



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
INSTITUTO DE RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**VARIAÇÃO ESPACIAL DAS TENDÊNCIAS DE  
TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO NO SUL DE  
MINAS**

---

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO**

**Dayane Nascimento Figueredo**

**Itajubá, MG, Brasil**

**2023**

# **VARIAÇÃO ESPACIAL DAS TENDÊNCIAS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO NO SUL DE MINAS**

---

**por**

**Dayane Nascimento Figueredo**

Monografia apresentada à comissão examinadora Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas da Universidade Federal Itajubá (UNIFEI, MG), como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Bacharel em Ciências Atmosféricas.**

**Orientador: Vanessa Silveira Barreto Carvalho**

**Itajubá, MG, Brasil  
2023**

**Universidade Federal de Itajubá  
Instituto de Recursos Naturais  
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a  
Monografia

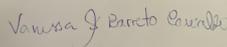
**VARIAÇÃO ESPACIAL DAS TENDÊNCIAS DE TEMPERATURA E  
PRECIPITAÇÃO NO SUL DE MINAS**

elaborada por

**Dayane Nascimento Figueredo**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de  
**Bacharel em Ciências Atmosféricas**

**Comissão Examinadora:**



---

**Vanessa Silveira Barreto Carvalho, Dra. (UNIFEI)**  
(Presidente/Orientador)



---

**Michelle Simões Reboita, Dra. (UNIFEI)**



---

**Débora Martins de Oliveira, Dra. (UNIFEI)**

Itajubá, 10 de julho de 2023 .

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de aproveitar este momento para expressar minha profunda gratidão a todas as pessoas que desejaram para a realização do meu Trabalho de Conclusão de Curso. Sem o apoio, incentivo e suporte de vocês, eu não teria alcançado esse marco importante na minha jornada acadêmica.

Começo expressando minha imensa gratidão à professora Dr<sup>a</sup> Vanessa Silveira, minha orientadora, pela sua dedicação e comprometimento ao longo de todo o processo. Sua orientação precisa, expertise e paciência foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho, não posso deixar de agradecer também a minha banca professora Dr<sup>a</sup> Michelle Simões Reboita e Dr<sup>a</sup> Débora Martins de Oliveira, sou profundamente grata por ter tido a oportunidade de aprender com profissionais tão qualificados e inspiradoras.

À minha família, gostaria de dedicar palavras especiais de agradecimento pelo apoio incondicional que recebi. Vocês permanecem ao meu lado desde o início, me encorajando e acreditando no meu potencial. Aos meus amigos, quero expressar minha sincera gratidão por todo o suporte e companheirismo ao longo dessa jornada. Em especial, gostaria de agradecer a Bruna e ao meu namorado Thiago, que me auxiliou incansavelmente na plotagem dos mapas e nos dados do meu trabalho. A habilidade, força e disponibilidade de vocês foram imprescindíveis para o sucesso dessa etapa. Expresso minha profunda gratidão pelo apoio de vocês incondicionalmente ao longo de todo o processo de elaboração do TCC.

Por fim, gostaria de agradecer à república Tequilar e Pata de Camelo, que foram verdadeiros refúgios nos momentos de descontração e alívio do estresse acadêmico. A convivência com vocês envolveu momentos de descontração, amizade e leveza, que foram essenciais para equilibrar minha rotina e manter o equilíbrio emocional. A cada uma dessas pessoas, dedico minha mais profunda gratidão. Vocês foram pilares fundamentais em minha jornada acadêmica, e meu TCC não teria sido concluído com sucesso sem a ajuda de vocês. Sou imensamente grata por todo o apoio, incentivo e contribuição que cada um deseja. Obrigada por fazerem parte da minha trajetória e por tornarem esse momento ainda mais especial.

## **RESUMO**

Monografia de Graduação  
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Itajubá, MG, Brasil

### **VARIAÇÃO ESPACIAL DAS TENDÊNCIAS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO NO SUL DE MINAS**

AUTOR(A): DAYANE NASCIMENTO FIGUEREDO  
ORIENTADOR: VANESSA SILVEIRA BARRETO CARVALHO  
Local e Data da Defesa: Itajubá, 10 de julho de 2023.

O aquecimento global e as mudanças climáticas são evidenciados por vários estudos sobre tendência da temperatura e precipitação e afetam diretamente a população mundial. Setores econômicos e sociais vão ser afetados por essas variações climáticas, como por exemplo a agricultura, uma das principais fontes econômicas do Brasil e do Sul de Minas. Analisando esse cenário o presente estudo tem como objetivo analisar as variações de temperatura (1980-2018) e precipitação (1980-2019) ao longo dos anos para o Sul de Minas Gerais, com dados de 6 estações meteorológicas do INMET e 3 pluviômetros automáticos da ANA, a fim de identificar tendências de comportamento pelo método Mann-Kendall e eventos extremos pelo método percentil. Analisando a série de dados é possível perceber um crescimento na temperatura máxima e mínima, já para a temperatura média o aumento não é tão expressivo. A análise anual infere que há um padrão de crescimento da temperatura ao longo dos anos e não é tão expressivo para a precipitação. Para a análise de variabilidade tanto a precipitação quanto a temperatura não é possível identificar padrões de distribuição espacial mais nítidos devido a baixa cobertura de estações meteorológicas, ressaltando a importância de uma maior cobertura de dados no Sul de Minas Gerais, a fim de obter a compreensão das tendências e variabilidade na região.

Palavras-chave: aquecimento global, mudanças climáticas, temperatura, precipitação, tendências e Sul de Minas

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1** - Mapa de delimitação dos municípios do Sul de Minas Gerais e o relevo em altitude retirados de arquivos tif do IBGE (IBGE, 2022).

**Figura 2** - Localização das estações meteorológicas do INMET e os pluviômetros da ANA para análise da temperatura e precipitação.

**Figura 3** - Média de Temperatura Máxima, Mínima e Média mensal

**Figura 4** - i) Box plot Temperatura Máxima anual e ii) Mapa da distribuição espacial da Temperatura Máxima do período de 1980 - 2018 com as estações meteorológicas representadas pelos pontos em azul.

**Figura 5** - i) Box plot Temperatura Média anual e ii) Mapa da distribuição espacial da Temperatura Média do período de 1980 - 2018 com as estações meteorológicas representadas pelos pontos em azul.

**Figura 6** - i) Box plot Temperatura Mínima anual e ii) Mapa da distribuição espacial da Temperatura Mínima do período de 1980 - 2018 com as estações meteorológicas representadas pelos pontos em azul.

**Figura 7** - Interpolação da dispersão espacial dos eventos extremos de temperaturas máxima separados por estação seca (iii e iv) e úmida (i e ii) calculados a partir dos percentis 95 e 99. Em preto estão as estações meteorológicas.

**Figura 8** - Interpolação da dispersão espacial dos eventos extremos de temperaturas médias separados por estação seca (iii e iv) e úmida (i e ii) calculados a partir dos percentis 95 e 99. Em preto estão as estações meteorológicas.

**Figura 9** - Interpolação da dispersão espacial dos eventos extremos de temperaturas mínimas separados por estação seca (iii e iv) e úmida (i e ii) calculados a partir dos percentis 95 e 99. Em preto estão as estações meteorológicas.

**Figura 10** - Tendência da temperatura máxima mensal no Sul de Minas separado por estação i) úmida e ii) seca.

**Figura 11** - Tendência da temperatura média mensal no Sul de Minas separado por estação i) úmida e ii) seca.

**Figura 12** - Tendência da temperatura mínima mensal no Sul de Minas separado por estação i) úmida e ii) seca.

**Figura 13** - i) Média do acumulado de precipitação mensal, ii) Box plot acumulado de precipitação anual e iii) Mapa da distribuição espacial da precipitação de 1980 - 2019 com as estações INMET representada pelos pontos em vermelho e as estações ANA em azul.

**Figura 14** - Interpolação da dispersão espacial dos eventos extremos de precipitação separados por estação seca (iii e iv) e úmida (1 e 2) calculados a partir dos percentis 95 e 99. Em preto estão as estações meteorológicas.

**Figura 15** - Figura 14 - Tendência da precipitação mensal no Sul de Minas separado por estação i) úmida e ii) seca.

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** - Estações Meteorológicas e pluviômetros disponíveis no Sul de Minas ou próximo a região utilizados para realizar as análises de tendências.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>5</b>
LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS.....	9
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1. Objetivo.....	14
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>14</b>
2.1. Descrição da área de estudo.....	15
2.2. Dados utilizados.....	16
2.3. Análises realizadas.....	18
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>20</b>
3.1. Temperatura do Ar.....	21
3.2. Precipitação.....	29
<b>4. CONCLUSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>5. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>35</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC (2021) relata que as mudanças climáticas estão ocorrendo de forma ao redor do mundo, impactando diretamente no sistema natural da terra e na vida das populações. As projeções indicam que o aumento da temperatura média no planeta terá consequências negativas, como a ocorrência mais frequente de ondas de calor, especialmente em áreas urbanas e regiões tropicais (IPCC, 2021). Essas mudanças climáticas podem levar a uma série de problemas, como o aumento do risco de incêndios florestais, o comprometimento da saúde pública e a redução da produtividade agrícola, entre outros impactos negativos. Portanto, é essencial que sejam tomadas medidas urgentes para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e minimizar os impactos das mudanças climáticas (Cardil et al, 2023) uma vez que o aquecimento global está diretamente relacionado às concentrações de GEEs, principalmente, provenientes da queima de combustíveis fósseis e de processos industriais (Carvalho et al, 2010; IPCC, 2021).

A emissão de gases GEEs contribui para o aumento da intensidade e frequência de eventos extremos, como ondas de calor, secas, inundações, diminuição do gelo marinho e terrestre, entre outros (Grimm, 2016). Na Europa, Ásia Central, África, Austrália e América do Norte, os recordes de temperatura têm se tornado cada vez mais comuns devido às ondas de calor (IPCC, 2021). Desde a década de 50, existem evidências de eventos climáticos extremos associados com aquecimento global (Silva e Fialho, 2012). Um reflexo do aquecimento global e das mudanças climáticas é o aumento geral da temperatura média global que vem sendo observado nas últimas décadas (Silva, 2007) e tem como uma de suas consequências o aumento do nível do mar que vem acontecendo a uma taxa média de 3,3 mm por ano (NASA, 2021).

Um estudo realizado no Canadá entre os anos de 1900 e 1998 analisou as tendências de temperatura no país e concluiu que o sul do país registrou um aumento nos valores de temperatura média anual entre 0,5°C e 1,5°C (Zhang et al., 2017). Mohammad e Goswami (2019) realizaram um estudo semelhante para a Índia, utilizando dados observados de estações de 139 cidades, no período de 1901

a 2015, e observaram uma tendência de diminuição da temperatura na parte noroeste do país, enquanto que nas cidades do sudeste houve um aumento na temperatura. Na África do Sul, Walt e Fitchett (2021) utilizaram os dados de 20 estações meteorológicas no período de 1960-2016 e revelaram uma tendência de aumento da temperatura anual de  $0,02^{\circ}\text{C}$  por ano. Além disso, na Europa, os resultados de Brunetti, Maugeri e Nanni (2000) revelaram que o clima italiano passou por um aumento de temperatura e uma maior aridez ao longo dos anos, no período de 1866-1995 (Brunetti, Maugeri e Nanni, 2000). Esses estudos têm em comum a utilização do método Mann Kendall para o cálculo da tendência, que também será realizado neste estudo, e destacam a importância de análises regionais para compreender as tendências climáticas e as suas implicações em diferentes áreas do mundo.

Embora existam variações no comportamento da temperatura em diferentes regiões do mundo, pesquisas realizadas no Brasil também apontam para uma tendência de aumento da frequência de eventos extremos de calor e uma diminuição nos eventos extremos de frio. Um estudo realizado no Distrito Federal, capital do Brasil, com dados de cinco estações meteorológicas entre 1980-2010, apontou que há uma tendência de aumento da temperatura que, se persistir, pode impactar negativamente a vida e a saúde da população, especialmente no período de estiagem, quando o ar é mais seco e denso, aumentando o risco de doenças respiratórias (Steinke et al, 2020). Outro estudo realizado para a região Sudeste do Brasil, revelou um aumento na temperatura média de  $0,6^{\circ}\text{C}$  e um aumento na temperatura máxima e mínima de  $0,4^{\circ}\text{C}$  a partir de dados observados do período de 1961-2011 (Silvano et al, 2016). Em Minas Gerais, foi realizado um estudo com base nos dados de temperatura coletados em 47 municípios pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), durante o período de 1961-2010, que indicou um aumento significativo da temperatura durante a primavera e uma queda da temperatura no outono (Oliveira et al, 2020).

É importante destacar que as mudanças climáticas têm afetado não apenas a temperatura, mas também o regime de precipitação em todo o mundo. O Sexto Relatório de Avaliação do IPCC (2021) indica que os eventos de precipitação estão se tornando mais intensos e frequentes, causando secas prolongadas e chuvas intensas em diversas regiões. Embora a maioria dos cenários futuros não apresente uma tendência definida para o regime de precipitação, os modelos climáticos

apontam para um aumento na frequência e intensidade de eventos extremos em várias partes do mundo, incluindo chuvas torrenciais e tempestades tropicais (Marengo, 2008). Vale ressaltar que a incerteza associada às projeções futuras para a precipitação aumenta à medida que se estende no tempo, contudo, é necessário estar preparado para as mudanças que podem ocorrer no regime de chuvas, o que pode afetar significativamente a segurança alimentar, saúde, a disponibilidade de água, energia e infraestrutura (Bitencourt, 2016; IPCC, 2021).

Estudos recentes sobre a variação da precipitação ao longo do tempo têm evidenciado que o padrão médio da variável pode ser definido por mudanças nos volumes de chuvas em diferentes regiões (Konapala et al, 2020). No Ártico, por exemplo, o padrão natural está se tornando cada vez mais úmido, enquanto algumas áreas tropicais estão mais secas (IPCC, 2021). Para a Índia, foram evidenciadas tendências decrescentes nas chuvas de primavera e nas monções que atuam sobre o país e tendências crescentes nas chuvas durante o outono e inverno com base em dados do período de 1954-2003 (Pal e Tappa, 2011). Para a Ásia Central, a análise dos dados mensais de 344 estações meteorológicas no período de 1950-2000 evidenciou que há tendências de aumento significativas na precipitação no Cazaquistão, Quirguistão e Tadjiquistão, com taxas de 2,6, 3,1 e 3,7 mm a cada 10 anos, respectivamente (Xu et al, 2015).

A compreensão das tendências de precipitação no Brasil apresenta desafios significativos devido à falta de informações em áreas importantes do país com alta pluviosidade (Carvalho, 2019). Em Belém, capital do Pará, região Norte, foram realizadas análises de dados de estações pluviométricas no período de 1968-2018, utilizando o método de Mann-Kendall que apontou para uma considerável variação no regime de precipitação ao longo dos anos, com um aumento significativo da chuva (Lira et al., 2020). No Nordeste, um estudo para avaliar as tendências de precipitação e identificar áreas propensas a secas prolongadas, utilizando dados da ANA no período de 1935-2000, revelou uma maior variabilidade da precipitação durante os períodos de seca, com destaque para as regiões do agreste, noroeste e litoral, onde a quantidade de dias com chuva é maior (Silva, Pereira e Almeida, 2012). Além desse estudo para a região Nordeste, Regoto et al, (2021) verificou que há uma tendência de mudança ao longo dos anos para um clima mais seco no verão e outono. No sudeste do país, Ávila et al. (2016) analisaram dados de 1978-2014 para compreender as inundações e deslizamentos ocorridos na região e indicaram

que os impactos climáticos não são uniformes em todo o sudeste e que a maioria dos índices relacionados à precipitação apresenta tendências positivas (Ávila, 2016). Contudo, em Minas Gerais, um estudo de séries temporais diárias e mensais da precipitação máxima e média registrada na faixa central do estado não produziu uma conclusão definitiva nas tendências e nos padrões de precipitação, no entanto, há indícios de tendências positivas em latitudes acima de 19° Sul (Queiroz, 2013). Além disso, um estudo realizado por Oliveira et al. (2023), utilizou o teste Mann Kendall para identificar tendências de precipitação ao longo dos anos 1939 a 2020 a partir de dados de pluviômetros localizados ao longo do Rio Paraíba do Sul, que passa por partes dos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo e identificou uma variação espacial expressiva da precipitação na região de estudo ao longo dos anos, principalmente na região da Serra da Mantiqueira com valores altos, além disso, o teste Mann-Kendall identificou que as estações e em sua maioria não apresentou tendência significativa ao longo dos anos. Reis et al. (2018) avaliando a climatologia e eventos extremos no estado de Minas Gerais, verificou que a mesorregião SMG possui acumulado de precipitação mensal maior em comparação com as demais regiões. Além disso, a região sul do estado de Minas Gerais (SMG) apresenta uma economia baseada na agricultura, tornando as informações climáticas uma necessidade vital para os agricultores da área (FIEMG, 2016). Uma das culturas de maior destaque nessa região é o café que responde por 24% da produção nacional (Alves, 2020).

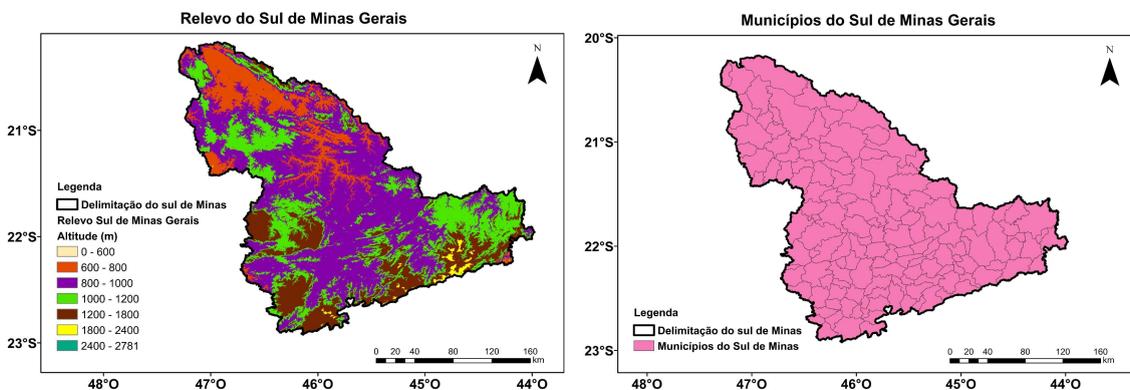
### **1.1. Objetivo**

Nesse contexto, considerando a relevância e o potencial de impacto das condições climáticas na região sul de Minas Gerais, o objetivo deste trabalho é analisar a variabilidade e tendências de temperatura e precipitação e eventos extremos que ocorreram ao longo dos anos no SMG. Essa análise tem a finalidade de fornecer informações úteis para os diversos setores que são vulneráveis às mudanças climáticas na região. A compreensão dessas tendências e variações pode contribuir para a elaboração de políticas públicas, estratégias de adaptação e diminuição de impactos negativos na região SMG.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Descrição da área de estudo

A região sul do estado de Minas Gerais é composta por 155 municípios e possui uma população estimada em 3,5 milhões de habitantes (IBGE, 2020). O território sul mineiro tem um relevo diversificado com diversas montanhas e colinas que englobam uma paisagem caracterizada pela presença de serras, vales, planaltos, sendo a Serra da Mantiqueira uma importante referência geográfica que atravessa parte da região e desempenha um papel fundamental na configuração de suas diversas estruturas geológicas (Marent e Valadão, 2019). Além disso, a presença de vales profundos e um relevo acidentado da região favorece a criação de rios, cachoeiras e uma vegetação exuberante, o que faz da região um destino turístico muito procurado (Souza, Borém e Alves, 2013). O relevo da região e a distribuição dos municípios pode ser observada na Figura 1.



**Figura 1-** Mapa de delimitação dos municípios do Sul de Minas Gerais e o relevo em altitude retirados de arquivos tif do IBGE (IBGE, 2022).

Os aspectos climáticos no SMG seguem a classificação de Köppen-Geiger (KOTTEK et al., 2006), são verificadas as classificações Cwa (temperado úmido com inverno seco e verão quente) e Cwb (temperado úmido com inverno seco e verão moderadamente quente) (Sá Júnior, 2009; HIJMANS et al., 2005). De acordo com Reboita et al. (2015), o sul de Minas representa a região mais chuvosa do estado com uma média de aproximadamente 1600 mm acumulado no ano. Essa

região sofre a influência de 7 a 8 frentes frias em média durante o outono, inverno e primavera, além de 5 frentes frias durante o verão, o que favorece a ocorrência de chuva ao longo do ano. Além das frentes frias, a estação chuvosa sofre a interferência do ZCAS, um sistema que traz características de um regime de precipitação e nebulosidade ao longo de 7 dias consecutivos, aumentando assim a quantidade de chuva na região durante o verão.

A chuva favorece o cultivo de diversas culturas, destacando-se, por exemplo, o café, milho, feijão, hortifrútis, cana de açúcar e outros que colaboram com a economia do local de estudo, que é pautada na agricultura (Dos Santos et al., 2018). Considerando a relevância do setor agrícola para a região do Sul de Minas, especialmente da produção de café, e sua dependência das condições de tempo e clima, é importante compreender as variações de temperatura e precipitação na região SMG.

## 2.2. Dados utilizados

Para este estudo foi realizado a partir dos dados meteorológicos disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) através do Banco de Dados Meteorológicos (BDMEP) (<https://bdmep.inmet.gov.br/#>). Foram considerados dados de temperatura e precipitação provenientes de estações automáticas e de estações convencionais. Por conta da disponibilidade foi considerado o período de 1980 a 2018. Além dos dados provenientes das estações do INMET, também foram considerados os registros de precipitação obtidos a partir dos pluviômetros da Agência Nacional das Águas (ANA) (<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>) no período de 1980 a 2019. As informações específicas sobre as estações, o período de dados e os parâmetros considerados estão presentes na Tabela 1.

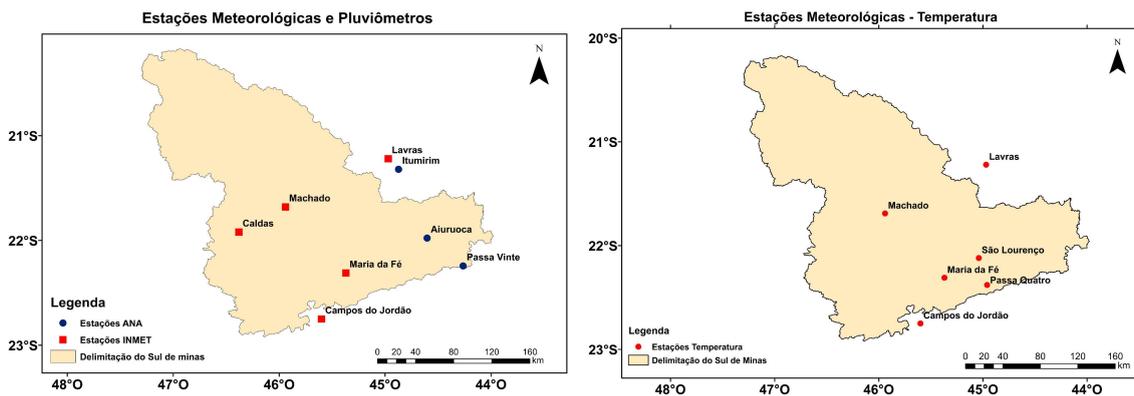
**Tabela 1** - Estações Meteorológicas e pluviômetros disponíveis no Sul de Minas ou próximo a região utilizados para realizar as análises de tendências.

Código da	Município	INMET ou ANA	Período de dados	Parâmetros	Coordenadas S/W
-----------	-----------	--------------	------------------	------------	-----------------

estação			utilizados		
2144018	Aiuruoca	ANA	1980-2019	Precipitação	21,9772; 44,6033
A530	Caldas	INMET	1980 - 2019	Precipitação	21,92; 46,38
2245010	Campos do Jordão	INMET	1980-2019	Precipitação, Temperatura Máxima, Média e Mínima	22,75; 45,60
2144005	Itumirim	ANA	1980-2019	Precipitação	21,3208; 44,8728
83687	Lavras	INMET	1980 - 2019	Precipitação, Temperatura Máxima, Média e Mínima	21,22; 44,97
A567	Machado	INMET	1980 - 2019	Precipitação, Temperatura Máxima, Média e Mínima	21,68; 45,94
A531	Maria da Fé	INMET	1980-2019	Precipitação, Temperatura Máxima, Média e Mínima	22,31; 45,37
A529	Passa-Quatro	INMET	1980-2018	Precipitação, Temperatura Máxima, Média e Mínima	22,40; 44,96
2244036	Passa-Vinte	ANA	1980-2019	Precipitação	22,2431; 44,2636
2245081	São Lourenço	INMET	1980-2019	Precipitação, Temperatura Máxima, Média e Mínima	22,1167; 45,05

Ao todo foram consideradas 7 estações meteorológicas do INMET, realizando uma composição de dados de estações convencionais e automáticas para completar o período de estudo, além de 3 pluviômetros automáticos da ANA. Vale ressaltar que existem outras estações e pluviômetros disponíveis na região, porém, a partir de uma análise dos dados brutos, foram identificadas falhas nas séries que poderiam comprometer a avaliação dos resultados. Portanto, apenas as séries de dados que apresentaram um registro consistente e confiável ao longo de um período contínuo

dos últimos anos foram consideradas. Além disso, a fim de complementar a base de dados, foram incluídas algumas estações e pluviômetros localizados fora da região sul de Minas, próximos ao seu contorno, com o intuito de representar o território de forma mais abrangente. Essa abordagem permitiu minimizar a influência de inconsistências nos dados e garantir as conclusões obtidas a partir desta análise. A figura 2 apresenta a localização geográfica das estações utilizadas, devidamente identificadas.



**Figura 2** - Localização das estações meteorológicas do INMET e os pluviômetros da ANA para análise da temperatura e precipitação.

### 2.3. Análises realizadas

Inicialmente, foi realizada uma análise dos dados das estações meteorológicas, considerando para o cálculo das médias mensais e anuais no mínimo 75% de dados válidos. Em seguida, foram calculadas as médias mensais e anuais da temperatura média, máxima e mínima e os valores acumulados mensal e anual da precipitação a partir dos dados diários coletados.

A média dos acumulados de precipitação mensal foi utilizada para identificar os períodos chuvoso e seco na região de estudo. Os gráficos box-plot dos valores médios anuais de temperatura máxima, média e mínima e dos valores acumulados de precipitação foram plotados. Com isso, foi possível representar estatisticamente as variações de precipitação e temperatura ao longo dos anos, levando em consideração o intervalo interquartil (IQR).

O software ArcGIS (ArcMap versão 10.5, Esri, Redlands, CA) foi utilizado para a análise da distribuição espacial dos dados. Foi considerado o método de

interpolação IDW, para que os valores medidos nas proximidades da localização de interesse possam representar os locais não amostrados utilizando a fórmula:

$$\{V(x,y) = \Sigma(w_i * Z_i) / \Sigma w_i\}$$

Onde  $V(x,y)$  é o valor estimado na localização não amostrada  $(x,y)$ ,  $w_i$  é o peso atribuído a cada valor  $Z_i$  (valor medido) com base na distância entre os pontos, e  $Z_i$  é o valor medido em cada ponto de amostra (Jacob e Young, 2016; Abou Rafee et al.; 2020).

Neste estudo, foram aplicados dois métodos estatísticos aos dados de temperatura e precipitação: o método de percentis e o teste de Mann-Kendall. O método de percentis foi utilizado para determinar eventos extremos de precipitação e temperatura através da análise quantílica. A utilização desse método é recorrente para verificação do comportamento da série histórica a partir da determinação dos quartis conforme Pedron et al. (2016). Para aplicar o método, foram utilizados os dados diários das estações meteorológicas e pluviômetros, separando-os dados em estação seca e estação úmida, organizando-os em ordem crescente e dividindo em  $n$  partes. (WILKS, 2006). Conforme indicado no estudo Costa et al. (2020), a análise dos extremos é definida pelo percentil  $p_{95}$  e  $p_{99}$  e indicam o valor da variável na posição do quartil calculado de acordo com o total de dados.

O teste de Mann-Kendall é uma técnica utilizada para detectar tendências em séries temporais, verificando se existe ou não um comportamento e se ele é crescente ou decrescente (MANN, 1945; KENDALL, 1975). Esse método pode ser utilizado para o estudo de mudanças climáticas e é indicado pela OMM (Organização Meteorológica Mundial) como um dos melhores métodos de detecção de tendência em séries temporais (GOOSSENS;BERGER,1986;MARENGO; ALVES, 2005).

A análise dos dados é realizada em ordem cronológica, calculando as diferenças entre as observações consecutivas. A equação

$$\{S = \sum \sum sinal(x_j - x_i)\}$$

Indicando que a técnica Mann-Kendall ( $S$ ) é o somatório de  $n$  valores da série considerando a diferença dos parâmetros  $x_j$  e  $x_i$ , onde  $x_j$  é valor inicial após  $x_i$ . Além disso, é possível identificar o sinal a partir da seguinte forma:

$$\{sinal(x_j - x_i) = \{ 1, \text{if } (x_j - x_i) > 0 \} 0, \text{if } (x_j - x_i) = 0 \} -1, \text{if } (x_j - x_i) < 0 \}$$

A representação quando há um número elevado de observações ( $n$ ) se dá a medida que a distribuição de probabilidade se aproxima ou converge para uma distribuição normal, revelando os valores da variância através da fórmula:

$$\{Var(S) = (1/18) * [n(n - 2)(2m + 5) - \sum_{j=i+1}^n t_j (i)(i - 1)(2i + 5)]\}$$

A partir do levantamento do teste para evidenciar a tendência é preciso levar em consideração a variável ZMK, conforme a condição:

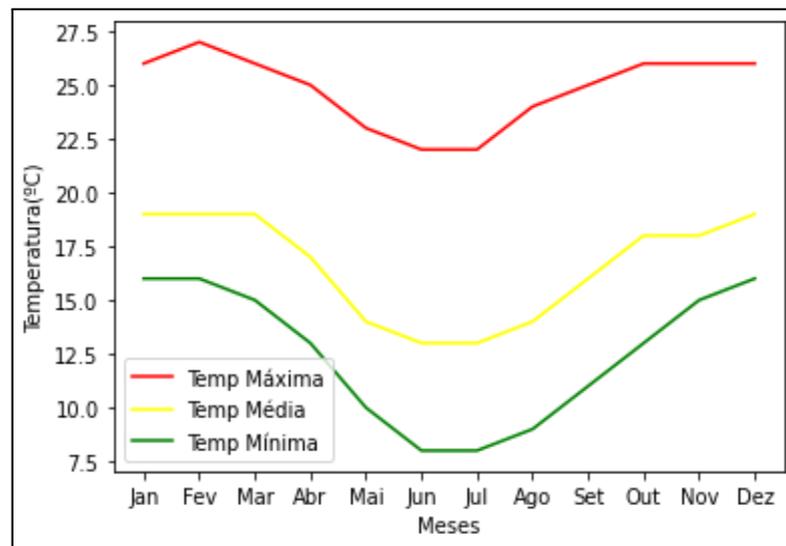
$$\{Zmk = \{S - 1/(\sqrt{Var(s)}), \text{ if } S > 0, 0 \text{ if } S = 0, S + 1/(\sqrt{Var(s)}), \text{ if } S < 0\}\}$$

Quando o valor-  $p$  é menor que o nível  $\alpha$  não é possível identificar a tendência (Fernandes et al. 2022).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Temperatura do Ar

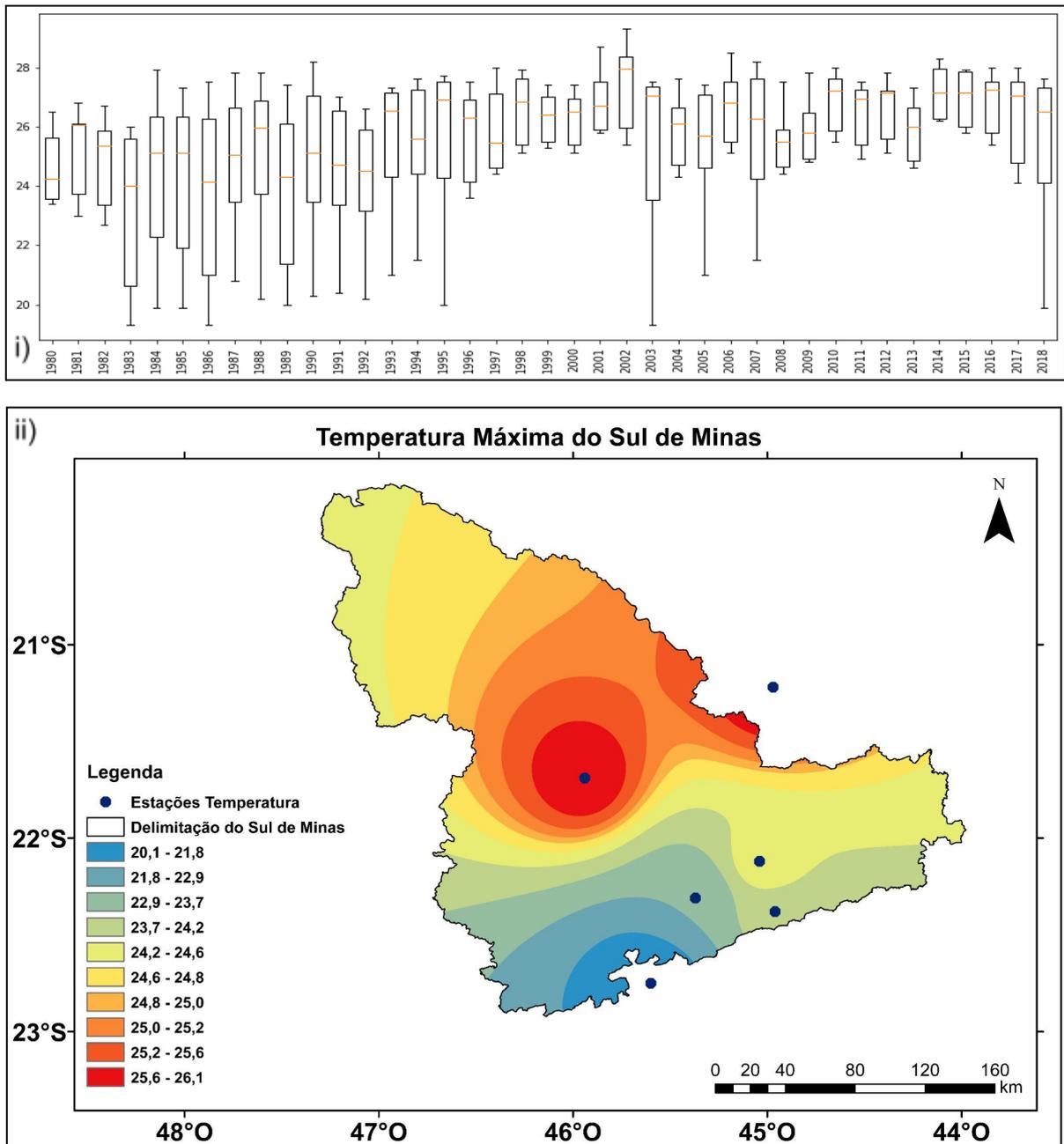
A Figura 3 representa o comportamento médio mensal da temperatura máxima, média e mínima para o SMG. É possível observar que a temperatura média mensal, nos meses de verão e primavera, varia entre 26°C e 27°C, mínimas entre 16°C e 17°C e médias entre 18°C e 20°C. Por outro lado, nos meses correspondentes ao inverno e outono, a média das temperaturas variam de 22°C a 25°C para a temperatura máxima, a média de 13°C a 15°C e a mínima de 8°C a 11°C, verificando neste estudo que a variação da temperatura mensal para a estação úmida (verão e primavera) e a seca (outono e inverno) estão de acordo com o estudo de Tonietto et al. (2006).



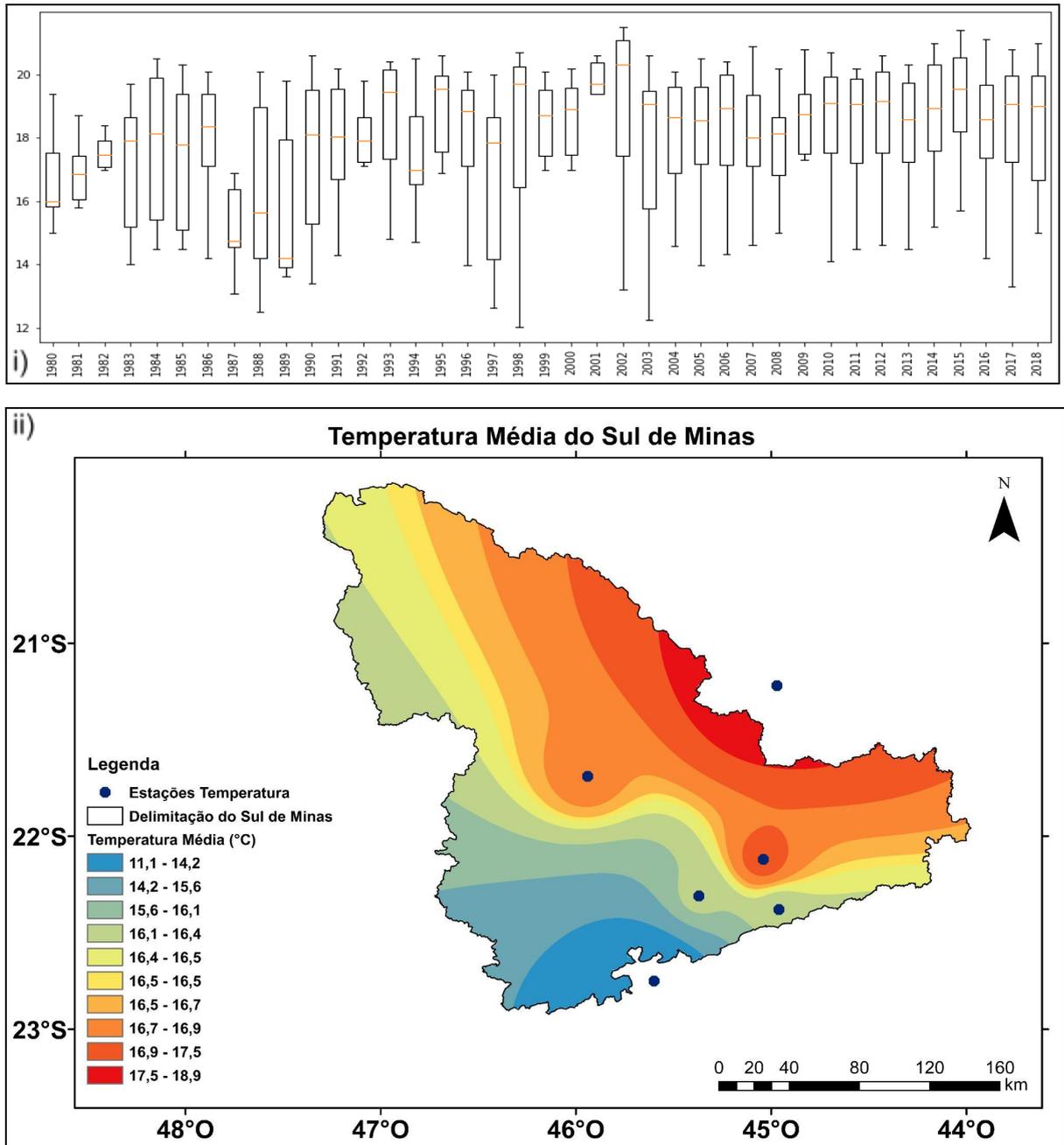
**Figura 3** - Média de Temperatura Máxima, Mínima e Média mensal

A partir da análise do box plot (Figura 4, 5 e 6-i) é possível identificar que entre os anos de 1983 e 1995, de acordo com o box plot, a temperatura máxima tem uma amplitude térmica maior entre as estações meteorológicas, o mesmo ocorre para a média entre 1988 a 1998 e 2002 a 2017 e mínima entre 1980 e 1983, além disso, é evidenciado uma amplitude menor para a máxima (Figura 4-i) a partir de 2009 até 2017 e mínima 2003 a 2016. O comportamento anual indica um aumento gradual da amplitude dos quartis, indicando uma tendência de aumento da temperatura como também evidenciado por Ávila et al. (2014).

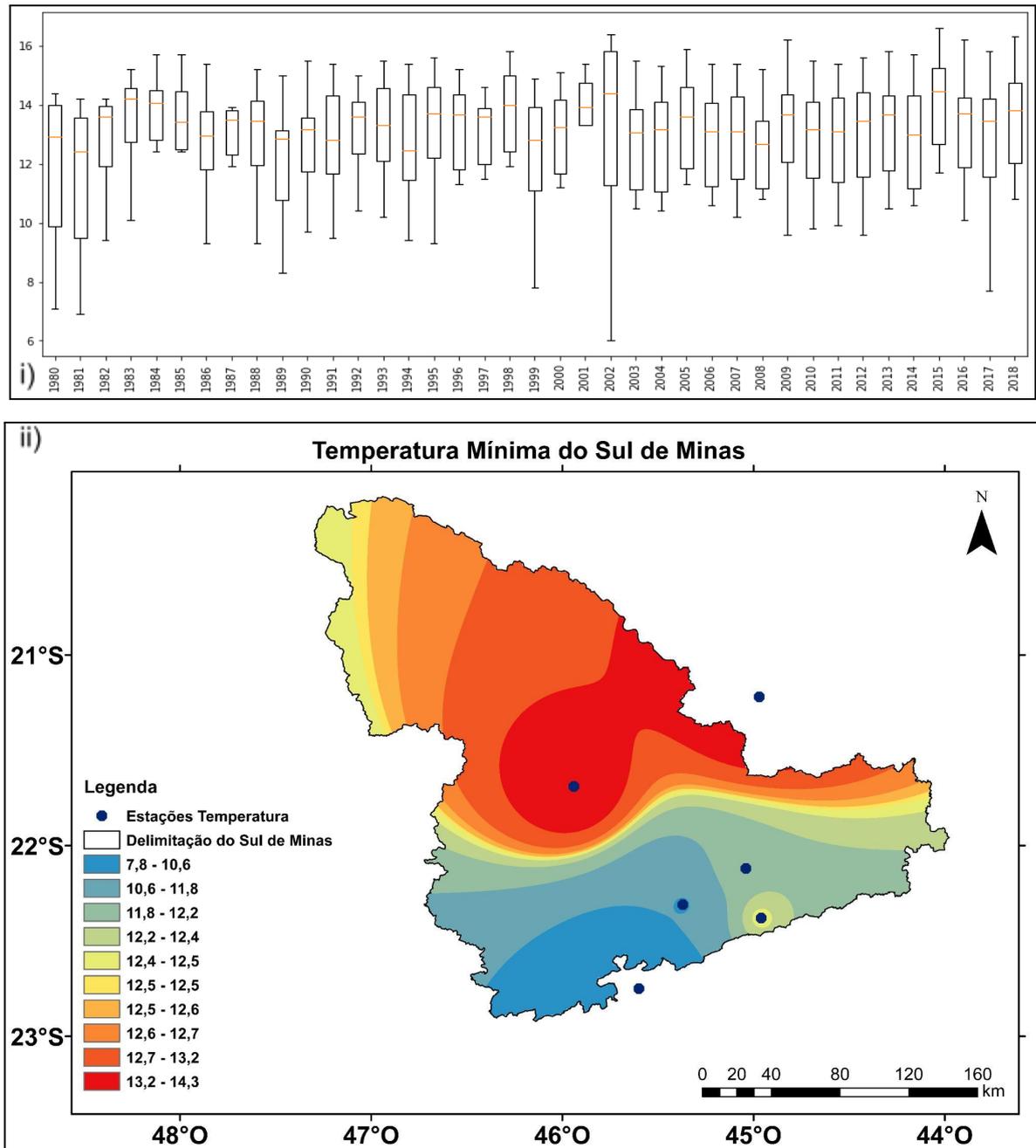
A análise da variação espacial (Figura 3, 4 e 5-ii) na região de estudo demonstra que a região sul do estudo apresenta valores de temperatura do ar baixo ao longo dos anos, enquanto as regiões central e norte exibem valores mais expressivos, o que está em conformidade com os resultados obtidos a partir de Reboita et al. (2015) sobre a climatologia do sul Minas Gerais a partir de eventos extremos de frio.



**Figura 4** - i) Box plot Temperatura Máxima anual e ii) Mapa da distribuição espacial da Temperatura Máxima do período de 1980 - 2018 com as estações meteorológicas representada pelos pontos em azul



**Figura 5** - i) Box plot Temperatura Média anual e ii) Mapa da distribuição espacial da Temperatura Média do período de 1980 - 2018 com as estações meteorológicas representada pelos pontos em azul



**Figura 6 - i)** Box plot Temperatura Mínima anual e **ii)** Mapa da distribuição espacial da Temperatura Mínima do período de 1980 - 2018 com as estações meteorológicas representada pelos pontos em azul

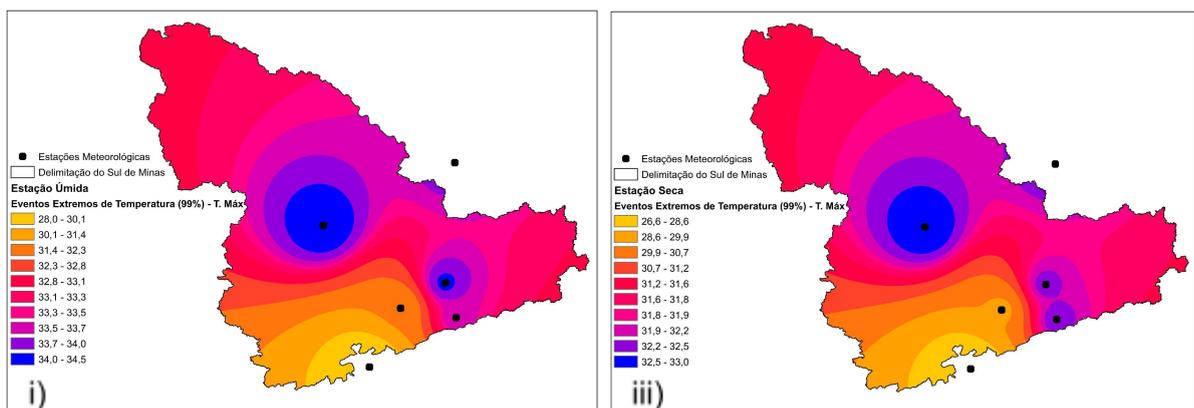
Os limiares associados aos eventos extremos de temperatura máxima, média e mínima na região SMG foram calculados, para as estações seca e úmida, a partir da técnica dos percentis. Para a identificação dos valores associados aos eventos extremos de temperatura foram utilizados os percentis 95 e 99, representados como  $p(95)$  e  $p(99)$ , respectivamente. Os resultados podem ser observados nas Figuras 7, 8 e 9.

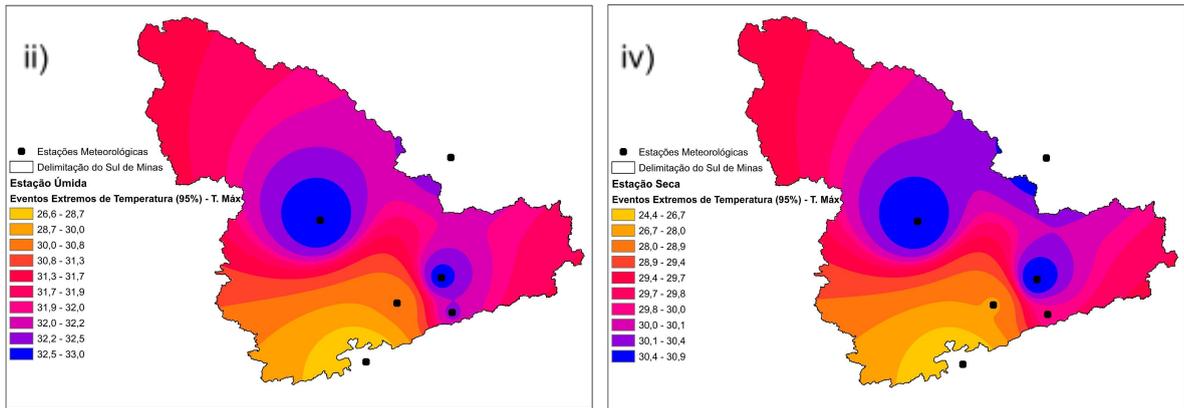
Ao analisar os dados, observa-se uma variação significativa nos limites da temperatura máxima para eventos extremos. Essa variação é maior ao considerar o percentil p99. Na estação úmida, os limites variam de 28°C a 34°C para a temperatura máxima, de 20°C a 29°C para a temperatura média e de 16°C a 20°C para a temperatura mínima. Já na estação seca, levando em consideração o mesmo percentil, os limites ficam entre 26°C e 33°C para a temperatura máxima, entre 18°C e 24°C para a temperatura média e entre 14°C e 18°C para a temperatura mínima.

Quando consideramos o p95 para a estação úmida, a temperatura máxima varia de 26°C a 33°C, a temperatura média varia de 19°C a 25°C e a temperatura mínima varia de 16°C a 18°C. Já na estação seca, para o mesmo percentil, os limites são de 24°C a 31°C para a temperatura máxima, de 17°C a 22°C para a temperatura média e de 13°C a 17°C para a temperatura mínima.

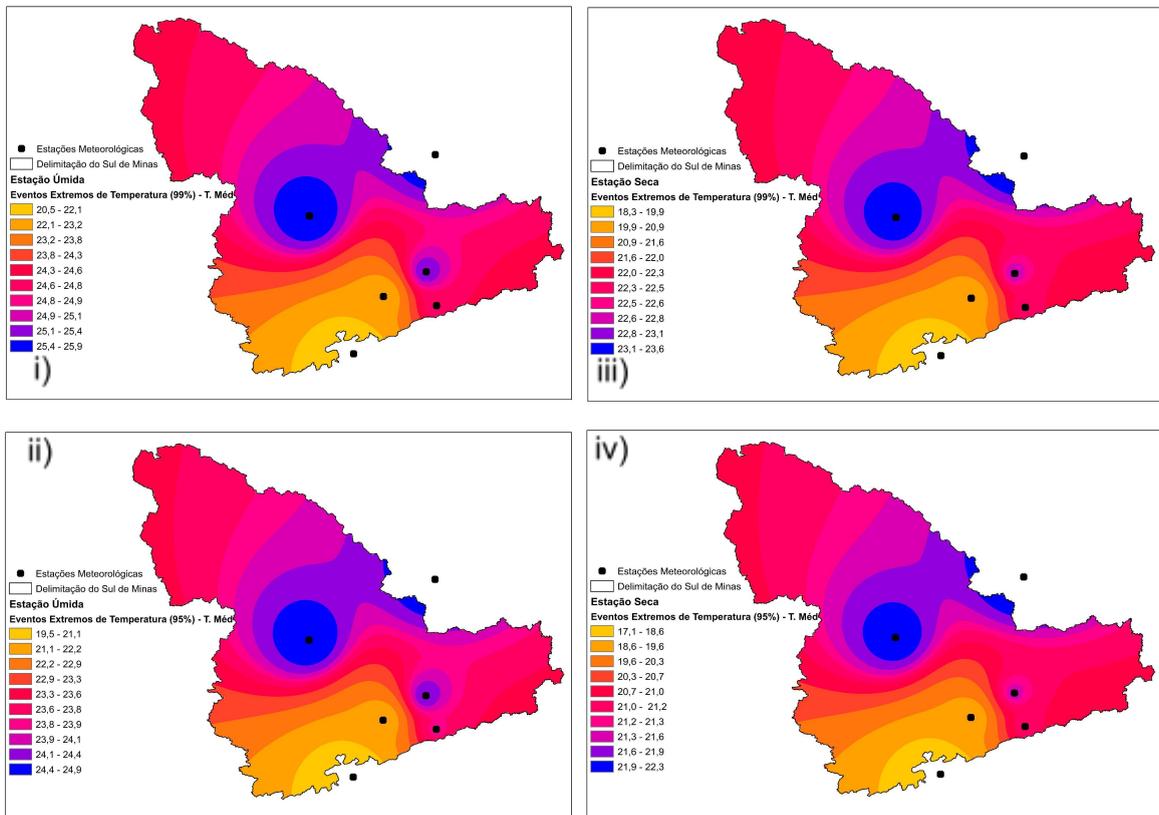
Em relação a variação espacial do p99 e p95 para estação seca e úmida há dois núcleos de temperatura maiores com limiar de 33°C a 34,5°C, próximo a estação de Machado e São Lourenço. Oliveira et al. (2018) realizou a análise das temperaturas máximas e mínimas a partir da técnica de percentil, evidenciando que a maior ocorrência de ondas de calor na região de Machado e São Lourenço com valores de temperatura máxima média superiores a 27°C.

Vale ressaltar que os extremos climáticos na região de estudo, levando em consideração a temperatura indicam um aumento em todo o SMG, conforme evidenciado no trabalho de Reboita et al. (2018), inferindo que a temperatura pode variar em até 5°C no estado e o padrão de dias contínuos úmido tende a diminuir. Natividade et al. (2017), em trabalho sobre a tendência dos índices de extremos climáticos observados e projetados no estado de Minas Gerais, evidenciou também um aumento nos extremos de temperatura para a região.

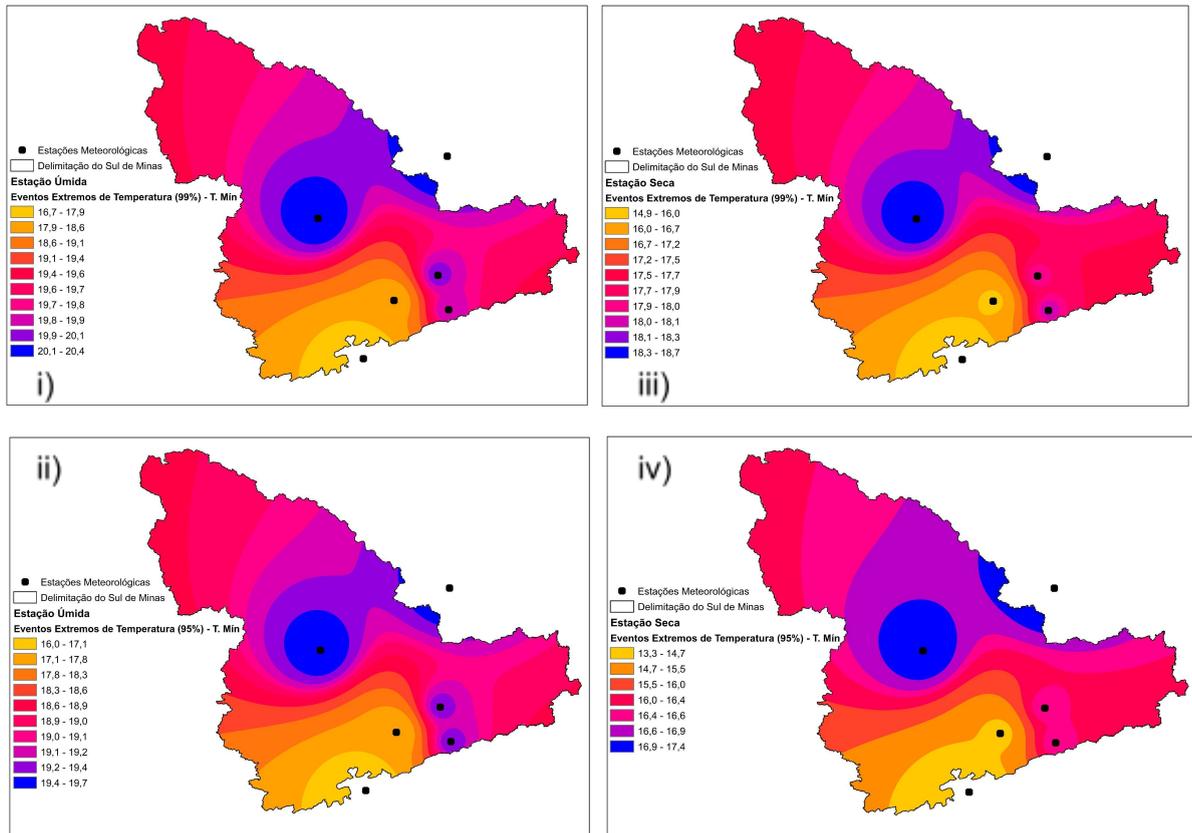




**Figura 7** - Interpolação da dispersão espacial dos eventos extremos de temperatura máxima separados por estação seca (iii e iv) e úmida (i e ii) calculados a partir dos percentis 95 e 99. Em preto estão as estações meteorológicas.



**Figura 8** - Interpolação da dispersão espacial dos eventos extremos de temperaturas médias separados por estação seca (iii e iv) e úmida (i e ii) calculados a partir dos percentis 95 e 99. Em preto estão as estações meteorológicas.

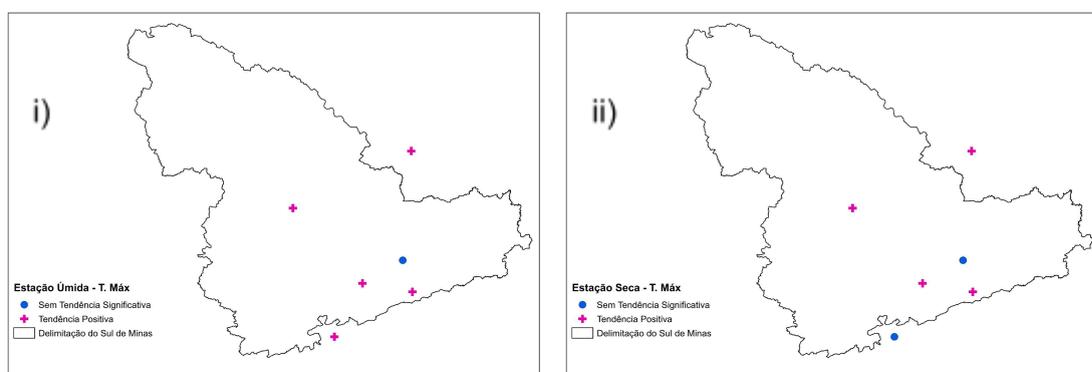


**Figura 9** - Interpolação da dispersão espacial dos eventos extremos de temperaturas mínimas separados por estação seca (iii e iv) e úmida (i e ii) calculados a partir dos percentis 95 e 99. Em preto estão as estações meteorológicas.

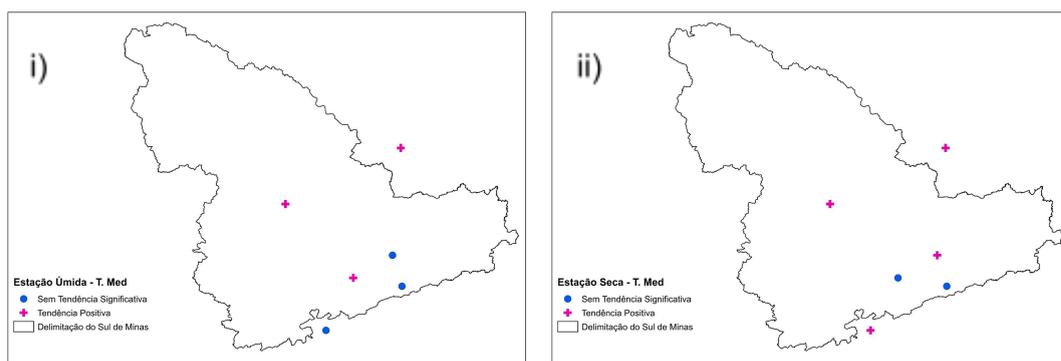
Ao utilizar o método Mann-Kendall para analisar as tendências de temperatura no SMG (Figuras 10, 11 e 12), é possível observar alguns padrões. Na temperatura máxima, durante a estação úmida, as estações de estudo, exceto São Lourenço, apresentaram uma tendência significativa de crescimento da temperatura ao longo dos anos. Já na estação seca, apenas São Lourenço e Campos do Jordão não apresentaram uma tendência significativa, enquanto as demais também registraram tendência de um aumento na temperatura. No caso da temperatura média, também foi identificada uma tendência crescente ao longo dos anos. Durante a estação

úmida, apenas São Lourenço, Campos do Jordão e Passa Quatro não apresentaram uma tendência significativa. Já na estação seca, as estações de Passa Quatro e Maria da Fé não apresentaram uma tendência significativa. Quanto à temperatura mínima, também foi observado o predomínio de tendência de aumento ao longo dos anos. A estação de São Lourenço não apresentou uma tendência significativa na fase úmida, enquanto que na fase seca a mesma estação e a estação de Campos do Jordão não apresentaram uma tendência significativa.

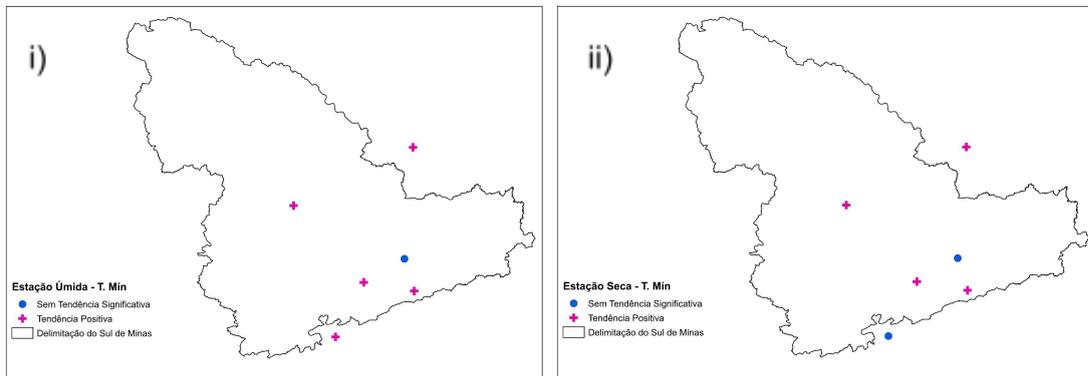
As análises indicam, em geral, um aumento nas temperaturas máximas, médias e mínimas ao longo dos anos na região do sul de Minas Gerais, o que também foi apontado no estudo de Lemos et al. (2018) para o Sul de Minas Gerais, especificamente na região de Lavras e Lambari. Embora algumas estações não tenham apresentado uma tendência significativa em determinados períodos, a maioria das estações mostrou um padrão de aumento na temperatura, o que pode impactar diversos setores da agricultura, conforme o estudo de Assad et al. (2004) que avaliou o impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil e revelou uma possível redução de área apta para cultura superior a 95% em Minas Gerais.



**Figura 10** - Tendência da temperatura máxima mensal no Sul de Minas separado por estação i) úmida e ii) seca.



**Figura 11** - Tendência da temperatura média mensal no Sul de Minas separado por estação i) úmida e ii) seca.



**Figura 12** - Tendência da temperatura mínima mensal no Sul de Minas separado por estação i) úmida e ii) seca.

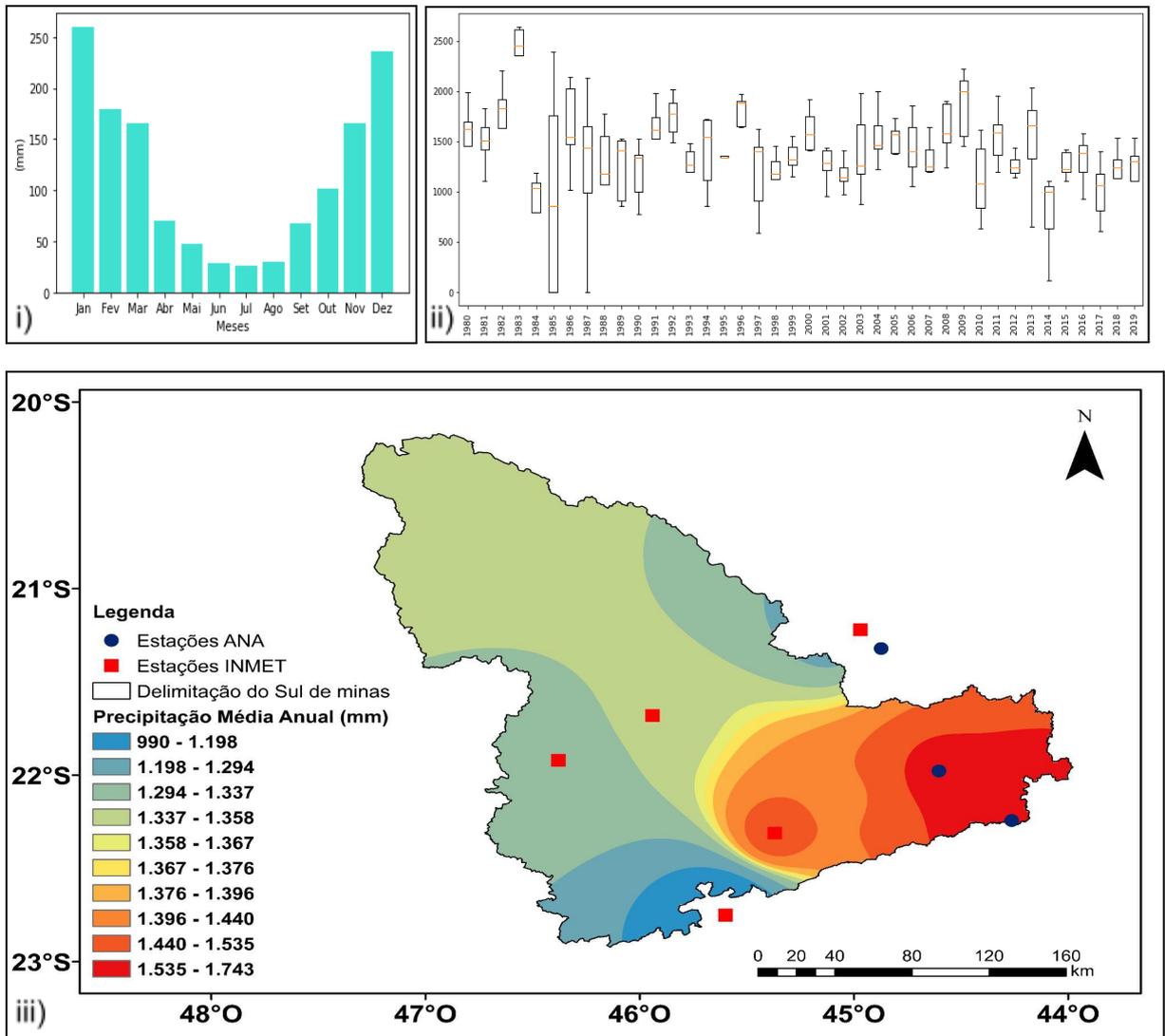
### 3.2. Precipitação

Além de analisar as tendências de temperatura para o Sul de Minas, foram analisados os dados de precipitação na região de estudo no período de 1980 a 2019. Ao analisarmos o gráfico mensal da precipitação (Figura 13-i), podemos observar que as variações da estação seca (MAM e JJA) tem valores médios abaixo de 100 mm e úmida (SON e NDJ) apresentam os meses com maior acumulado de precipitação, sendo eles iguais ou superiores a 100 mm por mês. O padrão de precipitação em Minas Gerais segue o regime das monções sul-americanas, com verões chuvosos e invernos secos (REBOITA et al., 2010).

Na estação úmida, os meses com os valores maiores de precipitação são em janeiro (260 mm) e dezembro (230 mm), enquanto na estação seca, junho (35 mm) e julho (30 mm) são os meses com os menores acumulados, o resultado que concorda com a análise de Silva et al. (2014) que relacionou a passagem de frente no SMG com a precipitação e eventos de geada. Nos resultados, foi observado um padrão característico da região: o verão é a estação mais quente e chuvosa, enquanto o inverno é mais frio e seco (Reboita et al. (2018). Além disso, constatou-se que a primavera é a estação com maior quantidade de frentes na região, destacando também que no inverno a frente fria é responsável por uma porcentagem significativamente maior de precipitação em comparação às outras estações.

O box plot (Figura 13-ii) revela os acumulados de precipitação ao longo dos anos, os quartis exibem uma variação de 0 a aproximadamente 2.500 mm acumulado anual na escala do gráfico, variando ao longo dos anos. Entre os anos de 1985 e 1987 há uma variação de acumulados maior entre as estações. O ano de 2014 obteve o menor acumulado anual em todas as estações e o ano de 1983 foi o ano com maior acumulado. Não é possível identificar um aumento ou diminuição da precipitação para o SMG ao longo da série do gráfico de box plot. Esse resultado também é observado no estudo de Silva et al. (2017) sobre o diagrama de caixas (box plot) aplicado à análise temporal das chuvas.

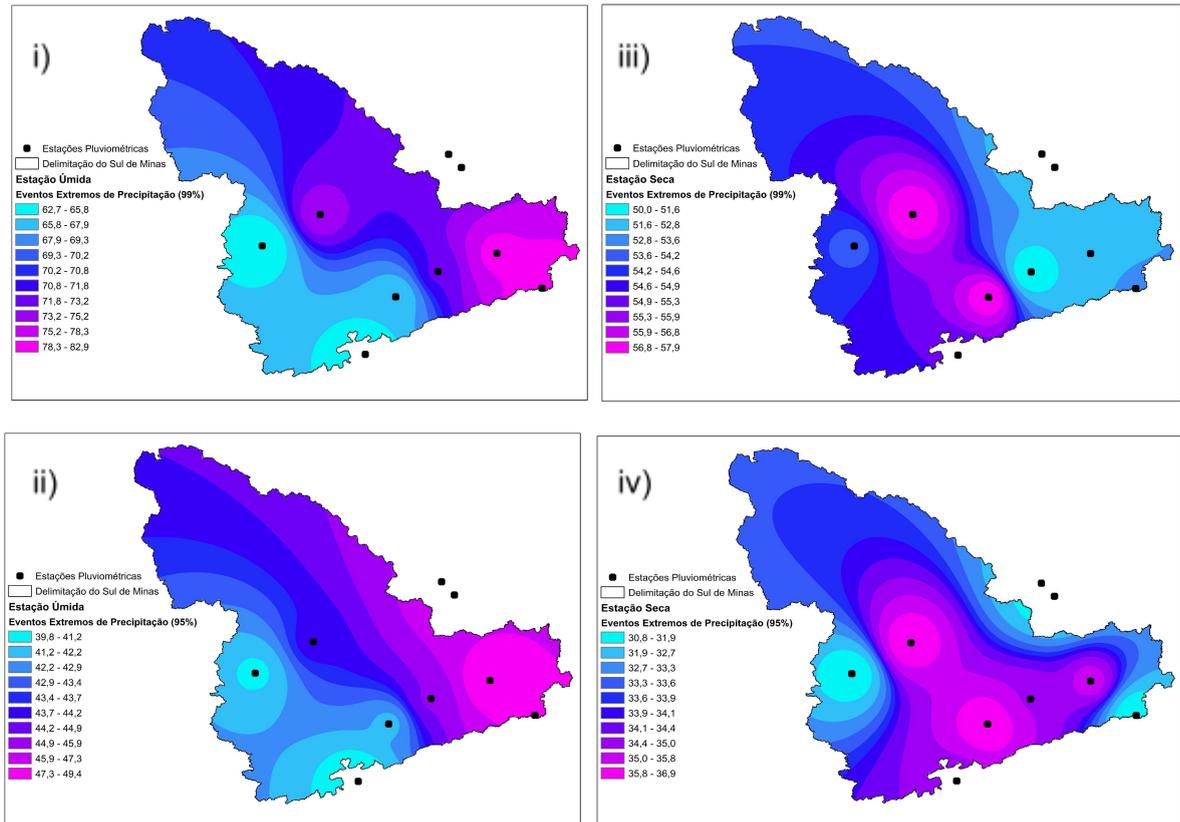
A distribuição espacial (Figura 13-iii) da precipitação revela que os menores valores estão localizados no sul da região, com o acumulado de precipitação de 990 a 1998 mm, já na região Leste os valores dos acumulado estão maiores em comparação a região Sul, 1535 a 1743 mm. Essa distribuição pode se relacionar ao relevo identificado na região de estudo onde a Serra da Mantiqueira pode contribuir para intensificação de instabilidade no local (Roldão et al., 2012).



**Figura 13** - i) Média do acumulado de precipitação mensal, ii) Box plot acumulado de precipitação anual e iii) Mapa da distribuição espacial da precipitação de 1980 - 2019 com as estações INMET representada pelos pontos em vermelho e as estações ANA em azul.

Para identificar os eventos extremos de precipitação os meses correspondentes à estação seca (Figura 14-iii e iv) e úmida (Figura 14-i e ii), através do p99 e p95, pode-se inferir que para a estação úmida o p99 obtêm maiores valores entre a região próxima a estação de Machado, Caldas e Aiuruoca variando de 79 mm a 83 mm, para a estação seca, as estações de Machado e São Lourenço variam de 55 mm a 57 mm, evidenciando que na estação seca os eventos extremos de precipitação para o p99 são menos intensos que a úmida. Avaliando o p95 para a estação úmida temos valores expressivos na região de Aiuruoca, variando de 47 a 49 mm e na estação seca a variação maior fica em torno de Machado e São

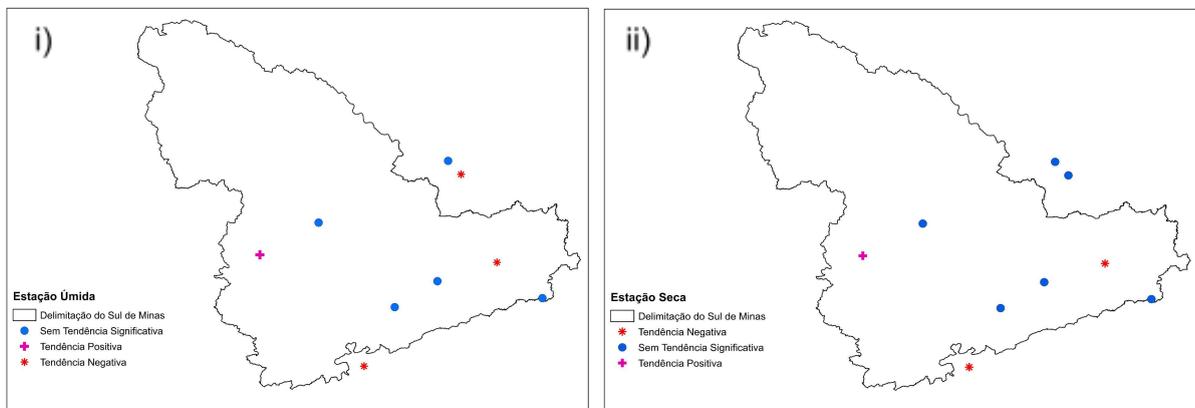
Lourenço com cerca de 35 mm a 36 mm. Vale ressaltar que uma maior probabilidade de eventos extremos de chuva intensa durante períodos úmidos e uma menor probabilidade de eventos extremos durante períodos de seca foi detectada por Reboita et al. (2017).



**Figura 14** - Interpolação da dispersão espacial dos eventos extremos de precipitação separados por estação seca (iii e iv) e úmida (i e ii) calculados a partir dos percentis 95 e 99. Em preto estão as estações meteorológicas.

A análise das tendências de precipitação ao longo dos anos no SMG, foi identificada a partir do método Mann-Kendall, indicando se há uma variação crescente ou decrescente, conforme indicado na Figura 15. Durante o período de estudo, a maioria das estações meteorológicas não apresentou tendências significativas, tanto na estação úmida quanto na seca. No entanto, foram observadas tendências de diminuição da precipitação nas estações de Campos do Jordão, Aiuruoca e Itumirim durante a estação úmida, levando em consideração que em Aiuruoca existe a Usina Hidrelétrica de Camargos (UHE - Camargos/CEMIG), que pode inferir no regime de precipitação do local (Viola, 2009). Por outro lado, a

estação de Caldas mostrou um aumento no regime de precipitação durante esse período. Na estação seca, as estações de Campos do Jordão e Aiuruoca também apresentaram uma tendência de diminuição da precipitação, enquanto a estação de Caldas registrou um aumento na precipitação. Na região de São Lourenço - Caxambu existe a bacia do rio verde localizada entre terrenos da Serra da Mantiqueira e Planalto do Alto Rio Grande e Planalto de Varginha que interferem no regime de precipitação no local (Neto e Filho, 2014). Não é possível inferir uma tendência espacial de precipitação devido a baixa quantidade de estações, contudo, é possível ressaltar a variabilidade espacial da tendência da precipitação na região.



**Figura 15** - Tendência da precipitação mensal no Sul de Minas separado por estação i) úmida e ii) seca.

## 4. CONCLUSÃO

O estudo da variabilidade espacial e tendência da temperatura e precipitação no Sul de Minas Gerais revela um aumento progressivo nas temperaturas máximas e mínimas ao longo dos anos, enquanto a temperatura média não apresenta um aumento tão evidente. No entanto, a falta de estações meteorológicas em todo o território dificulta a identificação de um padrão espacial para a variável de temperatura. Além disso, eventos extremos representados pelos percentis p99 e p95 na estação seca e úmida revelam que as estações de Machado e São Lourenço representam o maior limiar em comparação às demais estações meteorológicas. A análise do Mann-Kendall para a temperatura indica, em geral, um aumento nas temperaturas máximas, médias e mínimas ao longo dos anos na região do SMG.

Em relação à chuva, observa-se que os meses de primavera e verão apresentam os maiores acumulados médios provisórios, enquanto os meses de outono e inverno registram os menores acumulados. Quanto à análise anual, não é possível identificar um padrão recorrente no regime de precipitação ao longo dos anos. Para os eventos extremos de p99 e p95 para a estação úmida as estações localizadas em Machado, São Lourenço e Aiuruoca detêm os maiores acumulados de precipitação. No contexto espacial, os maiores valores estão localizados na região leste, enquanto os menores estão na região sul de Minas Gerais. No entanto, devido aos resultados obtidos a partir do teste de Mann Kendall, não é possível inferir uma tendência para a região em relação a precipitação.

Por fim, este estudo ressalta a importância de uma maior cobertura de estações meteorológicas no Sul de Minas Gerais, a fim de obter uma compreensão mais completa das mudanças climáticas na região.

## 5. REFERÊNCIAS

ABOU, R. F.; MARTINS, S. A, MARTINS, E. D; DOMINGUES, J. A; NASCIMENTO, L. D. M., UVO, J. M. C. B. Spatial trends of extreme precipitation events in the Paraná river basin. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 59(3), 443-454, 202

ALVES, F. D.; LINDINER, M. "Agronegócio do café no Sul de Minas Gerais: territorialização, mundialização e contradições." *Revista OKARA: Geografia em debate* 14.2 (2020): 433-451.

ASSAD, E. D., PINTO, H. S., ZULLP, J., & ÁVILA, A. M. H.. (2004). Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(11), 1057–1064.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004001100001>

ÁVILA, L. F., MELLO, C. R. de ., YANAGI, S. de N. M., & SACRAMENTO, O. B.. (2014). Tendências de temperaturas mínimas e máximas do ar no Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49(4), 247–256.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000400002>

ÁVILA, A. et. al. "Recent precipitation trends, flash floods and landslides in southern Brazil." *Environmental Research Letters* 11.11 (2016): 114029.

COSTA, R. L., BATISTA, G. M., GOMES, H. B., SILVA, F. D., ROCHA, R. L., SALVADOR, M. HERDIES, D. L. Analysis of climate extremes indices over northeast Brazil from 1961 to 2014. *Weather and Climate Extremes*, 28, 2020.

BITENCOUT, D.P, FUENTES, M.V. MAIA, P.A, AMORIM, F.T. Frequência, Duração, Abrangência Espacial e Intensidade das Ondas de Calor no Brasil. *Rev bras meteorol [Internet]*. 2016 Oct;31(4):506–17. Available from:  
<https://doi.org/10.1590/0102-778631231420150077>

BRUNETTI, M., MAUGERI, M. & NANNI, T. Variations of Temperature and Precipitation in Italy from 1866 to 1995. *Theor Appl Climatol* 65, 165–174 (2000).  
<https://doi.org/10.1007/s007040070041>

CARDIL, A., RODRIGUES, M., TAPIA, M. et al. Climate teleconnections modulate global burned area. *Nat Commun* 14, 427 (2023).  
<https://doi.org/10.1038/s41467-023-36052-8>

CARVALHO, J.L.N. AVANCI, J.C, SILVA, M.L.N, MELLO, C.R., CERRI, C.E.P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. *Rev Bras Ciênc Solo [Internet]*. 2010Mar;34(2):277–90. Available from:  
<https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000200001>

CARVALHO, L. M. V. Assessing precipitation trends in the Americas with historical data: A review. *Magazine Wires Climate Change*. Vol. 11. Issue 2. March/April 2020e627. Available from: <https://doi.org/10.1002/wcc.627>

LEMOS, B. C., L. P., MIRANDA, W. L., & ABREU, L. G. (2018). Análise de tendência de mudanças climáticas para a região sul do estado de Minas Gerais no período de 1976 a 2006. *Revista Agrogeoambiental*, 10(3).

SANTOS, L. F., GARCIA, S. R. and MARTINS, F. B. "INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NO RENDIMENTO MÉDIO DA CULTURA DO FEIJÃO NAS REGIÕES SUL E OESTE DE MINAS GERAIS."

Esri. ArcGIS (Versão 10.5) [Software de geoprocessamento]. Redlands, CA: Esri

FERNANDES, A. C. G., BORGES, I. M. S., SILVA, J. A., da SILVA, E. C. B., SANTOS, M. J. R., PESSOA, D., ... & de MEDEIROS, A. R., L. R. (2022). O uso do teste de mann-kendall para detecção de tendência da precipitação em região semiárida pernambucana. *Research, Society and Development*, 11(11), e546111133925-e546111133925.

FIEMG. Perfil Socioeconômico do Sul de Minas Gerais. Belo Horizonte: FIEMG, 2016.

GRIMM, I. J. "Mudanças Climáticas e Turismo: estratégias de adaptação e mitigação." (Mestrado em Turismo). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná. 2016.

GOOSSENS C, BERGER A. Annual and seasonal climatic variation over the northern hemisphere and Europe during the last century. *Ann Geophys* 4:385–400, 1986.

HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G.; JARVIS, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, v. 25, n. 15, p. 1965-1978, 2005.

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, Jakob, A. A. E., & Young, A. F. (2016). O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas. *Anais*, 1-22.

MATTHEWS, J.B.R. MAYCCON, T. K. WATERFIELD, T. O. YELEKÇI, R. Y. and ZHOU. B.(eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

IBGE. (2020). Estimativas da população residente no Sul de Minas Gerais. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html>

KENDALL, M. Rank Correlation Methods. London: Charles Griffin, 1975.

KONAPALA, G., MISHA, A.K., WADA, Y. et al. Climate change will affect global water availability through compounding changes in seasonal precipitation and evaporation. *Nat Commun* 11, 3044 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16757-w>

KOTTEK, M.; GRISER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. WORLD Map of Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006. KOUSKY, V. E. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector.

LIRA, B. R. P., LOPES, L. D. N. A., CHAVES, J. R., SANTANA, L. R., & FERNANDES, L. L. (2020). Identificação de homogeneidade, tendência e magnitude da precipitação em Belém (Pará) entre 1968 e 2018. *Anuário do Instituto de Geociências*, 43(4), 426-439.

MANN, H.B. Non-parametric test against trend. *Econometrica*, 13(3), 245–259, 1945.

MARENGO, JA. Água e mudanças climáticas. *Estud av [Internet]*. 2008;22(63):83–96. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200006>

MARENT, B. R., & VALADÃO, R. C. (2019). Contribuição aos estudos da evolução da escarpa entre as bacias hidrográficas dos rios Doce e Paraíba do Sul, na Serra da Mantiqueira-MG-Brasil. *GEOUSP Espaço e Tempo (Online)*, 23(2), 417-434.

MOHAMMAD, P.; GOSWANI, A. “Temperature and precipitation trend over 139 major Indian cities: An assessment over a century”. *Modeling Earth Systems and Environment*. 5, pages 1481–1493 (2019).

NASA.V. S., 2021. Disponível em: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/ice-sheets/>

NATIVIDADE, U. A., Garcia, S. R., & Torres, R. R.. (2017). Tendência dos Índices de Extremos Climáticos Observados e Projetados no Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira De Meteorologia*, 32(4), 600–614. <https://doi.org/10.1590/0102-7786324008>

NETO, R. M., & PEREZ F. A. (2014). Compartimentação morfoestrutural da bacia do rio verde, sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 15(1).

OLIVEIRA, D. M.. Desenvolvimento e calibração de um sistema de previsão de eventos extremos de chuva e vazão como suporte à prevenção de inundações: um estudo de caso para a bacia do Paraíba do Sul. 2022. 49 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá (Brasil), 2023.

OLIVEIRA, A. S.; MELLO, C. R.; MARQUES, R. F. “TEMPORAL TRENDS OF CLIMATE INDICES ASSOCIATED WITH PRECIPITATION AND AIR TEMPERATURE IN MINAS GERAIS, BRAZIL”. v. 26, 2020.

OLIVEIRA, D. E.; ASSIS, D. C.; FERREIRA, C. D. C. M. Análise das temperaturas máximas e mínimas a partir da técnica do percentil para o município de Juiz de Fora entre os anos de 1975-2020. *Revista Brasileira de Climatologia*. Nov-2018. Edição especial dossiê climatologia de Minas Gerais. p.290 a 310

- PAL, I., AL-TABBA, A. Assessing seasonal precipitation trends in India using parametric and non-parametric statistical techniques. *Theor Appl Climatol* 103, 1–11 (2011). <https://doi.org/10.1007/s00704-010-0277-8>
- PEDRON, I. T., DIAS, M. A., DIAS, S. P., CARVALHO, L. M., FREITAS, E. D. Trends and variability in extremes of precipitation in Curitiba–Southern Brazil. *International Journal of Climatology*, 37(3), 1250-1264, 2017.
- WALT, ADRIAAN J. V.; FITCHETT, J. M. “Exploring extreme warm temperature trends in South Africa: 1960–2016”. *Theoretical and Applied Climatology*. 143, pages 1341–1360, 2021.
- QUEIROZ, M. A. (2013). Avaliação de tendências em séries de precipitação diária máxima anual na faixa central do estado de Minas Gerais. (Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais)
- REBOITA, M. S., GAN, M. A., ROCHA, R. P. D., AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. *Revista brasileira de meteorologia*, 25, 185-204, 2010.
- REBOITA, M. S.; ESCOBAR, G.; LOPES, V.. Climatologia sinótica de eventos de ondas de frio sobre a região sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 16, 2015.
- REBOITA, M. S., RODRIGUES, M., S., L. F., & ALVES, M. A. (2015). Aspectos climáticos do estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.17.
- REBOITA, M. S., MARIETTO, D. M. G., SOUZA, A., & BARBOSA, M. (2017). Caracterização atmosférica quando da ocorrência de eventos extremos de chuva na região sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Climatologia*, 21.
- REBOITA, M. S., MARRAFON, V. H., LLOPART, M., & ROCHA, R. P. (2018). Cenários de mudanças climáticas projetados para o estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Climatologia*.
- REIS, A. L., SILVA, M. S., REGIS, M. V., SILVEIRA, W. W., de SOUZA, A. C., REBOITA, M. S., & SILVEIRA, V. (2018). Climatologia e eventos extremos de precipitação no estado de Minas Gerais (Climatology and extreme rainfall events in the state of Minas Gerais). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11(2), 652-660.
- REGOTO, P.; DERECKZI, C.; CHOU, S. C.; BAZZANELLA, A. C.. “Observed changes in air temperature and precipitation extremes over Brazil”. *International Journal of Climatology*, Volume 41, Issue 11, September 2021, Pages 5125-5142.
- ROLDÃO, A. F., SANTOS, J. G., & de OLIVEIRA, L. A. (2012). Correlação entre as variáveis climáticas (altitude, temperatura e precipitação) na mesorregião Sul e Sudoeste de Minas Gerais–MG. *Revista Geonorte*, 3(8), 515-525.
- SILVA, A.; OLISKOVICZ, K.; RABAIOLI, V.. Aquecimento Global. <http://www.virtualastronomy.com>>. Acesso em, v. 2, 2007.

SÁ JÚNIOR, A. Aplicação da Classificação de Köppen para o Zoneamento Climático do Estado de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, 2009.

SILVA, I. A., FIALHO, E. S. (2012). Apontamento para o uso de periódicos não-acadêmicos em sala de aula a fim de se perceber a transformação na paisagem através de eventos climáticos extremos. *Revista Geonorte*, 3(8), 59–67. Recuperado de [//periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2262](http://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2262)

SILVA, V. de P. R. da ., PEREIRA, E. R. R., & ALMEIDA, R. S. R.. (2012). Estudo da variabilidade anual e intra-anual da precipitação na região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira De Meteorologia*, 27(2), 163–172. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862012000200005>

SILVA, L. J., REBOITA, M. S., & ROCHA, R. P. (2014). Relação da passagem de frentes frias na região sul de Minas Gerais (RSMG) com a precipitação e eventos de geada. *Revista Brasileira de Climatologia*, 14(1).

SILVA, M. R., MOURA, F. P., JARDIM, C. H. (2017). O diagrama de caixa (Box Plot) aplicado à análise da distribuição temporal das chuvas em Januária, Belo Horizonte e Sete Lagoas, Minas Gerais-Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 10(1), 023-040.

SOUZA, K. R., BORÉM, R. A. T., & ALVES, H. M. R. (2013). Turismo rural: alternativa de melhoria para a agricultura familiar do Sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ecoturismo (RBEcotur)*, 6(5).

STEINKE, V.A; MELLO, L.A; MELLO, L. M.; FRANCA, R.; LUCENA, R.; TORRES STEINKE, E. “Análise de tendência da temperatura do ar no Distrito Federal do Brasil: 1980–2010”. *Clima 2020* , 8 , 89. <https://doi.org/10.3390/cli8080089>  
Salviano MF, Groppo JD, Pellegrino GQ. “Análise de Tendências em Dados de Precipitação e Temperatura no Brasil”. *Rev bras meteorol [Internet]*. 2016Jan;31(1):64–73. Available from: <https://doi.org/10.1590/0102-778620150003>

TONIETTO, J.; VIANELLO, R. L.; REGINA M. A. Caracterização macroclimática e potencial enológico de diferentes regiões com vocação vitícola de Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 32-55, 2006.

VIOLA, M. R., MELLO, C. R. de ., ACERBI Jr., F. W., SILVA, A. M. da .. (2009). Modelagem hidrológica na bacia hidrográfica do Rio Aiuruoca, MG. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental*, 13(5), 581–590. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000500011>

XU, L., ZHOU, H., DU, L. et al. Precipitation trends and variability from 1950 to 2000 in arid lands of Central Asia. *J. Arid Land* 7, 514–526 (2015). <https://doi.org/10.1007/s40333-015-0045-9>

ZHANG, X; VICENT, L. A.; HOGG, W.D.; NIITSSO, Ain. Temperature and Precipitation Trends in Canada During the 20th Century. 1st Edition. Routledge. 2017.

ZÁKHIA, E. M. S., ALVARENGA, L. A., TOMASELLA, J., MARTINS, M. A., SANTOS, A. C. N., & Melo, P. A.. (2021). Impactos das Mudanças Climáticas em uma Bacia Hidrográfica no Sul do Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira De Meteorologia*, 36(4), 667–681. <https://doi.org/10.1590/0102-7786360002>