

**UFSJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO
DEL REI**

COORDENADORIA DO CURSO DE GEOGRAFIA

EDUARDO SOUZA DA CRUZ

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL
E ESPACIAL DOS DADOS DE
SUPERFÍCIE DE PRECIPITAÇÃO DE SÃO
JOÃO DEL REI E CIDADES VIZINHAS**

SÃO JOÃO DEL REI

2026

EDUARDO SOUZA DA CRUZ

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL E ESPACIAL
DOS DADOS DE SUPERFÍCIE DE PRECIPITAÇÃO DE
SÃO JOÃO DEL REI E CIDADES VIZINHAS**

Trabalho de Conclusão de Curso da graduação de Geografia
Bacharelado na Universidade de São João del-Rei.

Orientador: Prof. Dr. André Batista de Negreiros

SÃO JOÃO DEL REI

2026

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela oportunidade de realizar o sonho de cursar Geografia, uma graduação que sempre desejei fazer. A caminhada não foi fácil e foi marcada por muitos desafios, mas com fé, perseverança e dedicação consegui chegar até aqui. Hoje, concluo essa etapa com o sentimento de gratidão por tudo o que vivi e aprendi ao longo desses anos.

Expresso minha profunda gratidão à minha família, que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos. Em especial, agradeço ao meu pai, Raimundo, à minha mãe, Ângela, ao meu irmão, Jorge, às minhas tias e à minha saudosa avó, que sempre acreditaram em mim e contribuíram de diferentes formas para que eu pudesse alcançar este objetivo. Todo o amor, incentivo e apoio que recebi foram essenciais para minha formação pessoal e acadêmica. e aos meus amigos da minha cidade que estavam comigo e me ajudaram bastante no começo gratidão a todos.

Meu agradecimento especial aos meus companheiros de república, Caio, Rodrigo, Darlan e Caian. Foram três anos compartilhando a mesma casa, experiências, desafios e conquistas. A convivência com vocês tornou essa caminhada mais leve, divertida e inesquecível.

Aos amigos que conheci na universidade de outros cursos, deixo minha sincera gratidão. Em especial à Ana Luísa, uma das primeiras pessoas que conheci na UFSJ e que se tornou uma grande amiga, sempre presente nos momentos bons e difíceis. Ao Gabriel, que dividiu moradia comigo nos primeiros anos da graduação, e aos amigos Natan, Miguel, Iasmim, Vitória e tantos outros que fizeram parte dessa trajetória e contribuíram para tornar esses anos tão especiais.

Agradeço aos professores do Departamento de Geociências, que contribuíram significativamente para minha formação acadêmica e profissional. Em especial, ao professor André, meu orientador, pela dedicação, paciência, ensinamentos e apoio durante todo o desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço também à professora Patrícia Martinelli por aceitar o convite para compor a banca examinadora e à funcionária Wânia, por toda a atenção e ajuda prestadas ao longo da graduação.

Aos meus colegas de turma Hugo, Emanuel, André, David, Augusto e Pedro, agradeço pelos momentos compartilhados, pelas trocas de conhecimento e pela amizade construída durante esses anos. Estendo meu agradecimento aos amigos do curso João, Rafaela, Carlos Eduardo, Uriel, Iasmim e tantos outros que estiveram presentes nessa caminhada acadêmica e nos momentos de descontração fora da universidade.

Aproveito para expressar minha mais profunda gratidão ao meu namorado, Ramon. Seu apoio, carinho, compreensão e incentivo foram fundamentais para que eu não desistisse diante das dificuldades encontradas ao longo do curso e durante a elaboração deste trabalho. Obrigado por acreditar em mim, por caminhar ao meu lado e por me dar forças para seguir em frente.

RESUMO

O monitoramento das chuvas tem assumido crescente relevância para a sociedade, sobretudo diante da escassez dos recursos hídricos e dos riscos ambientais e sociais associados ao cenário de aumento de desastre naturais. O presente trabalho visa analisar os dados pluviométricos das cidades de São João del-Rei, incluindo os distritos do Rio das Mortes e do Elvas e Tiradentes na região do Campo das Vertentes, área abrangida pela bacia do rio grande e se localiza numa região montanhosa com o clima tropical de altitude. O objetivo do trabalho foi analisar dados pluviométricos provenientes de 11 estações: cinco localizadas em São João del-Rei, uma em Santa Cruz de Minas, três em Tiradentes e duas em distritos da região. Para essas estações, foram considerados dois conjuntos de dados, conforme a fonte e o recorte temporal disponível: registros de 2015 a 2024, fornecidos pelo CEMADEN, e registros de 1961 a 2023, disponibilizados pela ANA e pelo INMET. Foi observado menores índices anuais de precipitação no ano de 2014 um ano atípico em todas as estações estudadas, e a estação que houve período de precipitação acima da média foi a Rio das Mortes no ano de 2020, com 2.017mm, sendo a média da estação é em torno de 1.438,7mm. concluímos que houve uma variação significativa de precipitação ao longo das duas series históricas, incluindo expressiva variação espacial. O trabalho também evidenciou problemas na manutenção das estações operadas pelo CEMADEN em São João del-Rei e Tiradentes, o que comprometeu a sequência de obtenção de dados.

Palavras-chaves: Pluviometria, variabilidade espacial, São João del-Rei.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO.....	10
2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1. PRECIPITAÇÃO ATMOSFÉRICA E CICLO HIDROLÓGICO.....	13
2.2. VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO.....	15
3- ÁREA DE ESTUDO.....	16
4- OBJETIVOS.....	19
4.1. GERAL.....	19
4.2. ESPECÍFICO.....	19
5- MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
6- RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	22
6.1. VARIABILIDADE ANUAL DA PRECIPITAÇÃO (DADOS ANA) ...	22
6.2. VARIABILIDADE MENSAL DA PRECIPITAÇÃO (DADOS ANA)	
.....	27
6.3. VARIABILIDADE ANUAL DA PRECIPITAÇÃO (DADOS	
CEMADEN)	31
6.4. VARIABILIDADE MENSAL DA PRECIPITAÇÃO (DADOS	
CEMADEN)	38
7- CONCLUSÃO.....	49
8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Quadro vulnerabilidade climática de São João del-Rei.....	15
Figura 2: Mapa topografia e localização das estações pluviométricas.....	20
Figura 3: Quadro com coordenadas geográficas e órgãos operacionais das estações.....	21
Figura 4: Gráfico com o acumulado anual da estação São João del-Rei de 1990 a 2020 (dados ANA)	23
Figura 5: Gráfico com o acumulado anual da estação Elvas no distrito de Elvas de 1990 a 2020 (dados ANA)	24
Figura 6: Gráfico com o acumulado anual da estação Porto em Santa Cruz de Minas de 1990 a 2020 (dados ANA)	25
Figura 7: Gráfico com o acumulado anual da estação Rio das Mortes no distrito do Rio das Mortes de 1994 a 2020 (dados ANA)	26
Figura 8: Gráfico da média mensal da estação São João del-Rei (dados ANA)	27
Figura 9: Gráfico da média mensal da estação Rio das Mortes (dados ANA)	28
Figura 10: Gráfico da média mensal da estação Elvas (dados ANA)	29
Figura 11: Gráfico da média mensal da estação Porto (dados ANA)	30
Figura 12: Gráfico com o acumulado anual da estação Bonfim em São João del-Rei de 2015 a 2024 (dados CEMADEN)	32
Figura 13: Gráfico com o acumulado anual da estação Fábricas em São João del-Rei de 2015 a 2024 (dados CEMADEN)	33
Figura 14: Gráfico com o acumulado anual da estação Senhor dos Montes em São João del-Rei de 2015 a 2024 (dados CEMADEN)	34
Figura 15: Gráfico com o acumulado anual da estação Tejuco em São João del-Rei de 2015 a 2024 (dados CEMADEN)	35
Figura 16: Gráfico com o acumulado anual da estação Parque das Abelhas em Tiradentes de 2015 a 2024 (dados CEMANDEN)	36
Figura 17: Gráfico com o acumulado anual da estação Pacu em Tiradentes de 2015 a 2024 (dados CEMADEN)	37
Figura 18: Gráfico com o acumulado anual da estação Várzea de Baixo em Tiradentes de 2015 a 2024 (dados CEMADEN)	38

Figura 19: Gráfico da média mensal da estação Bonfim (dados CEMADEN)	39
Figura 20: Gráfico da média mensal da estação Fábricas (dados CEMADEN)	40
Figura 21: Gráfico da média mensal da estação Senhor dos Montes (dados CEMADEN)	41
Figura 22: Gráfico da média mensal da estação Tejuco (dados CEMADEN)	42
Figura 23: Gráfico da média mensal da estação Parque das Abelhas (dados CEMADEN)	43
Figura 24: Gráfico da média mensal da estação Pacu (dados CEMADEN)	44
Figura 25: Gráfico da média mensal da estação Várzea de Baixo (dados CEMADEN)	45
Figura 26: Gráfico de precipitação acumulado anual média das estações da ANA/INMET (1990-2020)	47
Figura 27: Gráfico de precipitação acumulado anual média, das estações do CEMADEN (2015-2024)	47

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA – Agência Nacional de Águas

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

CTAN – Campus Tancredo Neves

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

UFSJ – Universidade Federal de São João del-Rei

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

1 – INTRODUÇÃO

O monitoramento das chuvas tem assumido crescente relevância para a sociedade, sobretudo diante da escassez dos recursos hídricos e dos riscos ambientais e sociais associados ao cenário de aumento de desastre naturais. Assim, torna-se relevante caracterizar espacialmente e temporalmente os regimes pluviométricos de uma determinada região, sendo definido seu comportamento e distribuição, para o planejamento das atividades humanas (Mello *et al.*, 1994). Os dados de chuva são extremamente importantes para as atividades humanas, auxiliam na tomada de decisões referentes a agricultura e em medidas de emergência que podem evitar deslizamentos, enchentes, escassez no fornecimento de água a sociedade, coletar a pluviometria de um local, tratar esses dados pluviométricos e disponibilizar para a população. Marengo (2007), salienta que os eventos extremos são aqueles discrepantes de um estado climático médio. Esses eventos podem variar na escala temporal de dias a milênios sendo os de curto prazo (relacionado com o tempo).

A precipitação é toda forma de umidade oriunda da atmosfera que se deposita sobre a superfície terrestre. Exemplos: chuvas, granizo, neve, orvalho e geada. O autor define precipitação como toda forma de água proveniente da atmosfera que atinge a superfície terrestre, nos seus diferentes formatos. A precipitação se forma através da ascensão das massas de ar úmidas, devido aos seguintes fatores: convecção térmica, relevo e ação frontal de massas de ar. A umidade atmosférica é o elemento básico para a precipitação e embora seja necessário, não é suficiente para formação de chuva, portanto é necessário a existência de outros requisitos, tais como, mecanismo de resfriamento do ar, presença de núcleos higroscópicos para que haja condensação do vapor e um mecanismo de crescimento das gotas (HOLTZ, 1976). Para que ocorra um evento de precipitação é preciso que estas gotas aumentem a partir de núcleos de condensação, como por exemplo, gelo, poeira ou demais partículas, até que atinjam o peso necessário para superarem as forças de sustentação e caiam (HOLTZ, 1976).

A pluviometria é medida pela altura em milímetros, de água acumulada em um copo graduado com esse objetivo, um milímetro de chuva equivale a um

metro de chuva por metro quadrado. O equipamento para medir a quantidade de chuva é o pluviômetro. Este aparelho coleta a água da chuva e o resultado mensurado é transformado em altura de chuva em milímetros. As análises da precipitação pretendem assim determinar sua forma de ocorrência espacial e temporal, além dos fatores que interferem em sua variabilidade na área de estudo, servindo de subsídio para pesquisas de outras áreas, e para diversas aplicações nas atividades econômicas e de planejamento ambiental dos municípios da região (FREIRE, 2014).

Segundo Tucci (2002), as características principais dos regimes de precipitação são o seu total, sua duração e sua distribuição espacial e temporal. O total de registro de chuva não tem nenhuma relevância se não estiver associada a uma duração. A ocorrência de precipitação é um processo aleatório que não permite uma precisão determinística com grande antecedência, portanto o tratamento dos dados de precipitação para a grande maioria dos problemas hidrológicos é o uso de elementos e operações estatísticas.

O comportamento das chuvas pode ter uma variabilidade considerável dentro de uma certa área, isso explica, a relevância de estudos em recortes espaciais em regiões de menores extensões, pois as variações ocorrem de uma forma que se relaciona com o espaço, podendo variar de nível global até microrregional, depende muito físico da superfície terrestre e dos elementos atmosféricos atuantes na região (SANTOS, 2015). Existem diversos fatores que podem provocar mudanças no regime de precipitação, dentre eles podem-se citar os desmatamentos, a urbanização desenfreada e a emissão de gases poluentes para a atmosfera, além da intensificação da atividade solar e fenômenos naturais como o El Niño e La Niña (MARENGO, 2010).

Lucas (2007) revisa a necessidade de interpretar o comportamento da distribuição espacial da chuva que é de uma real importância para o desenvolvimento e planejamento e uma gestão de recursos hídricos, nos fazendo compreender a oferta hídrica da bacia e quanto pode suprir para o aproveitamento em termos de uso múltiplo e assim evitar situações de insuficiência de água local, seja qualitativa ou quantitativa.

Neste trabalho serão apresentados resultados da análise pluviométrica de São João del-Rei, Tiradentes e cidades vizinhas, localizados na mesorregião do Campo das Vertentes no estado de Minas Gerais, foram reunidos os dados através dos pluviômetros automáticos, através dos dados do CEMADEN dos anos de 2015 a 2024, e dos pluviômetros convencionais das propriedades do INMET e a plataforma da ANA, dos anos de 1961 a 2023, pegando uma série histórica de 30 anos sendo dos anos de 1990 a 2020, exceto a estação Rio das Mortes que foi utilizado o período de 27 anos de 1994 a 2020.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Moraes (2002), a precipitação é amplamente reconhecida por vários pesquisadores como a variável climatológica mais importante na região tropical. Silva (2021) cita que a precipitação pluviométrica se constitui como um dos elementos mais importantes nas regiões tropicais, visto que influencia direta e indiretamente as atividades humanas, a economia e o meio ambiente em que vivemos. Tal importância se deve às consequências que esta pode ocasionar, quando ocorre em excesso (precipitação intensa), para os setores produtivos da sociedade tanto econômicos quanto sociais (agricultura, transporte e hidrologia), causando enchentes, assoreamento dos rios e quedas de barreiras, ou quando ocorre em déficits, causando secas, diminuição nos níveis de reservatórios e, consequentemente, racionamentos de água e energia elétrica. Essas características do regime de chuva também afetam as variações na temperatura e umidade do ar, nebulosidade e quantidade de radiação incidente na superfície. De acordo com Salgueiro (2005), o padrão de distribuição das chuvas, a estimativa dos seus valores, a sua intensidade e a identificação das áreas de suas ocorrências representam informações essenciais para o entendimento da climatologia de uma região.

2.1. Precipitação Atmosférica e Ciclo Hidrológico

A precipitação é considerada uma das variáveis mais importantes no ciclo hidrológico. Esta é responsável pela maior parte do *input* de água na bacia hidrográfica, sendo constantemente utilizada em diversas áreas do conhecimento (PEREIRA *et al.*, 2013).

Franceschini (2016) cita em seu estudo que no nosso planeta a água circula através do ciclo hidrológico, formado pelas etapas denominadas evaporação, precipitação, infiltração e escoamento superficial. O ciclo hidrológico ou ciclo da água é um fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície da terra e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela ação da energia solar associada à gravidade e a rotação da terra (TUCCI, 2009).

A precipitação é um importante componente do ciclo hidrológico, sendo o fenômeno responsável pela entrada de água na bacia hidrográfica. Devido a sua capacidade de produzir escoamento superficial, a precipitação pluvial é considerada a forma de precipitação de maior importância em regiões tropicais e subtropicais (BERTONI; TUCCI, 2001).

Segundo Mendonça; Honório (2016), a temperatura, umidade e vento são importantes pela influência que exercem na precipitação e evaporação. Existem alguns tipos de precipitações, sendo uma delas a frontal, que são as mais comuns que resulta da ascensão do ar quente sobre o ar frio, a não frontal, decorrente da baixa pressão do ar, a ciclônica, que são a de longa duração, as convectivas, que são típicas de regiões tropicais, e as orográficas, que ocorre na região da área de estudo durante a estação chuvosa, entenda:

- a) Frontal: tipo mais comum, resulta da ascensão do ar quente sobre o ar frio na zona de contato entre duas massas de ar de características diferentes. Se a massa de ar se move de tal forma que o ar frio é substituído por ar mais quente, a frente é conhecida como frente quente, e se por outro lado, o ar quente é substituído por ar frio, a frente é fria.

- b)** Não frontal: é resultado de uma baixa barométrica, neste caso o ar é elevado em consequência de uma convergência horizontal em áreas de baixa pressão.
- c)** Precipitações ciclônicas: são de longa duração e apresentam intensidades de baixa a moderada, espalhando-se por grandes áreas. Por isso são importantes, principalmente no desenvolvimento e manejo de projetos em grandes bacias hidrográficas.
- d)** Precipitações convectivas: são típicas das regiões tropicais. O aquecimento desigual da superfície terrestre provoca o aparecimento de camadas de ar com densidades diferentes, o que gera uma estratificação térmica da atmosfera em equilíbrio instável. Se esse equilíbrio, por qualquer motivo (vento, superaquecimento), for quebrado, provoca uma ascensão brusca e violenta do ar menos denso, capaz de atingir grandes altitudes. As precipitações convectivas são de grande intensidade e curta duração, concentradas em pequenas bacias hidrográficas.
- e)** Chuvas orográficas: ocorrem quando o ar ascende e resfria devido ao ganho de altitude causado por uma barreira de relevo, como por exemplo: morros, serras e montanhas. Nesse caso, existe a formação de uma vertente úmida, chamada de barlavento, e outra vertente seca, chamada de sotavento.

Britto (2004) ressalta, que a precipitação pluvial constitui uma variável climática central na dinâmica hidrológica, pois representa a principal entrada de água nas bacias hidrográficas e condiciona os processos de infiltração, escoamento superficial, recarga subterrânea, vazão fluvial e armazenamento hídrico no solo, influenciando diretamente a qualidade ambiental. As quantidades relativas de precipitação pluvial (volume), seu regime sazonal ou diário (distribuição temporal) e as intensidades de chuvas individuais (volume/duração) são algumas das características que afetam direta ou indiretamente a população, a economia e o meio ambiente.

Segundo Boldrin *et al.* (2025), a cidade de São João del-Rei vem sofrendo com histórico de intensas precipitações na região, com registros de eventos extremos de inundação, principalmente, nos anos de 2007, 2011 e 2020. A cidade de São João del-Rei cresceu entre planícies de inundação,

terrenos mal drenados e encostas com tendências a processos erosivos acelerados e deslizamentos (FERREIRA, et al., 2022). No quadro abaixo mostram um breve resumo do que vem acontecendo nos últimos anos na cidade em decorrência dos eventos extremos de precipitação (figura 1).

Nº	Data	Jornal	Título da Notícia	Tema	Resumo/Análise
1	24 fev. 2025	Notícias de El Rei	Mudanças climáticas: a vulnerabilidade de São João Del Rei diante das chuvas.	Mudanças climáticas / Urbanismo.	A notícia aborda o aumento da intensidade das chuvas e eventos extremos em São João Del Rei e seus impactos urbanos, como alagamentos em áreas que antes não sofriam com esse problema. Destaca a insuficiência da infraestrutura de drenagem, considerada mal dimensionada diante das novas dinâmicas climáticas. Também evidencia a ausência de planejamento e ações preventivas por parte do poder público, além de apresentar relatos de moradores e o histórico recorrente de enchentes e desastres na cidade, agravados pelas mudanças climáticas.

Figura 1: Quadro com a análise de notícias sobre vulnerabilidade climática em São João del-Rei.

2.2. Variabilidade Espacial da Precipitação

Segundo Franceschini (2016) o conhecimento da variabilidade da precipitação de uma região é de suma importância, visto que há uma estreita ligação entre precipitação e gestão de recursos hídricos.

De acordo com (GONÇALVES; BACK, 2018) a variabilidade espacial da precipitação é crucial para entender como as chuvas afetam a produção agrícola e a economia de uma região, essa variabilidade é significativa em algumas regiões do Brasil, onde a distribuição da precipitação influencia diretamente a agricultura e a segurança alimentar. Estudos mostram que a dinâmica

atmosférica e o relevo local desempenham papéis fundamentais na distribuição das chuvas.

A variabilidade da precipitação é influenciada por diversos fatores, segundo (ARAÚJO *et al.*, 2007) essa influência inclui as dinâmicas atmosféricas, os sistemas meteorológicos, como a zona de convergência intertropical e os vórtices ciclônicos de ar superior, que afetam a distribuição das chuvas. Segundo Arantes (2019), as mudanças e anomalias climáticas associadas a fenômenos como o El Niño influenciam significativamente a variabilidade da precipitação, modificando os padrões de chuva e favorecendo, conforme a região analisada, períodos de maior umidade ou de estiagem.

Um fator limitante aos estudos é a escassez de dados de estações pluviométricas, que devem possuir distribuição espacial e temporal regular e consistente na área. Cruz (2024) em seu estudo, relata problemas com a série de dados utilizada, pois embora dispusesse de sete estações pluviométricas do CEMADEN distribuídas na área de estudo, contava com um período de 9 anos para realizar as análises. Pereira et al. (2024) destaca que a presença de lacunas em séries de dados meteorológicos constitui um problema recorrente em estudos climatológicos e hidrológicos, pois pode comprometer a interpretação dos dados e gerar incertezas nas análises. Segundo os autores, essas falhas podem decorrer de problemas técnicos e operacionais nas estações de monitoramento, tornando necessário o uso de metodologias de preenchimento para a construção de séries contínuas e confiáveis. Nisso, em determinados casos, a utilização de dados inconsistentes ou de menores períodos se justifica.

3 – ÁREA DE ESTUDO

A mesorregião do Campos das Vertentes, é uma importante área em aspectos para estudos geohidrológicos. A área de estudo está situada na unidade geomorfológica do Planalto Campos das Vertentes, seu relevo é caracterizado por planícies aluviais, Morretes e morros com declividades médias a altas, sendo a amplitude das altitudes de 875 a 1075 metros, segundo o

RADAMBRASIL (1983). O clima da região é classificado como semiúmido, apresentando em torno de quatro a cinco meses secos por ano. Com temperaturas médias anuais em torno de 18,5° C, enquanto a precipitação média anual fica em torno de 1300 mm (IBGE, 2025). A área de estudo pertence à bacia hidrográfica do rio das Mortes, que é um dos principais tributários do rio Grande. Tendo a bacia do rio Grande, uma série de reservatórios para a produção de energia elétrica. Dentre estes, um muito importante para a região sudeste, que é o lago de Furnas.

A região do campo das vertentes é considerada como uma área de extrema importância biológica, sendo uma área de transição entre a Mata Atlântica e o Cerrado. As formações vegetais nativas identificadas na área são floresta tropical, cerrado, campos rupestres e variações das mesmas, quanto aos solos locais, observa-se a presença de Latossolos e Neossolos Litólicos, dentre outros desenvolvidos sobre um substrato geológico correspondente a rochas metapelíticas pobres dos grupos São João del-Rei e Andrelândia (EMBRAPA, 2006).

As atividades econômicas, na região da bacia são bastante diversificadas, predominam a pecuária, a produção de derivados de leite e a agricultura. A indústria mineral ainda contribui de maneira expressiva para a economia regional. Considerável também é a participação do turismo histórico, rural e ambiental, além da prestação de serviços sem deixar de destacar a importância da área como geradora de energia elétrica para uma ampla região.

A cidade de São João del-Rei é a terceira maior e mais desenvolvida da região do Campo das Vertentes, seguido de Barbacena e Lavras, e a cidade apresenta maior número de construções em locais de risco. Nas últimas décadas a população de São João del-Rei praticamente dobrou, enquanto Tiradentes possui uma população bem menor em relação a São João del-Rei (IBGE, 2025).

Fazendo um levantamento com os dados do último censo demográfico de 2022, a cidade de São João del-Rei apresentou um crescimento populacional, hoje são 90.225 habitantes, de acordo com o IBGE (instituto brasileiro de geografia e estatística) a população estimada em 2025 é de 94.468 habitantes, isso equivale a 62,14 habitantes/km². A área do município é de 1.452.002 km²,

seu tamanho o coloca na posição 98° de 853° em área territorial entre os municípios de todo o estado de Minas Gerais (IBGE, 2025).

A cidade de Tiradentes, cidade vizinha de importante relevância turística possui 7.744 habitantes, visto no IBGE a população estimada em 2025 na cidade de Tiradentes chega à marca de 8.056 habitantes, equivalendo a 93,25 habitantes/km². A cidade tem 83,047km² de área (820° de 853° entre os municípios do estado de Minas Gerais) e 80,8% de domicílios possuem esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2025). Já a cidade de Santa Cruz de Minas, cidade que fica ao lado de São João del-Rei e Tiradentes, e é considerado como um dos menores municípios do estado, de acordo com o censo de 2022 possui 8.109 habitantes, tendo uma estimativa de crescimento em 2025 de 8.339 habitantes, equivalente à 2.274,61 habitantes/km². (IBGE, 2025).

Nos outros dois distritos da área de estudo, o distrito de Elvas, está vinculada ao município de Tiradentes, que está localizado no estado de Minas Gerais, este distrito pertence à microrregião de São João del-Rei e a mesorregião do Campo das Vertentes. É o mesmo para o distrito de Rio das Mortes que está vinculada ao município de São João del-Rei, localizado no estado de Minas Gerais, o distrito pertence à microrregião de São João del-Rei e a mesorregião do Campo das Vertentes.

A região onde se localiza a área de estudo possui uma forte influência da orografia em sua distribuição pluviométrica. Possuindo uma alta variabilidade em sua distribuição mesmo em curtas distâncias (Honório *et al.*, 2020). Com isso, é propício que ocorram chuvas orográficas na região da área de estudo durante a estação chuvosa, que se inicia no mês de novembro e se estende até janeiro. Isso ocorre devido a altitude das serras que influenciam a chegada das correntes de ar e das frentes frias vindas do Sul, que colidem com as duas serras, as chegadas das ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) e as ocorrências de chuvas convectivas. Segundo Monteiro (2001), nas encostas montanhosas (como nos vales), as precipitações são mais abundantes devido a elevação do ar úmido e quente, que favorece a formação das nuvens cumuliformes. Vale ressaltar que o inverno é a estação seca e o verão é caracterizado por chuvas na região.

4 – OBJETIVOS

4.1- OBJETIVO GERAL

O objetivo principal neste estudo é analisar a base de dados das series históricas de precipitação atmosférica em São João del-Rei e cidades vizinhas, suas variabilidades espaciais e temporais da precipitação atmosférica, através de dados secundários das estações pluviométricas localizadas na área de estudo e obtidos através dos órgãos responsáveis.

4.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a série histórica através dos dados obtidos, além da análise de sua distribuição e variabilidade espacial e temporal.
- Analisar as variações pluviométricas em São João del-Rei e cidades vizinhas, através do volume de chuvas mensais das estações e nisso fazendo as análises estatísticos, e confecção de gráficos anuais, comparando-o com os demais anos de coleta.
- Confecção de mapas da área de estudo para localizar cada estação pluviométrica, e o mapa de relevo para analisar a influência do relevo com a chuva.

5 – MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido a partir das aquisições de dados pluviométricos da série histórica de São João del-Rei e cidades vizinhas. Nessa etapa do trabalho, adquiriu-se os dados pluviométricos por meio de órgãos públicos que fazem esses registros ao longo dos anos. Esses dados foram compilados de sete postos pluviométricos, compostos de estações automáticas e de propriedade do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), e mais quatro postos pluviométricos, composto de estações

convencionais e de propriedade do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da plataforma Hidro web da Agência Nacional de Águas (ANA), que são órgãos do governo federal e disponibilizados pelo mesmo via internet com planilhas exibindo os resultados de coleta a cada hora, total diário e mensal.

O CEMADEN atualmente monitora 1.133 municípios em todas as regiões brasileiras, e planeja expandir seu monitoramento para 1.972 municípios até 2026, em sua maioria esses municípios se localizam em áreas de risco ambiental.

Os postos pluviométricos são distribuídos em diferentes pontos nos municípios de São João del-Rei, Tiradentes e cidades vizinhas, tendo como base de dados as estações automáticas do CEMADEN no período de 2015 a 2024 e as bases de dados das estações convencionais mais ampliadas do ano de 1961 a 2023, analisando uma série histórica de 30 anos de 1990 a 2020, exceto a estação Rio das Mortes que foi utilizado o período de 27 anos de 1994 a 2020, por identificar erros na série amostral. O mapa da Figura 2 apresenta a distribuição espacial das estações pluviométricas em relação à variação altimétrica do relevo da área de estudo.

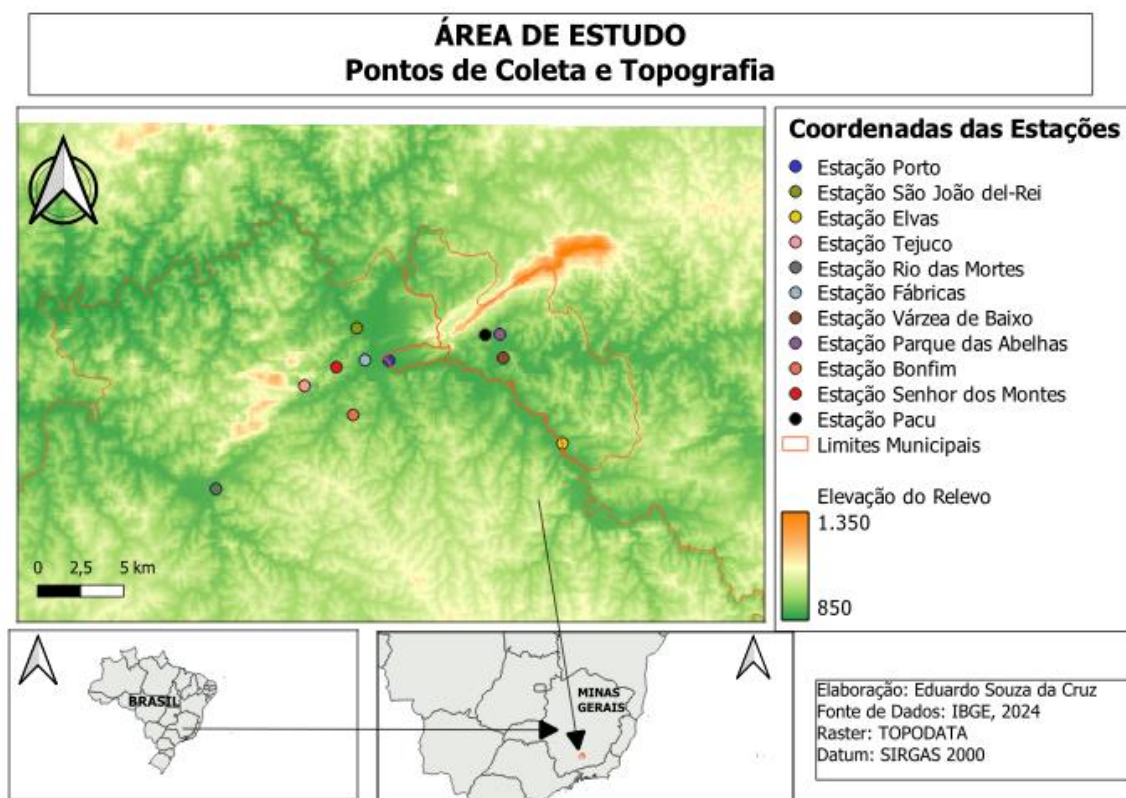


Figura 2: Topografia e localização da área de estudo e dos postos pluviométricos do CEMADEN.

No quadro abaixo estão as coordenadas geográficas de cada estação estudada e os órgãos que operam cada estação pluviométrica (figura 3).

Estações Pluviométricas	Coordenadas Geográficas	Órgãos que operam
Bonfim	21°09'03", 44°15'09"	CEMADEN
Fábricas	21°11'01", 44°24'04"	CEMADEN
Senhor dos Montes	21°01'03", 44°26'07"	CEMADEN
Tejuco	21°09'05", 44°23'02"	CEMADEN
Parque das Abelhas	21°06'31", 44°10'15"	CEMADEN
Pacu	21°10'09", 44°17'09"	CEMADEN
Várzea de Baixo	21°07'15", 44°10'08"	CEMADEN
Rio das Mortes	21°19'56", 44°32'86"	IGAM
Elvas	21°09'12", 44°07'04"	IGAM
Porto	21°07'18", 44°13'25"	IGAM
São João Del Rei	21°08'09", 44°15'36"	INMET

Figura 3: quadro com as coordenadas geográficas e órgãos que operam as estações pluviométricas selecionados para o estudo.

O objetivo de um posto pluviométrico é produzir uma série ininterrupta de precipitações ao longo dos anos, ou permitir o estudo da variação das intensidades ao longo das precipitações. Em qualquer caso, podem ocorrer períodos sem informações, ou com falhas nas observações, decorrentes de problemas com os aparelhos de registros ou ausência do observador. Por isso, os dados coletados devem ser submetidos a uma análise preliminar, antes de serem utilizados. Ao processar os dados pluviométricos, é necessário realizar previamente a verificação da consistência da série, identificando possíveis erros grosseiros nas observações, tais como registros em datas inexistentes, valores incompatíveis com a realidade climática da área de estudo e erros de transcrição. Somente após a identificação, validação e, quando metodologicamente justificável, correção ou tratamento dessas inconsistências, os dados poderão ser submetidos à análise estatística.

Nesta pesquisa os dados coletados foram tratados em software estatístico Excel, calculando as médias mensais e anuais de chuvas em suas respectivas estações, com os dados sendo organizados em planilhas. Após o tratamento dos dados obtidos, realizou-se análises estatística em planilhas no Excel a fim de que os pudesse ser explorado, em seguida foram confeccionados gráficos

(anuais e mensais) sobre a região estudada no mesmo programa, para uma melhor percepção dos dados gerados a partir do Excel.

6 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1. Variabilidade Anual da Precipitação (Dados ANA)

A Figura 4 apresenta o total anual acumulado de precipitação registrado na estação pluviométrica de São João del-Rei, localizada no campus da UFSJ — CTAN, entre 1990 e 2020. Observa-se, ao longo da série histórica, significativa variabilidade pluviométrica, caracterizada pela alternância entre anos mais chuvosos e anos de estiagem mais acentuada. Considerando o gráfico de precipitação acumulada anual da estação de São João del-Rei, observa-se uma variabilidade pluviométrica interanual expressiva ao longo da série de 1990 a 2020. A linha vermelha indica um patamar médio aproximado em torno de 1.480 mm anuais, permitindo distinguir anos mais chuvosos e anos com menor acumulado. A série apresenta anos significativamente úmidos, como 1991, 1996, 2003, 2004, 2005, 2008, 2010, 2011, 2015, 2018 e 2020, nos quais os totais anuais ficaram acima ou próximos da média. O ano de 2005 se destaca como o mais chuvoso da série, com acumulado próximo de 1.950 mm.

Por outro lado, há anos com baixos totais anuais de precipitação, especialmente 2013, 2014 e 2017, com destaque para 2014, que apresenta o menor valor da série, inferior a 900 mm. Esse comportamento indica a ocorrência de anos de estiagem mais acentuada, possivelmente associados à variabilidade climática regional e à irregularidade da distribuição das chuvas. Em termos climáticos, esse padrão é coerente com a dinâmica de São João del-Rei, localizada no Campo das Vertentes, onde o regime pluviométrico tende a apresentar sazonalidade marcada, com maior concentração das chuvas no período primavera-verão e redução no outono-inverno.

Assim, o gráfico evidencia que, embora a cidade apresente totais anuais relativamente elevados em vários anos, há forte oscilação entre períodos úmidos e secos, aspecto importante para análises hidrológicas, planejamento urbano,

manejo de recursos hídricos e avaliação de riscos associados a estiagens ou eventos de chuva intensa.

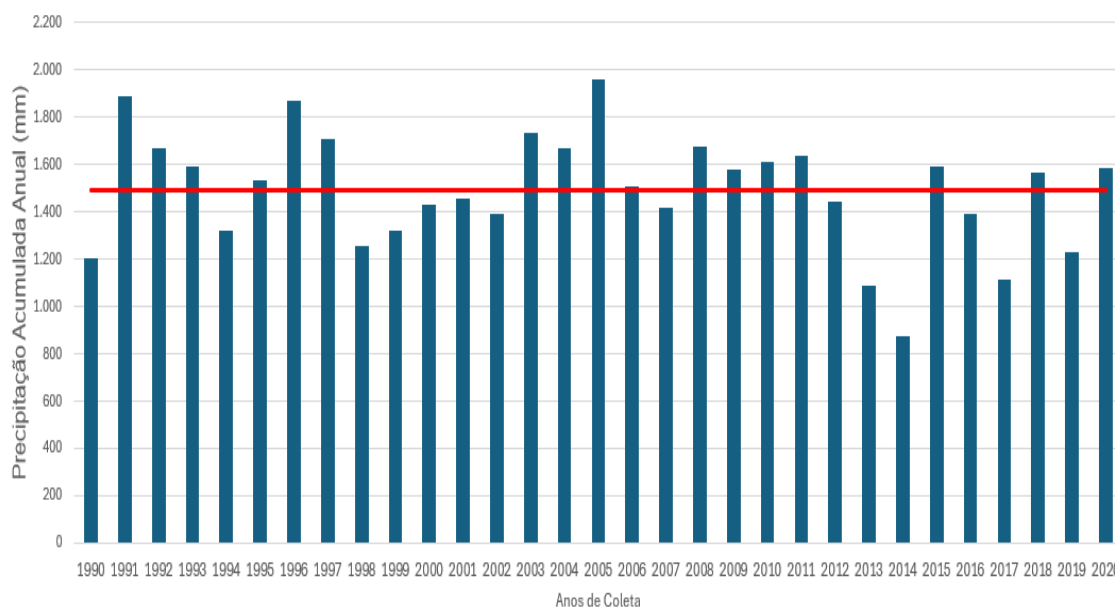


Figura 4: Gráfico de Precipitação Acumulada Anual Estação São João Del Rei (1990-2020).

Considerando o gráfico de precipitação acumulada anual da estação Elvas, em Tiradentes, no período de 1990 a 2020 (figura 5), observa-se uma variabilidade pluviométrica interanual bastante expressiva, com alternância entre anos úmidos e anos marcados por forte redução dos totais anuais. A linha média indicada no gráfico situa-se em torno de 1.450 mm anuais. Acima desse patamar, destacam-se anos com maior acumulado pluviométrico, como 1991, 1992, 1993, 1996, 2000, 2005, 2009, 2011 e 2012. O ano de 2011 apresenta o maior valor da série, ultrapassando 2.000 mm, seguido por anos como 1996 e 2009, também com totais elevados. Por outro lado, há anos com baixos totais anuais de precipitação, especialmente 1990, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 e 2019. O ano de 2014 se destaca como o mais seco da série, com acumulado próximo de 700 mm, valor muito inferior à média histórica representada no gráfico.

Esse comportamento revela que, embora Tiradentes esteja inserida em uma área de clima tropical de altitude, com concentração das chuvas no período primavera-verão, a precipitação anual apresenta forte oscilação entre os anos.

Essa variabilidade é relevante para compreender a dinâmica hídrica local, especialmente em uma área marcada por relevo movimentado, presença da Serra de São José e importância do patrimônio natural e urbano. Anos muito chuvosos podem intensificar processos de escoamento superficial, erosão e instabilidade em vertentes, enquanto anos secos podem afetar a disponibilidade hídrica, a vegetação e o equilíbrio ambiental local.

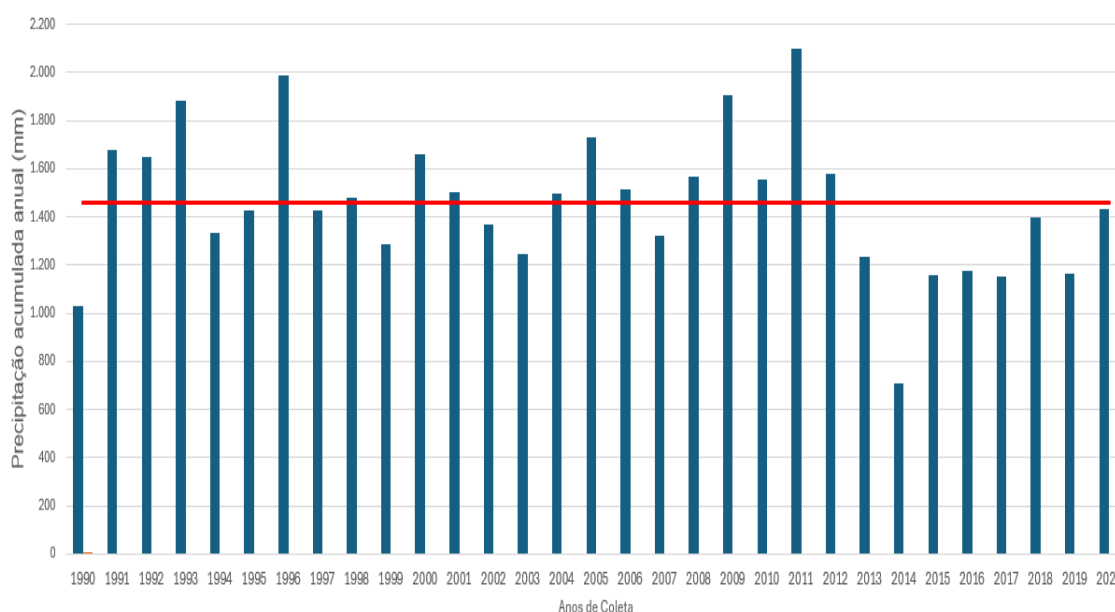


Figura 5: Gráfico de Precipitação Acumulada Anual Estação Elvas (1990-2020).

Analisando a (figura 6) do acumulado anual da estação Porto, situada em Santa Cruz de Minas, observamos uma significativa variabilidade da precipitação. A linha média indicada no gráfico situa-se em torno de 1.417,3 mm. A maior parte dos anos analisados apresentou índices inferiores a 1.400 mm anuais, indicando um padrão relativamente regular do clima tropical da região, caracterizado pela concentração das chuvas nos meses da estação primavera/verão e pela presença de uma estação seca bem definida durante o inverno. Os anos de 1990, 2006, 2014, 2017, 2018, 2019 e 2020 destacam-se pelos baixos índices pluviométricos, evidenciando períodos de estiagem mais prolongados na região. Entre esses anos, 2014 e 2017 configurou-se como um

evento atípico dentro da série temporal, registrando respectivamente apenas 931 mm e 999 mm anuais.

Os anos de 1991, 1996, 2005, 2007 e 2008 apresentam volumes pluviométricos expressivos, indicando períodos de maior atuação dos sistemas atmosféricos como as ZCAS, frentes frias e linhas de instabilidade. Destacou-se o ano de 1996 como o mais chuvoso da série histórica, com acumulado anual de 1.961,3 mm, configurando-se como um dado extremo em relação ao comportamento médio da estação.

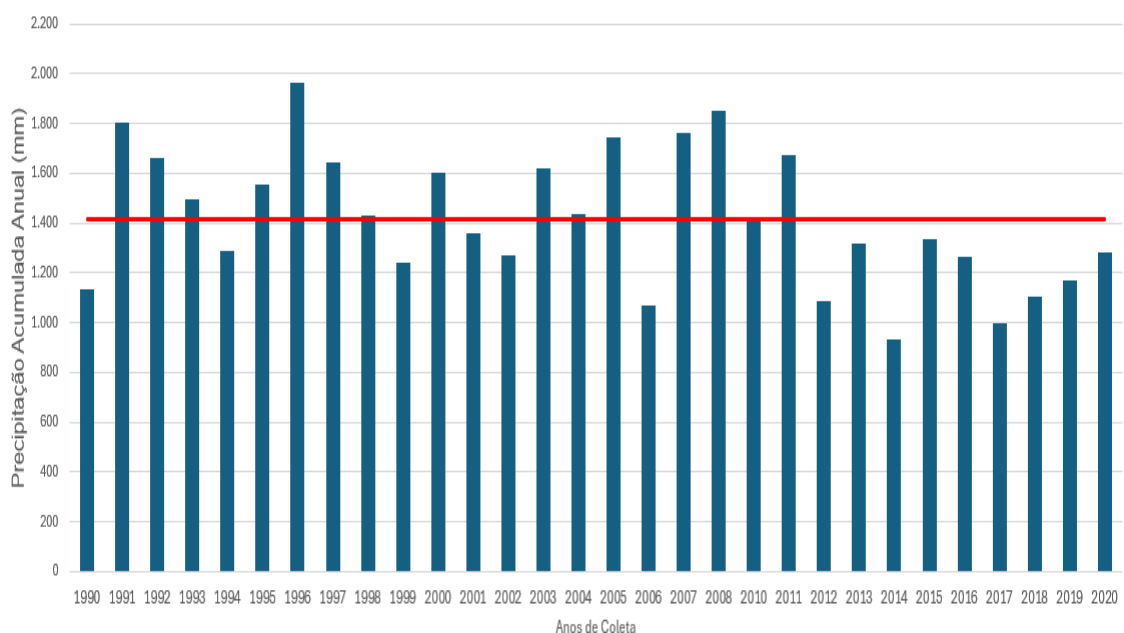


Figura 6: Gráfico de Precipitação Acumulada Anual Estação Porto (1990-2020).

Observando a (figura 7) do acumulado anual da estação Rio das Mortes, situada no distrito do Rio das Mortes, nota-se uma elevada variabilidade pluviométrica ao longo da série histórica. O ano de 2014 como o mais seco da série histórica, registrando apenas 654,3 mm anuais, valor extremamente abaixo da média regional e considerado um dado atípico no comportamento climático local. Nesse cenário há uma forte irregularidade temporal na distribuição das chuvas, com ocorrência de longos períodos sem precipitação significativa, especialmente durante a estação chuvosa.

Os anos de 2004, 2005, 2008, 2009, 2011, 2012, 2018 e 2020 apresentam volumes de chuva acima da média histórica, a linha média indicada no gráfico

situa-se em torno de 1.534,4 mm. O ano de 2020 foi o mais chuvoso da série, registrando 2.017,5 mm anuais, valor bastante elevado para os padrões regionais e caracterizando um evento extremo de precipitação. Esse comportamento é explicado tanto pela atuação intensa das ZCAS e de frentes frias quando pelas condições locais do relevo. A estação Rio das Mortes encontra-se próxima a serra do lenheiro, elemento geomorfológico importante na dinâmica climática regional, a presença da serra favorece a ocorrência de chuvas orográfica.

A estação Rio das Mortes apresenta comportamento semelhante ao das demais estações analisadas quanto à variabilidade pluviométrica interanual, com alternância entre anos úmidos e secos. Contudo, diferencia-se pela maior amplitude dos totais anuais, registrando valores muito baixo no ano de 2014, e acumulados elevados em 2005, 2008, 2018 e 2020. Essa oscilação indica maior irregularidade pluviométrica local, embora alguns anos extremos coincidam com o padrão regional observado nas estações São João del-Rei/CTAN, Tiradentes/Elvas e Porto, especialmente o déficit pluviométrico de 2014.

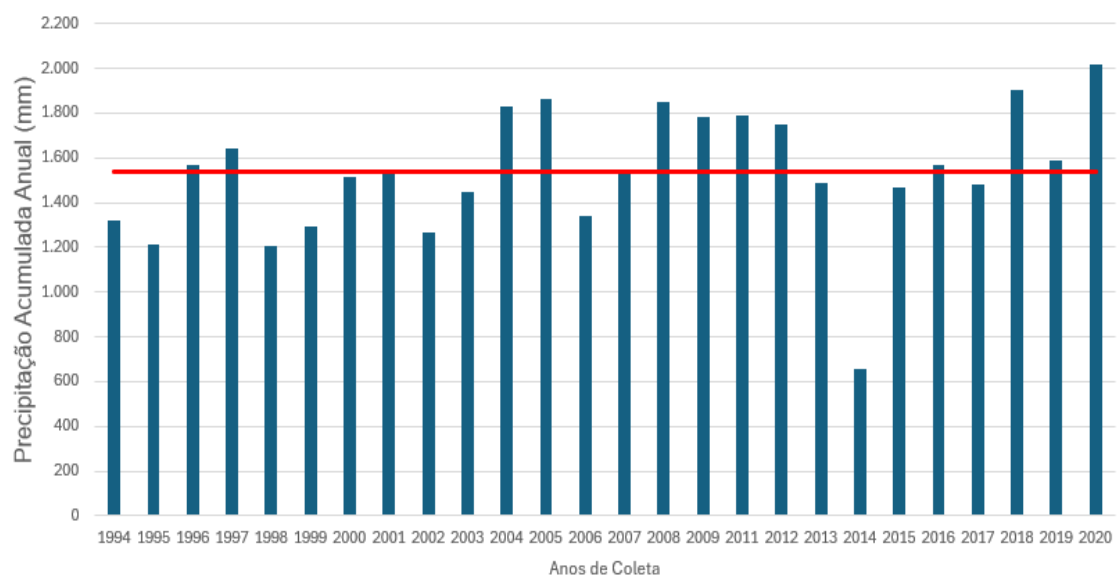


Figura 7: Gráfico de Precipitação Acumulada Anual Estação Rio das Mortes (1994-2020).

6.2. Variabilidade Mensal da Precipitação (Dados ANA)

Observando a (figura 8) da média mensal da estação São João del-Rei, estação localizada no campus da UFSJ (CTAN), nota-se um padrão climático bem definido, os dados evidenciam uma forte sazonalidade das chuvas, com concentração dos maiores índices pluviométricos entre os meses de outubro e março, período correspondente a estação chuvosa, enquanto meses de abril a setembro apresentam baixos volumes de chuva e ocorrência de estiagem prolongada. Ao longo da análise dos dados, observa-se aproximadamente seis meses registram medias mensais superiores a 200 mm, destacando-se o mês de janeiro como o mais chuvoso, ultrapassando os 300 mm de média. O ano de 1992 apresenta um dado atípico dentro da série de dados, registrando aproximadamente 695 mm apenas no mês de janeiro, valor extremamente elevado quando comparado à média climatológica mensal da região.

Nos meses de fevereiro e março, observa-se uma maior uniformidade espacial das chuvas em comparação as demais estações analisadas. Isso indica que, nesse período, os sistemas atmosféricos atuam de maneira mais abrangente sobre a região, distribuindo as precipitações de forma relativamente homogênea entre os diferentes pontos.

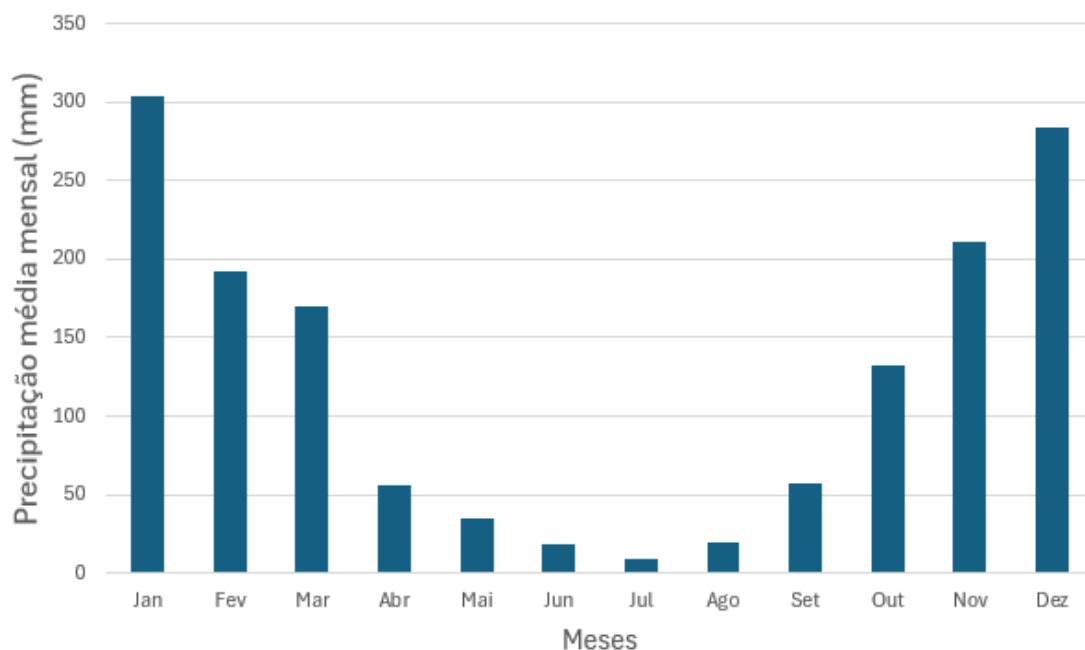


Figura 8: Gráfico da Precipitação média Mensal da Estação São João del-Rei (1990-2020).

Na média mensal da estação Rio das Mortes (figura 9), observa-se um padrão climático sazonal, típico do clima tropical de altitude. Os meses de dezembro e janeiro destacam-se como os mais chuvosos com medias superiores a 300 mm mensais, os anos de 2007 e 2012 apresentam valores atípicos para o mês de janeiro, registrando acumulados superiores a 600 mm, muito acima da média climatológica mensal da área.

A localização da estação próxima a serra do lenheiro influencia diretamente a distribuição espacial das chuvas, a proximidade com áreas serranas favorece a ocorrência de chuvas orográficas. Esse fator explica por que a estação frequentemente registra volumes pluviométricos elevados em comparação com as áreas mais baixas ou afastadas das serras.

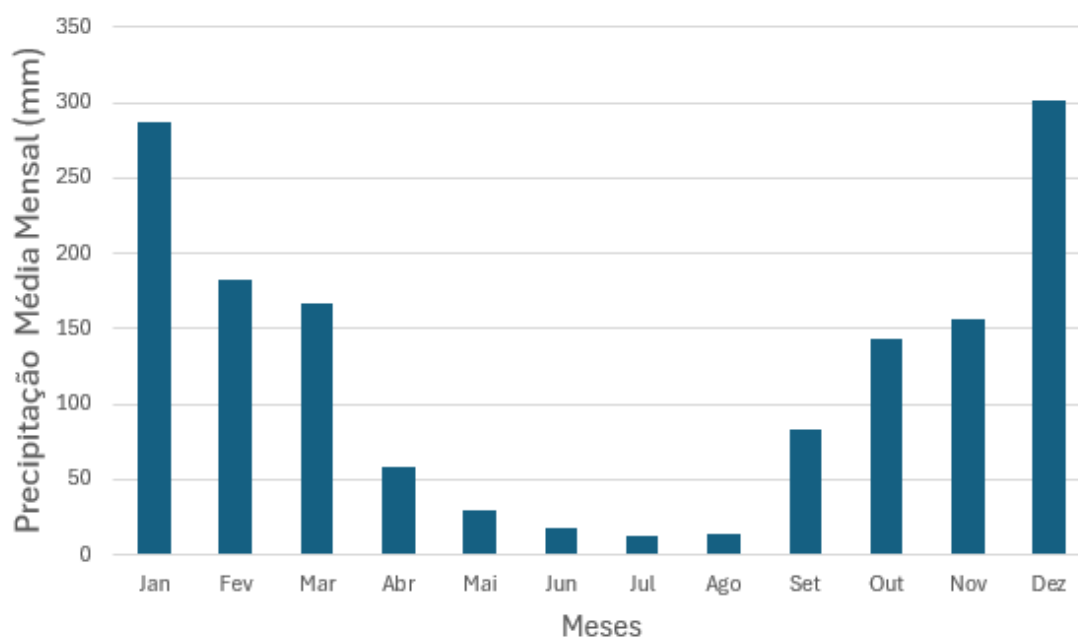


Figura 9: Gráfico da Precipitação média Mensal da Estação Rio das Mortes (1990-2020).

Analisando a (figura 10) da média mensal da estação Elvas, os dados demonstram que os meses de dezembro e janeiro concentram os maiores volumes de precipitação, registrando médias entre 273 mm e 300 mm, evidenciando a forte concentração das chuvas durante o período do verão. Os anos de 2005 e 2012 destacaram-se como eventos atípicos para o mês de janeiro, apresentando acumulados superiores a 500 mm. O ano de 2005 registrou aproximadamente 519 mm, configurando-se como o mês de janeiro mais chuvoso da série analisada.

Nos demais meses do ano, especialmente entre fevereiro e março, observa-se uma distribuição mais uniforme das chuvas, com menos ocorrência de extremos pluviométricos quando comparados aos meses de pico do verão. As características do relevo também exercem influência sobre os padrões de precipitação, a região apresenta áreas de relevo ondulado e proximidade com vales fluviais ligados ao rio das mortes, fatores que contribuem para a circulação local da umidade e para a intensificação das chuvas em determinados períodos.

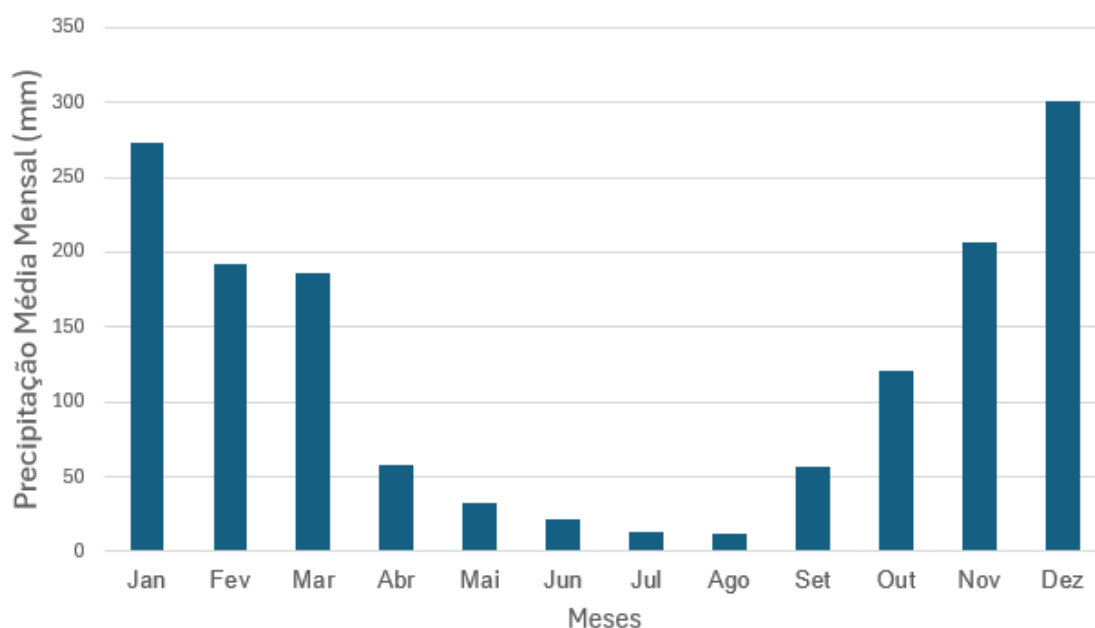


Figura 10: Gráfico da Precipitação média Mensal da Estação Elvas (1990-2020).

Na média mensal da estação Porto (figura 11), observa-se os meses de novembro, dezembro e janeiro com maiores índices pluviométricos, com medias variando entre 207 mm e 282 mm. O ano de 2007 configura-se como um dado extremamente atípico, registrando aproximadamente 900 mm apenas no mês de janeiro, valor muito acima da média climatológica mensal da região. Esse elevado acumulado pluviométrico evidencia um evento extremo de precipitação, possivelmente associado a permanência prolongado da ZCAS sobre o sudeste brasileiro, favorecendo chuvas contínuas durante vários dias consecutivos.

Espacialmente a estação se localiza em uma área de vale associada ao rio das mortes, onde a dinâmica da circulação atmosférica local e as características do relevo influenciam diretamente a distribuição das chuvas sendo que, embora a região não esteja situada em áreas de relevo tão elevado quando as proximidades das serras, as condições topográficas locais ainda favorecem a canalização da umidade e contribuem para a ocorrência de chuvas intensas durante os meses de verão.

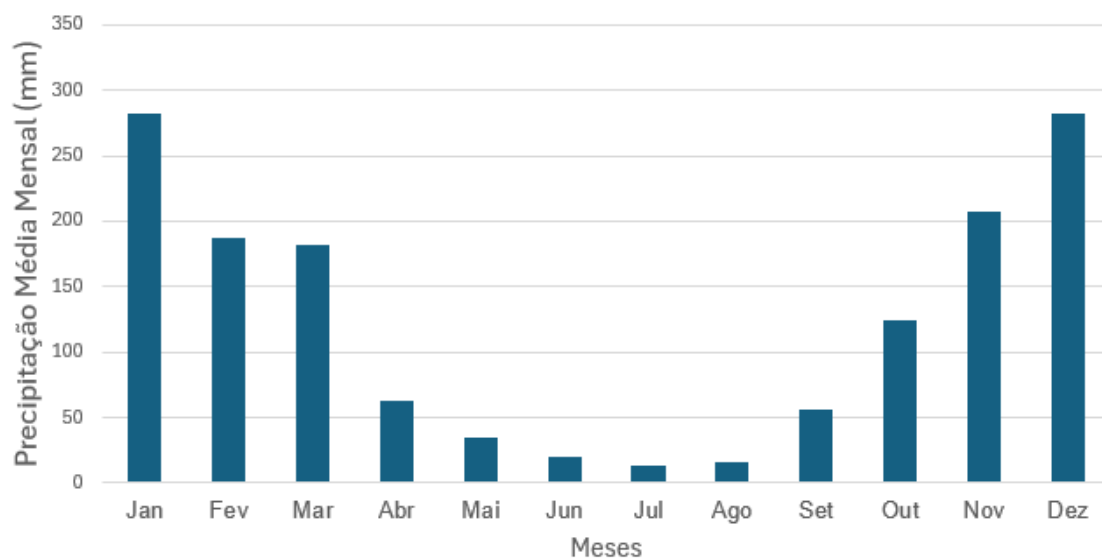


Figura 11: Gráfico da Precipitação média Mensal da Estação Porto (1990-2020).

6.3. Variabilidade Anual da Precipitação (Dados CEMADEN)

Analisando a (figura 12) da precipitação anual da estação Bonfim, no período de 2015 a 2024, situada em São João del-Rei, observamos uma significativa variabilidade pluviométrica, variada pela alternância entre os anos com elevados volumes de chuva e períodos mais secos. Esse comportamento demonstra a forte influência dos sistemas atmosféricos regionais e das características físicas locais na dinâmica climática da região. O ano de 2016 destacou-se pelo elevado índice pluviométrico, registrando aproximadamente 1.505,9 mm anuais, valor acima da média observada, especialmente setores associados a serra do lenheiro, contribui para que massas de ar úmido vindas do sul e sudeste sejam forçadas a subir ao encontrar barreiras topográficas.

Os anos de 2017 e 2023 apresentaram menores volumes de precipitação, destacam-se 2023 como o ano mais seco, com aproximadamente 735,2 mm acumulados. Esse valor representa uma forte redução das chuvas em relação aos anos mais úmidos e evidencia uma anomalia climática significativa.

Durante três anos seguidos em 2019, 2020 e 2021, apresentaram ausência na coleta de dados, isso deve-se a falta de manutenção dos pluviômetros automáticos por parte do instituto da qual esse programa faz parte, apresentando vários problemas no decorrer do ano, como ausência de dados diários e longos períodos sem resultado algum para que pudesse ser coletado.

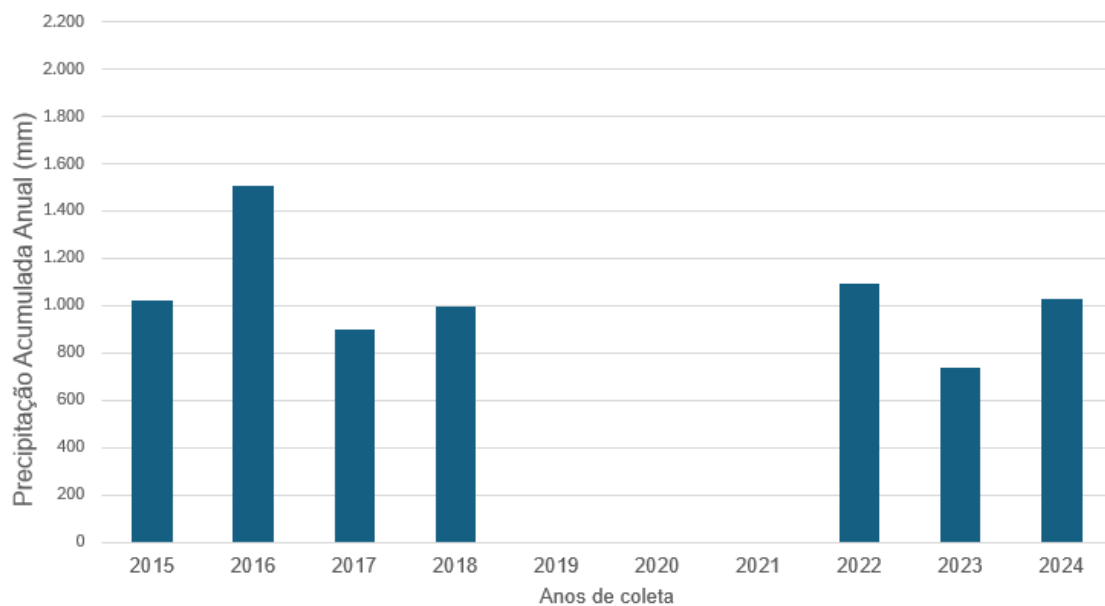


Figura 12: Gráfico de Precipitação Acumulada Anual Estação Bonfim (2015-2024).

Realizando uma breve análise da (figura 13) do acumulado anual da estação Fábricas, situada em São João del-Rei, observa-se um comportamento pluviométrico relativamente regular quando comparado a outras estações da região, com acumulados anuais variando predominantemente entre 1.200 mm e 1.500 mm. Esse padrão demonstra certa estabilidade climática local, a distribuição das chuvas evidencia o padrão característico do clima tropical de altitude, marcado por verões úmidos e chuvosos e invernos quentes e secos. O ano de 2022 destacou-se como o mais chuvoso, registrando aproximadamente 1.543,4 mm anuais, esse elevado volume pluviométrico está relacionado ao aumento da frequência e intensidade das chuvas observadas em diversas regiões do Brasil durante o verão de 2021/2022. A localização da estação em área urbana de São João del-Rei também influencia a dinâmica climática local.

O ano de 2017 apresentou o menor acumulado pluviométrico, com aproximadamente 1.154,7 mm anuais. Embora o valor não represente uma seca extrema em comparação com outras estações regionais, evidencia um período relativamente mais seco dentro da normalidade climática local. Há três anos com ausência de dados pluviométricos são eles 2019, 2020 e 2024, devido à falta de manutenção no pluviômetro.

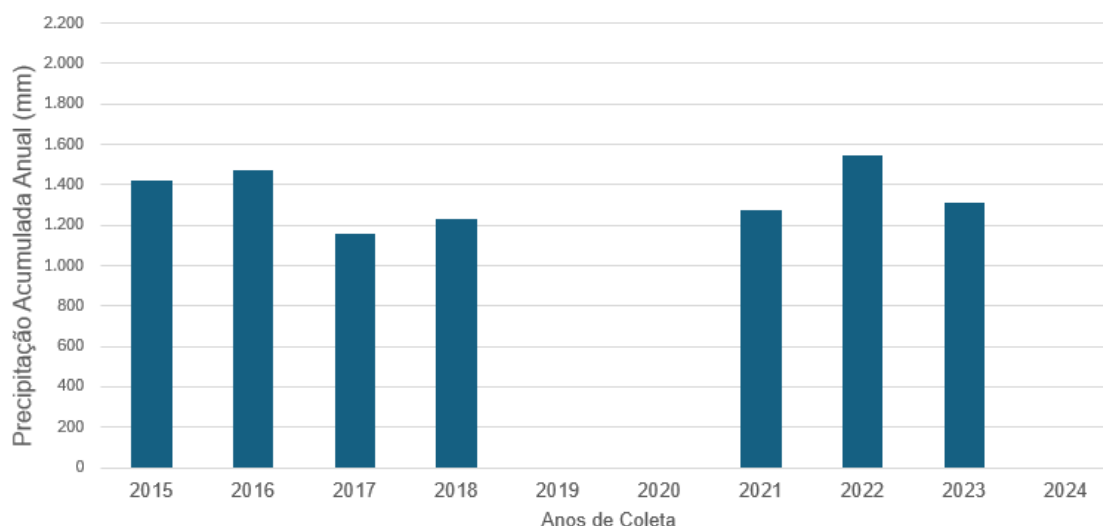


Figura 13: Gráfico de Precipitação Acumulada Anual Estação Fábricas (2015-2024).

Observando a (figura 14) da precipitação anual da estação Senhor dos Montes, situada em São João del-Rei, percebe-se um padrão pluviométrico marcado por elevados índices de chuva ao longo da série, principalmente devido a localização da estação em uma área mais elevada da cidade e próxima a serra do lenheiro. Os anos de 2015 e 2018 destacam-se como períodos de precipitação acima da média histórica, o ano de 2018 registrou o maior índice pluviométrico da série, com aproximadamente 1.724,4 mm anuais, configurando-se como um evento climático expressivo na região. Esse padrão espacial evidencia como o relevo atua como elemento condicionante da distribuição das chuvas na região de São João del-Rei, fazendo que áreas mais elevadas registram maiores volumes de chuva em relação as áreas de vale e setores urbanos mais baixos.

Os anos de 2019 e 2023 apresentaram precipitações abaixo da média, destacando-se o ano de 2023, que registrou apenas 875,4 mm anuais. Esse valor representa uma significativa redução em relação ao comportamento pluviométrico habitual da estação, evidenciando uma anomalia climática importante. Há apenas um ano com ausência de dados em 2020, que não compromete as análises dos dados pluviométricos da estação.

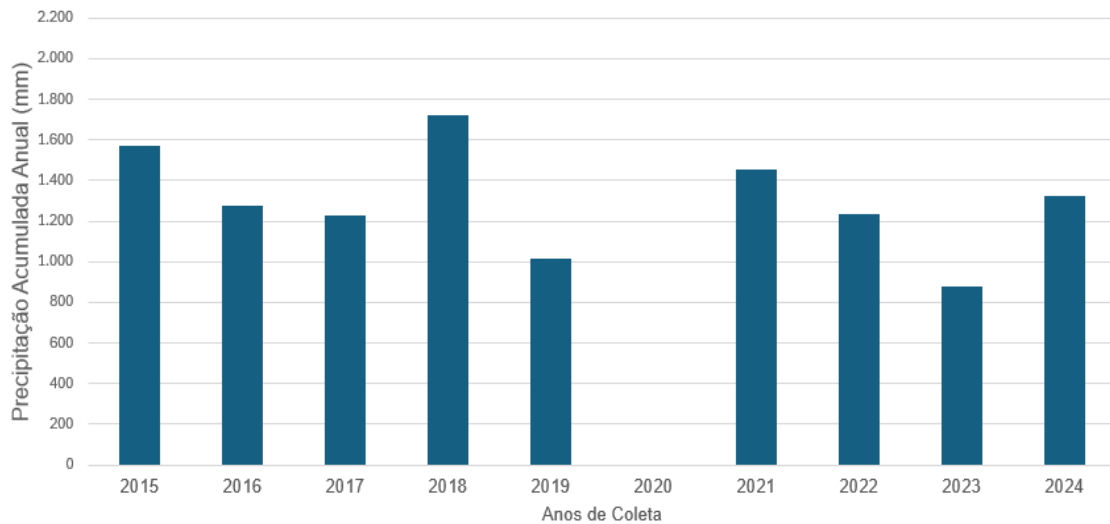


Figura 14: Gráfico de Precipitação Acumulada Anual Estação Senhor dos Montes (2015-2024).

Analisando a (figura 15) da precipitação anual da estação Tejuco, situada em São João del-Rei, observamos um comportamento pluviométrico relativamente elevado, com diversos anos registrando índices superiores a 1.200 mm anuais. A localização da estação próxima a serra do lenheiro exerce um papel importante na dinâmica das precipitações locais, a presença do relevo serrano favorece a ocorrência de chuvas orográficas. Esse fator ajuda a explicar do porquê a estação frequentemente apresenta acumulados pluviométricos relativamente elevados em comparação a outras áreas urbanas da região, as chuvas orográficas contribuem para aumentar a variabilidade espacial das precipitações. Os anos de 2017 e 2022 destacam-se por apresentarem precipitações dentro ou acima da média regional, sendo que 2022 registrou o maior volume pluviométrico, aproximadamente 1.538,9 mm anuais.

Os anos de 2019 e 2021 apresentaram baixos volumes de precipitação, caracterizando períodos de seca ou redução significativa das chuvas na região. Durante esses anos, vários meses registraram acumulados muito baixos ou quase ausência de precipitação, evidenciando uma irregularidade temporal importante no regime pluviométrico da estação. Houve dois anos com ausência de dados na região em 2018 e 2020, pela falta de manutenção no pluviômetro.

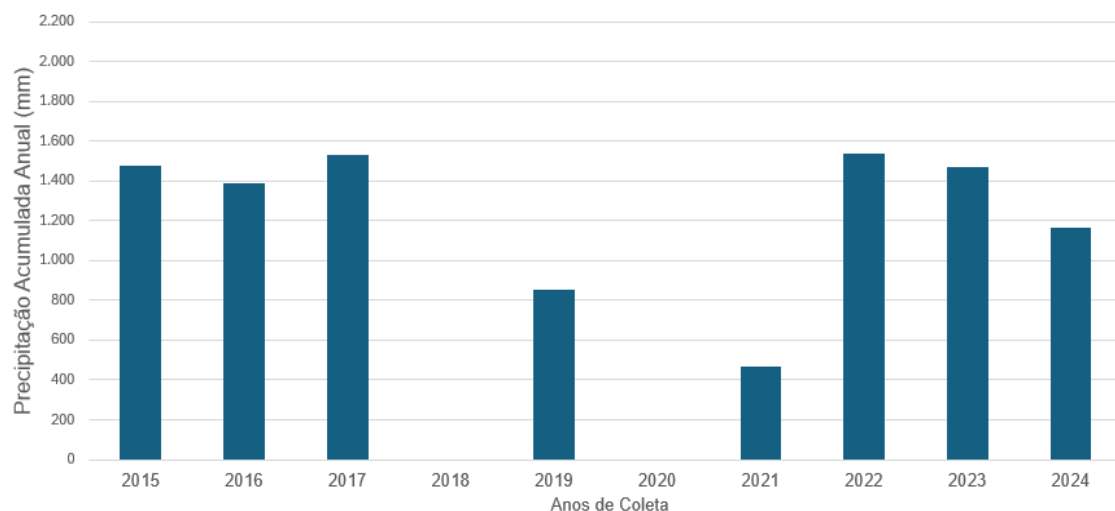


Figura 15: Gráfico de Precipitação Acumulada Anual Estação Tejuco (2015-2024).

Analisando a (figura 16) da precipitação total anual da estação Parque das Abelhas, situada em Tiradentes, nota-se um regime regular das chuvas, com a maior parte dos anos registrando acumulados superiores a 1.230 mm anuais. A localização da estação próxima a serra de São José favorece a ocorrência de chuvas orográficas durante o período chuvoso. Esse fator explica a relativa regularidade dos acumulados anuais observados na estação, uma vez que a influência do relevo contribui para a manutenção de elevados índices pluviométricos. Comparativamente a outras estações localizadas em áreas mais baixas ou afastadas da serra, a estação Parque das Abelhas apresenta um comportamento pluviométrico mais estável e menos sujeito a quedas bruscas nos volumes anuais de precipitação. Os anos de 2016, 2018, 2021 e 2022 destacam-se pelos acumulados superiores a 1.400 mm anuais, o ano de 2016 apresentou o maior índice pluviométrico, registrando aproximadamente 1.474,5 mm anuais.

O ano de 2023 apresentou um comportamento atípico em relação ao padrão da série histórica, registrando aproximadamente 987,6 mm anuais, esse valor representa uma redução significativa dos volumes de chuva em comparação aos demais anos analisados. Há registro de dois anos com ausência de dados na estação estudada em 2019 e 2020, devido à falta de manutenção no aparelho.

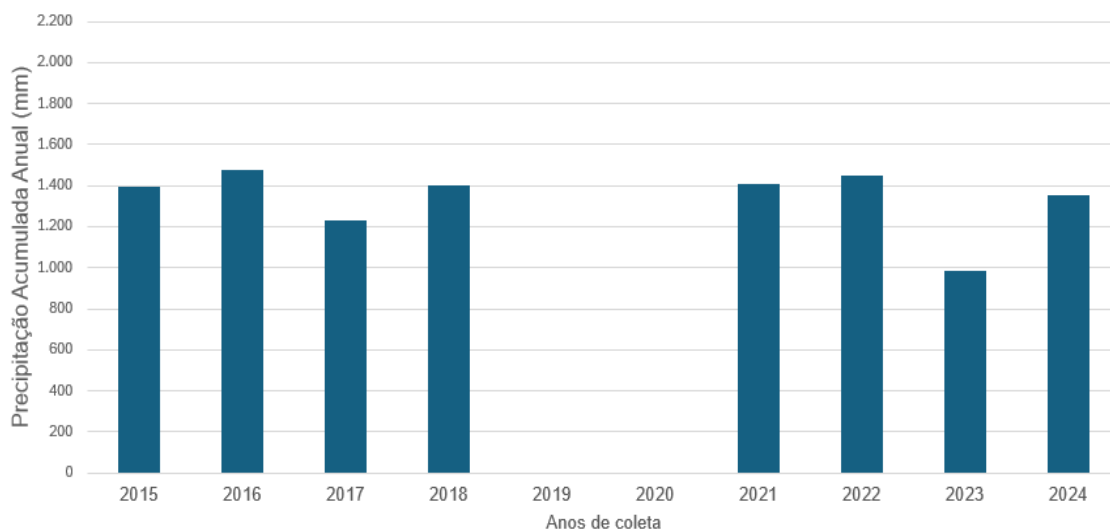


Figura 16: Gráfico de Precipitação Acumulada Anual Estação Parque das Abelhas (2015-2024).

Fazendo uma análise da (figura 17) da precipitação anual da estação Pacu, situada em Tiradentes, observamos um comportamento pluviométrico influenciado tanto pelas condições atmosféricas regionais quanto pelas características topográficas locais. A estação encontra-se situada em uma área serrana próxima a serra de São José, fator que favorece a ocorrência de chuvas orográficas e contribui para uma distribuição relativamente elevada das precipitações durante o período chuvoso. O ano de 2016 destacou-se como o mais chuvoso da série analisada, aproximadamente 1.551 mm anuais. Apesar da influência orográfica favorecer maiores índices de chuva, os dados também evidenciam períodos com precipitação abaixo da média, como nos anos de 2017, 2021 e principalmente 2022, o ano de 2022 registrou apenas 569,3 mm anuais, valor extremamente baixos para uma estação localizada em área de serra e muito inferior aos volumes registrados em outras estações regionais no mesmo período.

Esse comportamento representa um dado atípico dentro da série histórica e há duas possibilidades do porquê disso, a primeira está relacionada a ocorrência de falhas operacionais no pluviômetro que foi um dos mais afetados pela falta de dados, já que houve vários meses sem qualquer registro de precipitação, inclusive durante o período chuvoso. A segunda possibilidade envolve a própria irregularidade espacial das chuvas convectivas de verão,

comum na região do Campo das Vertentes, essas chuvas são localizadas e podem provocar diferenças significativas nos acumulados pluviométricos entre áreas relativamente próximas. Nos anos de 2019, 2020 e 2023, houve ausência de dados diários, com defeito no pluviômetro.

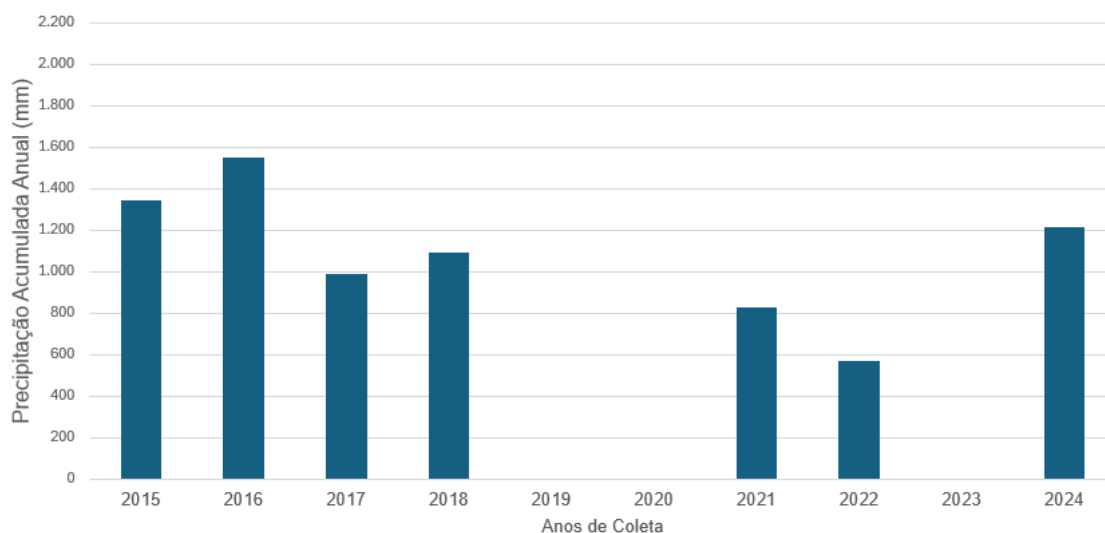


Figura 17: Gráfico de Precipitação Acumulada Anual Estação Pacu (2015-2024).

Analisando a (figura 18) de precipitação anual da estação Várzea de Baixo, situada em Tiradentes, há registros de chuvas regulares na região, com a maior parte dos anos registrando acumulados superiores a 1.300 mm anuais. Esse comportamento evidencia a forte influência das características naturais da região, especialmente devido a localização da estação em área serrana e próxima a setores com presença significativa de matas ciliares e cobertura vegetal preservado. A proximidade com a serra de São José exerce um papel fundamental na distribuição das chuvas na região. O ano de 2018 destacou-se como o mais chuvoso da série, registrando aproximadamente 1.700,4 mm anuais, valor bastante acima da média esperada para a região. A influência da topografia local potencializa os volumes de precipitação, favorecendo chuvas mais intensas e frequentes nas áreas próximas a serra.

Um aspecto importante observado na análise é a ausência de anos com precipitação muito abaixo da média, o que demonstra certa estabilidade pluviométrica da estação em comparação com outras localidades regionais. Essa regularidade pode ser explicada justamente pela influência orográfica e

pela localização em área de relevo elevado. Temporalmente percebe-se um padrão climático marcado pela forte sazonalidade das chuvas. A estação foi bastante impactada com a ausência de dados diários de quatro anos em 2019, 2020, 2023 e 2024, devido à falta de manutenção dos pluviômetros automáticos dos órgãos públicos.

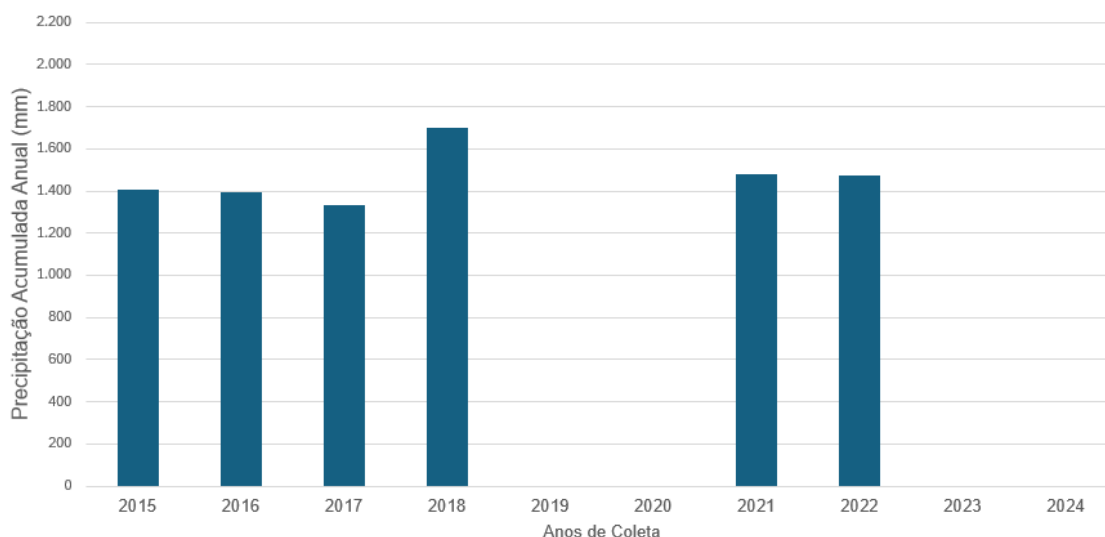


Figura 18: Gráfico de Precipitação Acumulada Anual Estação Várzea de Baixo (2015-2024).

6.4. Variabilidade Mensal da Precipitação (Dados CEMADEN)

Observando a (figura 19) da média mensal da estação Bonfim, percebe-se um padrão climático fortemente sazonal, os dados evidenciam uma clara distinção entre o período chuvoso e o período seco, demonstrando a forte influência dos sistemas atmosféricos sazonais e das características geomorfológicas locais sobre a dinâmica das precipitações. Os meses de novembro, dezembro e janeiro destacam-se como os mais chuvosos da série, registrando volumes expressivos de precipitação. A estação encontra-se próxima a áreas elevadas e em uma porção mais alta do bairro, sofrendo influência direta da serra do lenheiro, essa condição topográfica favorece a ocorrência de chuvas orográficas durante o período chuvoso.

Esse processo explica os elevados acumulados pluviométricos registrados na estação, especialmente durante os meses de verão, o mês de

janeiro de 2022 destacou-se como o mais chuvoso da série mensal analisada, registrando aproximadamente 395,4 mm de chuva, esse valor representa um evento pluviométrico acima da média climatológica regional. Entre os meses de abril a setembro ocorre o período seco, marcado pela forte redução dos índices pluviométricos.

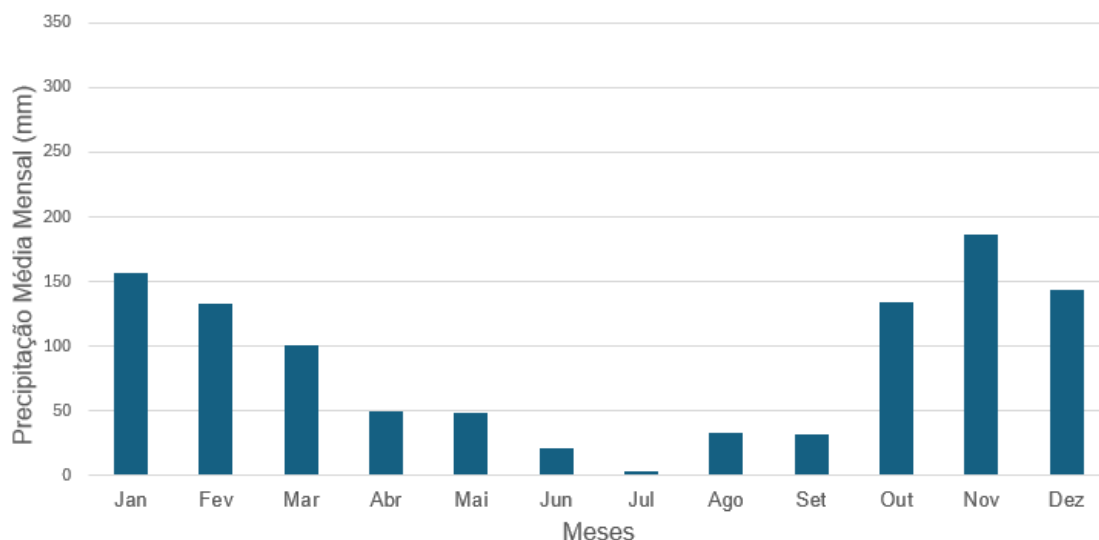


Figura 19: Gráfico da Precipitação média Mensal da Estação Bonfim (2015-2024).

Analisando a (figura 20) da média mensal da estação Fábricas, nota-se os meses de novembro a fevereiro concentram-se os maiores volumes de precipitação, período correspondente a estação chuvosa no sudeste brasileiro. Nesse intervalo, destaca-se o mês de dezembro que apresenta média aproximada de 267 mm. O mês de dezembro de 2021 apresentou um comportamento extremamente atípico, registrando aproximadamente 790 mm de precipitação, valor muito acima da média climatológica esperada para o mês. Outro dado significativo foi registrado em janeiro de 2023, quando ocorreu aproximadamente 466,2 mm, valor também acima da média esperada para o período. Esse comportamento demonstra que mesmo em anos considerados chuvosos em termos anuais, podem ocorrer episódios concentrados de precipitação intensa em determinados meses, reforçando a irregularidade temporal das chuvas na região.

Os meses de outubro e março apresentam acumulados em torno de 100 mm, funcionando como períodos de transição entre a estação seca e a estação

chuvosa. Entre os meses de abril e setembro ocorre o período seco regional, marcado pela forte redução dos índices pluviométricos. Temporalmente a estação é marcada por forte sazonalidade e elevada variabilidade interanual, alternando períodos de precipitação extrema e estiagem prolongadas.

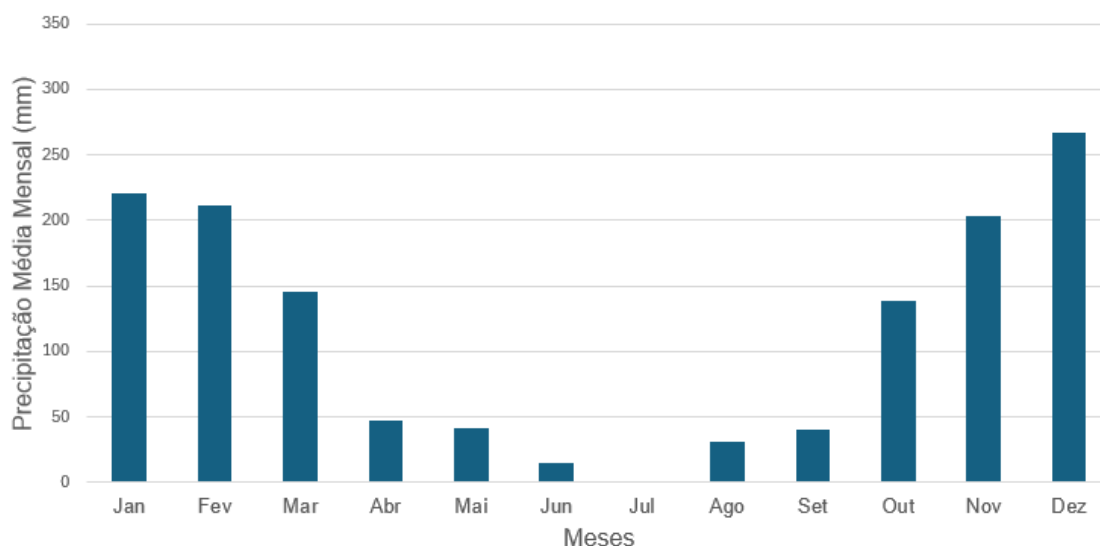


Figura 20: Gráfico da Precipitação média Mensal da Estação Fábricas (2015-2024).

Na média mensal da estação Senhor dos Montes (figura 21), observa-se um padrão climático sazonal, vimos os maiores índices pluviométricos se concentra entre os meses de dezembro e fevereiro, registrando medias entre 190,0 mm e 228,0 mm. A estação apresenta características espaciais importantes que influenciam diretamente os volumes pluviométricos registrados, a localização em uma área elevada da cidade e próxima a serra do lenheiro favorece a ocorrência de chuvas orográficas. O ano de 2016 destacou-se por registrar o mês de janeiro mais chuvoso da série, com aproximadamente 312,1 mm acumulados, esse valor evidencia um episódio de precipitação acima da média climatológica regional.

O ano de 2021 apresenta um comportamento atípico durante a estação chuvosa, registrando apenas 90,8 mm no mês de janeiro, valor significativamente abaixo da média esperada para o período, esse dado demonstra uma irregularidade temporal importante na distribuição das chuvas. Esse comportamento explica que em alguns episódios, determinados setores de

São João del-Rei registram volumes elevados de chuva enquanto outros bairros próximos apresentam pouco ou nenhuma precipitação.

A combinação entre relevo acidentado, diferenças de altitude, circulação local dos ventos e formação de chuvas convectivas, favorece uma grande irregularidade espacial das chuvas de verão. Já nos demais meses do ano, especialmente durante o período de transição entre a estação chuvosa e a seca, observa-se uma distribuição pluviométrica mais uniforme e dentro da média regional.

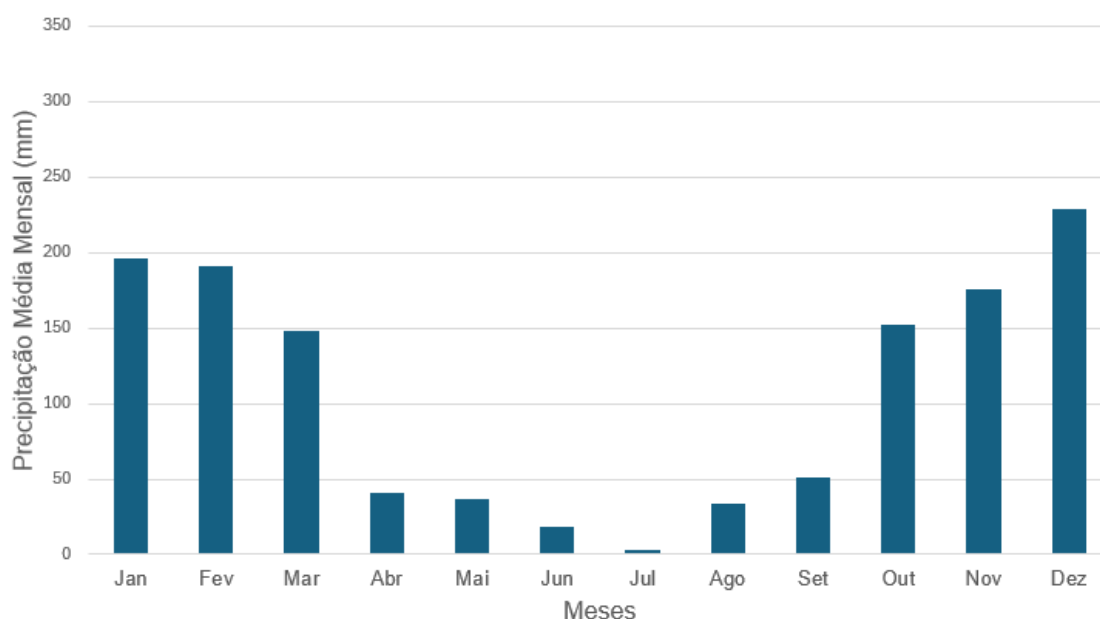


Figura 21: Gráfico da Precipitação média Mensal da Estação Senhor dos Montes (2015-2024).

Analisando a (figura 22) da média mensal da estação Tejuco, observa-se os maiores volumes de precipitação concentram-se entre os meses de novembro e dezembro, registrando médias entre 213 mm e 243 mm. A localização da estação próxima a serra do lenheiro influencia diretamente a distribuição das chuvas. Esse fator explica os elevados acumulados registrados na estação durante o período chuvoso. O ano de 2017 destacou-se como um evento extremamente atípico na série, registrando aproximadamente 757 mm apenas no mês de dezembro, valor muito acima da média climatológica mensal da região. Os meses de janeiro e março apresentam precipitações relativamente

menores em comparação com novembro e dezembro, registrando medias entre 121 mm e 176 mm.

Embora esses valores ainda indiquem período chuvoso, demonstra uma certa irregularidade temporal na distribuição das chuvas ao longo do verão. O ano de 2021 apresentou um comportamento bastante atípico na estação, em janeiro daquele ano foi registrado apenas 20 mm, valor extremamente baixos para um mês tradicionalmente chuvoso na região. Esse dado evidencia uma forte anomalia climática e demonstra a ocorrência de um período de estiagem durante a própria estação chuvosa.

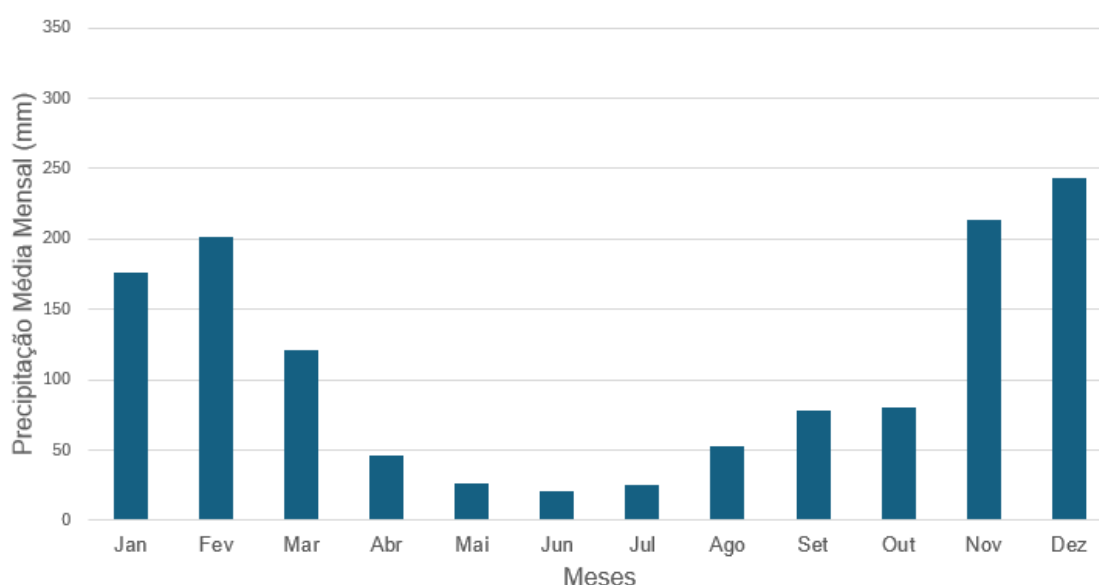


Figura 22: Gráfico da Precipitação média Mensal da Estação Tejuco (2015-2024).

Observando a (figura 23) da média mensal da estação Parque das Abelhas, nota-se os maiores volumes de precipitação se concentram entre os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, período da estação chuvosa, quando os índices pluviométricos variam entre aproximadamente 204 mm e 239 mm. A estação encontra-se próxima a serra de São José, fator que exerce forte influência sobre a dinâmica pluviométrica local. Esse mecanismo contribui para explicar os elevados volumes de chuva registrados na estação ao longo da série e a relativa regularidade das chuvas em comparação com áreas mais baixas ou afastadas da serra. O ano de 2023 destacou-se pelo registro do mês de janeiro mais chuvoso da série analisada, acumulando aproximadamente 370 mm.

Entretanto, a série histórica também evidencia episódios de irregularidade pluviométrica durante a própria estação chuvosa, um exemplo significativo ocorreu em dezembro de 2018, quando foi registrado apenas 58,2 mm, valor extremamente baixos para um mês tradicionalmente úmido na região. Esse comportamento, representa uma anomalia climática importante e demonstra a variabilidade temporal das chuvas. Os dados também demonstram a ocorrência de períodos prolongados de estiagem mesmo durante meses que normalmente apresentam elevados volumes de chuva.

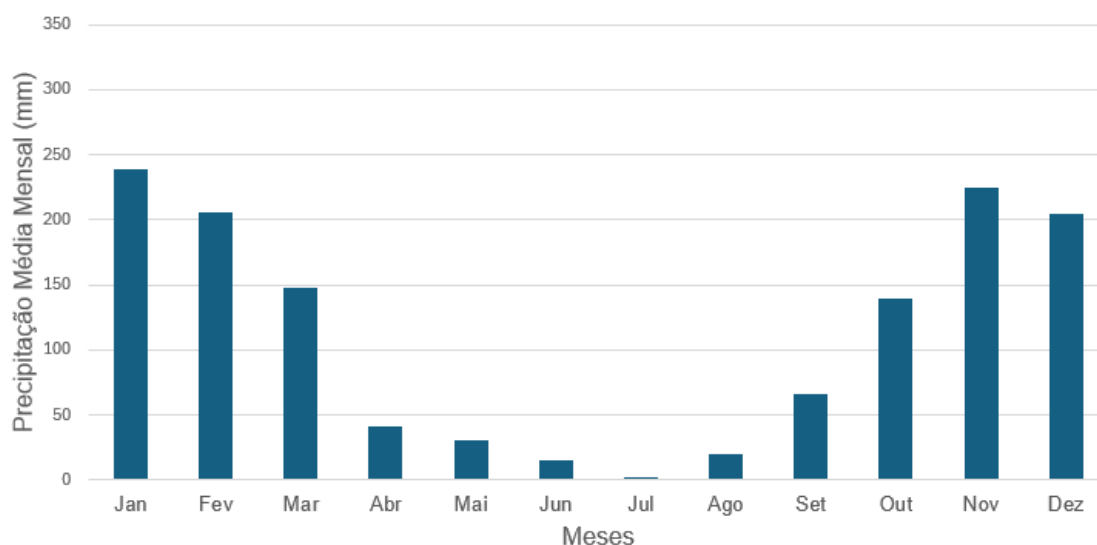


Figura 23: Gráfico da Precipitação média Mensal da Estação Parque das Abelhas (2015-2024).

Na média mensal da estação Pacu (figura 24), é importante destacar inicialmente que a série histórica apresenta limitações devido à ausência de diversos dados diários no banco de dados, ocasionando pela falta de manutenção do pluviômetro, mas, nota-se os meses de novembro e dezembro concentram os maiores volumes de chuva na estação, registrando medias entre aproximadamente 198 mm e 207,5 mm. A localização da estação próxima a serra de São José exerce uma forte influência sobre as distribuições das chuvas na região. O mês de dezembro de 2015 destacou-se como o mais chuvoso da série, registrando aproximadamente 394,0 mm de precipitação, valor significativamente acima da média climatológica mensal da estação.

A análise também evidência períodos de precipitação abaixo da média durante meses que normalmente seriam bastante chuvosos, em dezembro de

2021, por exemplo, foram registrados apenas 65,6 mm, valor muito inferior ao esperado para a estação chuvosa. Situação semelhante ocorreu em janeiro de 2018, com apenas 78,0 mm, e em fevereiro do mesmo período, com aproximadamente 60,0 mm.

Esses dados revelam importantes anomalias pluviométricas e demonstram a elevada irregularidade temporal das chuvas na região. A redução significativa das chuvas durante os meses tradicionalmente úmidos, pode estar relacionado a atuação de bloqueios atmosféricos persistentes, responsáveis por impedir o avanço das frentes frias e reduzir o transporte de umidade para o interior do sudeste brasileiro.

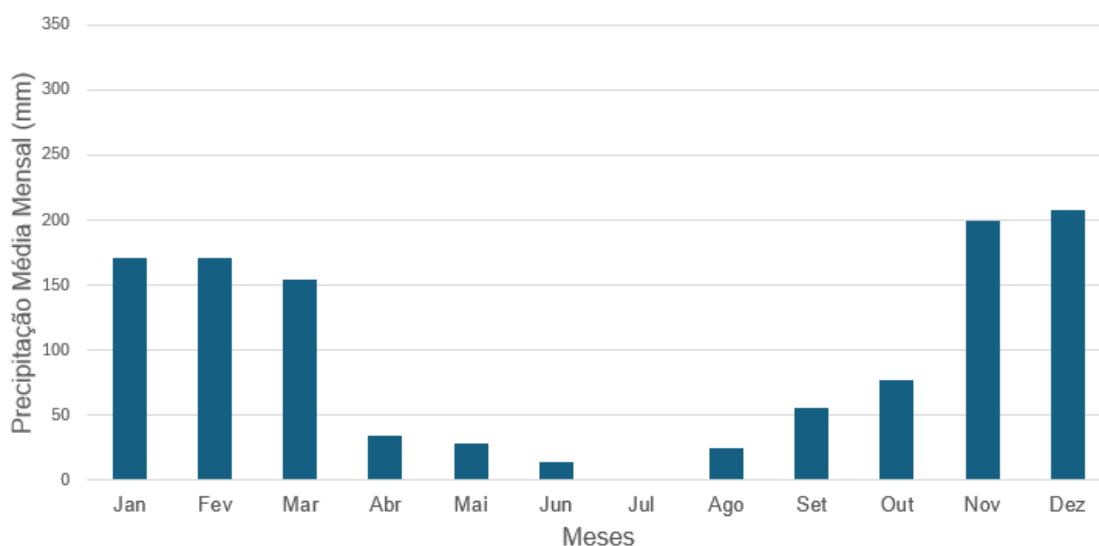


Figura 24: Gráfico da Precipitação média Mensal da Estação Pacu (2015-2024).

Observando a (figura 25) da média mensal da estação Várzea de Baixo, nota-se um regime climático sazonal, característico do clima tropical de altitude, os maiores volumes de chuva concentram-se entre os meses de novembro a fevereiro, registrando medias entre aproximadamente 230,4 mm e 283,6 mm. A localização da estação está em uma área próxima a serra de São José e exerce uma forte influência sobre a dinâmica pluviométrica local. O ano de 2017 destacou-se por apresentar o mês de dezembro mais chuvoso da série analisada, registrando aproximadamente 334,7 mm, esse valor representa um acumulado acima da média climatológica mensal da região e evidencia um período de forte instabilidade atmosférica.

Apesar da predominância de elevados índices pluviométricos no verão, a serie analisada também apresenta episódios de precipitação muito abaixo da média durante meses tradicionalmente chuvosos. Esse comportamento demonstra a elevada variabilidade temporal das chuvas na região. Um exemplo ocorreu em janeiro de 2015, quando foram registrados apenas 60,1 mm de chuva, valor extremamente baixos para um mês que normalmente concentra elevados acumulados pluviométricos. Situação semelhante ocorreu em janeiro de 2021, com aproximadamente 85,2 mm, também muito abaixo da média esperada para o período.

Nos demais meses do ano, especialmente entre abril e setembro, observa-se redução significativa das precipitações, caracterizando o período seco regional. A estiagem observada nesse período é típica do clima tropical de altitude e contribui para a forte sazonalidade climática da região, as precipitações quando ocorrem, geralmente são fracas e isoladas.

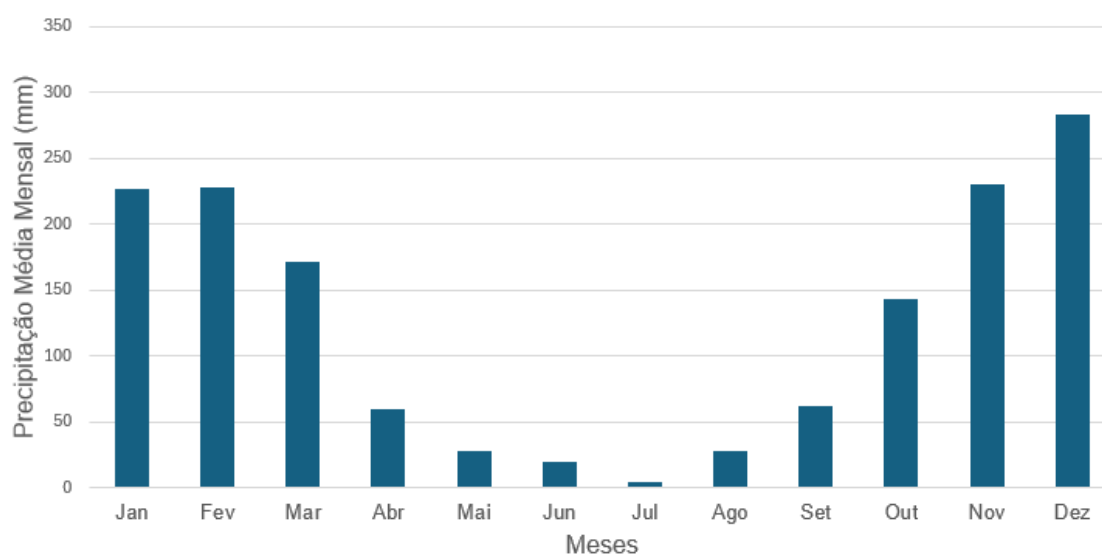


Figura 25: Gráfico da Precipitação média Mensal da Estação Várzea de Baixo (2015-2024).

Observando a (figura 26 e 27) do acumulado das médias anuais de cada estação estudada, percebe-se uma significativa variabilidade espacial da precipitação, demonstrando como os fatores atmosféricos, geomorfológicos e operacionais influenciam diretamente a distribuição das chuvas ao longo do tempo e no espaço. Mesmo em localidades relativamente próximas, os índices

pluviométricos apresentam diferenças expressivas, evidenciando a complexidade climática da região do Campo das Vertentes.

A estação Rio das Mortes destacou-se como a mais chuvosa da série analisada, registrando uma média anual de aproximadamente 1.618,3 mm, esse elevado acumulado pluviométrico pode ser explicado principalmente pela posição geográfica da estação em relação a circulação atmosférica regional. O distrito do Rio das Mortes encontra-se em uma área fortemente influenciada pelas frentes frias provenientes da região sul do Brasil, que avançam em direção ao sudeste transportando grande quantidade de umidade.

As estações localizadas próximas as serras, como Bonfim, Senhor dos Montes, Tejuco e Pacu, teoricamente também deveriam apresentar medias pluviométricas mais elevadas devido a influência orográfica exercida pela serra do lenheiro e pela serra de São José. Entretanto, os resultados observados mostram medias relativamente inferiores ao esperado, especialmente na estação Bonfim, que registrou apenas 1.039,2 mm anuais, na estação Pacu com 1.167,4 mm e na estação Tejuco com 1.304,8 mm. Esses valores indicam a presença de inconsistência importantes nos dados pluviométricos dessas estações, ao longo das análises foi identificado que diversos anos apresentaram ausência de registros diários, falhas operacionais e problemas relacionados a manutenção dos pluviômetros automáticos.

Nas demais estações analisadas, observa-se uma relativa regularidade dos acumulados anuais, com medias variando entre 1.300 mm e 1.500 mm, a estação Fábricas registrou média de 1.342,8 mm estação localizada na área urbana de São João del-Rei, enquanto a estação Senhor dos Montes apresentou média de 1.300,3 mm. A estação Parque das Abelhas apresentou média anual de 1.338,1 mm, enquanto a estação Várzea de Baixo registrou 1.464,9 mm, ambas se localizam em Tiradentes e sofrem forte influência da serra de São José. As estações Elvas e Porto também apresentaram medias regulares, registrando respectivamente 1.469,1 mm e 1.466,9 mm anuais e a estação São João del-Rei apresentou uma média anual de aproximadamente 1.482,0 mm.

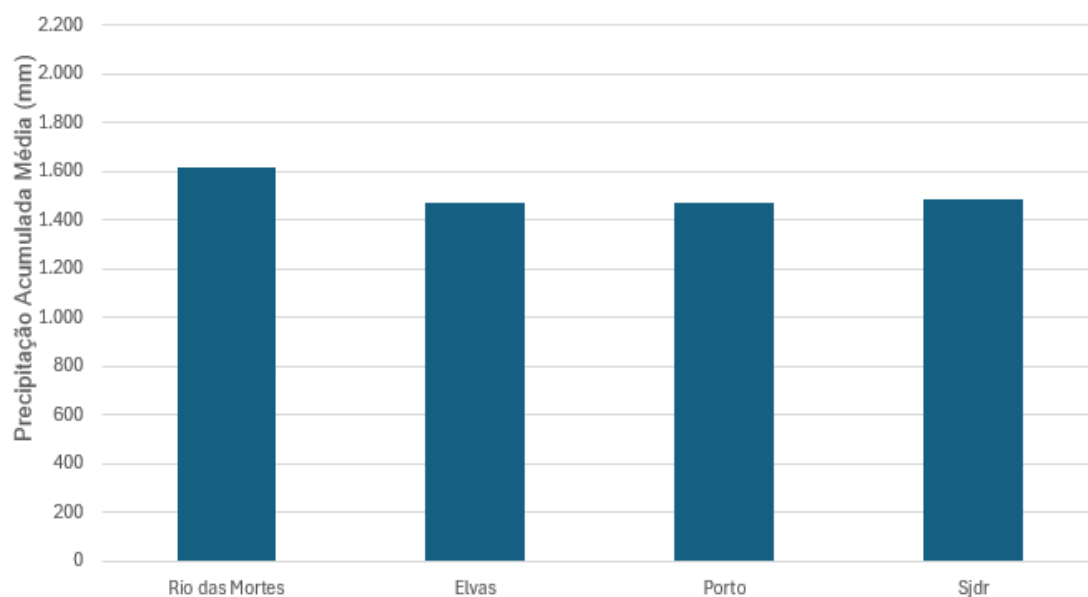


Figura 26: Gráfico de Precipitação Acumulada Anual Média, das estações ANA/INMET (1990-2020).

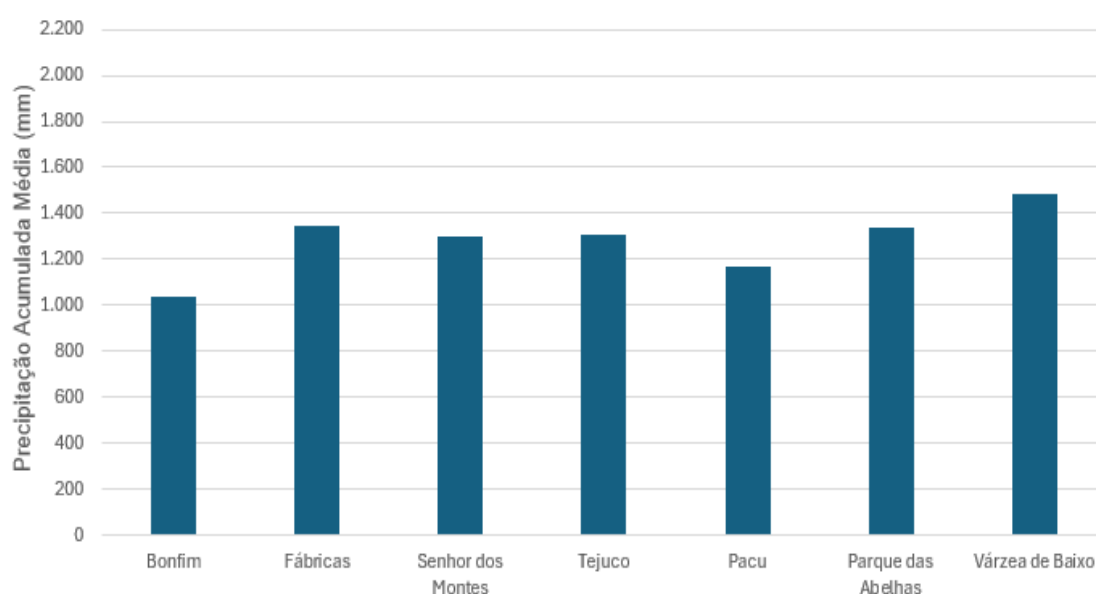


Figura 27: Gráfico de Precipitação Acumulada Anual Média, das estações do CEMADEN (2015-2024)

No geral o período chuvoso em todas as estações estudadas vai de outubro a março, e o período seco vai de abril a setembro, podendo ter precipitações também no período seco e chuvas orográficas, o que vem ocorrendo com bastante frequência nos últimos anos por causa das mudanças climáticas extrema e aquecimento global do planeta ao todo.

As estações que ficam próximas às serras que cercam as duas cidades, (Bonfim, Tejuco, Senhor dos Montes, Pacu e Parque das Abelhas) apresentam maior volume de precipitação, o que reforça a tese de que as duas cidades são submetidas em chuvas orográficas na maioria dos meses do ano. YUH-LANG (et al. 2001) trouxe alguns elementos comuns da mesoescala propícios a chuvas orográficas intensas. I) uma corrente de ar condicionalmente ou potencialmente instável colidindo com as montanhas, II) um JBN muito úmido, III) uma montanha íngreme, e IV) um sistema quase-estacionário em escala sinótica para que favoreça um lento deslocamento da convecção. Para Fernandes e Satyamurty (1994) os cavados invertidos eles atuam principalmente durante o inverno, provocando condições de tempo moderado. Vórtices ciclônicos em altos níveis, oriundos da região do Pacífico, organizam-se com intensa convecção associada à instabilidade causada pelo jato subtropical. Linhas de instabilidade pré-frontais, geradas a partir da associação de fatores dinâmicos de grande escala e características de mesoescala são responsáveis por intensa precipitação.

Portanto se constata ao longo desse trabalho que houve pouca variabilidade na pluviometria de uma região para a outra na análise dos dois anos de obtenção dos dados, mesmo com algumas estações registrando inconsistência de dados, isso não prejudicou nas análises. Nas regiões próximas às serras do lenheiro e de São José há um maior volume de chuvas, com diferenças por volta de 40 a 50 milímetros anuais, o que vale ressaltar que na maioria dos casos em São João del-Rei, Tiradentes, Rio das Mortes e nas demais regiões trata-se de chuvas orográficas, que são o principal exemplo de como as formas de relevo podem influenciar o clima e os fenômenos meteorológicos. Elas ocorrem quando uma massa de ar úmido é “bloqueada” por uma forma íngreme de relevo, com uma serra ou escarpa, assim, nessa área de encontro, ocorrem fortes chuvas orográficas.

7 – CONCLUSÃO

No trabalho realizado, foi possível fazer uma análise espacial e temporal, das onze estações pluviométricas, como sete estações regionais dados fornecidos pelo CEMADEN, e quatro estações pluviométricas com os dados fornecidos pela ANA. A metodologia aplicada foi de suma importância para que o objetivo desse trabalho fosse alcançado, também como o fornecimento de dados por parte do banco de dados do CEMADEN, da ANA e do INMET. Com base nos resultados obtidos durante a coleta dos dados pluviométricos de cada estação, houve falhas em algumas estações pluviométricas sendo a mais prejudicada a estação Bonfim e Pacu, na análise vimos que no ano de 2020 foi o ano que houve mais falhas em todas as estações do CEMADEN, o que evidencia a falta de manutenção das estações pluviométricas, mas apesar dessas falhas, ainda sim foi possível fazer uma análise espacial das estações do CEMADEN ao longo dos últimos 9 anos (2015-2024), apresentando um padrão com os valores pluviométricos mais elevados em algumas estações a montante próximas as serras, como as estações Bonfim, Tejuco, Pacu, Parque das Abelhas e Rio das Mortes, devido ao efeito orográfico e ao clima tropical de altitude, e outras estações com alguns períodos de seca severa e chuvas dentro da média.

Nas estações pluviométricas da série histórica longa, podemos concluir-nos que houve uma variação significativa de precipitação ao longo dos últimos 30 anos (1990-2020), com alguns anos apresentando volumes de chuva acima da média, como na estação Rio das Mortes que apresentou a maior média anual de chuvas, pôr a estação está situada próximo a Serra do Lenheiro mais ao sul da região, ocorrendo chuvas orográficas frequentes no período chuvoso. Enquanto em outros anos registraram índices de precipitação abaixo da média resultando em períodos de seca severa em cada região, principalmente no ano de 2014 onde foi registrado a pior seca em todas as estações estudadas. Nesse sentido, fica comprovado atipicidade do ano de 2014 em relação aos demais anos que houve coleta de dados pluviométricos na região.

A distribuição espacial da pluviosidade, para todas as escalas de análise, apresentou um padrão com os valores mais elevados a montante, devido ao

efeito orográfico na região. Sendo assim, foi configurado atípico o ano de 2014, foi um evento isolado, mas não incomum, que pode ocorrer em diversas regiões do Brasil, provando que a sociedade deve compreender a estar preparada para as mudanças climáticas e a variação da pluviosidade desse tipo.

Conclui-se a importância da análise dos dados pluviométricos para que há uma compreensão das variações climáticas ao longo do tempo, possibilitando as ações de enfrentamento aos impactos causados por eventos extremos de precipitação, como enchentes em períodos chuvosos e secas severas. A manutenção e monitoramento contínuo das estações meteorológicas são essenciais para o acompanhamento das mudanças climáticas e a variação da pluviosidade, e a falta de manutenção desses equipamentos prejudica os pesquisadores fazerem os estudos aprofundados.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA (2023). *Hidro web*. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em: nov/2023.

ARANTES, L. S. *Variabilidade espacial da precipitação pluvial e temperatura do ar em Minas Gerais associada a eventos de El Niño*. 2019. Monografia (Graduação em Geografia – Bacharelado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

ARAÚJO, L. E; SILVA, D. F; MORAES NETO, J. M; SOUSA, F. A. S. *Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Paraíba usando IAC*. *Revista de Geografia*, Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 24, n. 1, p. 47–59, jan./abr. 2007.

BERTONI, J.C.; TUCCI, C.E. Precipitação. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora UFRGS, 2001. p.177-231.

BOLDRIN, D; CARVALHO, G; FERREIRA, J. P; REIS, L. *Mudanças climáticas: a vulnerabilidade de São João del-Rei diante das chuvas*. Notícias de El-Rei, São João del-Rei, 24 fev. 2025. Disponível em:

<https://noticiasdelrei.com/2025/02/24/mudancas-climaticas-a-vulnerabilidade-de-sao-joao-del-rei-diante-das-chuvas/>. Acesso em: 15 dez. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. *Levantamento de recursos naturais: folhas SF.23/24 (Rio de Janeiro/Vitória): texto explicativo*. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 1983. v. 32.

BRITTO, F. P. *Distribuição espaço-temporal da precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul*. 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CEMADEN (2024). Disponível em: [Mapa Interativo](#). Acesso em: fev./2024.

CRUZ, E. S. *Análise da variabilidade temporal e espacial dos dados de superfície de precipitação de São João del-Rei e cidades vizinhas (continuação)*. Relatório Final de Iniciação Científica — Universidade Federal de São João del-Rei, Departamento de Geociências, São João del-Rei, 2024.

EMBRAPA. *Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da Zona Campos das Vertentes – MG*. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 96, 2006.

FERREIRA, A. B. R; ZACHARIAS, A. A; CARDOZO, F. S; FONSECA, B. M. *Levantamento histórico-geográfico dos eventos de inundação e deslizamentos na cidade de São João del-Rei no período de 1774 a 2021*. Ciência Geográfica, Bauru, v. 26, n. 4, p. 1734-1773, jan./dez.2022.

FERNANDES, K. A.; SATYAMURTY, P. *Cavados invertidos na região central da América do Sul*. Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belo Horizonte, MG, 1994.

FRANCESCHINI, A. T. L. *Variabilidade temporal e espacial da precipitação incidente sobre a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Sorocaba e Médio Tietê e anomalias*. 2016. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) — Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba, 2016.

FREIRE, V. H. N. *Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica na bacia do rio Mourão - PR*. 2014. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

GEÓGRAFOS. *Distrito Elvas e Distrito Rio das Mortes*. Disponível em: <https://www.geografos.com.br/distritos/distrito-elvas.php>. Acesso em: 14 out. 2025.

GONÇALVES, F. N.; BACK, Á. J. *Análise da variação espacial e sazonal e de tendências na precipitação da região sul do Brasil*. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 41, n. 3, p. 592–602, 2018.

HOLTZ, A. C. T. Precipitação. In: PINTO, Nelson L. de S; et al. *Hidrologia Básica*. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. Cap. 2, p. 27-35.

HONÓRIO, L. W. N.; NETO, J. B. F; NEGREIROS, A. B. (2020) *Análise da Variabilidade da Precipitação em São João del-Rei e Tiradentes, Minas Gerais, Brasil*. In anais do XXV Seminário Acadêmico Internacional da Associação de Pesquisadores e Estudantes da Catalunha. pp. 56-65.

INMET (2024). Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br>. Acesso em: fev./2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Cidades e Estados: São João del Rei / MG*. IBGE. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/....> Acesso em: 14 out. 2025.

LUCAS, T. P. B. *Chuvas persistentes e ação da Zona de Convergência do Atlântico Sul na Região Metropolitana de Belo Horizonte*. 2007. 158 p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais, IGC, Belo Horizonte, MG. 2007.

MARENGO, J. A. *Mudanças climáticas e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XX*. Série Biodiversidade, n. 26. Ministério do Meio Ambiente, 2007.

MARENGO, J. A. *Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil. In: FBDS (org.). Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. FDBS; LLOYD'S, 2010. p. 5-19.*

MELLO, M. H. A.; ARRUDA, H. V.; ORTOLANI, A. A. *Probabilidade de ocorrência de totais pluviiais máximos horários em Campinas, São Paulo. Revista IG, v. 15, n. 1, p. 59-67, 1994.*

MENDONÇA, L. M. O.; HONÓRIO, L. W. N. *Análise da variabilidade pluviométrica de São João del Rei e Tiradentes nos anos de 2014 e 2015. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal de São João del Rei, São João del Rei, 2016.*

MORAES, B. C. *Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. 2002. 107 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) — Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.*

PEREIRA, G.; SILVA, M. E. S.; MORAES, E. C.; CARDOZO, F. S. *Avaliação dos dados de precipitação estimados pelo satélite TRMM para o Brasil. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 18, n. 3, p. 139–148, 2013.*

PEREIRA, A. R. B; COSTA, C. T. F; FIRMINO, P. R. A; STUDART, T. M; OLIVEIRA, C. W. *Preenchimento de falhas em séries de dados meteorológicos de estações automáticas. Revista Brasileira de Climatologia, Dourados, v. 35, n. 20, p. 22-44, 2024.*

SALGUEIRO, J. H. P. B. *Avaliação de rede pluviométrica e análise de variabilidade espacial da precipitação: estudo de caso na bacia do rio Ipojuca em Pernambuco. 2005. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Recife, 2005.*

SANTOS, J. G. *Variabilidade pluviométrica na Microrregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG. 2015. 88 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.*

SILVA, T. B. F. *Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica do estado de Pernambuco utilizando índices climáticos. 2021. 106*

f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) — Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, 2021.

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Ed. Universidade – UFRGS; ABRH, 2002. 944 p.

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – ABRH. 4ª Edição. Porto Alegre, 943 p. 2009.

YUH-LANG, Lin. *Some Common Ingredients for Heavy Orographic Rainfall. Weather And Forecasting*. 2001.