

# VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO DIÁRIA DO MUNICÍPIO DE GUAXUPÉ-MG, COMPREENDIDA EM UMA SÉRIE HISTÓRICA DE 50 ANOS

*Variability of daily precipitation in the municipality of Guaxupé-mg, based on a 50-year historical series*

## **Matheus Lima de Andrade**

Doutorando em Ciências da Engenharia Ambiental – EESC/USP, Brasil

[matheusgsmer@gmail.com](mailto:matheusgsmer@gmail.com)

## **Paulo Henrique de Souza**

Docente na graduação e mestrado em Geografia – UNIFAL-MG, Brasil

[paulohenrique.souza@unifal-mg.edu.br](mailto:paulohenrique.souza@unifal-mg.edu.br)

## **Bruno César dos Santos**

Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental – EESC/USP, Brasil

[bruno-unifal@hotmail.com](mailto:bruno-unifal@hotmail.com)

## **Renato Billia de Miranda**

Professor e Orientador convidado de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental – EESC/USP, Brasil

[rhm1706@gmail.com](mailto:rhm1706@gmail.com)

## **Frederico Fábio Mauad**

Doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos pela UNICAMP

Professor Associado da EESC/USP, Brasil

[mauadffm@sc.usp.br](mailto:mauadffm@sc.usp.br)

Recebido: 20/12/2025

Aceito: 05/01/2026

## **Resumo**

O município de Guaxupé, situado no sul de Minas Gerais, possui significativa importância econômica relacionada ao seu setor agropecuário, com destaque para a produção de café. Considerando a relevância do regime pluviométrico para as atividades produtivas locais, este estudo utilizou dados diários de precipitação referentes ao período de 1970 a 2019 e índices climáticos calculados pelo software *RClimDex*, com o objetivo de identificar variabilidade a partir de índices climáticos. Foram analisados índices como Dias Consecutivos Secos (DCS), Dias Consecutivos Úmidos (DCU), precipitação máxima de chuva acumulada em 1 e 5 dias, totais anuais de precipitação em dias úmidos segmentados pelos limiares de 10 mm, 20 mm, 34 mm e 44 mm. Os resultados indicam redução nos valores da maioria dos índices avaliados (DCU, PRCPTOT, RX1dia, RX5dias, R10mm, R20mm, R34mm, R44mm e SDII), ao passo que o único índice que apresenta aumento é o DCS, evidenciando o aumento da duração dos períodos secos na série histórica. Apesar disso, episódios extremos pontuais foram identificados, como a precipitação de 267,4 mm acumulada em cinco dias no ano de 2000, além de totais superiores a 120 mm em 1992 e 2000. Tais evidências reforçam a necessidade de estratégias de armazenamento hídrico e

de gestão dos excedentes pluviais, visando mitigar os impactos da sazonalidade prolongada e da intensificação das secas na dinâmica produtiva local.

**Palavras-chave:** Variabilidade pluviométrica; RClmDex; Climatologia.

### Abstract

The municipality of Guaxupé, located in southern Minas Gerais, has significant economic importance related to its agricultural sector, with emphasis on coffee production. Considering the relevance of rainfall patterns for local productive activities, this study used daily precipitation data for the period from 1970 to 2019 and climate indices calculated by *RClmDex* software to identify variability based on climate indices. Indices such as Consecutive Dry Days (CDD), Consecutive Wet Days (CWD), maximum accumulated rainfall in 1 and 5 days, and annual precipitation totals on wet days segmented by thresholds of 10 mm, 20 mm, 34 mm, and 44 mm were analyzed. The results indicate a reduction in the values of most of the indices evaluated (CDW, PRCPTOT, RX1day, RX5day, R10mm, R20mm, R34mm, R44mm, and SDII), while the only index that shows an increase is CDD, evidencing the increase in the duration of dry periods in the historical series. Despite this, specific extreme episodes were identified, such as the accumulated precipitation of 267.4 mm in five days in 2000, in addition to totals exceeding 120 mm in 1992 and 2000. Such evidence reinforces the need for water storage and rainwater surplus management strategies to mitigate the impacts of prolonged seasonality and intensified droughts on local production dynamics.

**Keywords:** Rainfall variability; RClmDex; Climatology.

## 1. INTRODUÇÃO

A identificação de um padrão climático recobra o manuseio de dados colhidos em estações meteorológicas que estejam operando sob a égide das normas estabelecidas pela O.M.M. – Organização Mundial Meteorológica (1960), segundo as quais cálculos e análises só podem ser desenvolvidos com base mínima de trinta anos consecutivos sem lacunas na série (INMET, 1999). Atualmente, a análise dinâmica do clima tem ganhado notoriedade devido ao suporte que oferece ao planejamento de atividades econômicas e à gestão territorial, contribuindo para a compreensão do ritmo climático e de seus impactos sobre a sociedade e o meio ambiente, especialmente no gerenciamento dos recursos hídricos e no planejamento agrícola (Santos *et al.*, 2017).

Por conta de ser um dos principais fatores que interferem na produção agrícola, o clima possui uma relação estreita com a produção das safras e conseqüentemente com o desempenho da economia desse setor, assumindo destacada importância para os países e regiões que se destacam no universo da produção agropecuária.

Atentando para isso, o município de Guaxupé, localizado no sul de Minas Gerais, apresenta forte vocação agroclimática, marcada pela relação intrínseca entre o clima e as culturas agrícolas, que, associada às condições de solo e relevo, favorece a exploração

agropecuária. Em escala estadual, a cafeicultura assume papel central na economia de Minas Gerais, configurando o estado como principal produtor de café do país e representando uma das principais fontes de receita e geração de renda do agronegócio mineiro (Araújo *et al.*, 2023). Diversos estudos destacam que a porção sul e sudoeste do estado concentra grande parte das lavouras, sendo reconhecida como a maior região produtora de café do Brasil e tendo a cafeicultura como uma de suas principais atividades econômicas (Boas, 2021; Vale, 2024).

Inserida nesse contexto, Guaxupé se sobressai como polo cafeeiro regional, articulando produtores, cooperativas e infraestrutura de beneficiamento, o que reforça a importância de compreender a variabilidade do regime pluviométrico local para subsidiar o planejamento e a sustentabilidade da produção de café. Diante da relevância dessa cultura para a economia regional, torna-se fundamental entender como a variabilidade climática, especialmente em períodos de chuvas excepcionalmente secas ou úmidas, podem afetar o ciclo produtivo, interferindo na produtividade e na regularidade das safras de café. Nesse sentido, é necessário envidar esforços no estudo e na compreensão do comportamento atmosférico nesta mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais, pois tal entendimento contribui para identificar as condições que prevalecem sobre a lavoura cafeeira e demais atividades agropecuárias.

Nesse contexto, estudar o comportamento climático recente torna-se indispensável para identificar padrões que, quando alterados, potencialmente comprometem o equilíbrio atmosférico regional e impactam diretamente a produtividade agrícola. Assim, o objetivo deste estudo foi analisar a variabilidade da precipitação diária no período de 1970 a 2020 por meio de índices climáticos no município de Guaxupé.

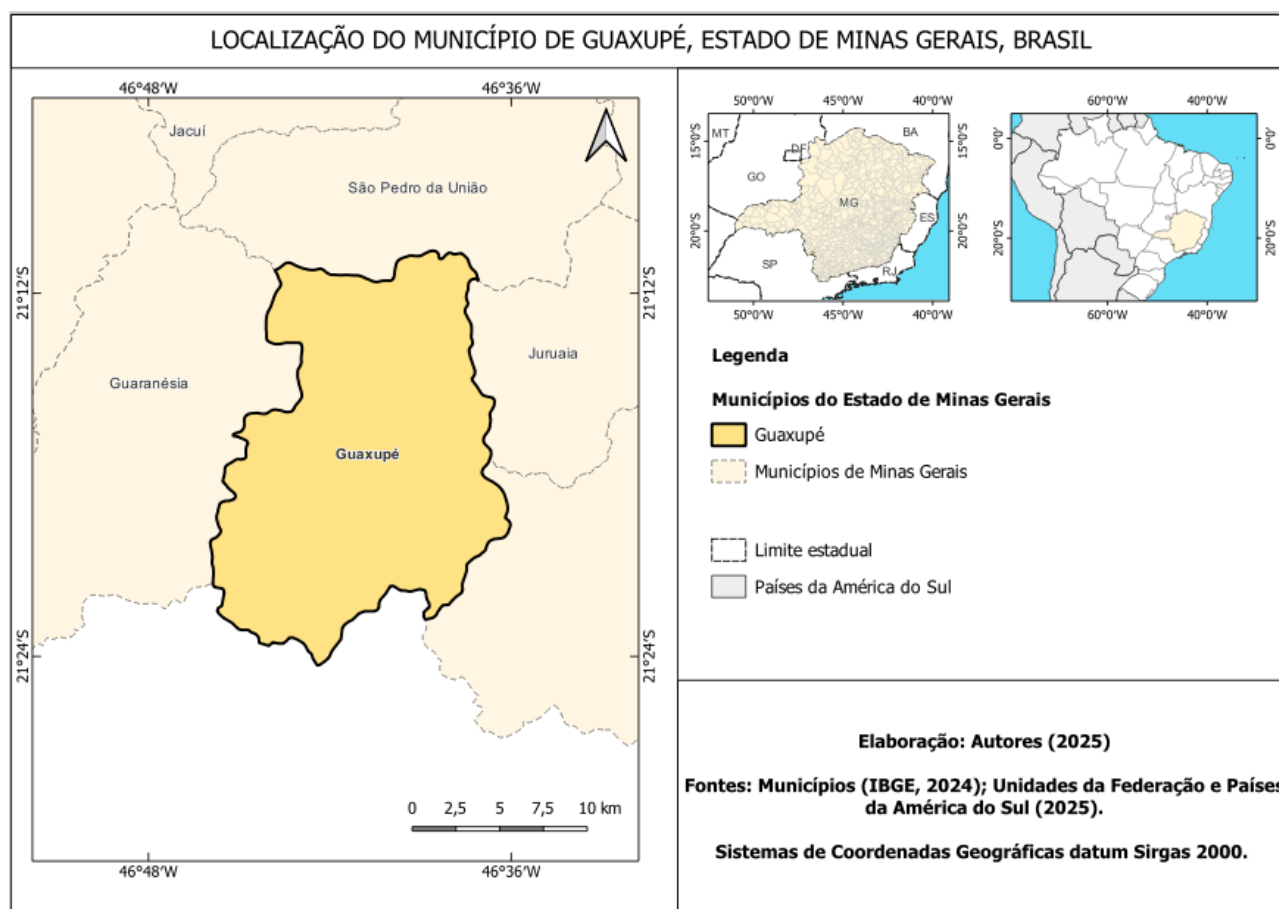
## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

O município de Guaxupé (Figura 1) está localizado na mesorregião Sul/Sudoeste de Minas Gerais e integra a microrregião São Sebastião do Paraíso. De acordo com dados do IBGE (2022), sua área territorial é de 286,398 km<sup>2</sup>.

A economia local é baseada principalmente na agricultura, sendo o café o principal cultivo. A elevada produção cafeeira impulsionou a instalação da maior cooperativa de café do mundo, a Cooxupé. A pecuária também exerce papel relevante na economia,

destacando-se a criação de gado bovino leiteiro, suínos, equinos e galináceos (Guaxupé, 2016).



**Figura 1** - Localização do município de Guaxupé-MG.

**Fonte:** Autores (2025).

A hidrografia do município integra a Bacia Hidrográfica do Rio Grande e a sub-bacia do Rio Pardo, inseridas na Região Hidrográfica do Paraná. Os principais cursos d'água são o rio Guaxupé, o córrego do Japy e o córrego do Pinheiro (PMGIRS, 2016).

O Clima de Guaxupé-MG é classificado como Cwa – subtropical úmido, dentro da classificação climática de KÖPPEN (1948), com média pluviométrica anual de 1200 mm e temperatura média de 21,6°C (Guaxupé, 2016).

O relevo do município é constituído por um planalto ondulado (morros), que está inserido no Planalto Atlântico. Os patamares altimétricos são distribuídos em 65% de relevo ondulado, 25% montanhoso e 10% plano, com altitude média de 829 metros acima do nível do mar (PMGIRS, 2016).

Guaxupé está localizada em uma área de origem vulcânica com déficit de macronutrientes, como Cálcio, Magnésio e Fósforo. O solo predominante é classificado como areno-argiloso (PMGIRS, 2016).

O tipo de bioma do município de Guaxupé é a Mata Atlântica, sendo a vegetação predominante formada por campos cultivados e pastos, onde são encontrados bosques e capões arbóreos (PMGIRS, 2016).

## 2.2. Dados pluviométricos

Neste estudo, foram utilizados dados diários de precipitação disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA) por meio do site HidroWeb. A série histórica abrange o período de 1970 a 2019, totalizando 50 anos de registros (Tabela 1).

**Tabela 1:** Informação do posto pluviométrico de Guaxupé – MG.

OPERADORA RESPONSÁVEL	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE	SÉRIE HISTÓRICA	DADOS FALTANTES	% DE FALHA
SGB-CPRM	S 21° 17'	W 46° 42'	828 metros	1970-2019	2 anos	4%

**Disponível em:** HidroWeb.com: Acessado em (12/06/2025)

### 2.2.1. Controle de qualidade dos dados pluviométricos

Uma avaliação inicial identificou lacunas em 4% da série: 1970 (2 meses ausentes) e 2007 (7 meses). Para compatibilidade com o *RClimDex*, dados ausentes foram substituídos por -99.9. Após validação, cinco anos foram excluídos por critérios específicos: Ausência de Dados de Medição: Os anos de 1970 e 2007 foram descartados por apresentarem múltiplos meses com dados de precipitação faltantes, excedendo o limite de tolerância para falhas estabelecido pelo controle de qualidade do software. Incompatibilidade de Formatação: Os anos de 1971, 1990 e 2019, embora possuíssem registros de precipitação, foram rejeitados durante a etapa de qualidade do software devido a inconsistências na estrutura de seus arquivos de dados, que os tornaram incompatíveis com os requisitos de processamento do *RClimDex*.

### 2.2.2. Análise da série histórica por meio de índices pluviométricos

Os índices climáticos foram calculados com base em uma série histórica de 50 anos (1970-2019). A variabilidade da precipitação diária foi analisada por meio do software *RClimDex*, que calcula os 27 índices recomendados pela ETCCDMI (Karl *et al.*, 1999; Peterson *et al.*, 2001). Diversos autores já utilizaram abordagens similares para estudar variabilidade e tendência de precipitação (Souza; Azevedo, 2012; Costa; Andrade, 2021;

Siqueira, *et al.*, 2024). Para este estudo, foram selecionados vários índices de precipitação (Tabela 2).

**Tabela 2:** Índices utilizados para análise dos dados de precipitação.

Índice (Identificação)	Nome do índice	Definição	Unidade Observada
PRCPTOT	Total de chuvas acumuladas em um ano	Valor total anual de chuvas acumuladas nos dias úmidos (dias $\geq 1$ mm)	mm
RX5dias	Máximo de chuva acumulada em 5 dias	Máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos	mm
RX1dia	Máximo de chuva acumulada em 1 dia	Máximo de chuva acumulada em um dia consecutivo	mm
DCS	Dias consecutivos secos	Número máximo de dias em que as chuvas $< 1$ mm	dias
DCU	Dias consecutivos úmidos	Número máximo de dias em que as chuvas $\geq 1$ mm	dias
SDII	Índice simples de intensidade diária	Total anual de chuvas acumulado dividido pelo número de dias úmidos (quando o dia esteve $\geq 1.0$ mm) no ano	mm/dia
R10mm	Número de dias com precipitação acima de 10 mm	Número de dias por ano onde a precipitação foi $\geq 10$ mm.	dias
R20mm	Número de dias com precipitação acima de 20 mm	Número de dias por ano onde a precipitação foi $\geq 20$ mm.	dias
R34mm	Número de dias com precipitação acima de 34 mm	Número de dias por ano onde a precipitação foi $\geq 34$ mm.	dias
R44mm	Número de dias com precipitação acima de 44 mm	Número de dias por ano onde a precipitação foi $\geq 44$ mm.	dias

**Fonte:** Adaptado de Zhang; Yang (2004).

Conforme a tabela acima demonstra, eles são: Total de chuvas acumuladas em um ano (PRCPTOT), Máximo de chuva acumulada em 5 dias (RX5dias), Máximo de chuva acumulado em 1 dia (RX1dia), Dias consecutivos secos (DCS), Dias consecutivos úmidos (DCU), Índice simples de intensidade diária (SDII), Número de dias com precipitação acima

de 10 mm (R10mm), Número de dias com precipitação acima de 20 mm (R20mm), Número de dias com precipitação acima de 34 mm (R34mm) e Número de dias acima de 44 mm (R44mm).

Os resultados obtidos pelo cálculo dos índices são de escala anual em relação à média histórica do período (RX5dias, PRCPTOT, SDII, DCS, DCU), expressos em mm de chuva ou número de dias.

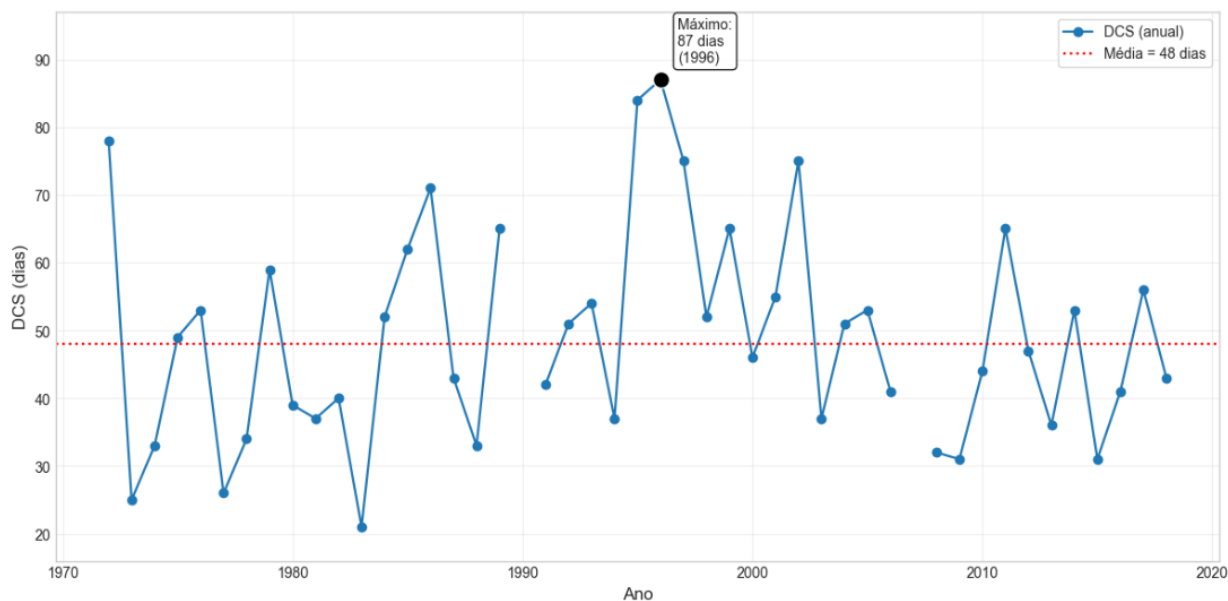
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Análise da precipitação por meio do RClmDex no período 1970 a 2019

A (Figura 2) apresenta o número de dias consecutivos secos (DCS), definido como a quantidade máxima de dias seguidos com precipitação inferior a 1 mm em cada ano da série 1970 a 2019. Observa-se variabilidade interanual, com destaque para 1995 e 1996, que registraram, respectivamente, 84 e 87 dias consecutivos secos, configurando os maiores valores da série e indicando períodos secos mais longos. Resultados semelhantes foram encontrados no estudo de Sanches *et al.* (2021), sobre a variabilidade climática e a produção canvieira na microrregião de São Carlos/SP, no qual se observaram episódios de até 80 dias consecutivos secos, valor próximo ao identificado em Guaxupé/MG. Entre meados da década de 2000 e 2019, verificam-se anos com DCS ligeiramente menores em relação a esses picos extremos; contudo, os valores continuam a oscilar em torno da média, sem evidência clara de mudança sistemática no comportamento dos períodos secos.

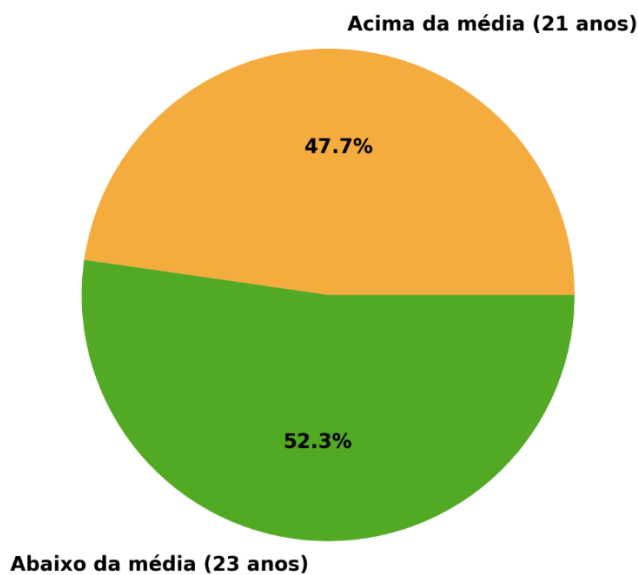
A média do número máximo de dias consecutivos secos (DCS) na série histórica é de 49 dias. A análise da distribuição dos anos em relação a esse valor, detalhada no gráfico de setores (Figura 3), mostra um notável equilíbrio. Ao longo do período, 21 anos (47,7%) apresentaram valores acima da média, indicando períodos secos mais prolongados, enquanto 23 anos (52,3%) registraram valores inferiores, correspondendo a anos com períodos de estiagem mais curtos.

Essa distribuição balanceada, com uma quantidade quase igual de anos acima e abaixo da média, reforça a observação de que não há uma tendência sistemática de mudança, mas sim uma variabilidade interanual que é impactada pela flutuação da precipitação.



**Figura 2** - DCS – Número de dias consecutivos secos em Guaxupé/MG (1970 – 2019).

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

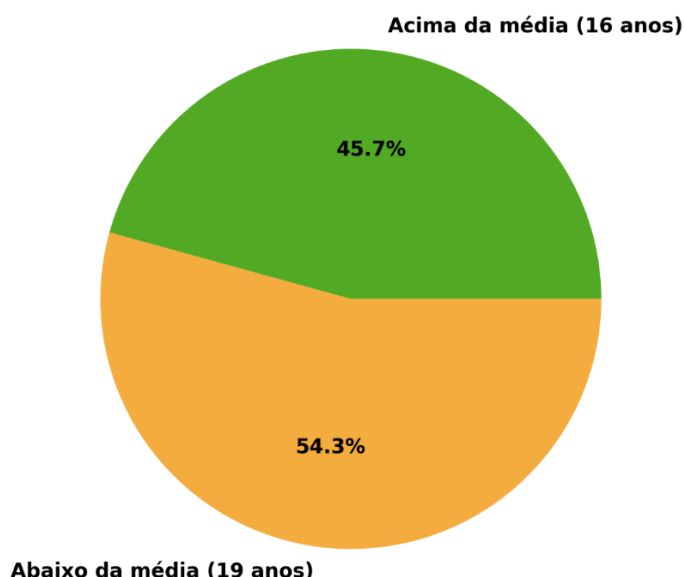


**Figura 3** - Distribuição dos anos segundo os dias consecutivos secos em Guaxupé/MG (1970 – 2019).

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Para o índice DCU (Figura 5), que representa o número máximo de dias consecutivos úmidos com precipitação diária igual ou superior a 1 mm, a análise da série histórica revela uma mudança notável no padrão ao longo do tempo. Embora haja variabilidade interanual, observa-se uma redução na duração dos períodos chuvosos. Os valores mais elevados, frequentemente ultrapassando 10 dias consecutivos, concentraram-se principalmente antes do ano 2000. Após esse período, predominaram máximos anuais mais baixos, indicando uma diminuição na persistência de longos episódios de chuva.

A média histórica do DCU é de 8 dias. Esse valor médio está em consonância com os resultados observados por Sanches et al. (2021) para a microrregião de São Carlos/SP, que também identificaram aproximadamente 8 dias para o mesmo índice no período de 1994 a 2014, sugerindo a recorrência desse padrão pluviométrico em diferentes áreas do Sudeste do Brasil. Ao analisar a distribuição em torno desse valor (Figura 4), nota-se que 16 anos (32%) ficaram acima da média, enquanto 19 anos (38%) ficaram abaixo. No entanto, essa contagem deve ser interpretada com cautela, pois a tendência de queda ao longo da série influencia a distribuição. A principal conclusão da análise é a redução na duração dos eventos chuvosos contínuos na segunda metade do período analisado.

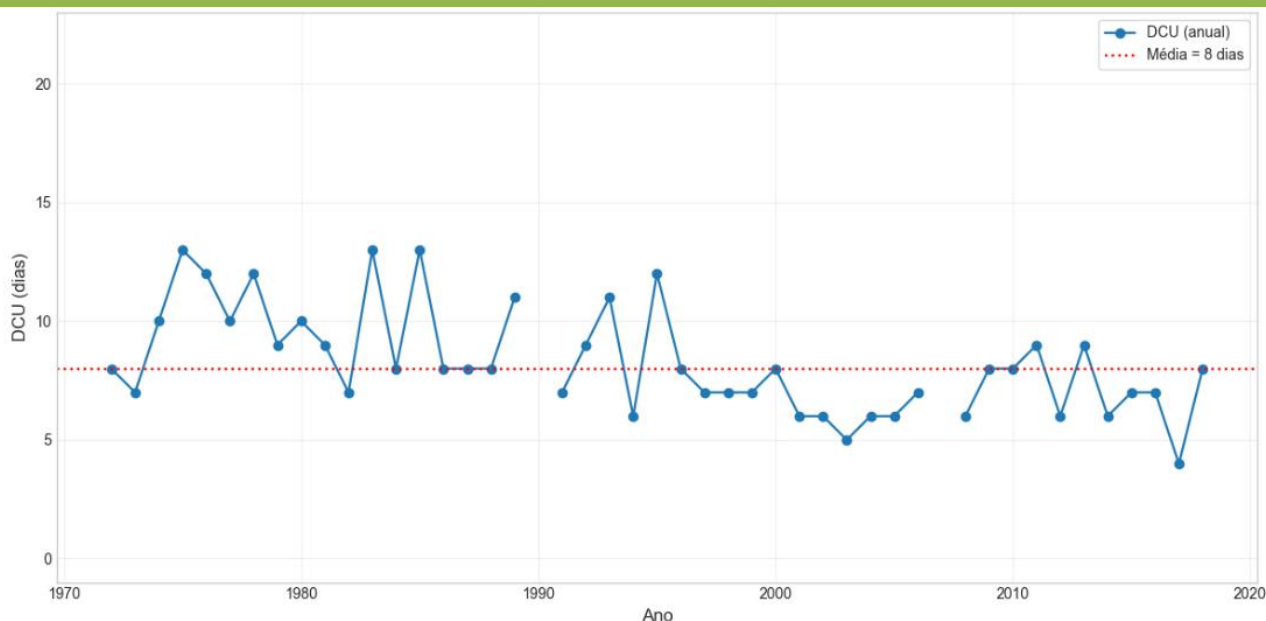


**Figura 4** - Distribuição dos anos segundo os dias consecutivos úmidos em Guaxupé/MG (1970 – 2019).  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Em conjunto, a (Figura 2) e a (Figura 5) evidenciam oscilações interanuais, tanto para dias consecutivos secos quanto úmidos, mostrando que há anos com valores superiores e inferiores à média.

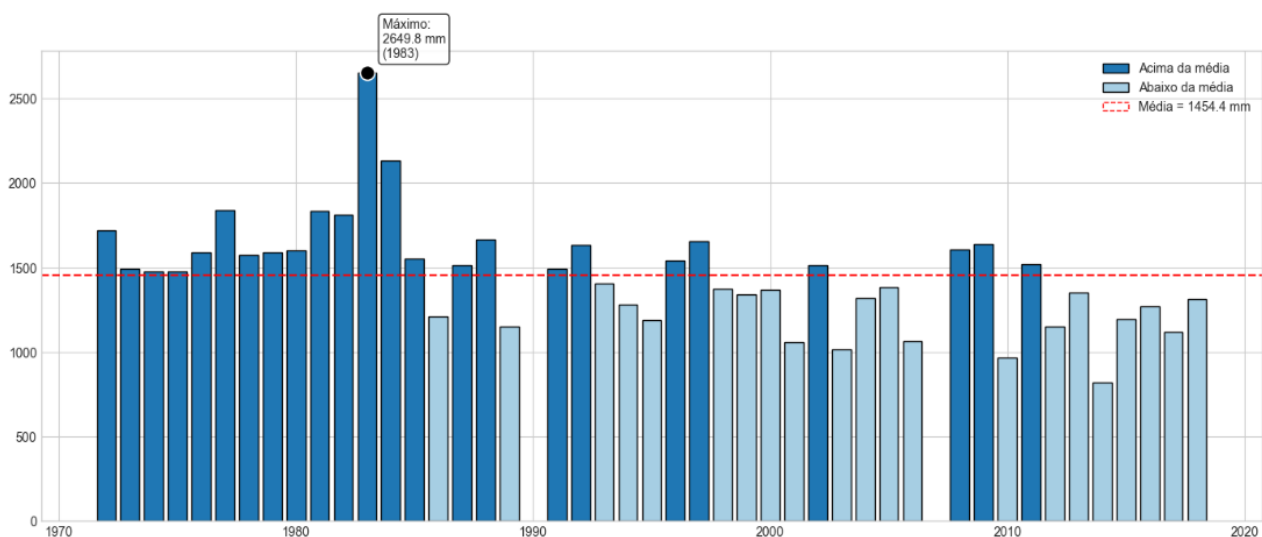
No que se refere ao índice PRCPTOT, apresentada na (Figura 6), revela uma variabilidade interanual nos totais pluviométricos da série histórica (1970-2019). O ano de 1983 destaca-se como o mais chuvoso de todo o período, com um acumulado excepcional de 2649,8 mm.

Ao longo da série, os totais anuais oscilam, refletindo a dinâmica climática regional. Uma análise visual sugere uma tendência de diminuição nos totais pluviométricos nos anos mais recentes da série.



**Figura 5 - DCU – Número de dias consecutivos úmidos em Guaxupé/MG (1970 – 2019).**  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

A média histórica do período é de 1454,4 mm. A distribuição dos anos em torno desse valor mostra um equilíbrio, com 24 anos (48%) registrando totais acima da média – representados pelas barras em azul escuro – e 21 anos (42%) abaixo dela, destacados em azul claro. Embora não seja possível identificar a distribuição mensal, é provável que a maior parte desses volumes tenha se concentrado na estação chuvosa (outubro a março).

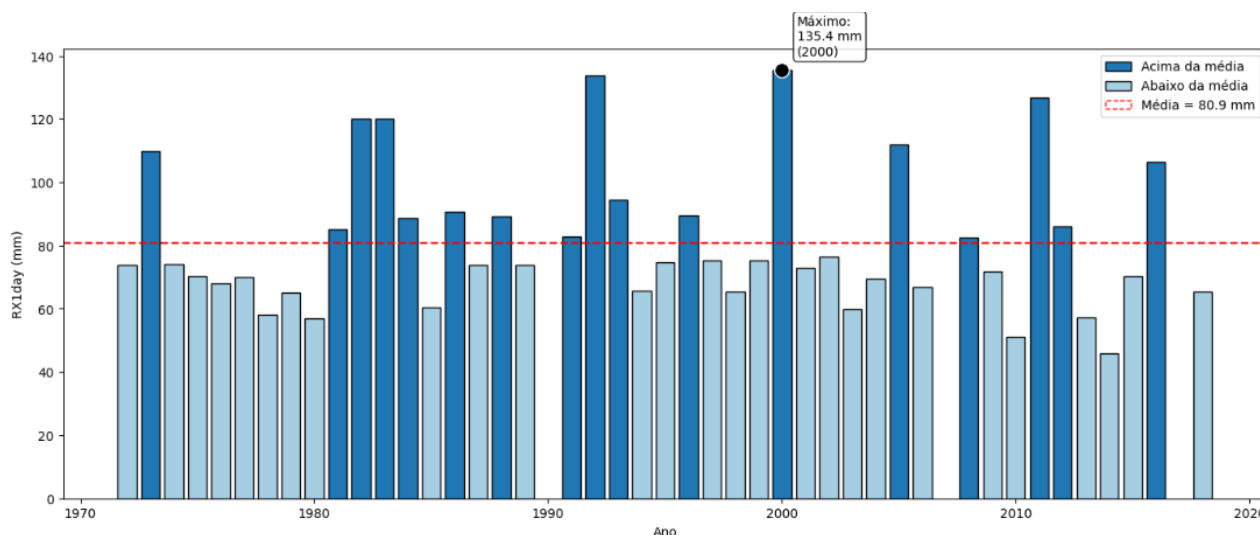


**Figura 6 - PRCPTOT – Precipitação total anual acumulada em Guaxupé/MG (1970 – 2019).**  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

O comportamento da precipitação extrema em escala diária é detalhado pelo índice RX1dia, que se refere ao maior acumulado de chuva em um único dia de cada ano (Figura 7). Ao analisar esse índice, observam-se variações nos acumulados máximos, com

ocorrência de eventos extremos acima de 120 mm em um dia, destacando-se 1992, com 133,8 mm em novembro, e 2000, com 135,4 mm em dezembro, comportamento compatível com as chuvas intensas reportada para Alfenas/MG, onde foi registrado um evento de 127,8 mm em um único dia (Souza *et al.*, 2021).

A distribuição dos anos em relação à média de 80,9 mm é apresentada na (Figura 7) anos com acumulados acima da média (azul escuro) correspondem a 34% da série histórica (17 anos), enquanto os anos com valores abaixo da média (azul claro) representam 54% (27 anos), sendo 12% (6 anos) ausentes. O valor mínimo de RX1dia foi de 45,8 mm, indicando que, mesmo no ano menos intenso, ocorreu pelo menos um evento de chuva diária com volume suficiente para potencialmente causar impactos hidrológicos e socioeconômicos na área de estudo.

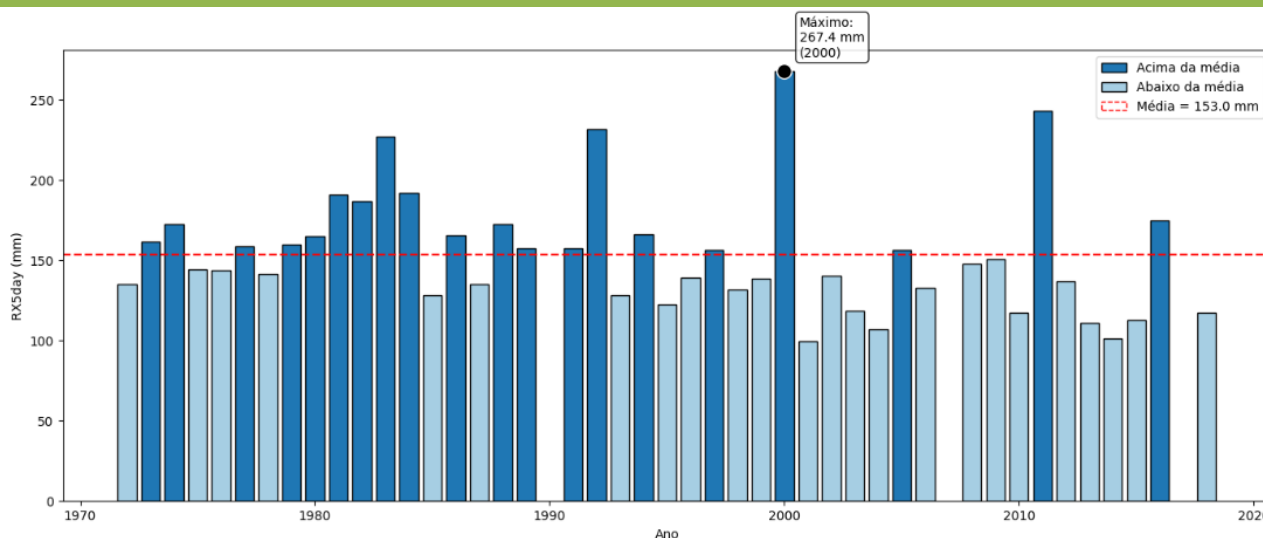


**Figura 7** – RX1dia – Valor máximo acumulado em um único dia anualmente em Guaxupé/MG (1970 – 2019).

Fonte: Elaborado pelo autor.

O índice RX5dias refere ao máximo acumulado em 5 dias de chuva. O cálculo possibilita compreender na escala anual o comportamento máximo das chuvas em 5 dias, logo sendo possível perceber a intensidade das chuvas.

Ao analisar o índice RX5dias (Figura 8), verifica-se uma redução nos valores máximos anuais de precipitação acumulada em cinco dias ao longo da série. Entretanto, quando se observa especificamente a ocorrência de eventos com totais superiores a 220 mm em 5 dias, destacam-se os anos de 1983, 1992, 2000 e 2011, com acumulados de 227,0 mm em janeiro, 231,4 mm em novembro, 267,4 mm em dezembro e 243,1 mm em fevereiro, respectivamente, configurando múltiplos anos com precipitação extrema em curto intervalo de tempo.



**Figura 8** – RX5dias – Valor máximo acumulado em cinco dias anualmente em Guaxupé/MG (1970 – 2019).  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Outro fator que corrobora para a ocorrência desses eventos extremos é a atuação da ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul), sistema responsável por episódios de vários dias consecutivos de chuva intensa sobre o Centro-Sul do Brasil, frequentemente associados a enchentes, inundações e deslizamentos em áreas urbanas e rurais (Verdan, 2025)

O valor médio do índice RX5dias foi de 153 mm, sendo estes preenchidos por 20 anos acima da média (azul escuro), totalizando 40%, já os anos abaixo da média (azul claro) totalizaram 24 anos, o que representa 48% dos anos da série histórica, e os outros 6 anos apresentaram falta de dados, totalizando 12% dos anos da série histórica. O valor mínimo da série histórica foi de 101,1 mm, o que mostra que ao menos choveu 101,1 mm em 5 dias, que é um valor relevante e que pode levar a problemáticas no município, dentre elas, alagamentos e movimentos de massa.

Foi também realizada uma análise conjunta (Figura 9) dos índices de Precipitação Máxima em 5 dias (RX5dias) e Dias Consecutivos Úmidos (DCU), a fim de avaliar simultaneamente a intensidade e a persistência dos eventos chuvosos na região. Em alguns anos, como 1981, observa-se um episódio de longa duração (DCU próximo de 13 dias) sem um acumulado extremo em 5 dias. Em outros anos, porém, há coincidência entre alta intensidade e ocorrência de sequência úmida, como em 2000, quando o RX5dias atingiu cerca de 267,4 mm em 5 dias — valor elevado, compatível com episódios associados à atuação de sistemas como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que frequentemente permanece ativa por 3 dias ou mais.

Portanto, os resultados indicam que a precipitação extrema na área de estudo pode ocorrer tanto em episódios prolongados quanto em eventos concentrados em poucos dias, com maior frequência recente de acumulados intensos em janelas curtas. Essa possível reorganização entre intensidade e duração, associada à atuação de sistemas como a ZCAS em alguns anos, tende a aumentar o risco de enxurradas e movimentos de massa (Verdan, 2025).

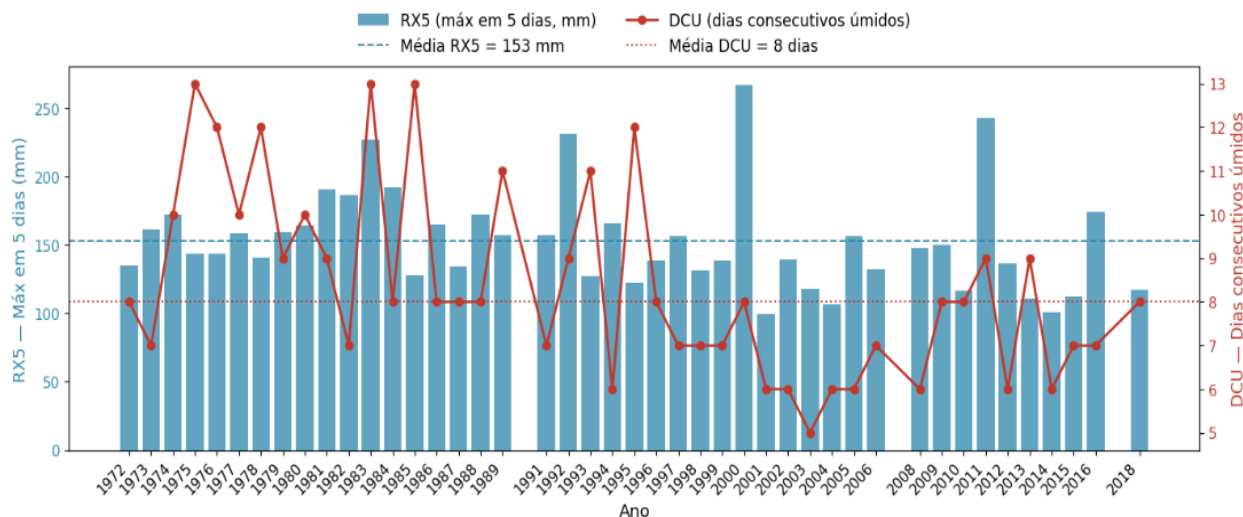


Figura 9 – RX5dias comparados com o DCU em Guaxupé/MG (1970 – 2019).

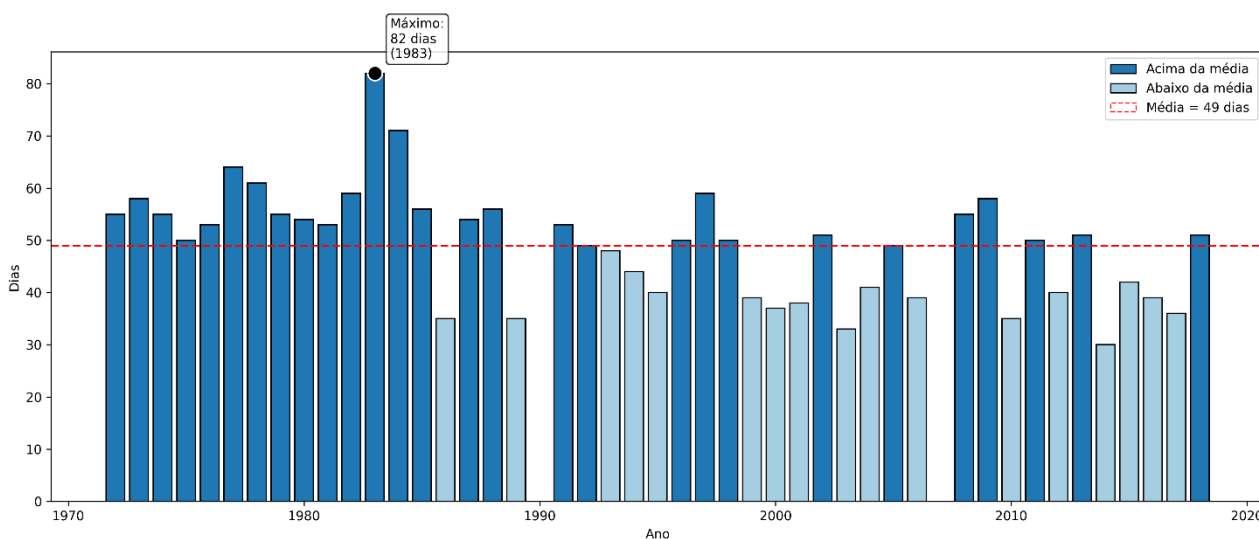
Fonte: Elaborado pelo autor.

O índice Rnn expressa o número de dias, em cada ano, em que a precipitação diária supera determinados limiares de intensidade (10, 20, 34 e 44 mm). Neste estudo, os limiares de 10mm (Figura 10) e 20 mm (Figura 11) foram adotados para representar dias de precipitação habitual, enquanto 34 mm (Figura 11) e 44 mm (figura 12) foram considerados valores de chuva intensa/extrema, definidos a partir do comportamento da série histórica local. Abordagem semelhante foi utilizada por Souza *et al.* (2021) em Alfenas/MG, onde limiares de 20 mm e 40 mm foram empregados para diferenciar chuvas habituais de episódios extremos e intensos, com base na recorrência anual e na detecção de observações anormais na série.

Em termos de frequência relativa, os limiares mais baixos (R10mm) e R20mm) apresentam maior recorrência anual, enquanto os limiares mais elevados (R34mm e R44mm) ocorrem em menor número de dias, concentrando os episódios de maior severidade. Padrão semelhante foi observado por Souza *et al.* (2021) para Alfenas/MG, onde o limiar de 20 mm se mostrou recorrente em boa parte dos anos, caracterizando precipitação habitual, ao passo que eventos acima de 40 mm ocorreram em poucos dias por ano, mas com relevância para o planejamento urbano e rural.

A literatura destaca que dias com precipitação acima de limiares elevados, embora pouco frequentes, têm papel desproporcional na geração de desastres naturais, como enchentes, enxurradas e danos à infraestrutura, especialmente em áreas urbanas e agrícolas (Souza *et al.*, 2021). No contexto de Guaxupé/MG, a combinação de menor número de dias chuvosos intensos com possíveis prolongamentos de períodos secos aumenta a vulnerabilidade de culturas perenes, como o café, e exige maior atenção ao manejo de solo e água.

O comportamento que mais se afasta do padrão é observado em 1983, ano em que os valores dos quatro índices Rnn ficaram bem acima das respectivas médias, indicando forte concentração de precipitação em vários eventos ao longo do ano. Nesse período, foram registrados 82 dias com chuva  $\geq 10$  mm, 49 dias  $\geq 20$  mm, 25 dias  $\geq 34$  mm e 11 dias  $\geq 44$  mm, o que evidencia a ocorrência simultânea de precipitação habitual e extrema neste ano em específico.

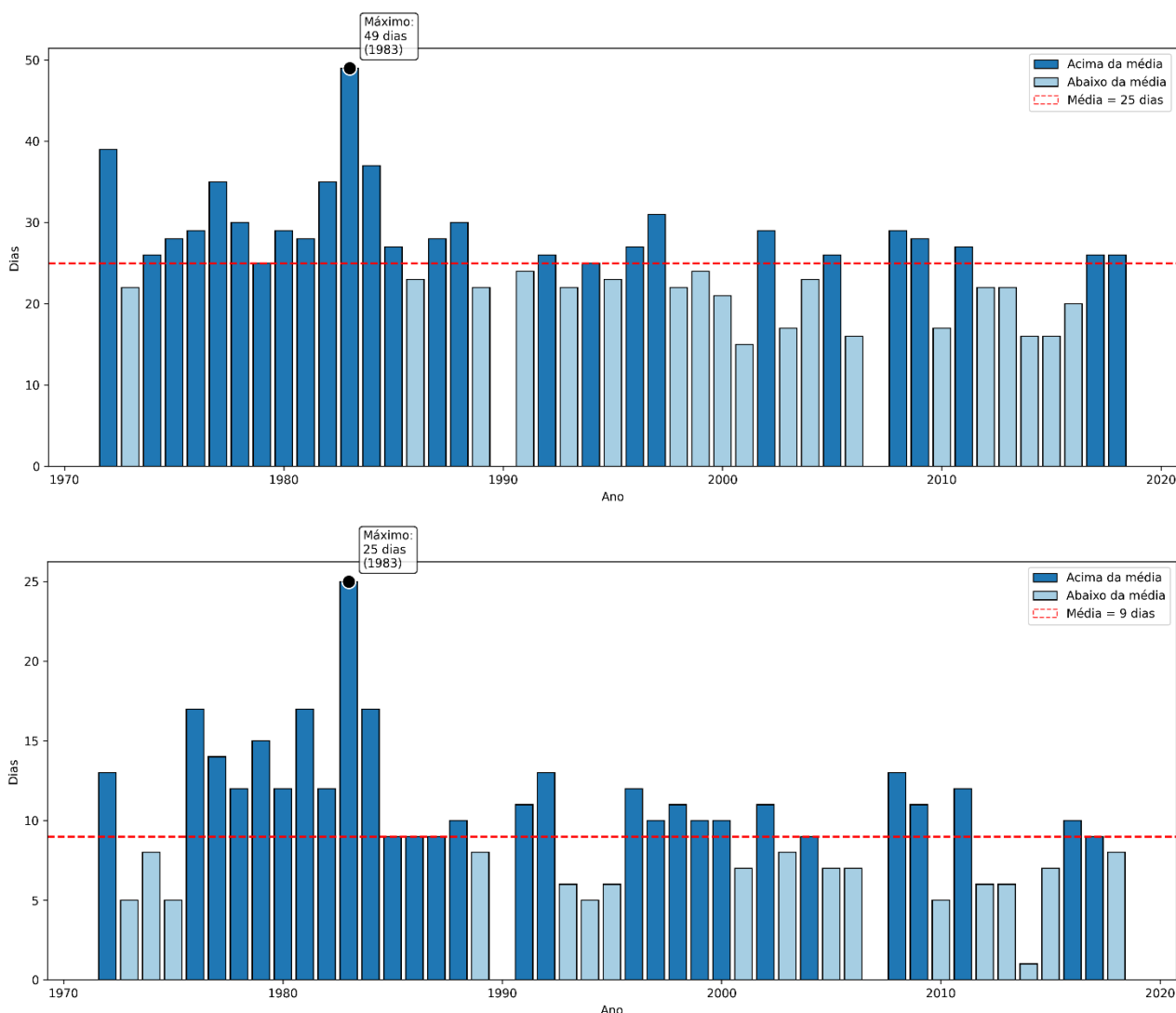


**Figura 10** - R10mm – Número de dias com chuvas acima de 10 mm anuais em Guaxupé/MG (1970 – 2019).

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

O índice R10mm apresenta média de 49 dias por ano, com 26 anos (52%) acima desse valor, 17 anos (34%) abaixo deste valor. Para o R20mm, a média é de 25 dias, sendo 24 anos (48%) acima da média, 19 anos (38%) abaixo deste valor. O R34mm possui média de 9 dias, com 24 anos (48%) acima da média, 19 anos (38%) abaixo da média. Por fim, o R44mm apresenta média de 5 dias, sendo 20 anos (40%) acima da média, 19 anos (38%) abaixo da média. Esses resultados mostram predominância de anos com frequências iguais ou inferiores aos valores médios, sobretudo para os limiares mais elevados, reforçando a

interpretação de que os dias com chuva intensa são relativamente pouco frequentes, mas concentrados em alguns anos específicos, como 1983.

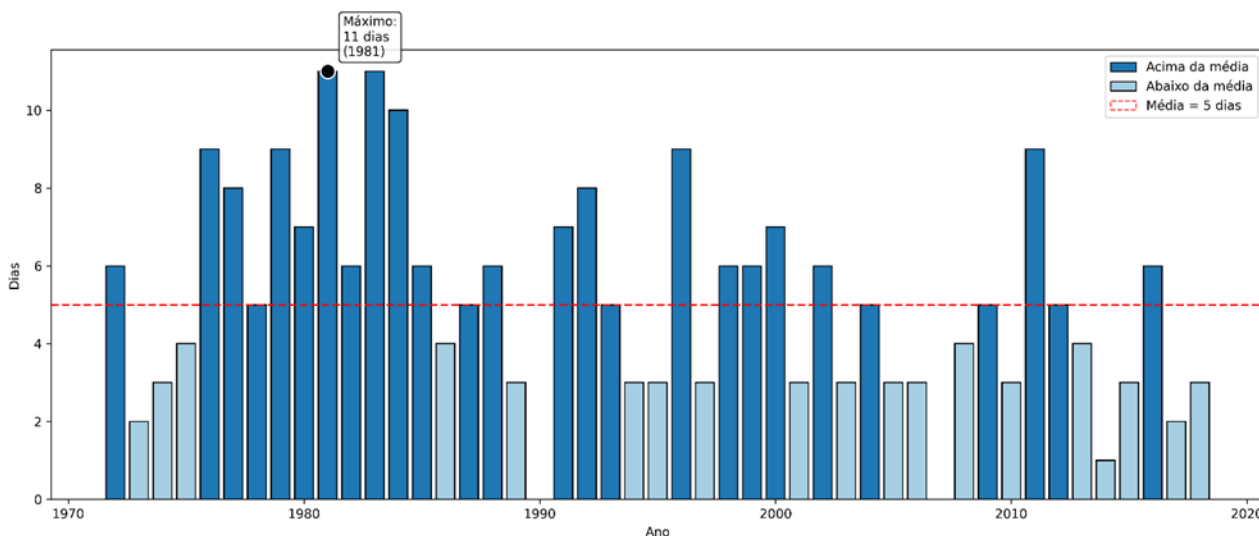


**Figura 11** – R20mm e R34mm – Número de dias com chuvas acima de 20 mm e 34 mm anuais em Guaxupé/MG (1970 – 2019).

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Do ponto de vista climático, o conjunto dos índices Rnn indica que a maior parte dos anos é caracterizada por um número moderado de dias com precipitação habitual (R10mm e R20mm) e por poucos episódios de chuva intensa (R34mm e R44mm). Anos excepcionais, em que há aumento simultâneo da frequência de eventos moderados e extremos, têm importância desproporcional na geração de impactos hidrológicos e socioeconômicos, conforme também apontado para outras áreas do Sul de Minas Gerais (Souza et al., 2021) e do interior paulista (Sanches *et al.*, 2021). Em vez de atribuir diretamente esses padrões às mudanças climáticas globais, os resultados sugerem que

Guaxupé/MG se insere em um contexto regional de forte variabilidade interanual da precipitação, no qual poucos anos muito chuvosos e com elevado número de eventos intensos contrastam com períodos de menor frequência de chuvas significativas.



**Figura 12** – R44mm – Número de dias com chuvas acima de 44 mm anuais em Guaxupé/MG (1970 – 2019).

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

O índice SDII (Figura 13) é o total anual de chuvas acumulado dividido pelo número de dias úmidos (quando o dia esteve  $\geq 1.0\text{mm}$ ) no ano. O índice SDII apresentou valor médio de 15,4 mm/dia, indicando que, nos dias em que choveu, o acumulado médio foi de aproximadamente 15,4 mm. Valores anuais mais elevados de SDII refletem anos em que a chuva esteve, em média, mais concentrada nos dias chuvosos, enquanto valores mais baixos indicam precipitações diárias mais fracas ou melhor distribuídas ao longo dos eventos.

Considerado em conjunto com os demais índices, o SDII sugere que parte da precipitação anual tem se concentrado em um número relativamente menor de dias, em especial na presença de máximos elevados de RX1dia, RX5dias e de episódios com vários dias consecutivos úmidos (DCU). Essa combinação é compatível com a ocorrência de eventos de chuva intensa em períodos curtos, o que aumenta o potencial para enxurradas e alagamentos, mesmo quando o total anual não é excepcionalmente alto.

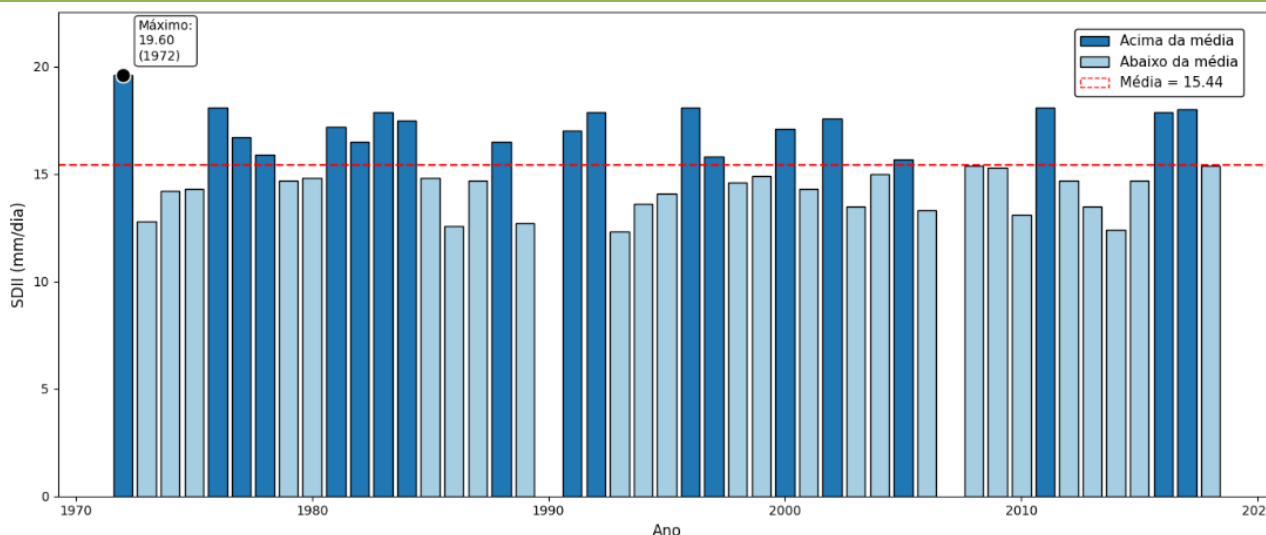


Figura 13 - SDII – Intensidade pluviométrica em dias chuvosos em Guaxupé/MG (1970 - 2019)

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.2. Síntese dos índices e influência de ENOS e ZCAS

Entre 1990 e 2010 observa-se redução nos máximos de dias consecutivos úmidos (DCU), em um intervalo marcado pela sucessão de episódios de El Niño e La Niña. Esse comportamento, aliado à leve diminuição observada em PRCPTOT na porção final da série, sugere uma reorganização da precipitação na área de estudo, com menor número de dias chuvosos e maior importância de eventos concentrados.

Os índices de extremos diários (RX1dia e RX5dias), bem como o número de dias com precipitação superior a 10, 20, 34 e 44 mm (R10mm, R20mm, R34mm, R44mm), apontam redução no número de dias com chuva moderada a forte, a partir de picos registrados nas décadas anteriores. Esse padrão é coerente com o comportamento do SDII, que sugere concentração da precipitação anual em um conjunto relativamente menor de dias. Considerando que a chuva no Sudeste brasileiro está fortemente associada à atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (Verdas, 2025), é provável que mudanças na frequência e intensidade esteja relacionada a essa redistribuição, ainda que não possam ser inferidas diretamente apenas a partir dos índices analisados.

O clima Tropical dificulta o entendimento completo do ritmo das chuvas, já que é um clima que apresenta sazonalidades muito bem definidas, as quais geram flutuações interanuais nos gráficos, quando não ocorrem em associação à variabilidade da precipitação nos períodos hidrológicos (outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março); ou ainda sob a influência dos sistemas meteorológicos que agem na dinâmica do clima da região, como o ZCAS, El Niño, La Niña e a atuação de massas de ar.

Em síntese, os resultados obtidos com DCS, DCU, PRCPTOT, RX, Rnn e SDII indicam que Guaxupé permanece inserida em um regime tropical com estação chuvosa bem definida, mas apresenta sinais de reorganização gradual da chuva em diferentes escalas temporais. A associação parcial com episódios de El Niño e La Niña e a relevância de sistemas como a ZCAS e as frentes frias reforçam a necessidade de estudos específicos que integrem os índices climáticos a campos atmosféricos, de modo a esclarecer as causas dinâmicas das alterações observadas.

#### **4. CONCLUSÃO**

Com base na análise das chuvas neste município, notou-se diminuição da precipitação para quase todos os índices pluviométricos, dentre eles: DCU, PRCPTOT, RX1dia, RX5dias, R10mm, R20mm, R34mm, R44mm e o SDII, o único índice que apresentou aumento foi o índice DCS, justamente o que aponta para dias consecutivos secos, os quais mostram que com o passar dos anos aumenta os dias consecutivos secos, já os outros índices apontam para um padrão de diminuição do ritmo da precipitação na série histórica do município. Mesmo que há uma notável diminuição nos índices RX1dia e RX5dias, podemos observar episódios extremos da precipitação na série histórica, como foi o ano de 2000 com uma precipitação de 267,4 mm em apenas 5 dias ou os mais de 120 mm nos anos de 1992 e 2000, o que pode ter acarretado em enchentes e movimento de massa no município de Guaxupé-MG, problemáticas essas que atingem várias cidades no Brasil e no mundo, ocasionando em alguns momentos a fatalidade sobre vidas animais e humanas.

As análises do comportamento da precipitação no município de Guaxupé-MG apresentam potencial para subsidiar estudos estratégicos voltados à produção de café, indicando períodos climatológicos mais adequados para o plantio. Esse conhecimento é fundamental para o planejamento agrícola de longo prazo, permitindo ajustes que elevem a eficiência produtiva diante das variações climáticas.

No âmbito do ordenamento territorial municipal, o estudo oferece subsídios para a compreensão dos padrões de chuva, favorecendo a formulação e implementação de políticas públicas que visem a mitigação dos riscos associados a enchentes e movimentos de massa. Ressalta-se que o impacto efetivo desse trabalho depende do comprometimento das autoridades locais em traduzir os resultados científicos em ações de planejamento e gestão, promovendo maior resiliência frente às vulnerabilidades climáticas do município.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. R. P.; SILVA, P. L.; ROCHA, A. P. S. Cafeicultura: Evolução do café no Brasil, Minas Gerais e no município de João Pinheiro-MG. **Revista Contemporânea**, v. 3, p. 21683, 2023.

BOAS, L. G. V. A Cafeicultura no Sul de Minas e em Nepomuceno-MG entre as Décadas de 1950 e 1990. **Geografia**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 129–148. 2020.

COSTA, C.; ANDRADE, A. R. Análise de tendências dos índices de precipitação pluviométrica para Guarapuava-PR. In: ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM GEOGRAFIA. 14., 2025. **Anais...** 2025.

GUAXUPÉ. **A cidade:** economia. 2016. Disponível em: <http://www.guaxupe.mg.gov.br/cidade/economia>. Acesso em: 10 jun. 2025.

\_\_\_\_\_. **A cidade:** localização. 2016. Disponível em: <http://www.guaxupe.mg.gov.br/cidade/localizacao>. Acesso em: 11 jun. 2025.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE-Cidades. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/guaxupe/panorama>. Acesso em: 18 out. 2025.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas**. 1999. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acessado em: 21 mar. 2024.

KARL, T. R.; NICHOLLS, N.; GHAZI, A. CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: workshop summary. **Climatic Change**, v. 42, p. 3-7, 1999.

PETERSON, T. C.; FOLLAND, C.; GRUZA, G.; HOGG, W.; MOKSSIT, A.; PLUMMER, N. **Report on the activities of the working group on climate change detection and related rapporteurs: 1998-2001**. Geneve: International Council for Science; Intergovernmental Oceanographic Commission; World Meteorological Organization, 2001.

PMGIRS – **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. Guaxupé, 2016. Disponível em: [www.guaxupe.mg.gov.br/download](http://www.guaxupe.mg.gov.br/download). Acesso em: 10 jun. 2021

SANCHES, R. G.; SANTOS, B. C.; NEVES, G. Z. F.; SILVA, M. S. D.; SOUZA, P. H.; TECH, A. R. B. Influência da variabilidade climática na produção canavieira na microrregião de São Carlos/SP no período de 1994 a 2014. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, 2021.

SANTOS, B. C.; SOUZA, P. H.; VECCHIA, F. A. S. - A caracterização da precipitação do ano hidrológico de 2013-2014 na região de São Carlos/SP e sua repercussão no espaço geográfico. **Revista Brasileira de Climatologia**. Paraná. v. 21, 2017.

SIQUEIRA, M. S.; SILVA, M. T.; BRITO, J. I. B.; BRAGA, C. C.; SOUZA, A. C.; SOUSA, W.G. Índices climáticos extremos de precipitação pluvial e temperatura do ar na região do MATOPIBA-Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, n. 1, p. 446–464, 2024.

SOUZA, P. H.; SANCHES, R. G.; SANTOS, B. C. Análise das chuvas no município de Alfenas/MG: índices climáticos e chuvas intensas na série histórica, 1984-2016. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, 2021.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V. Índices de Detecção de Mudanças Climáticas Derivados da Precipitação Pluviométrica e das Temperaturas em Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 1, p. 143–159, 2012.

VALE, A. R. O rural do sul de Minas: cafeicultura e suas contradições. In: ALVES, F. D. (org.). **Sociedade, território e ambiente: estudos da geografia sul-mineira**. Alfenas: Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Alfenas, 2024. p. 30–55.

VERDAN, Ian. Zona de Convergência do Atlântico Sul: uma revisão sistemática e de discurso. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 36, n. 21, p. 313–339, 2025.

ZHANG, X.; YANG, F.; CANADA, E. **RClimDex (1.0) User Manual**. 2004. p. 1–23.

Recebido: 20/12/2025

Aceito: 05/01/2026