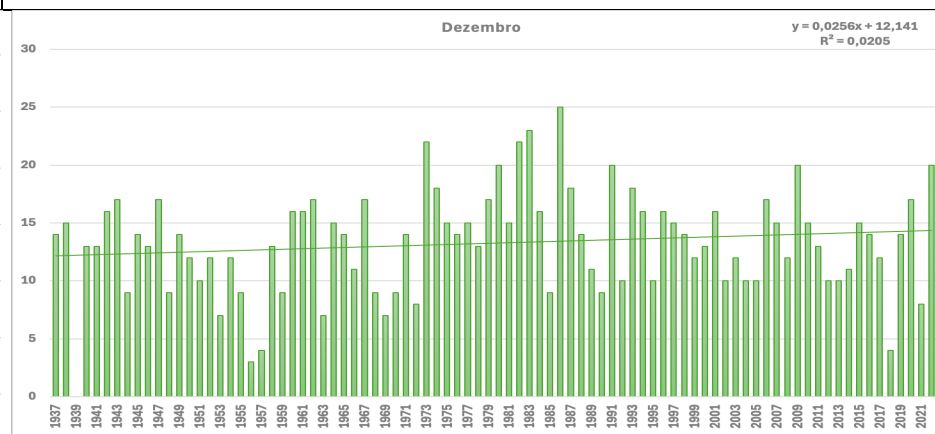


Figura 35 - Soma mensal de dias com chuva (>0,1 mm) em dezembro/por ano (1937–2022), Rio Claro–SP.



Fonte: Elaboração própria, com base em DAEE (1937–2023).

4.2.4. Análise decenal do número de dias com chuva.

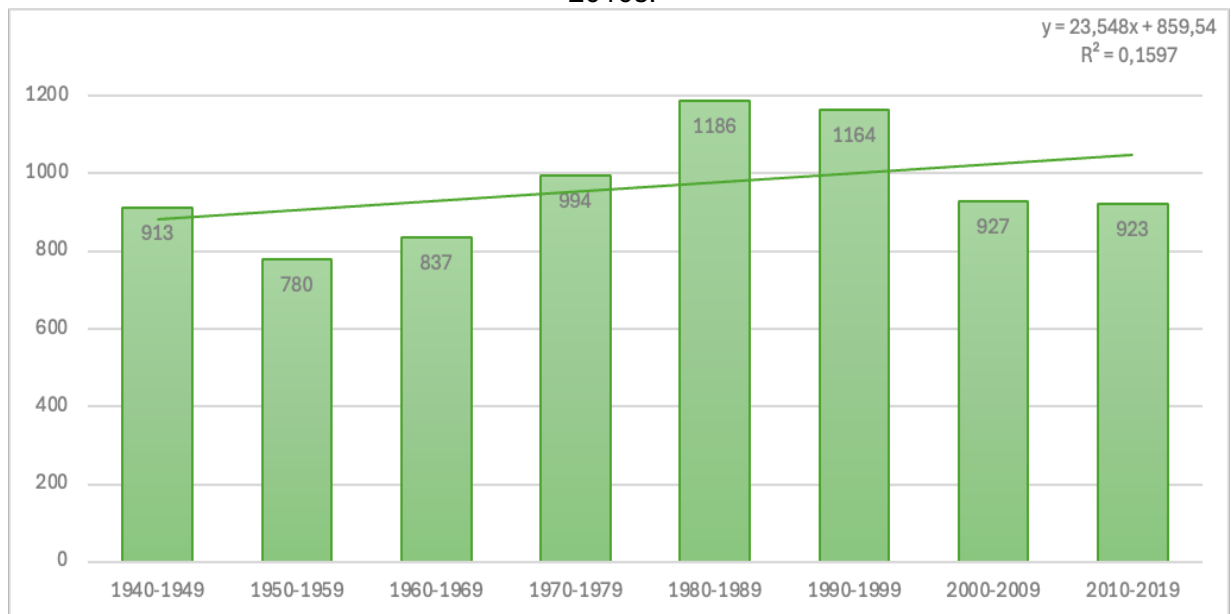
Somando os dias com chuva (> 0,1 mm) em cada década (décadas completas), obtêm-se os seguintes resultados: 1940s: 913 dias com chuva; 1950s: 780 dias com chuva – valor mínimo entre os anos analisados; 1960s: 837 dias com chuva; 1970s: 994 dias com chuva; 1980s: 1.186 dias com chuva - valor máximo entre os anos analisados; 1990s: 1.164 dias com chuva; 2000s: 927 dias com chuva; 2010s: 923 dias com chuva.

Observa-se mínimo na década de 1950 e elevação seguinte até o patamar alto nos anos de 1980s e 1990s, com 1168 e 1164 número de dias com chuva. Nas décadas seguintes verifica-se que houve uma queda no número de dias com chuvas nos anos 2000, com 927 número de dias com chuva seguido de estabilidade nos 2010s, com 923 número de dias com chuvas.

Ainda para esta análise verifica-se que a amplitude entre as décadas com valores mínimos e máximos do número de dias com chuvas é de 406 dias por decênio (aproximadamente 40,6 dias/ano).

A regressão linear sobre os somatórios decenais indica inclinação de cerca de +23,5 dias desde o início da série, com R^2 de 0,1597, sinal fraco a moderado diante da variabilidade (Figura 36).

Figura 36 – Somatório decenal de dias com chuva (>0,1 mm), décadas completas 1940s–2010s.



Fonte: Elaboração própria, com base em DAEE (1937–2023).

4.3. Análise temporal sobre o número de dias com eventos extremos de chuva

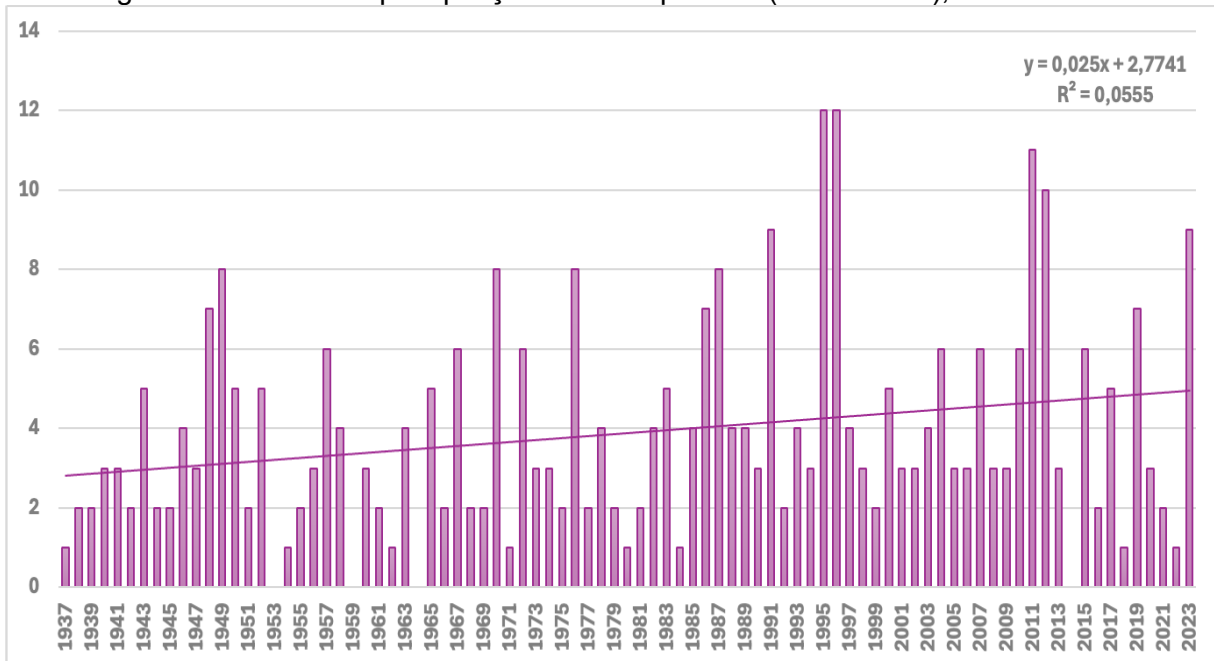
4.3.1. Análise anual do número de dias com eventos extremos de chuva

Adotando o limiar de ≥ 50 mm/24 h para caracterizar dia extremo, a série anual (1937–2023) indica média de 3,87 dias/ano, com amplitude de 0 a 12 dias/ano (Figura 37). O recorde anual ocorreu em 1996, com 12 dias extremos; em 1995 o total também atingiu 12 dias, configurando um biênio excepcionalmente ativo. Em contraposição, vários anos ao longo da série registraram 0–1 dia nesse patamar, evidenciando forte variabilidade interanual.

A regressão linear ajustada à série anual aponta tendência positiva fraca no número de dias extremos, da ordem de +0,25 dia por decênio (inclinação 0,025 dia por ano), com baixo poder explicativo ($R^2 = 0,0555$). Em outras palavras, há sinal de aumento, mas a série é dominada por oscilações interanuais e decenais. Os picos de meados dos anos 1990 e episódios mais recentes contribuem para a inclinação, sem configurar crescimento linear robusto.

Esse comportamento é coerente com a climatologia regional: no Sudeste, extremos diários estão frequentemente associados à persistência de convecção organizada e à atuação de corredores de umidade em verões com ZCAS bem definida, além de passagens frontais intensas em outros períodos do ano (Andrade, 2007; Carvalho; Jones; Liebmann, 2004; Reboita *et al.*, 2010). Em escala regional, estudos apontam sinais de aumento de eventos de precipitação intensa (por exemplo, para a RMSP; Marengo; Valverde; Obregon, 2013) e maior recorrência de episódios de alto impacto em áreas urbanas (Goudard, 2019). No caso de Rio Claro, entretanto, a inclinação anual é discreta, o que reforça a necessidade de leituras multiescalares (mensal/sazonal) e de ênfase na variabilidade como traço dominante do regime local.

Figura 37 – Dias com precipitação extrema por ano (>50 mm/dia), 1937 a 2023.



Fonte: Elaboração própria, com base em DAEE (1937–2023).

4.3.2. Análise sazonal do número de dias com eventos extremos de chuva (superiores a 50mm/dia)

Somando os dias com precipitação ≥ 50 mm por estação-ano no período 1937–2023, obtêm-se os seguintes totais sazonais: verão (DJF) = 185 dias, outono (MAM) = 71 dias, inverno (JJA) = 18 dias e primavera (SON) = 62 dias. Esses valores correspondem, respectivamente, a 55,1%, 21,1%, 5,4% e 18,5% do total de 336 eventos identificados na série. O resultado confirma a concentração dos extremos no período quente, com contribuição secundária no outono.

Essa distribuição é coerente com a climatologia regional: no verão, a atuação e a persistência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e de sistemas convectivos organizados favorecem sequências de dias com chuva volumosa (Carvalho; Jones; Liebmann, 2004). No outono, a manutenção de frentes frias e a transição para o período seco ainda permitem episódios intensos, embora menos frequentes (Reboita *et al.*, 2010; Andrade, 2007). Já no inverno, o predomínio de condições mais estáveis e ar mais seco limita a ocorrência de acumulados diários acima de 50 mm (Andrade, 2007).

As tendências estimadas nas séries sazonais indicam elevação fraca do número de dias extremos, com inclinações pequenas e baixo poder explicativo: DJF ($R^2 = 0,026$), MAM ($R^2 = 0,031$), JJA ($R^2 = 0,007$) e SON ($R^2 = 0,006$) — ver Figuras

38 a 41. Em síntese, há sinal positivo, mas a variabilidade interanual e decenal domina a série, especialmente no verão.

Figura 38 – Somatório sazonal de extremos de chuva (>50 mm/dia) no verão (DJF) por estação-ano, 1937–2022.

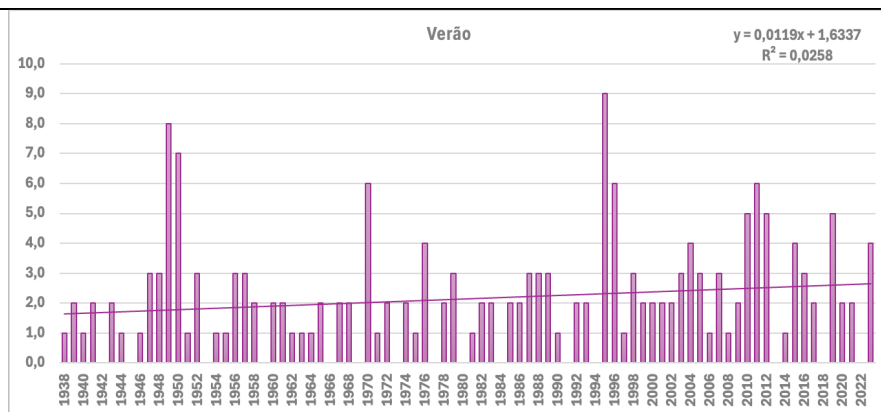


Figura 39 – Somatório sazonal de extremos de chuva (>50 mm/dia) no outono (MAM), 1937–2022.

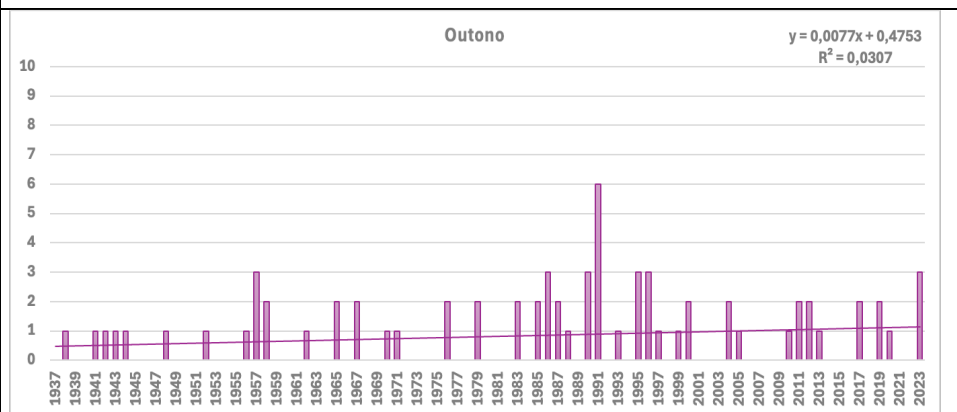


Figura 40 – Somatório sazonal de extremos de chuva (>50 mm/dia) no inverno (JJA), 1937–2022.

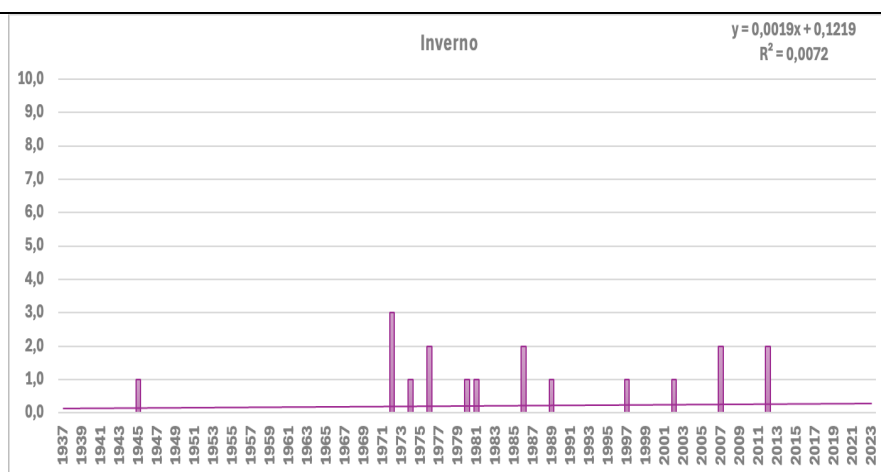
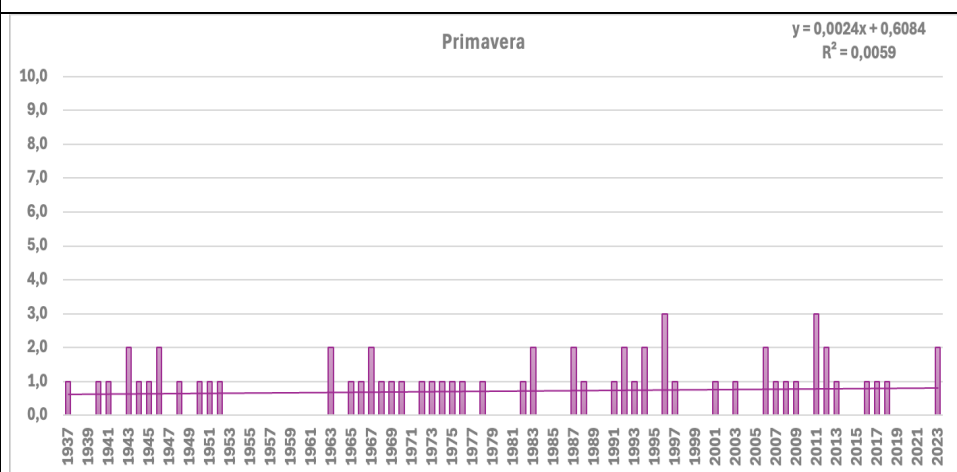


Figura 41 – Somatório sazonal de extremos de chuva (>50 mm/dia) na primavera (SON), 1937–2022.



Fonte: Elaboração própria, com base em DAEE (1937–2023).

4.3.3. Análise mensal do número de dias com eventos extremos de chuva (superiores a 50 mm/dia)

A leitura conjunta das Figuras 42 a 53 mostra que a distribuição mensal dos dias com precipitação extrema é marcadamente assimétrica no calendário. Os maiores somatórios concentram-se em janeiro, seguidos por fevereiro e março. Novembro e dezembro, que marcam o início da estação chuvosa, apresentam contribuições intermediárias. Abril e outubro caracterizam meses de transição, com menores somatórios e alta variabilidade entre anos. De junho a agosto, a ocorrência é residual e em setembro não há uma ocorrência. As retas de tendência mensais exibem coeficientes de determinação baixos, o que indica incrementos muito lentos imersos em forte variabilidade interanual ao longo de toda a série 1937–2023 (Figuras 42–53).

Esse comportamento é coerente com os mecanismos atmosféricos que organizam a chuva intensa no Sudeste brasileiro. No verão, a atuação recorrente da Zona de Convergência do Atlântico Sul sustenta convecção por vários dias e eleva a probabilidade de episódios acima de 50 mm em curto intervalo de tempo (Carvalho; Jones; Liebmann, 2004). Fora do pico estival, a contribuição de frentes frias e do contraste entre as massas Tropical Atlântica e Polar Atlântica tende a produzir eventos mais espaçados e, em geral, menos volumosos sobre o interior paulista, o que se reflete nos baixos totais mensais de extremos no outono e no inverno (Andrade, 2007). Resultados urbanos no Sudeste também apontam reduzida recorrência de extremos no período frio, reforçando a forte sazonalidade dos eventos mais intensos (Alves; Fialho, 2011).

A alternância de verões com picos e anos com pouca ocorrência, observada em praticamente todos os meses, evidencia a natureza episódica da organização convectiva e as modulações interanuais e decenais do regime pluviométrico. Por isso, a interpretação privilegia métricas descritivas transparentes e comparáveis ao longo do tempo, em linha com recomendações metodológicas da literatura nacional para séries extensas de precipitação, que combinam análise de frequências, percentis e tendências simples para comunicar sinais fracos em meio à alta variabilidade (Britto; Barletta; Mendonça, 2006; Fante, 2014; Santos; Santos; Lima, 2018).

Figura 42- Soma mensal de dias com chuva superiores a 50 mm em janeiro (1937–2023), Rio Claro–SP.

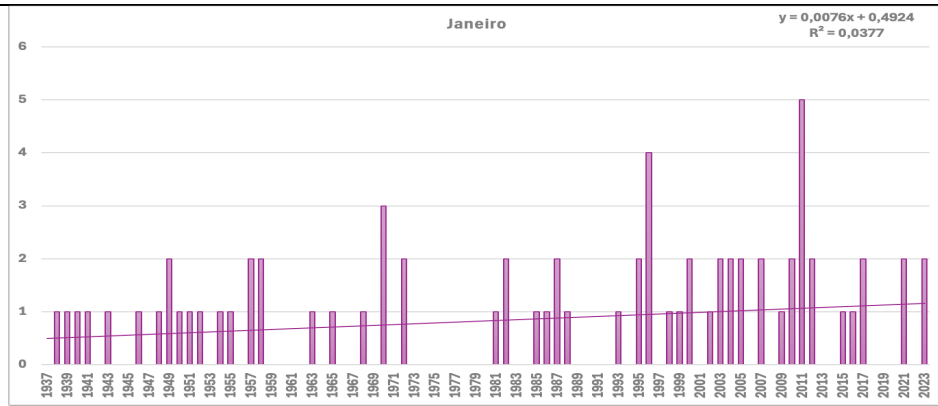


Figura 43 - Soma mensal de dias com chuva superiores a 50 mm em fevereiro (1937–2023), Rio Claro–SP.

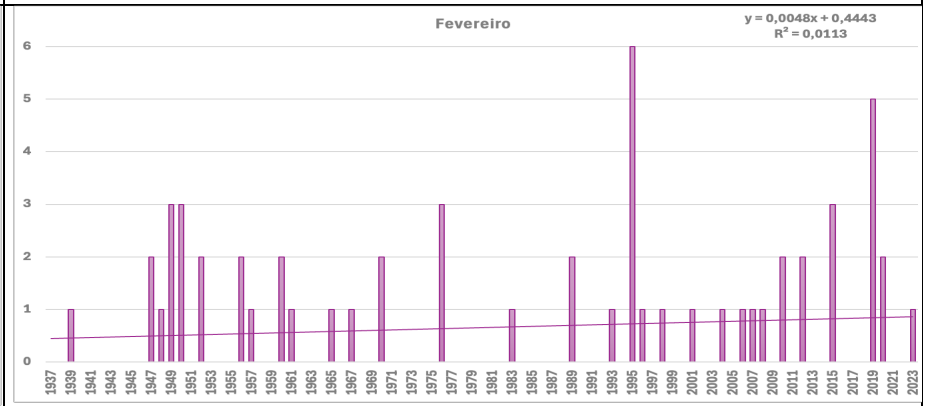


Figura 44 - Soma mensal de dias com chuva superiores a 50 mm em março (1937–2023), Rio Claro–SP.

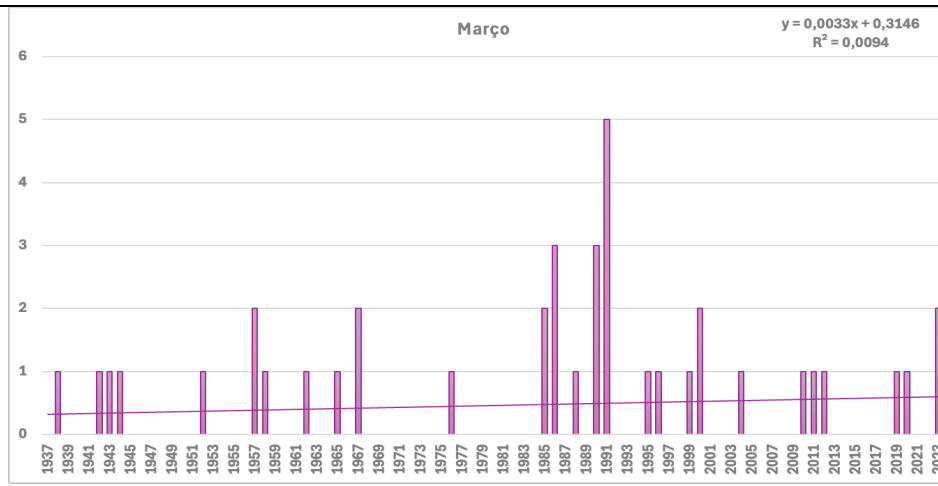


Figura 45 - Soma mensal de dias com chuva superiores a 50 mm em abril (1937–2023), Rio Claro–SP.

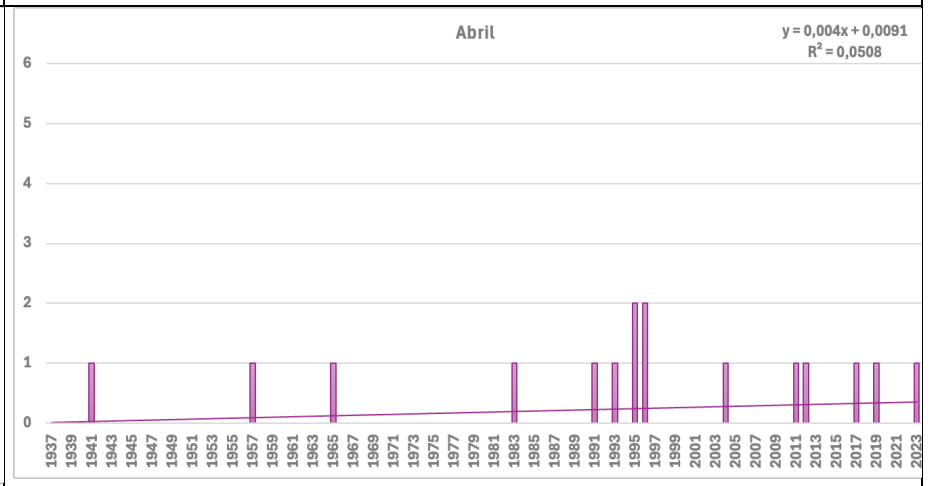


Figura 46 - Soma mensal de dias com chuva superiores a 50 mm em maio (1937–2023), Rio Claro–SP.



Figura 47 - Soma mensal de dias com chuva superiores a 50 mm em junho (1937–2023), Rio Claro–SP.

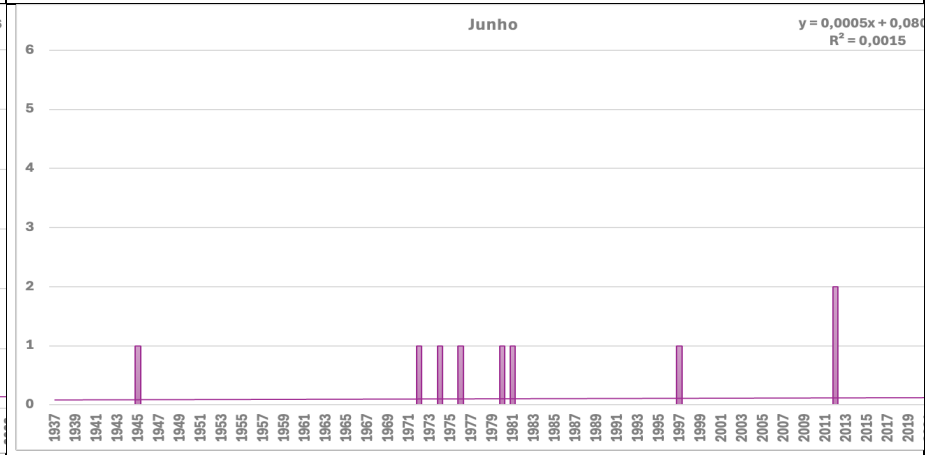


Figura 48 - Soma mensal de dias com chuva superiores a 50 mm em julho (1937–2023), Rio Claro–SP.



Figura 49 - Soma mensal de dias com chuva superiores a 50 mm em agosto (1937–2023), Rio Claro–SP.

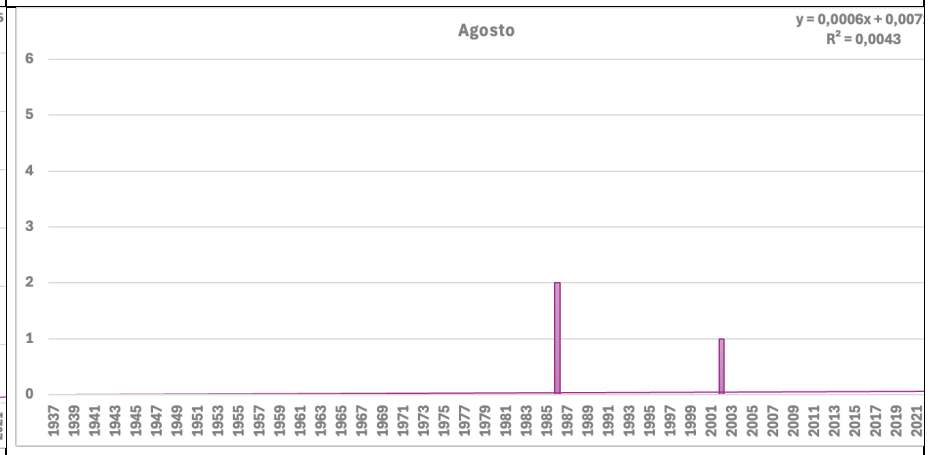


Figura 50 - Soma mensal de dias com chuva superiores a 50 mm em setembro (1937–2023), Rio Claro–SP.

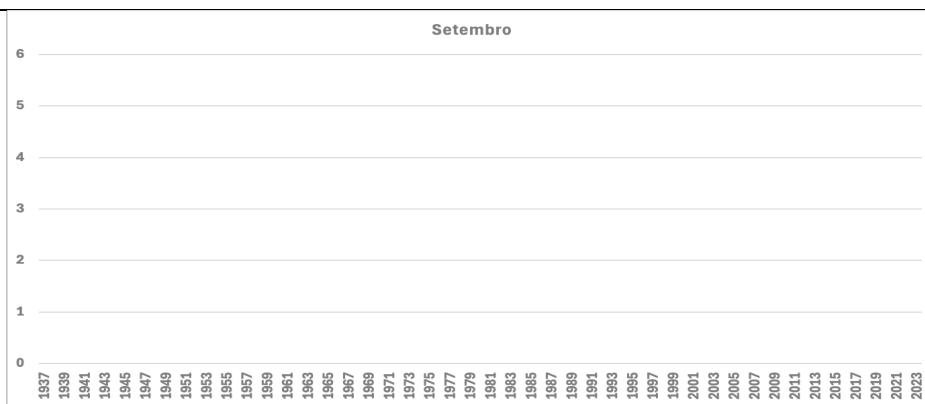


Figura 51 - Soma mensal de dias com chuva superiores a 50 mm em outubro (1937–2023), Rio Claro–SP.

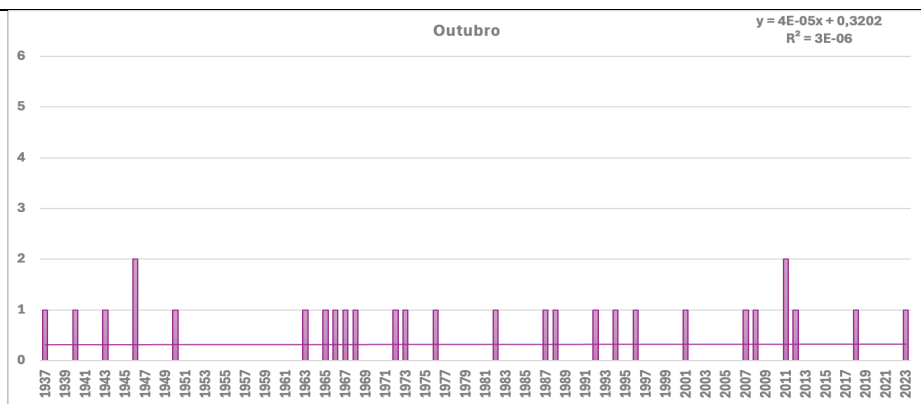


Figura 52 - Soma mensal de dias com chuva superiores a 50 mm em novembro (1937–2023), Rio Claro–SP.

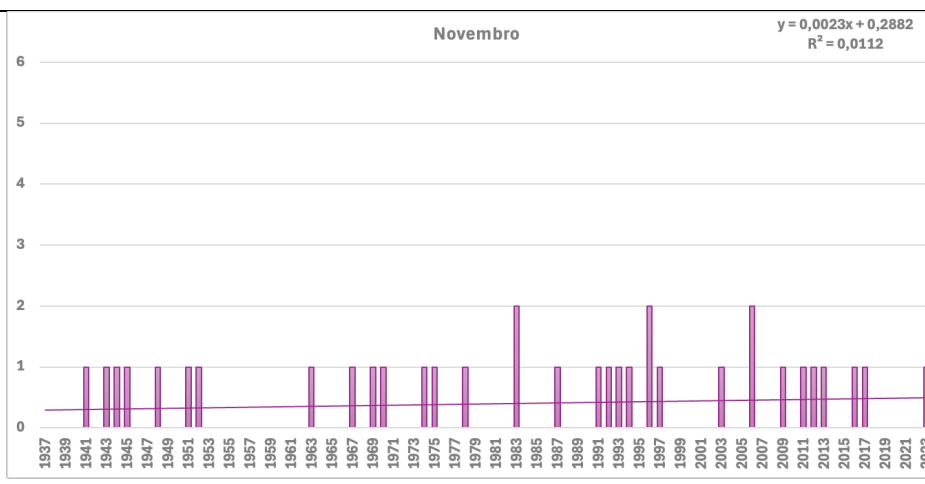
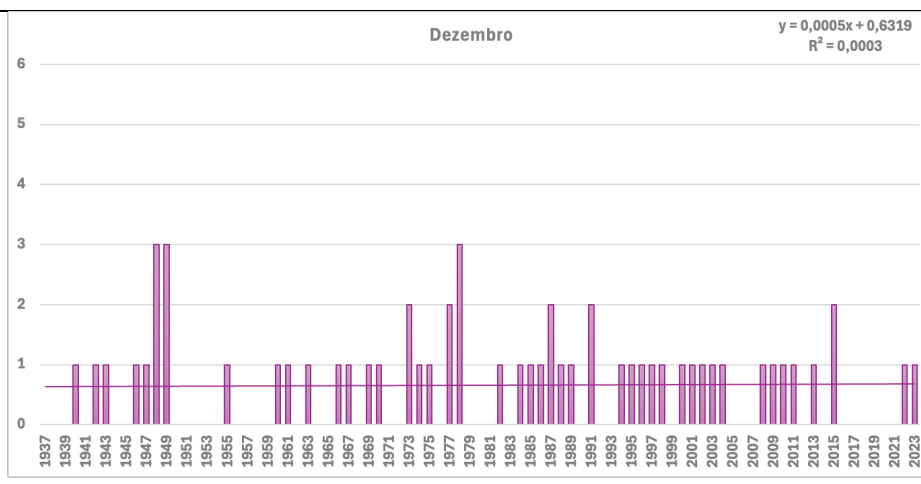


Figura 53 - Soma mensal de dias com chuva superiores a 50 mm em dezembro (1937–2023), Rio Claro–SP.



Fonte: Elaboração própria, com base em DAEE (1937–2023).

4.3.4. Análise decenal do número de dias com eventos extremos de chuva (superiores a 50 mm/dia)

Os somatórios por década (apenas décadas completas) mostram comportamento não linear no número de dias com precipitação extrema em Rio Claro: 1940s = 39 eventos; 1950s = 28; 1960s = 27 (mínimo); 1970s = 39; 1980s = 40; 1990s = 54 (máximo); 2000s = 39; 2010s = 51. A regressão linear ajustada aos totais decenais indica acréscimo médio de cerca de 2,63 dias por década ($R^2 = 0,46$), sinalizando tendência positiva moderada sobreposta a uma variabilidade multidecenal expressiva (Figura 54).

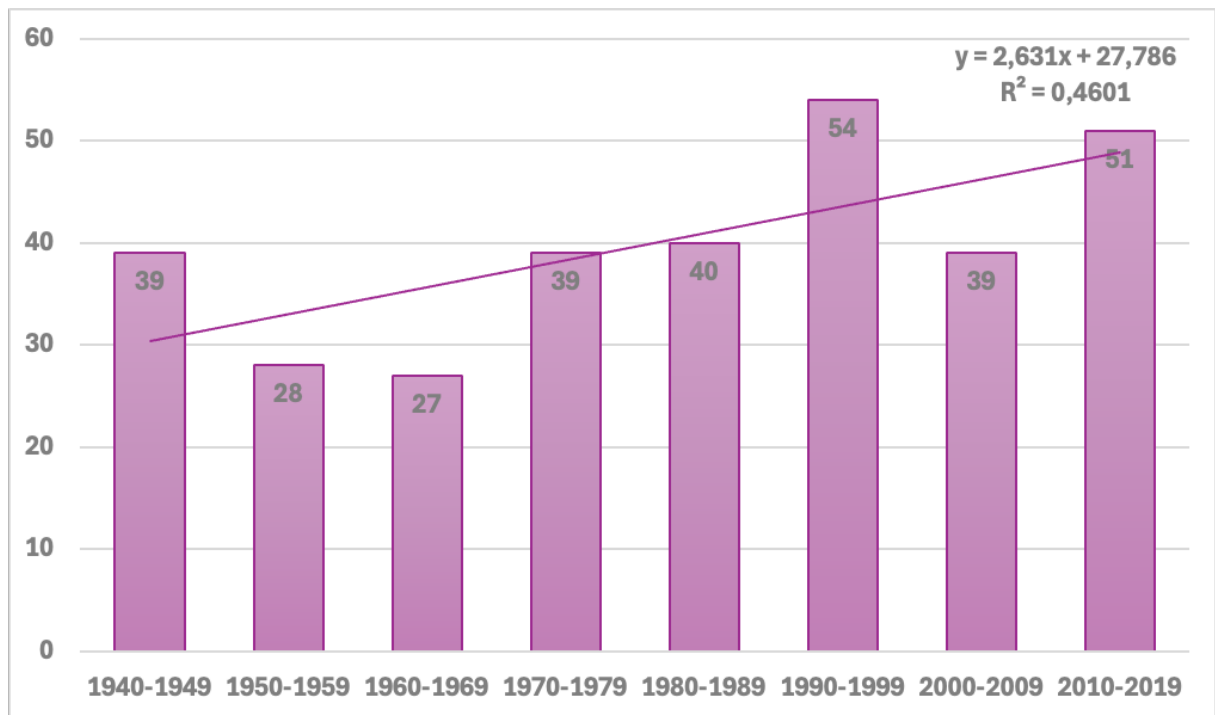
Entre o mínimo dos anos 1960 (27 eventos) e o pico dos anos 1990 (54 eventos), a amplitude é de 27 dias por década, o que representa aumento relativo de aproximadamente 100% em relação ao valor mínimo. A sequência 2000s–2010s sugere recuo parcial após o máximo da década de 1990, seguido de retomada a um patamar ainda elevado no decênio de 2010 (51 eventos), reforçando a natureza oscilatória do sinal ao longo do período. Resultados desse tipo — crescimento não monotônico com “janelas” mais ativas — têm sido registrados em recortes paulistas e em grandes metrópoles do Sudeste, com aumento da recorrência de episódios intensos nas últimas décadas, ainda que com forte modulação interdecenal (Marengo; Valverde; Obregon, 2013).

A literatura dinâmica ajuda a interpretar esse padrão. No verão, a atuação e a persistência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) favorecem a organização de convecção e a ocorrência de vários dias chuvosos na mesma estação, condição propícia à elevação do número de dias com extremos (Carvalho; Jones; Liebmann, 2004). Fora do verão, a passagem de frentes frias e a interação entre massas tropicais e polares modulam a distribuição de eventos (Reboita *et al.*, 2010; Andrade, 2007). Assim, a década de 1990 — que concentrou verões com ZCAS frequentemente ativa no Sudeste — aparece como a mais intensa do período, ao passo que a de 1960, marcada por menores ocorrências, configura a fase menos ativa do registro. Em escala mais ampla, avaliações recentes sustentam que o aumento observado em extremos pluviométricos é fisicamente consistente com a maior disponibilidade de umidade em uma atmosfera mais quente, ainda que a resposta regional seja heterogênea (IPCC, 2023). Além disso, trabalhos que relacionam anos de El Niño e La Niña a episódios de chuva intensa sugerem que o ENOS pode reforçar

a ocorrência de episódios mais chuvosos em partes do Sudeste, contribuindo para a alternância entre décadas de menor e maior frequência de eventos extremos observada em Rio Claro (Marengo, 2009; Pereira *et al.*, 2021).

Em síntese, os totais decenais de Rio Claro revelam tendência positiva moderada no número de dias com chuva ≥ 50 mm/dia, com máximo nos anos 1990, redução nos 2000 e recuperação aos 2010. O quadro é coerente com a combinação de controles de grande escala (ZCAS e frentes) e fatores regionais do Sudeste paulista, produzindo oscilações de baixa frequência mais informativas do que uma leitura puramente linear (Carvalho; Jones; Liebmann, 2004; Reboita *et al.*, 2010; Marengo; Valverde; Obregon, 2013; Andrade, 2007).

Figura 54. Somatório decenal de extremos (>50 mm/dia), décadas completas 1940s–2010s.



Fonte: Elaboração própria, com base em DAEE (1937–2023).

4.4. Identificação dos meses chuvosos, tendentes a chuvosos, normais, tendentes a secos e secos (percentis)

Com o objetivo de preservar a sazonalidade e comparar meses homólogos ao longo da série histórica, adotou-se a classificação por percentis para os totais mensais de precipitação. O procedimento foi conduzido separadamente para cada mês do calendário (janeiro, fevereiro, ..., dezembro), tomando como período de referência

toda a série disponível (1937–2023). Para cada um dos 12 subconjuntos mensais, estimaram-se os percentis empíricos P20, P40, P60 e P80 e, em seguida, cada mês-ano foi enquadrado em uma das cinco classes (Fante, 2014; Santos; Santos; Lima, 2018) de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação dos Percentis de precipitação

| Classes | Categoria |
|-------------------------------|---------------------|
| > P80 | Chuvoso |
| $P60 < \text{total} \leq P80$ | Tendentes a chuvoso |
| $P40 < \text{total} \leq P60$ | Normal |
| $P20 < \text{total} \leq P40$ | Tendentes a seco |
| $\leq P20$ | Seco |

Fonte: Elaboração própria.

A estratificação por percentis é particularmente adequada quando se pretende comparar anomalias relativas dentro de cada mês, evitando vieses decorrentes das diferenças de climatologia entre estações do ano. Além disso, a técnica é robusta a outliers e não requer pressupostos paramétricos de distribuição, sendo amplamente utilizada em climatologia aplicada para caracterização de regimes de chuva e comunicação de condições “seco–chuvoso” em séries longas (Fante, 2014; Santos; Santos; Lima, 2018).

Os resultados foram organizados em uma matriz mês–ano (heatmap), na qual as cinco classes aparecem com codificação de cores. Essa representação permite: (i) identificar, para cada mês, a alternância histórica entre condições secas e chuvosas; (ii) contar, por ano, quantos meses ficaram em cada classe; e (iii) sintetizar por década a frequência relativa de meses secos, normais e chuvosos. Para a discussão dos resultados, recomenda-se explicitar: (a) os anos com maior número de meses chuvosos ($\geq P80$); (b) os anos com predominância de meses normais ($P40$ – $P60$); e (c) os anos com prevalência de meses secos ($< P20$), comentando a coerência com a dinâmica atmosférica regional descrita para o Sudeste (Andrade, 2007; Reboita et al., 2010) e com diagnósticos recentes de variabilidade/episódios extremos em São Paulo (Marengo; Valverde; Obregon, 2013; Fante, 2014).

Figura 55. Identificação dos meses chuvosos, tendentes a chuvosos, normais, tendentes a secos e secos (análise dos percentis), 1937–2022.

| Ano | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Mai | Junho | Julho | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
|------|---------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|---------|----------|----------|
| 1937 | 257,2 | 84,4 | 128 | 128,6 | 54,6 | 32,4 | 0 | 27,3 | 1,5 | 192,2 | 116,3 | 168,8 |
| 1938 | 161,8 | 77,1 | 184 | 47,6 | 87,4 | 0 | 9,6 | 24,4 | 109,1 | 186,1 | 133 | 227,9 |
| 1939 | 167,3 | 150,2 | 118,5 | 34,9 | 73 | 61,8 | 31,5 | 0 | 33,5 | 68,8 | --- | --- |
| 1940 | 253,3 | 299,6 | 52,5 | 38,5 | 25,4 | 0 | 0 | 17,7 | --- | 152,3 | 186 | 213,8 |
| 1941 | 202,8 | 56,2 | 40,7 | 86,1 | 14,4 | 17,8 | 18,2 | 5,7 | 177,4 | 76 | 217,2 | 149,5 |
| 1942 | 126,5 | 156,3 | 189,4 | 56,6 | 11,8 | 16,4 | 48,3 | 0,5 | 32,6 | 40,6 | 168,9 | 215,5 |
| 1943 | 263,3 | 102,7 | 288,9 | 46,9 | 1,5 | 13,5 | 0 | 1,2 | 73,9 | 221,3 | 148,6 | 292,9 |
| 1944 | 102,2 | 233,1 | 170,3 | 31,8 | 7 | 7,1 | 4,7 | 0 | 2,7 | 124 | 195,9 | 52,5 |
| 1945 | 218,6 | 177,3 | 100,8 | 49,4 | 22 | 187,1 | 31,6 | 0 | 23,6 | 67,2 | 130,4 | 185,7 |
| 1946 | 303,1 | 157,7 | 114,8 | 51,1 | 0 | 42 | 61,1 | 0,2 | 37 | 188,6 | 135,3 | 209,8 |
| 1947 | 440 | 357,1 | 164,9 | 17 | 108,6 | 25,1 | 44,4 | 69,6 | 237,6 | 135,3 | 98,5 | 270,4 |
| 1948 | 263,7 | 242,4 | 132,5 | 37,8 | 105,9 | 0 | 41,8 | 28 | 16,4 | 123,4 | 238,2 | 259,3 |
| 1949 | 272,2 | 345,4 | 153,4 | 79,8 | 36,7 | 38,4 | 0 | 8,3 | 0 | 99,1 | 95,7 | 392 |
| 1950 | 272,5 | 392,2 | 169,2 | 57,9 | 7,5 | 12,8 | 9,6 | 0 | 13,8 | 198 | 175,5 | 163,4 |
| 1951 | 377,3 | 177,6 | 143,9 | 20,5 | 8 | 9,5 | 3,9 | 29,8 | 0,5 | 161,5 | 138 | 126 |
| 1952 | 195,5 | 345,5 | 197,5 | 9,5 | 2,1 | 78,8 | 0 | 4,8 | 47,8 | 83,5 | 144 | 132,9 |
| 1953 | 89,1 | 69,8 | 75,6 | 63,4 | 37,2 | 28,3 | 4 | 21 | 81,5 | 132,6 | 88,1 | 116,6 |
| 1954 | 249,3 | 191,4 | 217,7 | 0 | 82 | 35,4 | 10,4 | 0 | 22,8 | 23,6 | 54,4 | 237,6 |
| 1955 | 198,2 | 145 | 168 | 49 | 37 | 15 | 0 | 113 | 0 | 67 | 99 | 247,5 |
| 1956 | 73 | 345 | 89 | 53,3 | 125 | 48,5 | 58 | 40 | 62 | 79,7 | 64 | 58 |
| 1957 | 376 | 228 | 188 | 99 | 71 | 0 | 118,5 | 70,4 | 66,2 | 55 | 15,5 | 85 |
| 1958 | 313 | 146,5 | 199,5 | 134 | 156,7 | 27 | 0,5 | 9,4 | 104,9 | 94,8 | 78,4 | 193,1 |
| 1959 | 173,4 | 202,2 | 126,5 | 73 | 48,6 | 19,4 | 0 | 59,2 | 7,7 | 107,1 | 88,2 | 130,6 |
| 1960 | 219,6 | 340,1 | 129,5 | 21,5 | 61 | 47,4 | 0 | 23,5 | 7,5 | 176,7 | 193,7 | 343,6 |
| 1961 | 88,7 | 235,7 | 84,6 | 59,2 | 68,4 | 2,4 | 0 | 0 | 0 | 33 | 162,2 | 168,1 |
| 1962 | 149 | 165,3 | 310,6 | 9,3 | 3,3 | 38 | 13,4 | 52,7 | 37,2 | 181,6 | 74,7 | 205,8 |
| 1963 | 271,5 | 74 | 50,1 | 0,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 168,3 | 216 | 79 |
| 1964 | 32 | 128,4 | 10 | 3 | 55,4 | 9,5 | 36 | 47 | 92 | 149,1 | 63 | 286,7 |
| 1965 | 226,8 | 312,2 | 159,4 | 82,6 | 71,4 | 42,2 | 48 | 0,1 | 35 | 156,5 | 139,3 | 159,2 |
| 1966 | 138 | 201,5 | 190,3 | 24,5 | 66 | 0 | 0,4 | 23,5 | 70,4 | 160,3 | 127,2 | 200,4 |
| 1967 | 354,8 | 236,2 | 267,5 | 12 | 4,5 | 47,1 | 8,8 | 3 | 126,9 | 218,2 | 128,7 | 261,9 |
| 1968 | 207 | 81 | 69,5 | 4,1 | 5 | 14,8 | 25 | 3,8 | 12,7 | 147,1 | 69,7 | 96,7 |
| 1969 | 84,7 | 46,1 | 155,2 | 36,2 | 23 | 20 | 7 | 28,4 | 80,2 | 124 | 271,4 | 139 |
| 1970 | 373,2 | 258,8 | 8,3 | 90,7 | 66,1 | 51,9 | 19,5 | 108,4 | 54,6 | 59,7 | 134,1 | 178,6 |
| 1971 | 134,1 | 99,7 | 137,9 | 97,2 | 115,4 | 96,4 | 23 | 10,9 | 83,9 | 115,7 | 106,9 | 172,7 |
| 1972 | 298,5 | 211,9 | 85,3 | 25,2 | 51,9 | 50 | 243,4 | 88,7 | 102,1 | 206,9 | 147,4 | 134,6 |
| 1973 | 74,2 | 213,1 | 138,8 | 110,7 | 38,1 | 27,5 | 42,4 | 20 | 74 | 113,9 | 139,2 | 484 |
| 1974 | 256,2 | 67,8 | 336,7 | 21,3 | 12,2 | 123,8 | 0 | 0,1 | 21,5 | 135,6 | 126 | 316,8 |
| 1975 | 147,5 | 242 | 28,3 | 31,8 | 15,2 | 0 | 41,8 | 0 | 53,5 | 122,1 | 175,3 | 263,7 |
| 1976 | 140,3 | 345,7 | 176,1 | 82,5 | 165,8 | 96,6 | 154,7 | 81,5 | 177,9 | 127,3 | 109,3 | 196,6 |
| 1977 | 286,4 | 42,8 | 152 | 168 | 2,7 | 46 | 9 | 41,1 | 121,2 | 67,3 | 193,2 | 454,4 |
| 1978 | 217,6 | 92,9 | 68,2 | 9,5 | 78,2 | 21,4 | 114,2 | 0,5 | 52,3 | 65,5 | 217 | 274,6 |
| 1979 | 76,2 | 214,9 | 78,3 | 74,8 | 181,9 | 0 | 31,5 | 41,9 | 79,3 | 121 | 204,5 | 192,4 |
| 1980 | 217,3 | 278,2 | 94,4 | 122,6 | 3,3 | 119 | 0 | 19,4 | 79,3 | 75,2 | 173,6 | 226,6 |
| 1981 | 410,6 | 80,3 | 67,9 | --- | 28,7 | 107,1 | 0,7 | 2,4 | 4,7 | 303,9 | 174,8 | 199,2 |
| 1982 | 323 | 178,2 | 196,9 | --- | --- | 110,8 | 38,4 | 28,9 | 6,3 | 236,6 | 139,6 | --- |
| 1983 | 287,2 | 283,4 | 212,5 | 155 | 257,1 | 128,6 | 30,1 | 0,4 | 249,9 | 140,1 | 230,8 | 292,9 |
| 1984 | 141,6 | 71,5 | 33,2 | 50,5 | 85 | 0 | 3,5 | 131,4 | 70,6 | 41,1 | 199 | 253,2 |
| 1985 | 245,8 | 133,8 | 217,6 | 98,6 | 42,9 | 31,5 | 0,5 | 6,9 | 69,7 | 24,1 | 110,7 | 126,3 |
| 1986 | --- | 141,9 | --- | 63,7 | 81,7 | 0,8 | 29,9 | 181,1 | 31,8 | 69,5 | 84,8 | 394,1 |
| 1987 | 325,2 | 169 | 83,8 | 71,6 | 234 | 53 | 13,6 | 7,1 | 95,1 | 122,2 | 163,6 | 225,3 |
| 1988 | --- | 186,3 | 211,9 | 98,7 | --- | 19,3 | 0,3 | 0,6 | 0,3 | 247,1 | 121,8 | 186,1 |
| 1989 | 288,5 | 420,7 | 142,9 | 59,4 | 65,2 | 58,2 | 88,6 | 23,3 | 94,9 | 8,4 | 142,6 | 279,4 |
| 1990 | 309,7 | 151,2 | --- | --- | 71 | 6,5 | 78,6 | 61,8 | 72,6 | 146,9 | 162,6 | 233,4 |
| 1991 | 150,6 | 236,1 | 512 | 168,4 | 49,4 | 19,8 | 18,9 | 0 | 88,5 | 121,1 | 96,5 | 332,5 |
| 1992 | 71,3 | 57,1 | 218,8 | 75,9 | 110,8 | 0 | 52,2 | 16,8 | 107,3 | 129,3 | 182,9 | 125,5 |
| 1993 | 307,5 | 405,1 | 93,4 | 95 | 67,3 | 37,9 | 8,2 | 38,8 | 239,8 | 103,8 | 134,1 | 195,6 |
| 1994 | 172,4 | 190,2 | 155,3 | 55,9 | 88,5 | 35,7 | 15,6 | 0 | 3,2 | 124,4 | 221,6 | 259,1 |
| 1995 | 350,8 | 631,5 | 231,3 | 192,3 | 65,7 | 19,9 | 31,5 | 2 | 32,7 | 217,6 | 209,8 | 201,2 |
| 1996 | 524,9 | 247,1 | 273,7 | 149,7 | 86,4 | 20,1 | 0,3 | 35,8 | 192,6 | 183,7 | 242,9 | 211,4 |
| 1997 | 287,9 | 134,1 | 38 | 32,3 | 87,4 | 205 | 27,8 | 0,7 | 62,1 | 90,9 | 287,3 | 197,8 |
| 1998 | 185 | 310,9 | 199,3 | 75,4 | 83,1 | 11,5 | 4 | 19,9 | 68 | 144,4 | 18,1 | 285,8 |
| 1999 | 394,6 | 236 | 185,1 | --- | 45,9 | 84,8 | 0,8 | 0 | 106,3 | 60,7 | 59,6 | 179 |
| 2000 | 311,8 | 238,8 | 232,8 | 13,6 | 3,6 | 12,2 | 55,6 | 78,3 | 116,8 | 71,7 | 185,5 | 215 |
| 2001 | 130,9 | 201,6 | 130,1 | 48,3 | 59,3 | 11 | 13,3 | 36,1 | 76,8 | 147,5 | 97,4 | 226,7 |
| 2002 | 301,6 | 266,5 | 114 | 0 | 90,2 | 0 | 11 | 131,6 | 60,3 | 62,3 | 303,9 | 218,3 |
| 2003 | 388,7 | 109 | 75,6 | 50,3 | 56,2 | 11,7 | 0 | 19,8 | 26,2 | 103,5 | 202,2 | 241,7 |
| 2004 | 334,7 | 361,4 | 207 | 202,7 | 103,7 | 46,4 | 101 | 0 | 8,9 | 124 | 185,6 | 147,1 |
| 2005 | 433,5 | 66,9 | 140,6 | 29,6 | 102 | 26,8 | 0 | 19,3 | 134,4 | 81,9 | 102,3 | 148,6 |
| 2006 | 120,7 | 365,7 | 149,9 | 69,3 | 0 | 0 | 18 | 14 | 57,6 | 170,5 | 208,4 | 252,5 |
| 2007 | 419,1 | 211,5 | 89,7 | 32,8 | 64,4 | 21,5 | 186,9 | 0 | 0 | 146,9 | 119,7 | 218,6 |
| 2008 | 175,3 | 153,5 | 174,8 | 101,2 | 30,1 | 57,1 | 0 | 72,9 | 41,4 | 140,3 | 86,5 | 224,4 |
| 2009 | 286,6 | 225,3 | 157,8 | 25,3 | 35 | 30,8 | 62 | 124,7 | 127,1 | 100,1 | 198,8 | 375,9 |
| 2010 | 582,9 | 238,9 | 140,3 | 20,9 | 27,8 | 29 | 3,2 | 0 | 82,5 | 73,6 | 120,5 | 293 |
| 2011 | 601,2 | 224,6 | 203,9 | 188,3 | 12,3 | 35,1 | 0,5 | 8,7 | 15,2 | 281 | 141,5 | 163,5 |
| 2012 | 371,4 | 197,3 | 138,5 | 269,4 | 57,7 | 251,1 | 71,5 | 0 | 97,4 | 84 | 102,2 | 221,2 |
| 2013 | 161,1 | 224,3 | 106,2 | 84,8 | 147,7 | 59,3 | 29,5 | 3,3 | 36,6 | 259,5 | 183,1 | 153 |
| 2014 | 104,9 | 85,9 | 127 | 54,4 | 51,7 | 2,6 | 14 | 4 | 109 | 18 | 169 | 182 |
| 2015 | 129,1 | 366,8 | 152,5 | 27,1 | 118,7 | 32,8 | 36,1 | 30,2 | 148,4 | 50 | 176,3 | 245,4 |
| 2016 | 340,3 | 189,9 | 192,3 | 13,5 | 86,8 | 156,1 | 0,3 | 24,5 | 22 | 102,9 | 162,1 | 205,8 |
| 2017 | 339,2 | 65,6 | 90,8 | 169,3 | 167,5 | 12,4 | 0 | 31 | 22,4 | 156,1 | 157,5 | 177,2 |
| 2018 | 175,4 | 121,3 | 142,3 | 24,2 | 21,4 | 7,2 | 2,5 | 100,7 | 64,3 | 190,6 | 137,2 | 49,5 |
| 2019 | 118,9 | 382 | 209,4 | 205,6 | 28 | 0 | 20,6 | 11,7 | 41,7 | 78,7 | 158,7 | 153,7 |
| 2020 | 189,8 | 314 | 94,9 | 0 | 17,2 | 64,2 | 3 | 24,7 | 9,1 | 68,7 | 97,2 | 239,2 |
| 2021 | 296,2 | 185,9 | 111,6 | 13,8 | 8,4 | 20,7 | 23,5 | 8,7 | 40,3 | 204,8 | 92,4 | 100,4 |
| 2022 | 245,1 | 115,1 | 80 | 16,4 | 45 | 9,1 | 0 | 17,8 | 99,4 | 140,3 | 103,2 | 346,2 |

Fonte: Elaboração própria, com base em DAEE (1937–2022).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo caracterizou o regime pluviométrico de Rio Claro (SP) com base em dados diários do DAEE para 1937–2023, organizados nas escalas mensal, sazonal, anual e decenal, e analisados por três métricas complementares: (i) volume; (ii) número de dias com chuva (> 0,1 mm); e (iii) dias com precipitação extrema (> 50 mm/dia).

A climatologia confirma a forte sazonalidade típica do interior paulista, com totais anuais em torno de 1.360 mm, máxima contribuição no verão e mínimo no inverno. O somatório médio de DJF (aproximadamente 659,8 mm/estação) sintetiza a dominância da convecção local e organizada (ZCAS) e o papel recorrente de frentes frias no estabelecimento e manutenção das chuvas no período quente, convergindo com a literatura regional (Andrade, 2007; Reboita et al., 2010).

As tendências lineares estimadas para as três métricas foram estatisticamente fracas (R^2 baixos), o que indica que a evolução temporal não é bem descrita por crescimento ou decréscimo monotônico. Em contrapartida, o sinal decenal revela oscilações de baixa frequência: níveis relativamente modestos nas décadas de 1950–1960, pico de atividade nos anos 1990, recuo nos 2000 e recuperação parcial nos 2010. Em média, a série registrou 96 dias chuvosos por ano e 3,8 dias/ano com acumulados diários superiores a 50 mm, com concentração sazonal no verão e sinais mensais discretos. Em meses de transição e em parte da estação chuvosa observam-se incrementos leves no número de dias com chuva, sem correspondência obrigatória em aumentos equivalentes dos totais, sugerindo rearranjos de frequência mais do que de intensidade média.

A leitura integrada das três métricas apontam, portanto, um regime dominado por variabilidade interanual e decenal, com janelas de maior atividade pluviométrica, em vez de um processo de intensificação linear contínua. Essa interpretação é coerente com evidências para o Sudeste que ressaltam a modulação por sistemas sinóticos e por episódios persistentes de convecção (por exemplo, ZCAS), além de influências de larga escala, como o El Niño–Oscilação Sul (ENOS), que reconfiguram a frequência e a persistência das chuvas (Sant’anna Neto, 1995; Marengo; Valverde; Obregon, 2013). A comparação com outros recortes brasileiros reforça a natureza espacialmente diferenciada dos sinais: há locais com flutuações mais expressivas até o início dos anos 2000 (Souza; Amorim, 2023) ou com tendências mensais de sinais

opostos dentro da própria estação chuvosa (Nascimento *et al.*, 2023). Em área próxima, Pirassununga–SP também não exibiu tendência anual significativa em períodos longos (Ferrari; Vecchia; Colabone, 2012), o que corrobora o quadro de oscilação de baixa frequência na escala regional.

Além das médias, a classificação por percentis mensais (P20, P40, P60, P80) mostrou-se útil para comunicar condições relativas de “seco–chuvoso” preservando a sazonalidade e permitindo a comparação de meses homólogos ao longo da série. Essa estratégia deu suporte à identificação de anos com maior participação de meses chuvosos ou secos, o que é particularmente valioso para leitura de risco hidrometeorológico, planejamento de infraestrutura de drenagem e definição de janelas operacionais em serviços urbanos.

Do ponto de vista aplicado, verificou-se que os extremos diários > 50 mm concentram-se no verão, embora não exclusivos dessa estação. Neste quesito recomenda-se priorizar ações de prevenção, limpeza e desassoreamento de microdrenagem antes e durante o período chuvoso (DJF), além de protocolos de alerta que considerem a persistência multidária típica de episódios associados à ZCAS.

Metodologicamente, o trabalho oferece uma base climatológica reprodutível: critérios explícitos de dia chuvoso e de extremo; agregações multi-escala; regressões com inclinação interpretada em unidades físicas ($\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$; $\text{dias}\cdot\text{ano}^{-1}$) e síntese por percentis.

Entre as limitações, não foram aplicados os testes de homogeneidade e tendência (Pettitt, Mann–Kendall, SNHT), tampouco se analisou a estrutura subdiária dos eventos ou se triangulou com múltiplas estações. Ainda assim, a consistência entre métricas e a coerência física com a dinâmica regional sustentam a robustez das conclusões.

Do ponto de vista científico, os resultados reforçam a importância de se distinguir variabilidade climática de sinais de mudança, sobretudo quando tendências lineares são fracas e a explicabilidade das retas é baixa. Para séries longas como a de Rio Claro, a identificação de janelas decenais de maior atividade pluviométrica

Recomenda-se, em trabalhos futuros, a incorporação de testes não paramétricos de tendência e de rupturas, a avaliação de homogeneidade, a inclusão de índices padronizados de extremos (p. ex., $Rx1\text{day}$, $Rx5\text{day}$, $R95p$, CDD/CWD), a análise subdiária de intensidades máximas e a relação explícita com variabilidade de

grande escala (ENOS/La Niña, posicionamento/intensidade da ZCAS). A integração com estações vizinhas e com produtos de reanálise pode aumentar a robustez espacial e a compreensão de forçantes dinâmicas. Do ponto de vista aplicado, recomenda-se derivar limiares operacionais por percentis locais para suporte a planos de contingência e drenagem urbana, e explorar a associação entre anos com maior fração de meses “chuvosos” e a incidência de ocorrências registradas pela Defesa Civil.

Em síntese, o trabalho consolida uma referência climatológica de longo prazo para Rio Claro, evidencia que o regime pluviométrico local é mais bem explicado por oscilações de baixa frequência do que por tendências lineares, e oferece insumos objetivos — taxas, somatórios e percentis — para apoiar tanto investigações acadêmicas quanto decisões de gestão territorial e de risco hidrometeorológico. Esses achados reforçam a necessidade de políticas adaptativas que considerem a sazonalidade marcada, a interanualidade pronunciada e a possibilidade de janelas decenais de maior atividade, especialmente no período quente.

REFERÊNCIAS

ALVES, Rafael de Souza; FIALHO, Edson Soares. Resenha do livro clima urbano. **Revista Geografares**, v. 10, p. 08–16, 2012.

ANDRADE, Laura Melo. **Avaliação das tendências térmicas urbanas: o exemplo de Rio Claro-SP**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso - Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2007.

BASTOS, Vanessa da Silva Brum. **Mapeamento de Áreas susceptíveis a sinistros climáticos no município de Rio Claro SP**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso - Instituto de Geociências e Ciências Exatas Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: Volume I – Estratégia Geral**. Brasília, DF: MMA, 2016. Portaria MMA nº 150, de 10 maio 2016.

BRIGATTI, Newton; SANT'ANNA NETO, João Lima. Variabilidade e tendência das chuvas no extremo oeste paulista no período de 1971 a 1999: problemas e perspectivas. **Geografia em Atos (Online)**, 2003.

CALDANA, Nathan Felipe Da Silva *et al.* Ocorrências de alagamentos, enxurradas e inundações e a variabilidade pluviométrica na bacia hidrográfica do rio iguaçu. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 23, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/60584>. Acesso em: 19 maio 2024.

CARVALHO, Leila M. V.; JONES, Charles; LIEBMANN, Brant. The South Atlantic Convergence Zone: Intensity, Form, Persistence, and Relationships with Intraseasonal to Interannual Activity and Extreme Rainfall. **Journal of Climate**, vol. 17, n. 1, p. 88–108, 2004.

COLISSI, Gustavo Schenkel. **O CRESCIMENTO URBANO DE RIO CLARO E SUAS IMPLICAÇÕES NOS RISCOS À INUNDAÇÃO: CENÁRIOS DE 1970 A 2015**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso - Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2016.

FANTE, Karime Pechutti. **Variabilidade da temperatura em áreas urbanas não metropolitanas do Estado de São Paulo – Brasil, no período de 1961 a 2011**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2014.

FERRARI, Antonio Luiz; VECCHIA, Francisco Arthur Da Silva; COLABONE, Rosângela De Oliveira. TENDÊNCIA E VARIABILIDADE ANUAIS DA TEMPERATURA E DA PLUVIOSIDADE EM PIRASSUNUNGA-SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 10, n. 1, 2012. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/30585>. Acesso em: 19 maio 2024.

GONCALVES, Neyde Maria Santos. **Impactos pluviiais e desorganização do espaço urbano em Salvador - BA**. 1992. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

GOUDARD, Gabriela. **Eventos pluviiais extremos e riscos hidrometeorológicos Híbridos na bacia do Alto Iguaçu (Paraná)**. 2019. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

IBGE, (BRASIL) 2023, v4.6.68. Disponível em:
[\[https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/rio-claro/panorama\]](https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/rio-claro/panorama) Acesso em: 20, maio de 2024.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Technical Summary. In: **Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. 2023.

LICCO, Eduardo Antonio; DOWELL, Silvia Ferreira Mac. Alagamentos, Enchentes Enxurradas e Inundações: Digressões sobre seus impactos sócio econômicos e governança. **Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 159–174, 2015.

LOPES, Leiliane Cristina. **Análise de ocorrências dos impactos pluviiais na área urbana de Rio Claro (SP)**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso - Instituto de Geociências e Ciências Exatas Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro SP, 2013.

MANTIS, Alexia Bondioli; VAZ, Jhonnes Alberto. Mapeamento de áreas de risco de alagamento do município de guarujá – sp utilizando método de análise hierárquica. **LEOPOLDIANUM**, v. 45, n. 126, p. 18, 2019.

MARENCO, Jose A. Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima - Impactos sociais e econômicos. **Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas -GPMC-**, v. 8, n. Edição especial, p. 1–5, 2009.

MARENCO, Jose A.; VALVERDE, Maria C.; OBREGON, Guilherme O. Observed and projected changes in rainfall extremes in the Metropolitan Area of São Paulo. **Climate Research**, v. 57, n. 1, p. 61–72, 2013.

MASSON-DELMOTTE, Valérie *et al.* **Sumário para Formuladores de Políticas**. MCTIC, 2018.

MENDONÇA, Magaly. **A dinâmica têmporo-espacial do clima subtropical na região conurbada de Florianópolis/SC**. 2002. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

MONTEIRO, Jander Barbosa; ZANELLA, Maria Elisa. A metodologia estatística dos eventos extremos de precipitação: uma proposta autoral para análise de episódios pluviométricos diários. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, MS, v. 32, p. 494–516, 2023.

NASCIMENTO, Gabriel Victor Silva do *et al.* Analysis of annual precipitation variability and rainy season period for the municipality of Petrolina, Pernambuco. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 13, n. 3, p. 361–374, 2023.

NOBRE, Carlos A *et al.* Characteristics of Amazonian Climate: Main Features. *In*: KELLER, Michael *et al.* **Amazonian and Global Change**. Washington: American Geophysical Union, 2009. p. 186.

PEREIRA, Vanessa Cristina Matos *et al.* As chuvas de verão sob a influência do fenômeno El Niño, entre 2005 e 2018, e o risco de inundações no município de São Gonçalo-RJ (Brasil). **Territorium, Coimbra**, n. 28 (II), p. 27-41, 2021.

PINHEIRO, Gabriela Marques; VIDE, Javier Martin. Tendência Pluviométrica no município de Irati, PR. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 23, p. 60-71, 2018

REBOITA, Michelle Simões *et al.* Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, vol. 25, nº 2, p. 185–204, 2010.

SANTOS, Vinícius dos. Monitoramento da composição isotópica e físico-química da água de chuva no município de Rio Claro (SP). 2015. 52 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2015.

SANTOS, Elydeise Cristina Andrade Dos; SANTOS, Joel Silva Dos; LIMA, Eduardo Rodrigues Viana De. Climatologia geral da cidade de Bayeux – Paraíba. **Gaia Scientia**, v. 11, n. 3, 2017. Disponível em: <http://www.periodicos.ufpb.br/index.php/gaia/article/view/31153>. Acesso em: 19 maio 2024.

SOUZA, Mariana Cristina Cunha; AMORIM, Margarete Cristiane Costa Trindade. Variabilidade da precipitação mensal e sazonal em Foz do Iguaçu/PR: análise do período de 1980 a 2017. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 41, p. 128–141, 2023.

TAVARES, A. C.; SILVA, A. C. F. URBANIZAÇÃO, CHUVAS DE VERÃO E INUNDAÇÕES: UMA ANÁLISE EPISÓDICA. **CLIMEP - Climatologia e Estudos da Paisagem**, [S. l.], v. 3, n. 1, 2008. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/climatologia/article/view/1223>. Acesso em: 28 nov. 2025.