



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
Instituto de Geociências / Programa de Pós-Graduação em Geografia

Heli Cassio Monteiro

**INFLUÊNCIA DO RELEVO E USO DO SOLO NA VARIAÇÃO  
LOCAL DOS ATRIBUTOS CLIMÁTICOS NA REGIÃO  
CENTRAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Belo Horizonte  
2023

Heli Cassio Monteiro

**INFLUÊNCIA DO RELEVO E USO DO SOLO NA VARIAÇÃO  
LOCAL DOS ATRIBUTOS CLIMÁTICOS NA REGIÃO  
CENTRAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Geografia.

Área de concentração: Geografia Física

Linha de Pesquisa: Climatologia

Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique Jardim

Belo Horizonte  
2023

M775i  
2023

Monteiro, Heli Cassio.

Influência do relevo e uso do solo na variação local dos atributos climáticos na região central do estado de Minas Gerais [manuscrito] / Heli Cassio Monteiro. – 2023.

306 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Carlos Henrique Jardim.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2023.

Área de concentração: Geografia Física.

Linha de Pesquisa: Climatologia.

Bibliografia: f. 249-257.

Inclui apêndice e anexo.

1. Climatologia – Minas Gerais – Teses. 2. Solo – Uso – Teses. 3. Relevo – Teses. I. Jardim, Carlos Henrique. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 551.28(815.1):631.4



UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
COLEGIADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

### **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**"INFLUÊNCIA DO RELEVO E USO DO SOLO NA VARIAÇÃO DOS ATRIBUTOS  
CLIMÁTICOS NA REGIÃO CENTRAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS"**

**HELI CÁSSIO MONTEIRO**

Tese de Doutorado defendida e aprovada, no dia **10 de novembro**, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

**Vítor Vieira Vasconcelos**

UFABC

**Fábio de Oliveira Sanches**

UFJF

**Bernardo Machado Gontijo**

IGC/UFMG

**Wellington Lopes Assis**

IGC/UFMG

**Carlos Henrique Jardim - Orientador** IGC/UFMG

Belo Horizonte, 10 de Novembro de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Wellington Lopes Assis, Professor do Magistério Superior**, em 13/11/2023, às 14:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#)

---



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Henrique Jardim, Professor do Magistério Superior**, em 13/11/2023, às 16:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Bernardo Machado Gontijo, Diretor(a) de órgão complementar**, em 14/11/2023, às 14:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#)

---



Documento assinado eletronicamente por **Vitor Vieira Vasconcelos, Usuário Externo**, em 14/11/2023, às 16:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Fabio de Oliveira Sanches, Usuário Externo**, em 24/11/2023, às 14:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#)

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site:  
[https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0),  
informando o código verificador **2776790** e o código CRC **EFFFAFE1**.

---

## **AGRADECIMENTOS**

- A Pró-reitoria de graduação da Universidade Federal de Minas Gerais e ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico). Há 14 anos o CNPQ através da Pró-reitoria de graduação ofereceu uma vaga de iniciação científica do programa pró-noturno aos estudantes do 2º período do curso de licenciatura em Geografia, na área de climatologia. Esta vaga me pertenceu durante três anos e foi através dela que decidi estudar um pouco mais sobre o tema.

- Ao Prof. Carlos Henrique Jardim, um mestre com todos os requisitos possíveis e necessários à orientação de um trabalho acadêmico. Seu conhecimento e parceria marcaram minha vida. Tenho muito orgulho de dizer que fui o primeiro orientando do Prof. Carlos quando ele chegou à Universidade e que esta parceria não vai parar neste trabalho, muito obrigado mesmo Professor.

- A todos os professores do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais que participaram diretamente da minha formação de maneira a fazer com que eu me encantasse mais e mais com a ciência geográfica.

- Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais. O empenho e dedicação dos funcionários do programa faz com que a experiência do pós-graduando como estudante regular de uma Universidade de extrema relevância seja mais honrosa ainda.

- A todos meus amigos acadêmicos que de certa forma foram incentivadores permanentes deste trabalho. Os graduandos, mestrandos e doutorandos que comigo estiveram nestes anos de Universidade representam uma parte fundamental deste trabalho.

- Agradeço a todos meus companheiros de trabalho, colegas da Escola Municipal Maria de Lourdes de Betim – MG e do Colégio Educare de Betim – MG, que me incentivaram em todo o tempo.

Dedico este trabalho aos meus familiares: Elizier e Conceição, pai e mãe; Claudiana e Dione, meus irmãos; Eliane e Ronaldo, cunhados; Daniel, Lorrany, Mariana e Mateus, meus sobrinhos; e à Cristiane.

## RESUMO

A área de estudo denominada “região central do estado de Minas Gerais” compreende um total de 102.309 km<sup>2</sup>, o que representa 17,4% do território do estado. São 519 municípios em toda a área pesquisada, com uma população de 14.497.621,00 habitantes. As localidades que fazem parte da região central são amplamente diversificadas quanto ao uso do solo e cobertura vegetal. Além disso, estas áreas apresentam atividades econômicas que vão desde a extração mineral até a agropecuária, indústria, comércio e serviços. O desmatamento e as mudanças no uso do solo relacionadas à expansão urbana, industrial, agrícola e mineradora afetam a dinâmica da atmosfera no nível microclimático, topoclimático e do clima local. A leitura da interatividade entre sociedade e natureza presenciada nestas escalas da região central do estado de Minas Gerais aponta para possíveis prognósticos ambientais e futuras soluções que sustentariam uma relação menos desarmoniosa entre o sistema social e os sistemas naturais na área. O objetivo geral desta pesquisa é analisar as variações dos elementos climáticos (temperatura, umidade relativa do ar, e precipitação) na área de estudo, considerando dados históricos entre 1961 e 2021, a partir de perspectiva multiescalar (local-regional) e de interação da superfície com a baixa troposfera. Os objetivos específicos da pesquisa são: produzir um mapeamento das unidades climáticas locais, em conjunto com transectos (representação vertical) representativos dos tipos de tempo e gerar uma classificação de tipos de tempo apoiada em sequências temporais que evidenciem o ritmo climático para as áreas das bacias, identificando sistemas atmosféricos (escala regional) e desdobramentos temporais em escala local (tipos de tempo). Os sistemas atmosféricos e sua relação com fenômenos como o El Niño e La Niña traz consideráveis influências na composição climática apresentada pelas estações meteorológicas pesquisadas. A disposição latitudinal associada à topografia são dois dos principais alicerces de definição dos tipos de tempo e também na classificação climática da região central de Minas Gerais. A concomitância entre a tropicalidade e a transitoriedade de climas no estado mineiro, em especial na sua porção central, apresenta tipos climáticos quentes e chuvosos no verão e com consideráveis variações de temperatura no inverno, geralmente mais frio e seco. Os tipos de tempo definidos na pesquisa são o resultado de um processo de decomposição escalar e análise sistêmica do clima e seus fatores.

**Palavras-chave:** fatores climáticos; relevo; uso do solo; tipos de tempo.

## ABSTRACT

The study area called “central region of the state of Minas Gerais” comprises a total of 102,309 km<sup>2</sup>, which represents 17.4% of the state's territory. There are 519 municipalities throughout the surveyed area, with a population of 14.497.621,00 inhabitants. The locations that form part of the central region are widely diverse in terms of land use and vegetation cover. Furthermore, these areas present economic activities ranging from mineral extraction to agriculture, industry, commerce and services. Deforestation and changes in land use related to urban, industrial, agricultural and mining expansion affect the dynamics of the atmosphere at the microclimatic, topoclimatic and local climate levels. The reading of the interactivity between society and nature witnessed at these scales in the central region of the state of Minas Gerais points to possible environmental prognoses and future solutions that would support a less disharmonious relationship between the social and natural system in the area. The general objective of this research is to analyze the variations in climatic elements (temperature, relative air humidity, and precipitation) in the study area, considering historical data between 1961 and 2021, from a multiscale perspective (local-regional) and interaction of the surface with the lower troposphere. The specific objectives of the research are: to produce a mapping of local climatic units, together with transects (vertical representation) representative of weather types and to generate a classification of weather types supported by temporal sequences that demonstrate the climatic rhythm for the basin areas, identifying atmospheric systems (regional scale) and temporal developments on a local scale (weather types). Atmospheric systems and their relationship with phenomena such as El Niño and La Niña have considerable influences on the climate composition presented by the meteorological stations researched. The latitudinal arrangement associated with topography are two of the main foundations for defining the types of weather and also, in the climate classification of the central region of Minas Gerais. The concomitance between tropicality and the transience of climates in the state of Minas Gerais, especially in its central portion, presents hot and rainy climate types in the summer and with considerable temperature variations in the winter, generally colder and drier. The types of weather defined in the research are the result of a process of scalar decomposition and systemic analysis of the climate and its factors.

**Keywords:** climatic factors; relief; land use; types of time.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da organização do clima regional e da mesoescala e seus métodos de análise.....	31
Figura 2 - Representação das escalas do clima e seus níveis de interação.....	45
Figura 3 - Representação das influências do relevo no comportamento do ar em escala local.....	48
Figura 4 - As camadas de cobertura urbana (UCL); camada limite urbana (UBL) e a posição da circulação atmosférica regional.....	55
Figura 5 - Roteiro metodológico da pesquisa.....	58
Figura 6 - Localização das estações meteorológicas utilizadas como base de dados e delimitação da área de estudo da pesquisa.....	60
Figura 7 - Classificação climática de köppen para a área de estudo.....	68
Figura 8 - Mapa topográfico da área de estudo e localização das estações pesquisadas.....	73
Figura 9 - Classes de uso do solo da área de estudo e localização das estações pesquisadas.....	66
Figura 10 - Formações vegetais da área de estudo.....	79
Figura 11 - População residente nos municípios da área de estudo.....	82
Figura 12 - Densidade demográfica dos municípios da área de estudo.....	83
Figura 13 - Cartograma com o relevo das estações pesquisadas.....	89
Figura 14 - Perfis topográficos das estações pesquisadas até o oceano atlântico.....	92
Figura 15 - Interpolação da temperatura máxima para a região pesquisada.....	94
Figura 16 - Interpolação da temperatura média compensada na região pesquisada.....	96

Figura 17 - Interpolação da temperatura mínima região pesquisada.....	98
Figura 18 - Interpolação da umidade relativa do ar na região pesquisada.....	100
Figura 19 - Interpolação da precipitação anual na região pesquisada.....	102
Figura 20 - Fases da ODP e eventos de el niño e la niña entre 1961 e 2021.....	103
Figura 21 - Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Bambuí – MG (1961-2021).....	104
Figura 22 - Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Barbacena - MG (1961-2021) .....	105
Figura 23 - Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Belo Horizonte – MG (1961-2021) .....	105
Figura 24 - Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Bom Despacho – MG (1961-2021) .....	106
Figura 25 - Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Caratinga – MG (1961-2021) .....	106
Figura 26 - Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Conceição do Mato Dentro – MG (1961-2021) .....	107
Figura 27: Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Curvelo – MG (1961-2021) .....	107
Figura 28 - Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Curvelo e Diamantina – MG (1961-2021) .....	108
Figura 29 - Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Divinópolis – MG (1996-2021) .....	108
Figura 30 - Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Divinópolis e Florestal – MG (1996-2021) .....	109

Figura 31 - Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Ibirité – MG (1996-2021) .....	109
Figura 32 - Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Pirapora – MG (1996-2021) .....	110
Figura 33 - Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Pompéu – MG (1973-2021) .....	110
Figura 34 - Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Sete Lagoas – MG (1973-2021) .....	111
Figura 35 - Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Viçosa – MG (1973-2021) .....	111
Figura 36 - Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Bambuí – MG (1961-2021) .....	112
Figura 37 - Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Barbacena – MG (1961-2021) .....	112
Figura 38 - Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Belo Horizonte – MG (1961-2001) .....	113
Figura 39 - Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Bom Despacho – mg (1981-2001) .....	113
Figura 40 - Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Caratinga – (1961-2021) .....	114
Figura 41 - Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Conceição do Mato Dentro – MG (1961-2021).....	114
Figura 42 - Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Curvelo – MG (1961-2021) .....	115
Figura 43 - Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Diamantina – MG (1961-2021) .....	115

Figura 44 - Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Divinópolis – MG (1996-2021) .....	116
Figura 45 - Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Florestal – MG (1996-2021) .....	116
Figura 46 - Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Ibitiré – MG (1996-2021) .....	117
Figura 47 - Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Pirapora – MG (1996-2021) .....	117
Figura 48 - Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Pompéu – MG (1996-2021) .....	118
Figura 49 - Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Sete Lagoas – MG (1973-2021) .....	118
Figura 50 - Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Viçosa – MG (1973-2021) .....	119
Figura 51 - Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Bambuí – MG (1961-2021) .....	120
Figura 52 - Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Barbacena – MG (1961-2021) .....	120
Figura 53 - Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Belo Horizonte – MG (1961-2021) .....	121
Figura 54 - Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Bom Despacho – MG (1981-2021) .....	121
Figura 55 - Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Caratinga – MG (1961-2021) .....	122
Figura 56 - Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Conceição do Mato Dentro – MG (1961-2021) .....	122

Figura 57 - Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Curvelo – MG (1961-2021) .....	123
Figura 58 - Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Diamantina – MG (1961-2021) .....	123
Figura 59 - Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Divinópolis – mg (1996-2021) .....	124
Figura 60 - Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Florestal – mg (1961-2021) .....	124
Figura 61 - Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Ibitaré – MG (1961-2021) .....	125
Figura 62 - Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN. em Pirapora – MG (1961-2021) .....	125
Figura 63 - Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Pompéu – MG (1973-2021) .....	126
Figura 64 - Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Sete Lagoas – MG (1961-2021) .....	126
Figura 65 - Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Viçosa – MG (1961-2021) .....	127
Figura 66 - Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Bambuí – MG (1961-2021) .....	129
Figura 67 - Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Barbacena – MG (1961-2021) .....	129
Figura 68 - Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Belo Horizonte – MG (1961-2021) .....	130
Figura 69 - Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Bom Despacho – MG (1961-2001) .....	130

Figura 70 - Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Caratinga – MG (1961-2001) .....	131
Figura 71 - Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Conceição do Mato Dentro – MG (1961-2001) .....	131
Figura 72 - Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Curvelo – MG (1961-2001) .....	132
Figura 73 - Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Diamantina – MG (1961-2021) .....	132
Figura 74 - Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Divinópolis – MG (1996-2021) .....	133
Figura 75 - Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Florestal – MG (1996-2021) .....	133
Figura 76 - Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/In em Ibitaré – MG (1961-2021) .....	134
Figura 77 - Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Pirapora – MG (1961-2021) .....	134
Figura 78 - Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Pompéu – MG (1973-2021) .....	135
Figura 79 - Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Sete Lagoas – MG (1961-2021) .....	135
Figura 80 - Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/In em Viçosa – MG (1961-2021) .....	136
Figura 81 - Gráfico de dispersão da temperatura máxima de Bom Despacho (1981 a 2021) .....	140
Figura 82 - Gráfico de dispersão da temperatura máxima de Florestal (1961 a 2021) .....	141

Figura 83 - Gráfico de dispersão da temperatura máxima de Pompeu (1973 a 2021)	141
Figura 84 - Gráfico de dispersão da temperatura mínima de Belo Horizonte (1961 a 2021)	142
Figura 85 - Gráfico de dispersão da temperatura mínima de Pirapora (1961 a 2021)	142
Figura 86 - Gráfico de dispersão da temperatura mínima de Viçosa (1961 a 2021)	143
Figura 87 - Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (a) e 2021 (b) em Bambuí – MG	145
Figura 88 - Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (a) e 2021 (b) em Barbacena – MG	146
Figura 89 - Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (a) e 2021 (b) em Belo Horizonte – MG	150
Figura 90 - Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (a) e 2021 (b) em Bom Despacho – MG	152
Figura 91 - Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (a) e 2021 (b) em Caratinga – MG	153
Figura 92 - Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (a) e 2021 (b) em Conceição do Mato Dentro – MG	155
Figura 93 - Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (a) e 2021 (b) em Curvelo – MG	156
Figura 94 - Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (a) e 2021 (b) em Diamantina – MG	158
Figura 95 - Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (a) e 2021 (b) em Divinópolis – MG	159

Figura 96 - Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (a) e 2021 (b) em Florestal – MG .....	161
Figura 97 - Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (a) e 2021 (b) em Ibitaré – MG .....	162
Figura 98 - Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (a) e 2021 (b) em Pirapora – MG .....	164
Figura 99 - Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (a) e 2021 (b) em Pompeu – MG .....	165
Figura 100 - Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (a) e 2021 (b) em Sete Lagoas - MG .....	167
Figura 101 - Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (a) e 2021 (b) em Viçosa – MG .....	168
Figura 102 - Classificação do regime pluviométrico de bambuí (1126,2mm), Barbacena (1386,5mm) e Belo Horizonte (1552mm) entre 1961 e 2021.....	174
Figura 103 - Mapa com os gráficos boxplot de chuva de Bambuí (1126,2), Barbacena (1386,5mm) e Belo Horizonte (1552mm) entre 1961 e 2021 .....	175
Figura 104 - Classificação do regime pluviométrico de Bom Despacho (1263,2mm), Caratinga (1014,1mm) e Conceição do Mato Dentro (1335,2) entre 1961 e 2021 .....	177
Figura 105 - Mapa com os gráficos boxplot de chuva de Bom Despacho (1263,2mm), Caratinga (1014,1mm) e Conceição do Mato Dentro (1335,2mm) entre 1961 e 2021 .....	178
Figura 106 - Classificação do regime pluviométrico de Curvelo (1038,6mm), Diamantina (1302,9mm) e Divinópolis (1367,1mm) entre 1961 e 2021 .....	180

Figura 107 - Mapa com os gráficos boxplot de chuva de Curvelo (1038,6mm), Diamantina (1302,9mm) e Divinópolis (1367,1mm) entre 1961 e 2021 .....	181
Figura 108 - Classificação do regime pluviométrico de Florestal (1375,8mm), Ibitiré (1323,3mm) e Pirapora (975,8mm) entre 1961 e 2021 .....	183
Figura 109 - Mapa com os gráficos boxplot de chuva de Florestal (1375,8mm), Ibitiré (1323,3mm) e Pirapora (975,8mm) entre 1961 e 2021 .....	184
Figura 110 - Classificação do regime pluviométrico de Pompeu (1163,1mm), Sete Lagoas (1050,1mm) e Viçosa (1113,6mm) entre 1961 e 2021 .....	186
Figura 111 - Mapa com os gráficos boxplot de chuva de Pompeu (1163,1mm), Sete lagoas (1050,0mm) e Viçosa (1113,6mm) entre 1961 e 2021 .....	187
Figura 112 - Sistemas atmosféricos atuantes na América do Sul nos dias 11 (a) e 25 (b) de janeiro de 2020 .....	191
Figura 113 - Análise rítmica de janeiro (2020) em Belo Horizonte - MG (317,2mm) .....	192
Figura 114 - Análise rítmica de janeiro (2020) em Curvelo – MG (201,8mm) .....	193
Figura 115 - Análise rítmica de janeiro (2020) em Diamantina – MG (261,1mm) .....	194
Figura 116 - Análise rítmica de janeiro (2020) em Pirapora – MG (195,7mm) .....	195
Figura 117 - Análise rítmica de janeiro (2020) em Viçosa – MG (212,6 mm) .....	196
Figura 118 - Sistemas atmosféricos atuantes na América do Sul nos dias 10 (a) e 25 (b) de julho .....	198
Figura 119 - Gráfico de análise rítmica de julho (2020) em Belo Horizonte – MG .....	199

Figura 120 - Gráfico de análise rítmica de julho (2020) em Curvelo – MG .....	200
Figura 121 - Gráfico de análise rítmica de julho (2020) em Diamantina – MG .....	201
Figura 122 - Gráfico de análise rítmica de julho (2020) em Pirapora – MG .....	202
Figura 123 - Gráfico de análise rítmica de julho (2020) em Viçosa – MG .....	203
Figura 124 - Perfil norte-sul com as respectivas estações no mapa topográfico da área de estudo .....	206
Figura 125 - Gráfico de análise rítmica dos dias 21 a 28 de janeiro de 2020 para o perfil norte-sul .....	207
Figura 126 - Perfil oeste-leste com as respectivas estações no mapa topográfico da área de estudo .....	209
Figura 127 - Gráfico de análise rítmica dos dias 21 a 28 de janeiro de 2020 para o perfil oeste-leste .....	210
Figura 128 - Perfil oeste-nordeste com as respectivas estações no mapa topográfico da área de estudo .....	212
Figura 129 - Gráfico de análise rítmica dos dias 21 a 28 de janeiro de 2020 para o perfil oeste-nordeste .....	213
Figura 130 - Perfil sudeste-norte com as respectivas estações no mapa topográfico da área de estudo .....	215
Figura 131 - Gráfico de análise rítmica dos dias 21 a 28 de janeiro de 2020 para o perfil sudeste-norte .....	216
Figura 132 - Gráfico de análise rítmica dos dias 21 a 28 de julho de 2020 para o perfil norte-sul .....	218

Figura 133 - Gráfico de análise rítmica dos dias 21 a 28 de julho de 2020 para o perfil oeste-leste .....	220
Figura 134 - Gráfico de análise rítmica dos dias 21 a 28 de julho de 2020 para o perfil oeste-nordeste .....	222
Figura 135 - Gráfico de análise rítmica dos dias 21 a 28 de julho de 2020 para o perfil sudeste-nordeste .....	224
Figura 136 - Perfil geoecológico com os tipos de tempo entre os dias 21 a 28 de janeiro no perfil norte-sul .....	227
Figura 137 - Perfil geoecológico com os tipos de tempo entre os dias 21 a 28 de julho no perfil norte-sul .....	229
Figura 138 - Perfil geoecológico com os tipos de tempo entre os dias 21 a 28 de janeiro no perfil oeste-leste .....	231
Figura 139 - Perfil geoecológico com os tipos de tempo entre os dias 21 a 28 de julho no perfil oeste-leste .....	233
Figura 140 - Perfil geoecológico com os tipos de tempo entre os dias 21 a 28 de janeiro no perfil oeste-nordeste .....	235
Figura 141 - Perfil geoecológico com os tipos de tempo entre os dias 21 a 28 de julho no perfil oeste-nordeste .....	237
Figura 142 - Perfil geoecológico com os tipos de tempo entre os dias 21 a 28 de janeiro no perfil sudeste-norte .....	239
Figura 143 - Perfil geoecológico com os tipos de tempo entre os dias 21 a 28 de julho no perfil sudeste-norte .....	241
Quadro 1 - Classificação e descrição dos tipos de tempo no perfil norte-sul durante os dias 21 a 28 de janeiro de 2020 .....	228
Quadro 2 - Classificação e descrição dos tipos de tempo no perfil norte-sul durante os dias 21 a 28 de julho de 2020 .....	230

Quadro 3 - Classificação e descrição dos tipos de tempo no perfil oeste-leste durante os dias 21 a 28 de janeiro de 2020 .....	232
Quadro 4 - Classificação e descrição dos tipos de tempo no perfil oeste-leste durante os dias 21 a 28 de julho de 2020 .....	234
Quadro 5 - Classificação e descrição dos tipos de tempo no perfil oeste-nordeste durante os dias 21 a 28 de janeiro de 2020 .....	236
Quadro 6 - Classificação e descrição dos tipos de tempo no perfil oeste-nordeste durante os dias 21 a 28 de julho de 2020 .....	238
Quadro 7 - Classificação e descrição dos tipos de tempo no perfil sudeste-norte durante os dias 21 a 28 de janeiro de 2020 .....	240
Quadro 8 - Classificação e descrição dos tipos de tempo no perfil sudeste-norte durante os dias 21 a 28 de julho de 2020.....	242

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Categorias taxonômicas de organização geográfica do clima .....	44
Tabela 2 - Sequência dos dados históricos para cada estação meteorológica analisada .....	62
Tabela 3 - Intervalos utilizados para a classificação do regime pluviométrico .....	65
Tabela 4 - Normais climatológicas de temperatura e precipitação das estações pesquisadas (1961 – 1990) .....	67
Tabela 5 - Normais climatológicas de temperatura e precipitação das estações pesquisadas (1981 – 2010) .....	70
Tabela 6 – Classificação climática de köppen para as 15 estações analisadas .....	85
Tabela 7 - Classes de uso e ocupação do solo na região estudada em 2021 .....	86
Tabela 8 - Valores médios das variáveis climáticas para o período de 1961 a 2021..	87
Tabela 9 - Ângulos de incidência solar durante as estações anuais .....	88
Tabela 10 - Distância do mar para cada estação analisada .....	90
Tabela 11 – Correlação das temperaturas máxima e mínima na série histórica (1961-2021) .....	139
Tabela 12 – Coeficientes de determinação ( $r^2$ ) das temperaturas na série histórica (1961 – 2021) .....	140
Tabela 13 - Classificação da precipitação da série analisada (1961 – 2021) para as estações pesquisadas .....	172

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB – Alta da Bolívia  
ASAS - Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul  
ANM – Agência Nacional de Mineração  
AW - Clima quente com chuva de verão  
BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa  
CFEM - Compensação Financeira pela Exploração Mineral  
CH - Chaneel  
CWA - Clima temperado com verão quente e úmido  
CWB - Clima temperado com verão fresco e úmido  
DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação  
ENOS - El Niño /Oscilação Sul  
EN – El Niño  
FE - Frentes Estacionárias.  
FF - Frentes Frias.  
FQ - Frentes Quentes  
FPA – Frente Polar do Atlântico (FPAS)  
GMT - Greenwich Mean *Time*  
GOES - Geostationary Operational Environmental Satellite  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade  
IDH – Índice de Desenvolvimento Humano  
IDW - Inverse Distance Weighting  
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia  
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
JBNAS - Jato de Baixos Níveis da América do Sul  
LI - Linhas de Instabilidade.  
LN – La Niña  
MEA - Massa Equatorial Atlântica  
MEC - Massa Equatorial Continental  
MPA - Massa Polar Atlântica  
MTA - Massa Tropical Atlântica  
MTC - Massa Tropical Continental (mTc)

NC'S - Núcleos de Condensação  
NCEP - National Centers for Environmental Prediction  
NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration  
NW - Noroeste  
ODP - Oscilação Decadal do Pacífico  
ONU – Organização das Nações Unidas  
PNUD - United Nations Development Programme  
RCG - Raios Cósmicos Galácticos  
SE - Sudeste  
UCL - Urban Canopy Layer  
UBL - Urban Boundary Layer  
USGS - United States Geological Survey  
VCAN - Vórtice Ciclônico de Altos Níveis  
ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul.  
ZCOU - Zona de Convergência de Umidade

## LISTA DE SÍMBOLOS

% - Porcentagem

km - Quilômetro

km<sup>2</sup> - Quilômetro quadrado

hab./km<sup>2</sup> - Habitante por quilômetro quadrado

R – Coeficiente de correlação

R<sup>2</sup> - Coeficiente de determinação

W/m.k – Watt por metro por Kelvin

cal/cm<sup>2</sup>. °C – Caloria por centímetro quadrado e por grau Celsius

m = Metro

mm = milímetros

°C = Grau Celsius

Kg/mol = Quilograma por mol

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	26
1.1 Objetivos gerais.....	30
1.2 Objetivos específicos.....	30
1.3 Hipóteses e premissas.....	31
<b>2 CONCEITOS A RESPEITO DA CLIMATOLOGIA</b> .....	32
2.1 Clima, ritmo e escalas climáticas.....	32
2.2 O Clima e o relevo .....	46
2.3 Uso do Solo e Clima Urbano.....	49
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	57
3.1 Fonte dos dados.....	59
3.2 Características dos dados coletados.....	61
3.3 Tratamento dos dados.....	62
<b>4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	68
4.1 Classificação climática da área de estudo.....	68
4.2 Características do relevo e topografia da área de estudo.....	72
4.3 Características de uso do solo, cobertura vegetal e população.....	76
<b>5 RESULTADOS</b> .....	84
5.1 Análise das normais climatológicas das estações pesquisadas.....	84
5.2 Análise dos dados das estações pesquisadas entre 1961 e 2021.....	88
5.3 Interações dos climas da área de estudo com a escala zonal.....	103
5.3.1 Temperatura.....	104
5.3.2 Umidade relativa do ar.....	120
5.3.3 Precipitação.....	127
5.4 Variações dos climas da área de estudo na escala regional.....	137
5.4.1 Temperatura.....	138
5.4.2 Classificação do regime pluviométrico.....	169

5.4.3 O ritmo climático na área de estudo em janeiro e julho de 2020.....	188
5.5 Variações dos climas da área de estudo na escala local.....	205
5.5.1 Perfis geoecológicos de tipos de tempo.....	226
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>243</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>249</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>258</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>261</b>

## 1 INTRODUÇÃO

É possível que nunca tenha se discutido tanto sobre preservação ambiental, desenvolvimento sustentável e monitoramento de sistemas ambientais como na atualidade. A relação sociedade-natureza tornou-se, nas primeiras décadas do século XXI, um ponto central de debate nos encontros internacionais sobre o meio ambiente. Podemos dizer que há um maior diálogo sobre o assunto, mas isto não reflete em ações diretas que possam, de fato, ajudar a articular uma possível harmonia entre os sistemas sociais e naturais.

As grandes transformações passam primeiro pelo campo das ideias e da conscientização antes de se tornarem questões práticas. Muito tem sido feito em pesquisas acadêmicas para fomentar a preservação ambiental. Contudo, uma visão confrontadora no que diz respeito à relevância da ciência no início desta nova década tem se difundido e faz com que o conhecimento acadêmico passe por uma crise de status e importância social.

Uma diretiva sobre os trabalhos produzidos no contexto das pesquisas em Climatologia Geográfica no Brasil é a busca incessante pelo entendimento, ou mesmo que seja, pela descrição das interações entre o meio físico e a sociedade. No cerne da discussão geográfica, estes dois sistemas se envolvem de forma a criar ambientes, unidades e espaços viáveis ou não às condições mínimas de sobrevivência.

Esta interação se apresenta de inúmeras formas, mas se destaca midiaticamente, na maioria das vezes, apenas como um eterno conflito, no qual o homem é o caçador e a natureza com seus sistemas ambientais é a caça, fortalecendo ainda mais o “o mito da natureza intocada”<sup>1</sup>. As soluções de tal embate são de certa forma muito generalizadas e sem preocupações de nível local e regional.

Os impactos locais relacionados à dinâmica atmosférica são extremamente danosos à sociedade, à saúde da população e à sua qualidade de vida. Além disso, a biodiversidade e os componentes físicos dos sistemas naturais como o relevo, os

---

<sup>1</sup> A citação faz referência à obra do Dr. Antonio Carlos Santa Diegues “O mito moderno da natureza intocada” e faz uma brevíssima anúnciação sobre as formas de discutir a interação durante da pesquisa: o social e o ambiental em processos particulares, concomitantes e necessários para os dois sistemas.

solos e os recursos hídricos sofrem diretamente com a influência das ações humanas na absorção dos fenômenos atmosféricos.

O desmatamento e as mudanças no uso do solo relacionadas à expansão urbana, industrial, agrícola e mineradora afetam a dinâmica da atmosfera no nível microclimático, topoclimático e do clima local. A leitura da interatividade entre sociedade e natureza presenciada nestas escalas na região central do Estado de Minas Gerais<sup>2</sup> aponta para possíveis prognósticos ambientais e futuras soluções que sustentariam uma relação menos desarmoniosa entre o sistema social e os sistemas naturais.

As localidades que fazem parte da região central do estado de Minas Gerais são amplamente diversificadas quanto ao uso do solo e cobertura vegetal. Além disso, estas áreas são populosas e apresentam atividades econômicas que vão da extração mineral, agropecuária até a indústria, comércio e serviços. O estado de Minas Gerais possui uma população de 20.538.718 habitantes e uma receita interna de R\$ 97.199.823,16 – IBGE (2022), sendo o segundo estado mais populoso e o terceiro estado mais rico da federação.

Como exemplo dos impactos ambientais presentes na área de estudo, Diniz et.al. (2014), relata que entre os anos de 1985 a 2011, houve um aumento de 213% na área minerada no Quadrilátero ferrífero<sup>3</sup> na região Central do estado de Minas Gerais. As áreas de desmatamento da vegetação florestal nativa entre os anos de 1985 a 1989, 1989 a 2000 e 2000 a 2011 corresponderam respectivamente a 324,42 há; 948,98 ha e 1989,68 há; com uma perda total de vegetação nativa de 3.263,07 ha.

O desmatamento implica na alteração das dinâmicas atmosférica, hidrológica e geomorfológica. A retirada de árvores é uma das maiores causas da ampliação do desconforto térmico em áreas urbano-industriais e até mesmo em regiões rurais. A capacidade de absorção de energia, o incremento hídrico no ar e subterraneamente; o sombreamento e a consequente diminuição de temperatura são algumas das vantagens da vegetação florestal para o ambiente.

---

<sup>2</sup> A definição da área de estudo não foi baseada na divisão regional dos órgãos governamentais estaduais ou federais, mas nas características de uso do solo e relevo bem como o conhecimento das massas de ar que atuam nesta área do estado de Minas Gerais. Sendo assim, a “centralidade” aqui não é nomenclatura oficial, mas uma aproximação induzida para os fins da pesquisa.

<sup>3</sup> Nesta área ocorreram dois entre os maiores desastres socioambientais da história do Brasil. No dia 5 de novembro de 2015 houve o rompimento da Barragem de Fundão e devastou o subdistrito de Bento Rodrigues em Mariana – MG. No dia 25 de janeiro de 2019 a Barragem do Córrego do Feijão, em Brumadinho-MG, se rompeu e dizimou centenas de vidas.

De acordo com Karmann (2000), em áreas vegetadas, a infiltração é favorecida pelas raízes que fazem o papel de abertura do caminho para a água descendente nas camadas dos solos. A cobertura florestal também exerce papel importante na diminuição da velocidade da água que atinge o solo pois através da interceptação das folhas e troncos, o excesso hídrico é lentamente liberado para a superfície do solo por gotejamento.

O processo de mineração também é responsável por romper estruturas de infiltração hídrica que interferem na capacidade de campo correspondente ao volume de água absorvido pelo solo antes de atingir a saturação. Segundo Beato et. al. (2006), as rochas metassedimentares presentes no Quadrilátero ferrífero são responsáveis por armazenar grandes aquíferos.

Os expressivos potenciais hídricos são importantes para a manutenção de ecossistemas e para o abastecimento público. Quanto melhor e mais aprimorado for o planejamento territorial no Quadrilátero ferrífero, maiores chances de sucesso na preservação dos recursos hídricos serão possíveis. A análise climatológica de uma área como a região central do estado de Minas Gerais apresenta um caráter diagnóstico que fornece bases para ações prognósticas de uso do solo para a região e melhor aproveitamento de seus recursos.

Somados à extração mineral, vultuosa no estado de Minas Gerais desde o século XVIII, estão os ciclos do café, dos grãos e da pecuária de corte. Estes ciclos foram fundamentais para o desenvolvimento da economia do Brasil do século XIX até os dias atuais. No entanto, os ciclos produtivos também foram responsáveis por um desmatamento ímpar no país e, por conseguinte, no território do estado de Minas Gerais.

No século XX a expansão da indústria foi responsável por parte fundamental no crescimento econômico do Brasil. Esta expansão provocou um acelerado crescimento das áreas urbanas pelo fenômeno do êxodo rural, levando ao aumento da poluição pela queima de combustíveis fósseis nos grandes centros. Este fato se deu com intensidade a partir da década de 1940. A industrialização retirou áreas preservadas de modo a influenciar na qualidade do ar na baixa troposfera e nas condições climáticas da região central do estado de Minas Gerais,

As ações a seguir são multiplicadoras de efeitos na dinâmica dos elementos climáticos e atuam no tempo e no espaço de acordo com sua intensidade, a saber: o elevado nível de poluição atmosférica, a grande densidade dos prédios, as

ramificações das vias asfaltadas e das áreas concretadas, o intenso fluxo de veículos automotores; os solos desmatados e expostos à radiação solar direta; as mudanças no relevo para a construção de estradas e a instalação de obras de mineração.

A apropriação do relevo para a agricultura, ampliação da malha ferroviária e rodoviária e nas expansões da intensa urbanização do sudeste brasileiro são impressas na paisagem da região central de Minas. Este fato não significa que o relevo não deixa de se impor sobre a dinâmica climática da região, já que há uma especial diversidade de unidades geomorfológicas e topográficas na área.

Diante de impactos severos, o planejamento territorial se mostra como um importante aliado à preservação ambiental e a melhoria das condições de vida na sociedade. Trabalhos como este se propõem a servir de fundamento para políticas racionalizadoras de ocupação do solo visando a sustentabilidade e o cuidado com os sistemas naturais.

Mesmo com todos os impactos ambientais descritos, há espaços de preservação, parques ecológicos municipais, estaduais e federais e reservas naturais particulares na área a ser analisada na presente pesquisa. Estes espaços ajudam a manter uma vegetação fundamental para a biodiversidade, a absorção de água e a qualidade de vida em ambientes naturais ou urbanos a partir do conforto térmico e abastecimento hídrico disponível. Este estudo se propõe a servir de base para políticas preservacionistas na região.

Trabalhos de análise integrada da paisagem com enfoque na climatologia e na análise ambiental são fundamentais para a criação de bases teórico-metodológicas que facilitem a leitura destes ambientes e fomentem à preservação ambiental. São por meio dos estudos climáticos-ambientais que a sociedade tem a oportunidade de conhecer, preservar e utilizar os recursos atmosféricos.

Vasconcellos e Junior (2015) afirmam que a formação de banco de dados geográficos e informações espaciais têm trazido uma verdadeira revolução na geração de documentos base para tomada de decisões. As atividades econômicas poderiam ser de fato, sustentáveis, caso os Sistema de Informação Geográfica (SIG), fossem utilizados em primazia. Esta pesquisa pode contribuir para estudos de tomada de decisões público-privadas quanto ao uso do solo em Minas Gerais.

Pesquisas climatológicas em ambientes intertropicais necessitam de maior volume e produção, haja vista a grande disponibilidade de energia, umidade e a

elevada dinâmica dos sistemas atmosféricos entre os trópicos do planeta. A área pesquisada não possui trabalhos de climatologia geográfica em grande quantidade.

Apesar da poderosa ferramenta de análise ambiental que é, o clima se tornou em várias situações, não mais que um tema canônico, midiático e popular no debate sobre meio ambiente. No entanto, localmente as causas e efeitos de questões ambientais que envolvem a atmosfera podem ser discutidas no nível prático e soluções cabíveis podem ser prontamente apontadas.

As interferências da humanidade ao se estabelecer no planeta são antigas e a relação com a atmosfera é uma delas. Os impactos ambientais são diversos e todos devem e necessitam de aprofundamento e discussão.

Se existe, portanto, uma adaptação temporal ao debate sobre a questão da interação sociedade-natureza no século XXI, podemos dizer que esta é o possível alinhamento e não apenas um antagonismo vingativo e de respostas negativas na interação sobre os dois sistemas. Nesta perspectiva, pesquisas de cunho integrador, sistêmico e que busquem discutir o tema socioambiental, precisam alinhar o Desenvolvimento Sustentável para uma sociedade que necessita de uma dinâmica econômica perene.

### 1.1 Objetivos gerais

O objetivo geral desta Tese é analisar as variações dos elementos climáticos (temperatura, umidade relativa do ar, e precipitação) nas áreas que compõem a região central do estado de Minas, considerando dados históricos entre 1961 e 2021, a partir de perspectiva multiescalar (local-regional) e de interação da superfície com a baixa troposfera.

### 1.2 Objetivos específicos

1. Produzir um mapeamento das unidades climáticas locais, em conjunto com transectos (representação vertical) representativos dos tipos de tempo.

2. Gerar uma classificação de tipos de tempo apoiada em sequências temporais que evidenciem o ritmo climático para as áreas das bacias, identificando

sistemas atmosféricos (escala regional) e desdobramentos temporais em escala local (tipos de tempo).

### 1.3 Hipóteses e premissas

Diante do contexto de grande diversidade de usos do solo, cobertura vegetal e topografia na região central do estado do Minas Gerais e a submissão destas características de superfície à influência de massas de ar na região, esta Tese se propõe a testar as seguintes hipóteses:

(1) O uso do solo e a topografia atuam como fatores climáticos de importância fundamental na caracterização do clima local no médio-alto vale dos rios Paraopeba e Velhas no estado do Minas Gerais.

(2) A atuação de sistemas atmosféricos em interação com os fatores de superfície é um processo gerador de tipos de tempo específicos e se impõe em determinadas situações sinóticas anulando os climas locais.

(3) A superfície absorve o impacto das variações dos elementos climáticos de forma diferenciada, e o conhecimento e preparação da sociedade é fundamental para se organizar frente aos efeitos (ou impactos) produzidos. Essas respostas também são dinâmicas e variam no tempo e no espaço, podendo gerar respostas adaptativas.

A atuação regional das massas de ar pode produzir situações de relativa homogeneidade em termos de variação dos atributos climáticos para um amplo espaço geográfico. Nesse sentido, algumas questões norteiam a pesquisa:

(a) qual o papel dos controles locais de superfície no sentido de reforçar ou atenuar este efeito?

(b) Este efeito pode produzir tipos de tempo locais discerníveis?

(c) É possível distinguir uma escala de influência em termos de participação dos diferentes controles no desencadeamento de um evento climático?

## 2 CONCEITOS A RESPEITO DA CLIMATOLOGIA

### 2.1 Clima, ritmo e escalas climáticas

Entre as definições mais importantes de clima, está àquela proposta por Max Sorre (1934) através da qual o clima é considerado [...] “a série dos estados atmosféricos acima de um lugar em sua sucessão habitual” [...]. A noção de ritmo, apresentada por Sorre é incorporada pela climatologia e discutida no Brasil principalmente por Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (1976, 2000), levando em conta as oscilações nos tipos de tempo e dos eventos de seca e chuva analisados em grandes cidades brasileiras.

A dinamicidade do sistema climático terrestre apresenta um caráter integrador entre elementos e fatores do clima como exposto por Jardim, 2015.

O sistema climático terrestre, como o próprio termo sugere, pressupõe um conjunto de componentes cujas partes se inter-relacionam, resultado da relação dos elementos atmosféricos (temperatura, umidade, pressão atmosférica etc.) com os fatores ou controles geográficos de superfície (relevo, altitude, latitude, distância em relação ao oceano etc.), Jardim (2015, p. 42).

A interação entre os fatores controladores do clima na superfície do planeta e os elementos presentes na atmosfera define a forma como o insumo energético fornecido pelo sol se distribui pelo sistema. Mesmo que a quantidade de energia solar incidente no topo da atmosfera seja igual para uma ampla faixa latitudinal, como nas áreas intertropicais, a maneira como a superfície terrestre recebe e distribui essa energia é totalmente diferenciada, ainda que em espaços relativamente pequenos como as cidades e arredores agrícolas, (JARDIM 2015).

A intensa dinâmica do tempo e do clima resulta das interações ocorridas na interface multiespacial que recebe e modifica a radiação solar através do meio terrestre, envolvendo a litosfera, a hidrosfera, a criosfera e a biosfera, repercutindo, particularmente, no estado da atmosfera (RIBEIRO, 1993).

As trocas de energia, umidade, massa e momentum entre a atmosfera e a superfície do planeta geram estados interativos que apresentarão duração e tamanho compatíveis com a intensidade e a frequência das referidas trocas (RIBEIRO, 1993).

Compreender fenômenos atmosféricos sempre foi necessário para que grupos superassem sua condição de sujeição às intempéries naturais e também agissem como utilitários e manipuladores das mesmas em diferentes escalas (x).

O clima influencia diretamente as plantas, os animais (incluindo o homem) e o solo. Ele influencia as rochas através do intemperismo, enquanto as forças externas que modelam a superfície da Terra são basicamente climáticas. Por outro lado, o clima, particularmente perto da superfície, é influenciado pelos elementos da paisagem, da vegetação e do homem através de suas várias atividades, (AYOADE, 1988).

Tricart (1977) afirma que mesmo lentamente, as influências do homem nos ecossistemas conseguiram alcançar todos os sistemas naturais da terra. Estas interferências não estariam apenas ligadas ao desenvolvimento das cidades e civilizações modernas e suas técnicas de industrialização, mas seriam impactos que surgiram desde a idade antiga com a descoberta do fogo e a construção de embarcações.

Neste sentido, a Climatologia como integrante da evolução técnica e científica, especialmente na Era Moderna, se propõe a discutir a interação das sociedades com a atmosfera, implicando na leitura dos efeitos desta interação para as duas partes. A consolidação da Geografia como ciência no século XIX, contribuiu para a aproximação da Climatologia com o conhecimento geográfico.

Monteiro (2001) relatou a complexidade de discutir, avaliar e propor soluções para o que o autor denomina de derivações antropogenéticas terrestres e as alterações climáticas. Neste sentido, o autor apresenta uma visão de diálogo entre as duas realidades, antrópicas e naturais:

Minhas preferências pessoais procuram evitar a consideração das relações entre natureza e sociedade em termo de antagonismo entre sistemas oponentes. Antes procuro encará-la dentro da perspectiva (embora incomoda à análise) de um sistema singular do tipo complexo, evolutivo e cibernético. O homem – parte integrante da natureza – tende (não sem razão) a ser visto como “vilão”, responsável pela destruição da natureza, Monteiro (2001, pg. 44).

Do ponto de vista dos processos naturais, a complexidade se conserva na estruturação sistêmica e integrada em que os fenômenos naturais se apresentam. Estruturação que, para o clima, define parte do comportamento dos elementos atmosféricos, a exemplo dos vales encaixados que direcionam a movimento do ar, as áreas divisoras de águas que geralmente possuem maior exposição à radiação solar e a movimentação da atmosfera por fatores de macroescala climática (MONTEIRO, 1978).

Pelo ponto de vista dos processos antrópicos, o nível da ação humana relacionado ao nível de alteração no uso da terra pode ser definido pela condição de desenvolvimento urbano/industrial de uma região. Os equipamentos urbanos, que facilitam e consolidam as sociedades cada vez mais citadinas no mundo moderno, interferem diretamente na camada de ar logo acima dos grandes centros, pois a constituição físico-química destes equipamentos (cimento, asfalto, cerâmicos) se dá por estruturas que ao interagirem com a radiação solar geram calor sensível (H) e aquecimento do ar (MONTEIRO, 1978).

Mesmo no que tange à interação entre a atmosfera e a superfície existem diversos elementos ambientais e sociais que ampliam a discussão geográfica a ponto de qualificar o pesquisador a formar unidades de paisagem com características peculiares, como afirma Conti (2001):

A Geografia tem por objeto próprio a compreensão do processo interativo entre sociedade e natureza, produzindo, como resultado, um sistema de relações e de arranjos espaciais que se expressam por unidades paisagísticas identificáveis. Conti (2001, p.2).

A atmosfera e sua interação com a superfície do planeta fazem parte destas unidades gerando condições positivas ou negativas de parâmetros qualitativos para os dois tipos de sistemas como: a qualidade do ar (concentração de particulados na baixa atmosfera), o conforto térmico e as variações da umidade relativa do ar e dos agentes dispersores de poluição como a precipitação e os ventos.

Não somente as cidades apresentam os efeitos da ação humana na condição do ar, como também as áreas de cultivo agropecuário, pois a retirada de vegetação para a inserção de pastos e culturas diversas altera o comportamento do ar nessas áreas. A prática agropecuária também pode trazer outros impactos para o meio natural, como a redução na oferta de água e a contaminação de recursos hídricos pelo uso de insumos agrícolas tóxicos.

A Climatologia, por se apropriar de conhecimentos provenientes da Meteorologia e de relacionar com os assuntos concernentes ao uso e ocupação do solo é uma ciência integradora por natureza. Sendo assim, as bases metodológicas, as escalas de análise e a percepção do meio pelo viés climatológico sempre será recheada de informações importantes para o uso sustentável dos recursos naturais.

Com relação ao que se denomina impacto ambiental, tem-se buscado muito mais a compreensão das relações causa – efeito do papel do clima na superfície

terrestre, do que de se introduzir uma concepção do clima enquanto recurso inerente ao processo de reprodução do capital e de dominação. As interações entre os sistemas sociais e atmosféricos estão sujeitas à forma com que o modo de produção capitalista espacializa suas estruturas físicas (NETO, 2003).

Concomitante aos estudos de Climatologia Geográfica, vem surgindo uma discussão cada vez mais aprofundada sobre a Geografia do Clima. Neste sentido o debate climático apresenta um viés de análise voltada à percepção, absorção e ação das sociedades diante da dinâmica atmosférica e sua variabilidade.

Para que se construa uma Geografia do Clima é preciso levar em conta dois pressupostos básicos. O primeiro tem a ver com a necessidade de domínio tecnológico, matemático e computacional que auxiliem nas análises do clima. Em segundo lugar, é preciso incorporar a dimensão social na interpretação do clima. É fundamental compreender que a repercussão dos fenômenos atmosféricos na superfície terrestre se dá num território, transformado e produzido pela sociedade, de maneira desigual e apropriado segundo interesses dos agentes sociais (NETO, 2003).

De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007) os climas das áreas tropicais do planeta só foram acometidos de maior destaque no fim do século XIX. A exemplo, foram levantadas pesquisas na Índia com seus sistemas de monções e também na África devido à presença neocolonial dos europeus. Mesmo com a presença de estações meteorológicas no século XIX no Brasil, o país apresenta registros de pesquisas climatológicas de nível aprofundado a partir da década de 1940, especialmente após a criação do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 1936.

Monteiro (2001) comentando sobre as questões que envolvem os estudos climáticos em regiões tropicais afirma que os países em desenvolvimento da zona tropical apresentam uma natureza muito peculiar; estruturas socioeconômicas agrícolas em estreita ligação com as condições naturais; uma posição dependente no contexto de mundial e um crescimento populacional acelerado na segunda metade do séc. XX.

A atmosfera não é uma simples fronteira passiva que só "envolve" e protege a Terra, mas também participa dos mecanismos de auto-organização, assumindo um papel de fluxo ativo na dinâmica de nosso Planeta. Esta camada que compõe nosso planeta apresenta um padrão complexo de dinâmicas coletivas instáveis (dinâmica

atmosférica geral) associados a comportamentos singulares estáveis (climas/dinâmicas regionais/locais) interconectantes (CARACRISTI, 2007).

Para compreender o fenômeno da auto-organização precisamos, em primeiro lugar, compreender a importância do padrão. O estudo do padrão tem importância fundamental para a compreensão dos sistemas porque as propriedades sistêmicas surgem de uma configuração de padrões ordenados (CARACRISTI, 2007).

O conceito de "ritmo" leva implicitamente, ao conceito de "habitual", sendo que os extremos estão associados às variações e desvios resultantes de diferentes graus de distorção. O ritmo climático é compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima (precipitação, temperatura, ventos, radiação, nebulosidade), (MONTEIRO, 1971).

Os elementos necessitam de análises em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional. Nesta escala geradora os estados atmosféricos se sucedem e constituem o fundamento do ritmo (MONTEIRO, 1971).

A sucessão habitual e a noção de ritmo dentro da geografia do clima estão muito mais firmadas na questão do dinamismo climático do que apenas em uma essência. É na análise e no contato com os dados climáticos a nível de mesoescala que podemos notar toda a dinamicidades dos elementos climáticos em relação aos fatores condicionantes (MONTEIRO, 1969).

Os padrões ordenados podem ser percebidos nos tipos de tempo e na concepção de ritmo climático. Segundo Monteiro (1971). A análise rítmica se baseia na noção de tempo atmosférico e se expressa no espaço geográfico na escala regional. O ritmo é o encadeamento, sucessivo e contínuo, dos estados atmosféricos e suas articulações no sentido de retorno aos mesmos estados (MONTEIRO, 1975)

De acordo com Caricristi (2007) os tipos de tempo são os padrões fundamentais da análise rítmica, os padrões móveis da sucessão; o ritmo é o padrão essencial que sincroniza e revela as conexões espaço-temporais.

Os mecanismos de circulação atmosférica, partindo de centros de ação ou unidades celulares, individualizam-se em "sistemas" que se definem sob a influência de fatores geográficos continentais e se expressa regionalmente através do ritmo da sucessão dos tipos de tempo (MONTEIRO, 1971).

Segundo Torres e Machado (2008) a análise rítmica na climatologia despreza valores médios sobre a atmosfera, pois se propõe a uma leitura mais criteriosa dos

dados de variação dos elementos do clima, tais como temperatura, umidade, pressão atmosférica, ventos, nebulosidade e a atuação de massas de ar.

Construir uma análise têmporo-espacial sobre as múltiplas interações entre a sociedade e a natureza é uma tarefa complexa e necessária tendo em vista que condicionantes como a disponibilidade de informações, a facilidade ou não de acesso, os recursos disponíveis e a ligação do lugar com o pesquisador influenciam na discussão.

Uma das características da análise geográfica e, por extensão, da análise climatológica, é o trânsito entre os diversos níveis escalares. Isso não significa que essa discussão não esteja presente em outros campos disciplinares, como na meteorologia (sistemas atmosféricos), biologia (ecossistemas), entre outras áreas (JARDIM, 2015).

A contribuição da geografia e da climatologia para o uso do conceito de escalas se dá especialmente nas relações que o objeto de estudo estabelece com objetos no mesmo nível escalar (organização funcional) e em níveis escalares diferenciados (hierarquia). Esta conexão entre os níveis escalares gera sistemas interiores aos sistemas e reforça a ideia de ordenação. (JARDIM, 2015).

Os subsistemas ou os “sistemas embutidos no interior de sistemas” que levam a uma hierarquia de relações ou de sistemas, tanto dos fenômenos naturais quanto antrópicos, estão profundamente presentes nas obras de Monteiro (1976; 1978; 1980; 1991; 2000) de modo que o autor investe na arborescência como insumo fundamental para a compreensão dos níveis multiescalares do clima.

A escala é uma das categorias fundamentais nos estudos de Análise Ambiental e em especial na Climatologia Geográfica. Este conceito perpassa por campos distintos tais como, a escala cartográfica, a espacial ou geográfica e a ecológica. Em áreas como a Ecologia, a adoção do termo “escala espacial” é pacífica, ao menos do ponto de vista metodológico (OLIVEIRA e ROMÃO, 2021).

Em Climatologia, a escala espacial é marcada pela ausência de rigidez na definição e trabalha-se com os conceitos de níveis de interação e ordens de grandeza. O fato de a atmosfera ser um fluido que está sujeito concomitantemente às forças externas ao planeta e aos fatores de superfície da Terra contribui para a negação de uma definição simples dos fenômenos climatológicos.

Como um sistema integrado à sociedade, o clima possui escalas sugeridas para a sua análise que possuem relação com a interferência ou não da humanidade

na dinâmica climática e a integração com fatores de interferência externa aos climas existentes no planeta.

A atuação antrópica na dinâmica dos sistemas climáticos precisa corresponder a uma ordem de influência que parte das escalas inferiores para as superiores, enquanto a caracterização climática é regida das escalas superiores para as inferiores, (MONTEIRO,1978). Dessa forma, o homem passa a ser visto como elemento catalisador, capaz de introduzir *feed-backs* regeneradores e auto-reguladores do sistema correspondente a cada escala.

A espacialização dos eventos climáticos é direcionada pelo campo de atenção da pesquisa climatológica a ser realizada. A escala de atuação de fenômenos atmosféricos e a importância de cada um deles poderá definir o interesse de estudo. A discussão das escalas do clima é central e fundamental para a utilização de métodos, propostas e práticas cabíveis ao determinado nível de interação. Segundo Ayoade (1988) o clima pode ser dividido em três grandes níveis interativos, a saber:

- Macroclimatologia: leva em conta o clima em amplas áreas da terra e com os sistemas atmosféricos que alteram o clima em escala global. Ex: El Nino, Oscilação decadal do Pacífico;
- Mesoclimatologia: relacionada às atuações do clima em áreas relativamente pequenas, de 10 a 100 km de largura. Ex: Região Metropolitana de Belo Horizonte;
- Microclimatologia: São os estudos voltados para a atuação da atmosfera logo acima da superfície terrestre e de áreas menores que 100 metros de extensão. Ex.: Ruas, edifícios, vertentes.

Ribeiro (1993) descreve cinco ordens de grandeza para o clima, as quais são: o clima zonal, o clima regional, o mesoclima ou clima local, o topo-clima e microclima.

Monteiro (2001) afirma que a escala zonal, na qual os componentes naturais externos e internos ao sistema terra-atmosfera têm correlação direta, imprime um caráter generalizador ao comportamento climático.

O clima Zonal se dá por meio da distribuição latitudinal da radiação solar e envolve a curvatura da Terra e a inclinação do seu eixo em relação ao seu plano de Eclíptica. Os fenômenos apresentam extensão horizontal de 1000 a 5000 quilômetros

e verticalmente se expandem a toda atmosfera, podendo seus fenômenos durarem de uma semana a seis meses.

Os registros de elementos climáticos pressão, ventos, precipitação, radiação e temperatura devem ser coletados em uma dimensão temporal, se possível, de no mínimo 30 anos de observações. A representação cartográfica deve priorizar o uso de atlas planisféricos, cartas de ventos e pressão atmosférica e de parâmetros hídricos e energéticos que possam apontar a circulação geral da atmosfera, (RIBEIRO, 1993).

Como exemplo de condicionantes do clima zonal e sua repercussão pelo planeta está a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP). Mantua et al. (1997) descreve o comportamento da temperatura da superfície do Oceano Pacífico a partir de uma definição de variação decadal do clima. Os eventos de ODP duram de 20 a 30 anos.

A gênese da ODP ainda não foi definida, nem os seus resultados foram explicitamente concluídos. Contudo, como o Oceano Pacífico, ocupa 1/3 da superfície terrestre é de grande relevância considerá-lo como elemento primordial para as variabilidades climáticas interdecadais.

Em sua fase positiva, a ODP, aumenta a tendência de um maior número de eventos de El Niño e consecutivamente a elevação das temperaturas no Sudeste brasileiro. Já na fase negativa da ODP, há maior relação com os eventos de La Niña e a queda da temperatura da região Sudeste.

O encontro dos ventos alísios na latitude 0° consegue acumular um maior volume de água na borda oeste do Pacífico Sul em condições normais, gerando maior concentração de energia nas águas ocidentais deste oceano e ressurgindo água fria na borda oriental.

Em situações de El Niño, há um enfraquecimento dos alísios, tornando a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) mais equilibrado entre as costas oeste da América e Leste da Oceania e sudeste asiático. Nos eventos de La Niña, os ventos alísios ganham força e intensificam ainda mais o desequilíbrio térmico nas duas bordas do Pacífico sul.

El Niño e La Niña são eventos atmosféricos que trazem influência zonal, sendo que a repercussão dos fenômenos é intensa em todo o planeta. No que diz respeito ao El Niño, a estratificação da temperatura das águas do Oceano Pacífico com o aquecimento oceânico na costa oeste da América do Sul, interfere longitudinalmente na localização dos sistemas atmosféricos relacionados à circulação da célula de

Walker e traz para o sudeste do Brasil tipos de tempos mais quentes devido ao fortalecimento do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) localizado à leste do território brasileiro.

Com relação ao La Niña, o fenômeno é a intensificação da situação normal da temperatura do Pacífico na qual há um desequilíbrio térmico entre a borda leste e oeste na porção meridional deste oceano. Esta condição traz para o sudeste a queda das temperaturas. O ASAS perde forças com a atuação do La Niña e favorece a incursão de frente frias para latitudes menores influenciando no arrefecimento do ar.

Segundo Mantua et al. (1997), fenômenos como a ODP, o El Niño e a La Niña provocam uma sequência anual de tipos de tempos entre as estações. Esta sequência resulta numa série de comportamentos horários, diários e mensais que somados a períodos decadais formarão um intervalo onde houve tendência exclusiva.

Molion (2005) apresenta diversos componentes naturais dinâmicos de ordem zonal que influenciam na variabilidade do clima em séries históricas e no comportamento das chuvas, como os ciclos lunares (a cada 18,6 anos), os ciclos de El Niño/oscilação sul, (ENOS) com intervalos de 22, 11, 6 anos ligado às Oscilações Decadais do Pacífico (ODP) e à Temperatura da Superfície do Mar (TSM); as manchas solares como no atual ciclo de Gleissberg; o albedo planetário intensificado por intensas erupções vulcânicas; os raios cósmicos galácticos (RCG) que ampliam a concentração de núcleos de condensação (NC's) e assim aumentam as chances de precipitação.

Segundo Hathaway (2010) a atividade solar, por exemplo, diminui e aumenta com um ciclo de 11 anos e afeta o planeta de várias maneiras. As atividades solares quando aumentam intensificam a emissão de raios ultravioleta e raios-x e podem gerar efeitos dramáticos na alta atmosfera.

De acordo com Roe (2006) as variações de órbita (excentricidade), inclinação (obliquidade) e precessão da Terra denominada Ciclos de Milankovitch são fundamentais para definir o volume de gelo no planeta e dos gases ali armazenados e consecutivamente o clima de todo o Planeta.

De acordo com Ribeiro (1993), o clima regional é gerado pela modificação da circulação geral da atmosfera por meio da interferência de fatores de superfície tais como a distribuição das áreas continentais e oceânicas, as formas dos continentes, as correntes marítimas; a rugosidade dos continentes e a maritimidade e continentalidade.

Junto a esses fatores de natureza geográfica, os de natureza dinâmica também se estruturam num sistema de circulação atmosférica secundária, representada por um conjunto de perturbações sinóticas que passam a atuar em diferentes épocas do ano, (JESUS, 2008).

Essas correntes secundárias são resultantes da instalação de pequenos centros de ação (núcleos ciclônicos e anticiclônicos), que atuam na dinâmica do tempo e do clima regional ao longo do ano (JESUS, 2008).

Os fenômenos climáticos no nível regional possuem extensão de 150 a 2500 quilômetros e delimitação vertical na tropopausa. A duração dos fenômenos pode variar entre 1 a 30 dias, (RIBEIRO, 1993).

A abordagem deste nível climático deve priorizar o ritmo da variação anual, sazonal e mensal dos elementos do clima que representam a passagem e dinâmica dos centros de ação. O material cartográfico deve ser baseado nas cartas sinóticas e analisados de acordo com a dinâmica dos dados coletados nas estações climatológicas de superfície, que em situação ideal deve sempre apresentar dados de normais (30 anos ou mais), (RIBEIRO, 1993).

Esta escala é o ponto de partida desta pesquisa em interação com as escalas superiores e inferiores a ela. Portanto, utilizando as observações de Jesus (2008), quanto à mesoescala climatológica na qual o clima regional está inserido é preciso detalhar mais informações sobre tal ordem de grandeza, (Figura 1).



**Figura 1** - Representação da organização do clima regional e da mesoescala e seus métodos de análise. Fonte: Jesus (2008). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

É a partir do nível da mesoescala em direção às escalas inferiores do clima, que se percebe as correlações mais complexas e mais interativas entre o sistema climático e a sociedade, (JESUS, 2008).

A mesoescala se dá pela modificação da circulação atmosférica regional podendo ser provocada pela superfície ou potencializar por si só as propriedades da circulação regional. A influência da superfície é ativa, como na orografia gerada pelas montanhas, (RIBEIRO, 1993).

O relevo é um fator de superfície extremamente importante na dinâmica dos elementos climáticos pois interfere na circulação dos ventos, na exposição de radiação das vertentes, armazenamento de umidade e de calor. Sendo assim, o relevo modifica o clima regional, provocando a constituição de um local, (RIBEIRO, 1993).

Fialho (2009) em pesquisa na cidade de Viçosa em Minas Gerais, aponta que a Topografia implica em uma maior ou menor interação com os raios solares ao longo do ritmo climático diário. Os vales voltados para o quadrante norte, no hemisfério sul, armazenam energia durante o dia e pela noite a perda de radiação cria um núcleo homogêneo de temperatura.

Neste nível de interação, a influência antrópica se dá de duas formas: a partir da mudança das características de uso e ocupação do solo e por meio da emissão de particulados na atmosfera. Estes dois impactos antrópicos se exemplificam melhor sobre as cidades e no nível aprofundado de urbanização dentro da área dos municípios.

Não há um padrão de espacialização pré-determinado para este nível de interação. Existem trabalhos que consideram de 1,5 a 800 quilômetros de extensão horizontal e outros de 15 a 150 quilômetros. O limite vertical neste caso é a Camada Limite Planetária, entre 1200 e 2000 metros de altura, (RIBEIRO, 1993).

A duração dos estados atmosféricos varia de 12 horas a uma semana pois correspondem a sucessão de sistemas e subsistemas atmosféricos e a reprodução de tipos de tempo que duram no mínimo 12 horas. Neste sentido, o método mais adequado é a análise rítmica que correlaciona os tipos de tempo com a variação dos elementos climáticos coletados nas redes de coleta de dados em superfície, (RIBEIRO, 1993).

Os topoclimas são uma variação do clima local correspondente a interação da radiação solar com as diversas exposições das vertentes no relevo durante o dia. Para cada hemisfério e latitude esta interação segue uma tendência e intensidade, (RIBEIRO, 1993).

Durante a noite, a advecção nas áreas de relevo movimentado provoca situações de grande fluxo de ar gerando padrões de circulação terciária. No Brasil é

comum, no inverno, em condições de estabilidade atmosférica, a ocorrência de geadas e nevoeiros que constituem importantes fenômenos agroclimáticos, (RIBEIRO, 1993).

As condições atmosféricas estáveis se mostram as mais adequadas para a identificação dos topoclimas. A extensão horizontal neste caso, varia de 0,5 a 5 quilômetros e verticalmente de 50 a 100 metros, que coincidem com o Limite Superficial no qual se limita a transferência de calor por condução e a força de atrito da superfície em relação ao direcionamento dos ventos de superfície, (RIBEIRO, 1993)

A coleta de dados atmosféricos para os topoclimas deve ser em escala horária e realizadas por aparelhos não convencionais. Os dados precisam apresentar informações pertinentes ao balanço de energia, transferência de umidade, massa e momentum valorizando o ritmo diário e noturno. O mapeamento de declividades e exposição de vertentes é fundamental para a definição de topoclimas, além da leitura integrada com a composição da vegetação na área estudada, (RIBEIRO,1993).

O microclima é o clima mais próximo dos indivíduos. A imprecisão da relação escalar dos microclimas é comum na bibliografia. Fatores como a microrugosidade, a cor e a textura das superfícies, as edificações e a vegetação influenciam as trocas energéticas que modificam o ar circundante e definem os microclimas, (RIBEIRO,1993)

As alterações microclimáticas são de caráter qualitativo, ou seja, o estudo microclimático está relacionado neste caso, diretamente às condições de vida da população urbana e das características do ar dentro de áreas florestais (TARIFA E ARMANI, 2000).

Segundo Geiger (1990), a microclimatologia se propõe a discutir as interações entre superfície e atmosfera em uma camada limite de dois metros de altura, esse seria o limite vertical para a análise microclimatológica. Alguns autores tentaram discutir um limite horizontal dos microclimas, contudo a grande divergência de opiniões veio reafirmar que nesta escala o clima precisa ser tratado segundo a natureza da superfície que lhe dá origem.

A extensão horizontal dos microclimas pode variar de 0,1 a 10 quilômetros. O entendimento dos microclimas tem como base o balanço de energia e as características de superfície. Para a coleta de dados deste nível de interação é preciso uma instrumentalização específica de alta sensibilidade, (RIBEIRO, 1993).

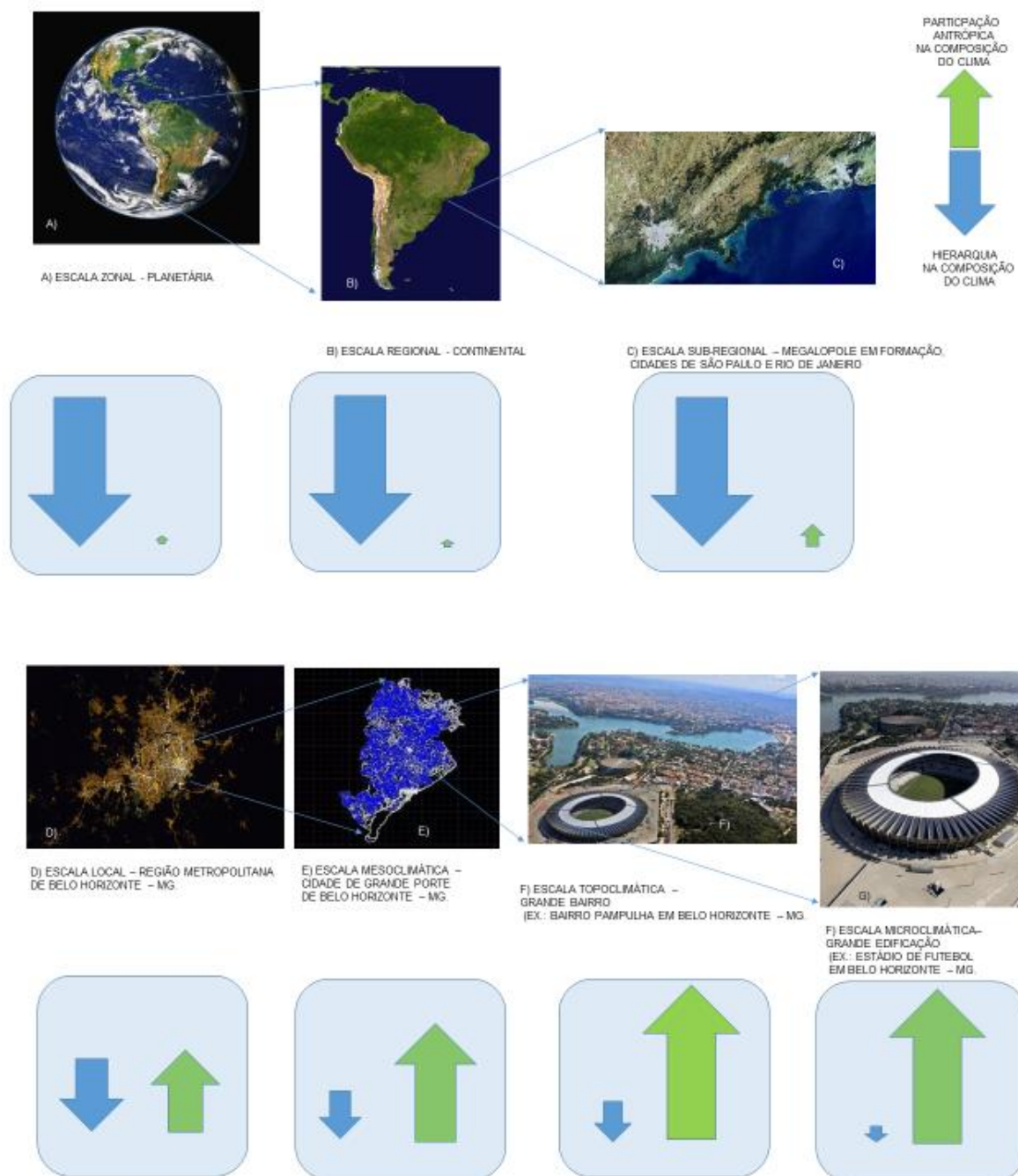
Monteiro (1976) propôs uma categoria taxonômica com respeito à organização geográfica do clima de acordo com unidades de superfície e escalas cartográficas de tratamento, além de técnicas específicas de abordagem. Segundo o referido autor, são sete as escalas climáticas (Tabela 1).

**Tabela 1:** Categorias taxonômicas de organização geográfica do clima

Ordens de grandeza (CAILLEUX E TRICART)	Escalas de tratamento	Espaços Climáticos e urbanos	Estratégias de abordagem		
			Meios de Observação	Formas de Organização	Técnicas de Análise
II	1:45.000.000 1:10.000.000	Zonal	Satélites Nefanálise	Latitude / Centros de ação atmosférica	Caracterizaçã o geral comparativa
III	1:5.000.000 1:2.000.000	Regional	Cartas sinóticas – Sondagens aéreas	Sistemas meteorológicos / circulação secundária	Redes e transectos
IV	1:1.000.000 1:500.000	Sub-regional (fácies) Megalópole	Rede meteorológica de superfície Posto metereológico / rede complementar	Fatores geográficos regionais	Mapeamento sistemático
V	1:250.000 1:100.000	Local (Região Metropolitana)	Registros móveis (episódicos)	Integração geocológica / ação antrópica	Análise Espacial
VI	1:50.000 1:25.000	Mesoclima (Cidade Grande) Topoclima (Subúrbio de Cidade)	(detalhe)	Urbanismo	Especiais
.	1:10.000 1:5.000	(Microclima) Grande edificação	Bateria de instrumentos especiais	Arquitetura	
.	1:2.000			Habitação	

Fonte: Adaptado de Monteiro (1976). Elaboração. Heli Cassio Monteiro.

A leitura e interpretação dos fenômenos climáticos e seus desdobramentos depende diretamente da escala do clima a ser pesquisada. Esta tarefa é demasiadamente complexa devido ao fato de que há uma interconexão entre as escalas e nenhum evento deve ser analisado separadamente, (Figura 2).



**Figura 2:** Representação das escalas do clima e seus níveis de interação. Fonte: Monteiro (1976). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A importância dada pela Climatologia geográfica para a percepção dos diferenciados processos existentes em cada escala ou nível de grandeza se dá valorização das interações objeto-objeto e objeto-escalas. No mesmo nível escalar, a funcionalidade de cada elemento climático e sua relação com os fatores do clima acaba determinando unidades específicas o que demanda métodos direcionados.

Com relação a interação dos elementos climáticos (objeto de estudo) em níveis escalares diferenciados, a hierarquia do clima se apresenta das escalas

superiores (macroclima) para as inferiores (mesoclima e microclima). Esta imposição já não ocorre no caminho inverso das escalas, que são suprimidas pelos eventos e sistemas zonais.

## 2.2 O clima e o relevo

No que diz respeito às ordens de grandeza regional e local, o relevo apresenta interferência direta pois os fatores de superfície são mais intensos em sua influência climática nas escalas inferiores. Por definição, as condições de latitude e incidência da radiação solar são condicionantes que determinarão a interação entre a rugosidade de relevo e a atmosfera.

O relevo é, sem dúvida, um dos fatores de maior interferência e influência climática quando se estuda as interações superfície-atmosfera. A dinâmica dos sistemas atmosféricos pode ser influenciada pelo relevo nas várias escalas e ordens de grandeza do clima.

Quanto à gênese das chuvas, o relevo apresenta um papel orográfico fundamental. Mendonça e Danni-Oliveira (2007) definem as chuvas orográficas como uma barreira à livre advecção do ar e uma forçante à ascensão dos ventos. A subida de ar quente e úmido leva ao resfriamento do ar por descompressão que conduz a saturação do vapor e à formação de nuvens estratiformes e cumuliformes e a consequente precipitação.

Nimer (1979) comenta que a topografia no Sudeste provoca maiores precipitações pois aumenta a turbulência do ar pela ascendência topográfica, muito comum durante a passagem de correntes perturbadas.

A ascendência orográfica é dada aos relevos que obrigam o ar a se elevar e conseqüentemente perder temperatura segundo o gradiente térmico adiabático de expansão, ou seja 1 °C por 100 m, portanto, 0,4°C a mais que o gradiente térmico real, que é de 0,6°C por 100 m. As fortes precipitações à barlavento das cristas são dadas por este mecanismo. Enquanto isso, na vertente à sotavento o processo é justamente o oposto, ar se aquece na descida segundo o gradiente adiabático de compressão, na mesma proporção, constituindo o fenômeno conhecido por efeito de Foehn. Nimer (1979, p. 268).

A ascensão e a queda do ar diante das barreiras orográficas presentes em superfícies resultantes de formações geomorfológicas diversas, produz situações de instabilidade e estabilidade atmosférica, a este fenômeno dá-se o nome de Efeito Föhn ou Foehn, fazendo referência ao secador de cabelo em alemão. O ar

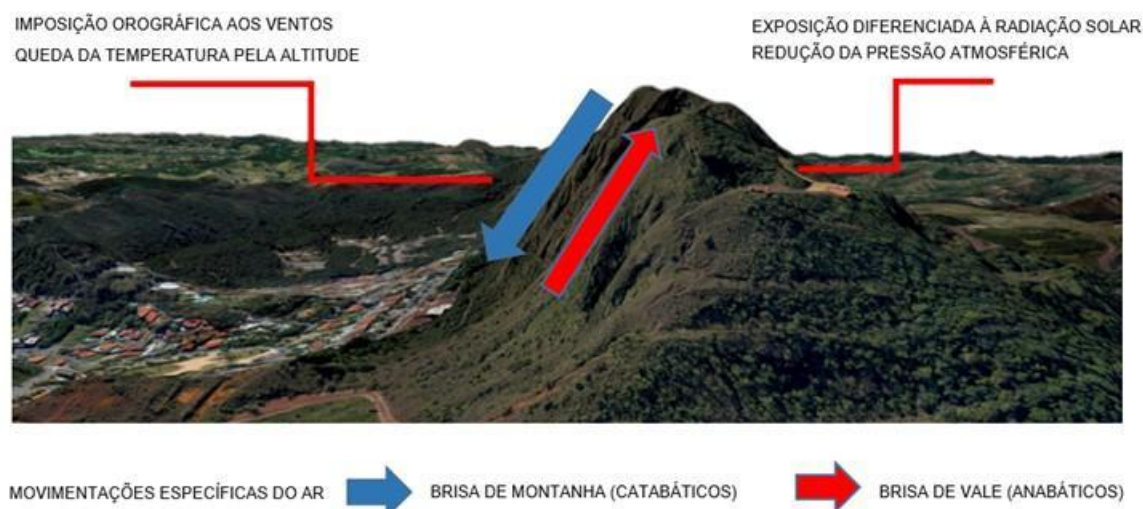
descendente (sotavento) no lado oposto da subida sofre compressão adiabática reduzindo a umidade e apresentando maior temperatura (processo que ocorre em regiões de cadeias montanhosas, onde a corrente de vento flui em uma direção específica), (LILLY e ZIPSER, 1972).

Chou (1998) identificou variações de 300hPa em um evento orográfico na Cordilheira dos Andes comparando a pressão atmosférica no topo de uma seção da cordilheira no norte da Argentina (500hPa) com sua porção à sotavento à oeste (800hPa). Estes ventos na Cordilheira dos Andes são denominados Zonda. A situação de menor pressão atmosférica resulta em chuva, ao passo que o aumento da pressão se associa ao tempo seco.

O efeito orográfico pode, portanto, ser um impulsionador à maior nebulosidade e à queda de pressão atmosférica de acordo com sua atuação. Ma et al. (2020) ao discutir sobre eventos de precipitação severa na China concluiu que ventos fortes e tempestades com granizo são mais comuns nas montanhas e as chuvas de curta duração ocorrem com mais frequência nas planícies. Esta dinâmica diz respeito à variação da pressão e ventos formando condições termodinâmicas que, em consonância com o relevo, são produtoras de chuva no Norte da China.

Para o nível de grandeza local, Ayoade (1988) define dois sistemas de circulação do ar, as brisas marítimas e terrestre e os ventos de vale e montanha. Sobre os ventos de vale e montanha, estes resultam do aquecimento diferenciado das superfícies destes ambientes que são as vertentes e os fundos de vale. A maior exposição à radiação das vertentes faz com que sua superfície se aqueça durante o dia, expandindo a camada de ar junto e provocando uma variação de pressão e a subida do ar em direção ao topo, também chamado de vento de vale ou anabático.

Já durante a noite, o resfriamento das encostas é maior, provocando a descida do ar mais frio e denso, gerando as chamadas brisas de montanhas ou ventos catabáticos, (MENDONÇA E DANNI-OLIVEIRA 2007). Este movimento do ar pela noite em áreas de maior rugosidade da superfície pode ser condicionante de inversões térmicas nos vales, favorecendo assim a concentração de poluentes na baixa troposfera, (AYOADE, 1988), (Figura 3).



**Figura 3:** Representação das influências do relevo no comportamento do ar em escala local. Fonte: Google Earth (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Segundo Santos e Reboita (2018) as brisas de vale e de montanha podem se inverter quando se leva em consideração uma circulação mais afastada das elevações. Em níveis mais afastados da superfície, a brisa de montanha para o vale será o contrário, do vale para a montanha.

Além disso, o relevo pode condicionar fluxos advectivos por meio da canalização promovendo neste caso trocas de calor e massa, já que em determinadas rugosidades a situação dos vales é bastante pronunciada.

Jardim et. al. (2019) encontrou variações significativas na distribuição de chuvas na porção meridional da Serra do Espinhaço, especificamente entre os municípios de Belo Horizonte, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro. Estas variações de precipitação estão associadas ao relevo, à latitude e ao efeito da continentalidade.

A exposição de vertentes à insolação, tanto em sua altimetria quanto declividade e orientação indica a intensidade da irradiação solar sobre determinada localidade ou região dependendo da extensão dos fatores de superfície. Mendonça (1995) ressalta que a altimetria, a declividade e a orientação de vertentes são fundamentais para o balanço de energia em determinada área, podendo ser utilizadas para definir unidades topoclimáticas.

Geiger (1990) denomina o clima das vertentes como o “clima das exposições” e define que as áreas inclinadas podem receber mais ou menos radiação do que as áreas planas. Armani (2009) descreve que as vertentes voltadas a norte recebem mais

insolação no hemisfério sul e menos irradiação no hemisfério norte, o que pode influenciar também nas condições da umidade.

De acordo com Oke (1978) as características de temperatura, umidade, quantidade de material particulado, velocidade e direção dos ventos sofrem interferências das descontinuidades do terreno e topografia da superfície. Essas descontinuidades, quando aumentam, alteram o fluxo dos ventos levando-os sempre em direção à menor pressão.

A queda de temperatura de acordo com a altitude está relacionada às trocas de energia e ao movimento vertical do ar. Quanto aos fatores energéticos, se fazem presentes a liberação de calor latente por condensação, a transferência de calor sensível pelo solo e o movimento horizontal de massas de ar frio ou quente, (BARRY E CHORLEY, 2013).

O gradiente de redução vertical da temperatura na troposfera é de  $6,5^{\circ}\text{C/km}$ , sendo que há variações significativas de acordo com a latitude, localização e sistemas atmosféricos atuantes. Por exemplo, nos primeiros 2 km da atmosfera esta variação é  $-5^{\circ}\text{C/km}$ , entre os 4Km e 6Km, há uma queda de  $-6^{\circ}\text{C}$  e nas altitudes entre 6 e 8 km esta queda chega aos  $-7^{\circ}\text{C}$ . Em condições de inversão térmica na baixa troposfera, estas condições de queda de temperatura são anuladas e até mesmo revertidas em maiores temperaturas no topo das montanhas (BARRY E CHORLEY, 2013).

### 2.3 Uso do solo e Clima Urbano

A multifacetada gama de superfícies do planeta terra interage com a atmosfera de diversas formas. A camada limite planetária possui 1Km de espessura em média, podendo variar de 20 metros de altura até vários quilômetros em determinados locais. Os processos de difusão mecânica e convectiva transportam massa, momento, energia e trocas de substâncias químicas entre a atmosfera superior e a superfície terrestre. Esta camada apresenta uma forte tendência de aquecimento diurno e resfriamento noturno e a diminuição da velocidade dos ventos devido ao atrito (BARRY E CHORLEY, 2013).

Com relação ao balanço de energia na camada limite planetária é preciso levar em conta que este é um processo que envolve a radiação de ondas curtas incidentes, que depende diretamente da estação do ano e da latitude envolvida; da fração

correspondente ao albedo da superfície, e das características de comportamento térmico das superfícies; e do saldo de radiação emitida de ondas longas, (BARRY E CHORLEY, 2013).

Em estudo realizado no deserto de Neguev, Kidron et. al. (2000) identificou e analisou a precipitação de orvalho em uma pequena bacia hidrográfica. Foi constatado pelo autor que a movimentação advectiva na camada de ar próxima ao solo consegue criar condições de umidade, temperatura e pressão atmosférica capazes de produzirem precipitações de orvalho até mesmo após o nascer do sol. O fator relevo é, neste caso, responsável por favorecer a recarga hídrica responsável pela vida em pequenos ecossistemas mesmo em uma área desértica.

Zhang e Huang (2004), em estudo no deserto de Gobi, concluíram que a condensação de vapor de água proveniente dos oásis na atmosfera é capaz de formar uma camada úmida na superfície do solo. A partir desta condensação há certa distribuição de energia e matéria específica para cada um dos ambientes distinguindo claramente o comportamento do ar entre eles. Através das diferenças de superfície, o deserto e o oásis possuem uma tendência de perpetuação nos sistemas naturais.

A areia e as rochas apresentam amplitudes térmicas diferenciadas e penetração diferenciada da radiação. A areia apresenta um albedo<sup>4</sup> de 0,35 e a superfície rochosa basáltica de 0,2. No caso das superfícies aquáticas, a absorção de energia é muito elevada e a absorção da radiação pode alcançar dezenas de metros, (BARRY E CHORLEY, 2013).

Leivas et. al. (2007) em medições no Outono de 2006, encontrou valores baixos de albedo para um lago no estado do Rio Grande do Sul. O albedo médio foi de 0,124 para um tipo de tempo sem nebulosidade e 0,112 para o céu com nuvens. Os valores encontrados corroboraram a influência do ângulo solar e da nebulosidade na resposta da superfície. Os maiores albedos foram registrados no início e fim do dia, momentos nos quais a intensidade da radiação solar é menor.

---

<sup>4</sup> O albedo é responsável pelo balanço de energia nas superfícies do planeta juntamente com a intensidade da irradiação solar incidente, a posição latitudinal e a altitude. O albedo também depende da cor, textura e umidade do objeto e o seu valor varia de 0 (absorção total) a 1 (reflexão total). A grandeza do albedo está, portanto, delimitada ao seu poder ou não de refletividade da irradiação incidente. O maior albedo é encontrado nas superfícies claras e a absorção é mais relevante em objetos de cor escura. Os grandes desertos, tanto os frios quanto os quentes, são responsáveis por uma elevada taxa de albedo na superfície. As florestas, especialmente as tropicais e equatoriais absorvem a irradiação solar intensamente, mantendo um equilíbrio fundamental para a temperatura média da Terra que junto ao efeito estufa mantém o planeta nos seus 15°C.

As superfícies vegetadas interferem, além de outros componentes, nas condições de temperatura, velocidade do vento, no vapor d'água e do dióxido de carbono na baixa troposfera. A resposta da vegetação à radiação é diferenciada de acordo com o porte da vegetação. Nas florestas, o topo elevado das árvores e sua estratificação representam obstrução física às trocas de radiação e escoamento do ar, (BARRY E CHORLEY, 2013).

A vegetação também é uma poderosa barreira ao vento, podendo ser responsável por reduções de mais de 10 vezes em regiões florestadas se comparada à velocidade do vento em áreas desflorestadas. Tais fatores dependem das espécies e a largura dos troncos, da topografia da região e da idade da formação florestal (BARRY E CHORLEY, 2013).

Quanto às condições de umidade do ar, a evaporação do solo da floresta se deve por alguns fatores, tais como: a elevada umidade do ar (favorecida pela evapotranspiração do próprio estrato), a redução da radiação solar direta no interior, menor velocidade do vento que evita trocas advectivas de calor e a menor temperatura máxima. Além disso as formações vegetais são interceptadoras das chuvas em direção ao solo, (BARRY E CHORLEY, 2013).

O comportamento mais conhecido da vegetação com relação à temperatura é a diminuição das máximas e a ampliação das mínimas. A presença de maior umidade no ar dentro dos estratos florestais permite uma menor amplitude térmica. Este comportamento é mais complexo nas florestas tropicais pois nestas o aquecimento do ar circundante ao dossel e ao sub-bosque se dá de maneira mais intensa do que nos estratos inferiores de superfície, (BARRY E CHORLEY, 2013).

Monteiro (2013), em pesquisa realizada na Estação Ecológica da Universidade Federal de Minas Gerais, identificou cinco unidades climáticas a partir das análises de uso da terra e dados de campo que mediram temperatura e umidade nos vários tipos de formação vegetal na área da estação. As condições fito-fisionômicas de cada formação, bem como os aspectos do relevo como altitude e exposição à radiação solar foram fundamentais para a definição das unidades.

Armani (2004) identificou padrões de comportamento do ar muito distintos em uma área florestal no estado de São Paulo. Essa distinção ocorreu entre as medidas registradas por sensores instalados a dezenas de metros uns dos outros. Concluiu-se, portanto, que há uma influência topoclimática e microclimática direta para a

camada limite da troposfera em interação com a superfície quando esta apresenta formação vegetais de porte considerável.

Jin, Guo e Xia (2013) através da coleta de informações de estações meteorológicas e de imagens remotas conseguiram identificar padrões de evapotranspiração na bacia Qaidam no Tibete e discutir seus fatores controladores. Os autores conseguiram classificar os fatores correlatos entre diferentes usos e ocupação da terra com o nível freático e a capacidade de evapotranspiração em diferentes regiões da bacia.

Ribeiro (1981) identificou que dentro das formações florestais de eucalipto em Minas Gerais existiam variações de comportamento da temperatura e da umidade conforme a altura do estrato florestal. Próximo à superfície, o ar respondia melhor às trocas de energia entre superfície-atmosfera, diferentemente das copas das árvores que em medição representavam melhor as condições sinóticas da região onde foi feita a pesquisa.

Conter o desmatamento e fornecer bases científicas que valorizem a importância da vegetação para os vários sistemas ambientais (litosférico, atmosférico) é fundamental nos projetos preservacionistas. O reflorestamento tem se mostrado um grande aliado na mitigação dos problemas relacionados à poluição ambiental.

Sendo o espaço de maior transformação humana, os centros urbanos geram variadas consequências para o meio ambiente bem como para a própria população ali residente. Através do conforto, acessibilidade e produção, os equipamentos urbanos e industriais são importantes para a vida social. O mundo urbano de hoje é resultado de aceleradas modificações nas práticas culturais/científicas e econômicas e também cria sua própria identidade socioambiental.

Segundo o site [worldometers.info](http://worldometers.info), no dia 15 de novembro de 2022 a população mundial atingiu o marco de 8.000.000,000 de pessoas. De acordo com a PNUD (2022), 56% das pessoas no planeta Terra vive em áreas urbanas, número que pode chegar aos 68% em 2050.

Foram cerca de 200.000 anos para que as populações humanas alcançassem um bilhão de pessoas e pouco mais de 200 anos para que este número se multiplicasse por oito. A maior parte desta população habita nos grandes centros urbanos de países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos que não possuem estruturas adequadas para uma condição digna de sobrevivência.

Segundo o IBGE (2022) a taxa de urbanização da população urbana brasileira é de 85%. Apenas nas grandes concentrações urbanas (regiões metropolitanas) moram 124,1 milhões de pessoas. A região Sudeste tem 84,8 milhões de habitantes, 41,8% da população do país. Os três estados brasileiros mais populosos - São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro - concentram 39,9% da população brasileira.

As áreas urbanas são os locais mais habitados pelos seres humanos e os impactos ambientais são inerentes a esta localização. Entre estes impactos estão a modificação na composição atmosférica, do balanço de energia e nas características de superfície, (BARRY E CHORLEY, 2013).

Monteiro (2016) identificou em uma microbacia do Rio das Velhas, no município de Sete Lagoas - MG, influências do crescimento urbano no comportamento dos elementos umidade do ar e temperatura. A pressão realizada pela expansão dos bairros periféricos em direção às áreas de preservação é percebida nas variações térmicas e hídricas.

Leão (2008) identificou em Sete Lagoas - MG, diferenças de comportamento da temperatura do ar entre as regiões mais e menos urbanizadas do município. Esta conclusão foi definida a partir da medição de temperatura e umidade relativa do ar em onze abrigos na área do município bem como uma análise de 35 anos de dados (1970 e 2005) coletados na Estação Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada na área rural de Sete Lagoas.

Machado e Assis (2016) atestou a influência dos processos de urbanização e verticalização sobre a camada laminar da atmosfera na porção norte do Município de Nova Lima - MG. O uso do solo potencializou períodos de aquecimento diário e alterou os fluxos de ventos e o a dinâmica da umidade do ar ao longo do ritmo diário. Além destes fatores, a topografia e morfologia têm seus efeitos climáticos influenciados ou potencializados pelo adensamento urbano.

Quanto à composição atmosférica, a poluição altera as propriedades térmicas da atmosfera, diminui a entrada de radiação e fornece núcleos de condensação abundantes. Na atmosfera urbana moderna encontram-se gases como ozônio, dióxido de enxofre, óxido de nitrogênio, além dos particulados como poeira mineral, carbono e hidrocarbonetos complexos, (BARRY E CHORLEY, 2013).

As edificações urbanas implicam na diferenciação da circulação atmosférica na baixa troposfera e na umidade disponível com a supressão de lagos, rios e vegetação por meio de projetos desenvolvimentistas e de ampliação dos corredores logísticos.

Barry e Chorley (2013) apresentam fatores que influenciam no balanço de energia<sup>5</sup> em áreas urbanas:

- A composição atmosférica e os efeitos de absorção de energia via ondas longas emitida pela superfície do planeta.
- O albedo e a capacidade térmica dos materiais da superfície urbana.
- A geometria do cânion das edificações.
- A produção de calor pelo tráfego veicular e pela indústria.
- A redução da difusão do calor pelas mudanças nos padrões de escoamento causados pela rugosidade da superfície urbana.
- A redução na energia térmica exigida para a evaporação e transpiração devido ao caráter da superfície.
- A drenagem rápida e aos ventos com velocidade reduzida nas áreas urbanas.

A circulação dos ventos ocorre de forma mais lenta nos centros urbanos devido à interferência das edificações, gerando turbulência e efeitos canalizantes dos cânions. Somado a isso, a umidade é penalizada pela ausência de grandes corpos hídricos e pelo rápido escoamento superficial gerado pelas estruturas artificiais de uso e ocupação do solo do ambiente urbano, (BARRY E CHORLEY, 2013).

Landsberg (1981) e Monteiro (1976) apontam que a baixa troposfera em suas camadas inferiores nas regiões urbanizadas seria, a partir da interação com a radiação solar, formadoras do clima urbano.

Oke (1978) traz uma perspectiva dimensional para essa atmosfera especial que estaria sobre os centros urbanos, quando sugere as duas camadas atmosféricas sobre o ambiente urbano: a Camada de Cobertura Urbana (UCL – *Urban Canopy Layer*) que seria a camada de ar que se estende da superfície até a altura média dos edifícios. A outra camada seria a Camada Limite Urbana (UBL – *Urban Boundary Layer*) que se estende do solo até acima da UCL, onde já se pode apontar as

---

<sup>5</sup> O balanço de energia terrestre é a relação existente entre a quantidade energética de irradiação solar que chega na atmosfera da Terra, atravessa suas camadas, interage com as superfícies do planeta e é posteriormente liberada. A irradiação solar pode ser refletida, espalhada ou absorvida no sistema Terra-Atmosfera. O Sol fornece duas calorias por centímetro quadrado por minuto em uma área sobre a atmosfera terrestre que esteja perpendicular aos raios solares. Apenas um bilionésimo desta energia é absorvida pela Terra, o restante sustenta inúmeros processos naturais no planeta.

influências mesoclimáticas (circulação atmosférica superior). Acima destas duas camadas já se encontram os ventos regionais (Figura 4).



**Figura 4:** As camadas de Cobertura Urbana (UCL); Camada Limite Urbana (UBL) e a posição da circulação atmosférica regional. Fonte: PIXABAY (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

O clima urbano segundo Monteiro (1976) é um sistema com características peculiares, denominado Sistema Clima Urbano e tem suas vias de interação ou canais de percepção a partir de três subsistemas: o termodinâmico, relacionado às variações de temperatura e umidade do ar; o físico-químico, relativo à poluição atmosférica; e o hidrodinâmico, concernente aos eventos de ordem meteórica (chuva, neve, granizo etc.).

Ainda, segundo Monteiro (1976), a análise do clima urbano e de seu funcionamento como sistema complexo precisa levar em conta a relação vital do sistema entre os fatores climáticos específicos desta parcela da atmosfera, os quais são: as formas de relevo, os tipos de uso da terra e a massa do tecido urbano. Tais fatores não podem ser desassociados, pois sua influência é sistêmica e totalmente interativa. É a ação conjunta dos fatores que gera o clima urbano.

Lombardo (1985) discute as implicações que as profundas alterações do homem no meio urbano podem gerar para a atmosfera e segue as definições de Monteiro para este clima, as quais se referem a um sistema: aberto, complexo e em constante adaptação.

Mendonça e Monteiro (2003) retratam que o intenso processo de urbanização e industrialização que modifica e transforma a superfície no ambiente urbano possui uma implicação socioeconômica que vai além da preocupação com o meio ambiente. Essas implicações sociais só podem ser analisadas em pesquisas de clima a partir da ampliação da discussão teórico-metodológica.

Padrões de comportamento do ar, mesmo em situações de modificação da condição natural das características atmosféricas como nas inversões térmicas podem ser alterados pela urbanização e as transformações humanas no espaço natural como analisado por Jardim (2007) e Fialho (2009). As mudanças no balanço de energia e as edificações formam um conjunto diversificado de formas e funções capazes de acentuar ou reprimir condições térmicas e de movimentos advectivos.

O presente trabalho não se propõe a ser uma pesquisa de clima urbano, mas reconhece que a área a ser pesquisada possui importantes centros urbanos na região sudeste do Brasil, a exemplo da metrópole Belo Horizonte. A elevada urbanização e população do estado de Minas Gerais, implicam em impactos na baixa troposfera. A elevada alteração no uso do solo dos espaços urbanos explicitam efeitos que necessitam de acompanhamento e propostas intervencionistas a fim de melhorar a condição de vida das populações.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As práticas metodológicas da pesquisa foram norteadas pela tentativa de percepção integradora entre os sistemas naturais e sociais levando em conta métodos específicos para cada um e respeitando as demandas técnicas de cada escala do clima.

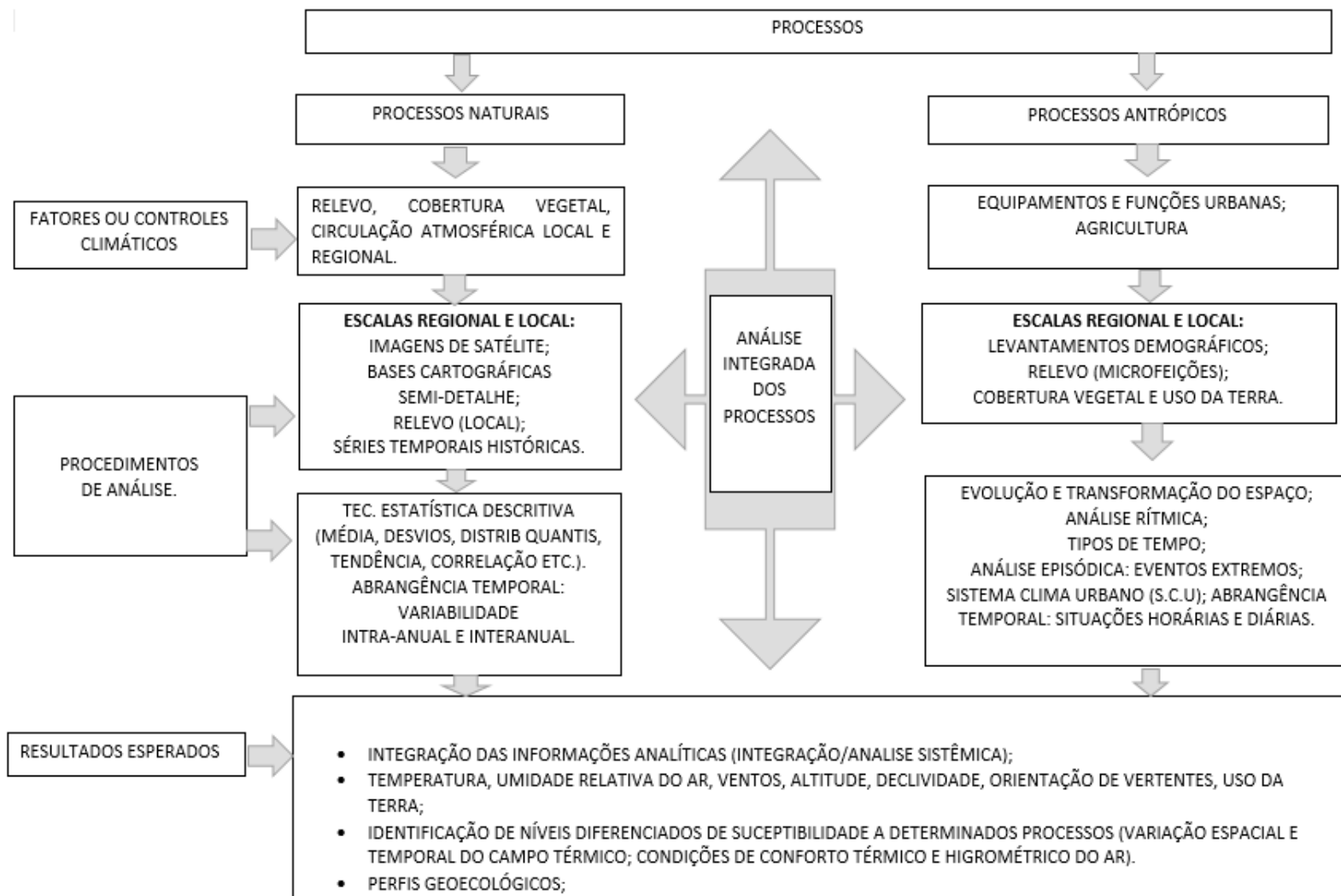
Quanto aos processos naturais foram levados em conta os fatores e controles climáticos, entre os quais estão o relevo, a cobertura vegetal, a maritimidade e a continentalidade e a circulação atmosférica local e regional (massas de ar). Quanto aos processos de análise dos sistemas naturais serão utilizadas imagens de satélite, bases cartográficas, mapas do relevo local e séries temporais históricas de dados climáticos. Para compreender a variabilidade intra-anual e interanual serão utilizadas técnicas estatísticas descritivas.

Com relação aos processos antrópicos foram analisados os equipamentos e funções urbanas (expansão ou retração de áreas com elevada alteração antrópica) e as práticas agropecuárias. Nos procedimentos de análise foram discutidas as escalas regional e local de dados como aspectos demográficos, microfeições do relevo, cobertura vegetal e uso do solo.

Como forma de integração entre os processos naturais e antrópicos foram levados em conta a evolução e as transformação do espaço ao longo das séries históricas (mapas de uso e ocupação do solo), a análise rítmica em escala temporal adequada, os tipos de tempo atmosférico, além da análise episódica de eventos extremos, situações horárias e diárias e a participação do Sistema Clima Urbano na composição climática de determinadas unidades.

Para apresentar os resultados foram utilizados variados elementos gráficos que visam possibilitar uma análise sistêmica dos elementos naturais e antrópicos que constituem o clima da região central do estado de Minas Gerais. A discussão integradora e a elaboração do perfil geoecológico foram baseadas nos trabalhos de Monteiro (2000, 2001, 1978).

Os métodos da pesquisa estão apresentados em um esquema infográfico (Figura 5), onde se encontra o roteiro metodológico da pesquisa. O roteiro é dividido em duas partes, sendo uma voltada para os processos naturais e outra para os processos antrópicos. Apesar da necessidade integradora destes processos, os fatores e os procedimentos envolvidos em cada um deles são distintos.



**Figura 5:** Roteiro metodológico da pesquisa. Elaboração: Heli Cassio Monteiro

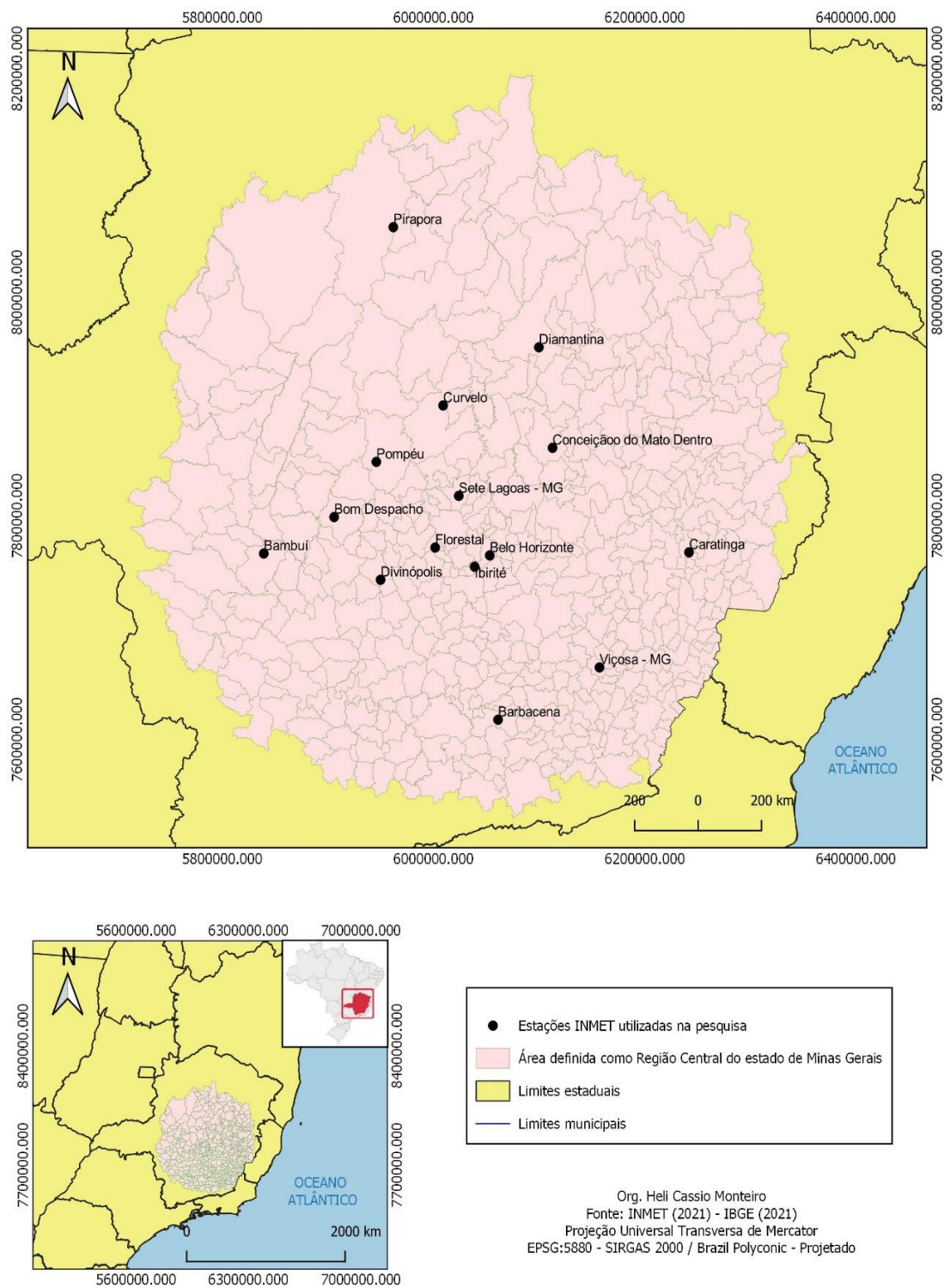
### 3.1 Fonte dos Dados

Para a coleta de dados foram definidas 15 estações meteorológicas que estivessem dispostas na região central do estado de Minas Gerais. Os dados destas estações estão disponíveis no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. O período de coleta das informações se encontra entre o ano de 1961 até o ano de 2021. Os dados pesquisados são: temperaturas máxima, mínima e média compensada do ar, umidade relativa do ar e precipitação.

A escolha da área pesquisada e das estações meteorológicas foi baseada na disponibilidade de informações no BDMEP, nos seguintes fatores de superfície e baseada nos estudos dos seguintes autores:

- As variações de relevo e o efeito da Topografia na dinâmica atmosférica na baixa Troposfera; Ayoade (1988); Mendonça e Danni-Oliveira (2007) e Roldão et al. (2012); Machado e Assis (2015).
- As diferenciações no uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas presentes na região; Azevedo e Tarifa (2001); Assis (2010); Assis (2012); Monteiro (2016); Silva et al. (2017); Jardim e Galvani (2018).
- A elevada população presente na região e sua importância geoeconômica para a dinâmica de fluxos de recursos no estado de Minas Gerais, Nogueira (2003). Neto (2003) afirma que é impossível analisar a dinâmica climática sem levar em conta os interesses político-econômicos que enviesam a tomada de decisões sobre o uso e a ocupação do solo e a emissão de particulados na atmosfera.

A área delimitada como região central do estado de Minas Gerais não corresponde à divisão regional estabelecida legalmente pelos órgãos responsáveis de nível federal e estadual. No primeiro momento, a escolha das estações foi claramente pautada na diversidade de relevo e uso do solo. Posteriormente foi criada uma área que pudesse servir de base cartográfica de análise e representasse a não rigidez dos sistemas climáticos na região (Figura 6).



**Figura 6:** Localização das estações meteorológicas utilizadas como base de dados e delimitação da área de estudo da pesquisa. Fonte: IBGE (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

Toda a coleta de dados da pesquisa presume uma relação com o nível climático regional/local e todas as possibilidades de integração escalar nesta grandeza e dinâmica dos elementos climáticos. A definição das estações escolhidas corresponde a três quesitos básicos: disponibilidade de informações, diversidade de uso do solo e boa espacialização<sup>6</sup> e abrangência de coleta de dados da estação na região estudada.

Este último fator é claramente prejudicado pela posição centralizadora das estações meteorológicas existentes em Belo Horizonte e região metropolitana, fazendo com que a maior parte dos dados estejam concentrados no entorno da capital do estado de Minas Gerais. Neste caso, a abrangência de uma estação meteorológica para os fins da pesquisa é também uma imposição da disponibilidade de dados dos órgãos responsáveis e também da escolha do pesquisador.

### 3.2 Características dos dados coletados

De acordo com Silva et. al. (2017) a utilização de séries temporais históricas do clima exige uma estatística de correção de falhas para que a análise dos dados não possa sofrer algum tipo de comprometimento. O trabalho com séries históricas exige cautela, verificação e correção, levando até mesmo ao descarte de dados devido aos problemas de inconsistência.

Os dados climáticos estão sujeitos a falhas explicadas por diversos motivos, entre eles podemos citar as falhas humanas na leitura dos dados, panes temporárias ou permanentes sem reposição rápida dos equipamentos de mensuração e necessidade de calibração periódica.

Entre as técnicas de verificação e correção de dados, utiliza-se como exemplo o trabalho de Silva et. al. (2017), no qual foram testadas as seguintes técnicas para a correção dos dados a Média Aritmética, a Ponderação Regional, Regressão Linear Múltipla e a Ponderação Regional com base em Regressões Lineares.

Para a análise geral dos dados e a formação de um banco de dados consistente no intuito de registrar, analisar e discutir as condições climatológicas das 15 estações meteorológicas estudadas foram utilizadas primeiramente a média aritmética e o descarte de informações extremamente destoantes das demais. A inconsistência de

---

<sup>6</sup> O termo carrega consigo um esforço de definir uma área que não fosse limítrofe aos municípios onde estão localizadas as estações meteorológicas (fator limitante), mas também não representasse todo o estado de Minas Gerais (demasiadamente abrangente). A escolha de 15 estações algo semelhante, nem limitar e nem expandir, mas atender os objetivos principais da pesquisa.

dados e falhas presenciada em todas as 15 estações apresenta a grande variação de disponibilidade de dados dos sistemas de monitoramento do Instituto Nacional de Meteorologia pelo Brasil (Tabela 2).

**Tabela 2:** Sequência dos dados históricos de cada estação meteorológica analisada entre 1961 e 2021

Estação	Anos com dados disponíveis
Bambuí	1961 - 2021
Barbacena	1961 - 2021
Belo Horizonte	1961 - 2021
Bom Despacho	1981 - 2021
Caratinga	1961 - 2021
C. do Mato	1961 - 2021
Dentro	
Curvelo	1961 - 2021
Diamantina	1961 - 2021
Divinópolis	1996 - 2021
Florestal	1961 - 2021
Ibirité	1961 - 2021
Pirapora	1961 - 2021
Pompéu	1973 - 2021
Sete Lagoas	1961 - 2021
Viçosa	1961 - 2021

Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Os municípios que apresentaram as menores disponibilidades de dados dentro da sequência geral da pesquisa (1961 a 2021 / 60 anos) foram Pompéu (48 anos); Bom Despacho (40 anos) e Divinópolis (25 anos). É importante lembrar que foram identificadas alterações no uso e ocupação do solo nestes municípios na sequência histórica e que os três apresentam características de relevo e topografia condizentes com o objetivo da pesquisa.

A disponibilidade de dados climáticos históricos no Brasil foi um grande trunfo do Estado brasileiro para o monitoramento climático e o fomento à pesquisa no país. Contudo os desafios para se manter uma coleta perene de informações pontuais como as climáticas em um país continental são muito grandes, o que exige melhor tratamento dos dados coletados.

### 3.3 Tratamento dos dados

Após a coleta e o tratamento inicial dos dados meteorológicos das 15 estações pesquisadas foi realizada uma breve discussão envolvendo a relação das informações com as características de relevo, topografia e uso e ocupação do solo na região central do estado de Minas Gerais.

Além dos fatores que norteiam a presente pesquisa, foi realizada também a análise dos dados meteorológicos juntamente com a influência dos seguintes fatores: a) latitude, tomando como referência os ângulos de radiação solar nas estações pesquisadas ao longo do ano; b) a continentalidade e a maritimidade, valorizando a interferência da proximidade ou não dos oceanos na dinâmica climática em cada estação pesquisada (maior ou menor umidade, precipitação e dinâmica térmica).

Para a compreensão da distribuição espacial dos dados na área estudada foi realizada a técnica de interpolação IDW (Ponderação pelo Inverso da Distância) para os seguintes componentes climáticos: temperatura máxima, temperatura média compensada, temperatura mínima; umidade relativa do ar e precipitação.

A interpolação IDW foi a única capaz de produzir uma leitura generalizadora sobre os dados das estações meteorológicas, a baixa nuvem de informações (15 estações) não permitiu a utilização de outras metodologias de interpolação, como a Krigagem, por exemplo. Afirma-se aqui o caráter representativo da interpolação realizada e a necessidade de, mesmo diante das limitações, favorecer a leitura dinâmica que a informação interpolada oferece.

Com suas limitações já apresentadas, para que se forme uma unidade coesa de informações, os dados climáticos das 15 estações necessitam de análises que correspondam as ordens de grandeza do clima, portanto as discussões também seguiram a divisão escalar entre os fatores de ordem zonal, regional/local<sup>7</sup> e local.

A associação dos dados coletados com os fatores de escala climática zonal se deu pela relação dos eventos de El Niño e La Niña, a variação da Oscilação Decadal do Pacífico entre os anos de 1961 a 2021 e a dinâmica climática dos componentes já citados em cada uma das 15 estações. Anteriormente foi necessário definir a partir da literatura específica, as fases quente e fria da ODP entre as décadas estudadas.

No que diz respeito a análise dos dados e sua relação com os fatores de escala regional/local foram utilizadas técnicas para a verificação de possíveis influências das mudanças de uso e ocupação do solo ao longo na dinâmica dos componentes climáticos. As técnicas utilizadas foram a correlação, o coeficiente de determinação e os diagramas de dispersão.

---

<sup>7</sup> O uso das duas ordens de grandeza é intencional tendo a vista a importância na integração destas duas escalas para a pesquisa. A influência hierárquica da escala regional na composição dos climas em conjunto com o caráter antrópico dos climas locais é fundamental para a discussão sociedade-natureza no âmbito do sistema superfície-atmosfera.

O coeficiente de correlação (R) mede o grau de relacionamento linear entre valores emparelhados de uma amostra, no caso os dados de temperatura, umidade e precipitação com os anos. Por meio da correlação é possível identificar se as alterações no uso e ocupação do solo geraram impactos no componente térmico na região.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) é o valor da variação de um componente climático que é explicado pela reta de regressão. Caso um  $R^2$  seja de 0,50, significa que 50% da variação total do componente é explicada pela reta de regressão e 50% da variação não permanece explicado.

O diagrama de dispersão também é conhecido como gráfico de dispersão ou gráfico de correlação foi utilizado para mostrar os pares de dados numéricos climatológicos e sua possível relação. O gráfico de correlação é fundamental para determinar se uma variável independente tem impacto em uma variável dependente. Esta interação é entendida como correlação de dados (R) já explicada acima.

Na identificação dos fatores de ordem regional/local foram elaborados mapas de uso e ocupação do solo que apresentassem as modificações em superfície das áreas dos municípios das 15 estações meteorológicas analisadas. A construção dos mapas de uso e ocupação do solo se deu pelo software de licença livre QGis versão 3.0. Foram selecionados dois momentos para representar as mudanças de uso e ocupação do solo, o ano de 1985 e 2021, que são os extremos disponíveis para o acesso.

Para a elaboração dos mapas foi necessário acessar as imagens de satélite disponíveis no site do projeto MapBiomass e selecionar a opção Mapa de Coleções da Coleção 7 (1985 – 2021). Para acessar as imagens de satélite com as informações, a plataforma MapBiomass direciona o usuário para o aplicativo Google Earth Engine, onde os dados de uso do solo poderão ser acessados por município.

Após o download dos arquivos foi possível trabalhar o raster acessado com as informações de uso do solo por município e biomas, além de criar áreas específicas e trata-las devidamente no software Qgis. A escolha de representação nas mudanças de uso do solo a partir das transformações em cada município se deu devido à grande extensão da área pesquisada. Foram elaboradas tabelas que apresentassem dados das alterações de uso do solo para toda a área entre 1985 e 2021.

Devido à grande variabilidade do componente chuva durante as sequências históricas de dados climáticos na região sudeste do Brasil, foi necessário a

classificação do regime pluviométrico para cada estação analisada utilizando as classes superseco, seco, normal úmido e super úmido.

Foram utilizadas as classificações de meses secos, normais e úmidos de acordo com base nos trabalhos de Galvani e Luchiari (2012) e Silva et al. (2017), nos quais a classificação foi realizada por meio de 5 categorias e utilizadas cores distintas entre os meses (Tabela 3).

**Tabela 3:** Intervalos utilizados para a classificação do regime pluviométrico.

5% menores da série	Super secos
Entre $V_{\min}$ e 1° quartil	Secos
Entre 1° quartil e 3° quartil	Normais
Entre 3° quartil e $V_{\max}$	Úmidos
5% maiores da série	Super úmidos

Fonte: Galvani e Luchiari (2012). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Para o presente estudo utilizou-se a técnica de Box Plot, Oliveira et. al. (2021), ou Diagrama de Caixa com o objetivo de compreender a dinâmica anual da precipitação nas 15 estações meteorológicas que envolvem a área de estudo.

De acordo com Galvani (2012) a técnica do Box Plot pode ser utilizada na classificação de regimes pluviométricos em escala mensal determinando os intervalos para diferenciação de anos com padrão normal, seco, úmido, super úmido e super seco de maneira rápida e objetiva.

Quanto aos fatores de ordem local, em primeiro lugar foram definidos os sistemas atmosféricos atuantes na América do Sul em janeiro e julho de 2020 obedecendo a ordem hierárquica das escalas do clima na composição dos tipos de tempo na região central do estado de Minas Gerais e no ritmo dos dados analisados.

O mês de janeiro de 2020 apresentou volumes de chuva acima da média no sudeste brasileiro, com precipitações recordes na semana do dia 21 ao dia 28. Estas chuvas desencadearam uma série de problemas socioambientais nas grandes cidades da região, a exemplo de deslizamentos de terra, enchentes, destruição de estruturas e infelizmente, perda de vidas.

Já o mês de julho 2020 apresenta o grande contraste existente na dinâmica do clima tropical predominante na área de estudo. A estabilidade atmosférica, a baixa umidade relativa do ar, menor nebulosidade, maiores amplitudes térmicas e as temperaturas baixas caracterizam o inverno no sudeste do Brasil. Os impactos à saúde humana com o tempo nestas condições são grandes, além da redução do nível dos reservatórios de abastecimento hídrico e de produção de energia elétrica.

Para a identificação dos sistemas atmosféricos atuantes sobre a América do Sul e o estado de Minas Gerais nos meses de janeiro e junho de 2020 foram analisadas as cartas sinóticas de 00h e 12h (GMT) disponíveis pela Marinha do Brasil, DHN (2022).

Além das cartas sinóticas, as imagens de satélite, especificamente do satélite meteorológico GOES -16 nos canais infravermelho termal (CH13-IV termal), visível (CH1) e temperatura no topo na nuvem (CH13-IV termal), formaram um banco de dados de imageamento e confecção do cartograma de sistemas atmosféricos.

As imagens analisadas foram colhidas nos horários de 00h12h e 18h GMT no banco de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para a delimitação dos sistemas atmosféricos atuantes a imagem de satélite escolhida foi a do GOES-16 no canal visível (CH1) que por não ser colorida ajuda a apresentar os sistemas em cor.

Para o mês de janeiro de 2020 foram escolhidas duas datas, 11 e 25, que apresentaram variações consideráveis na atuação dos sistemas atmosféricos. No mês de julho as imagens selecionadas correspondem aos dias 10 e 25. Para estas definições de datas, as cartas sinóticas e as imagens de satélite nos demais espectros são fundamentais.

Por meio dos fatores climáticos relevo e uso do solo e da espacialização de determinadas estações meteorológicas na área de estudo, foram definidas cinco estações para a construção de uma análise rítmica na escala mensal (Janeiro e julho de 2020). Foram escolhidas as seguintes estações: Belo Horizonte, Curvelo; Diamantina, Pirapora e Viçosa.

A análise rítmica, Monteiro (1971), favorece a leitura de informações climatológicas em escala de tempo mais reduzida e pode ajudar a seccionar períodos do ano onde houve algum evento extremo ou de impacto social relevante. A análise dos dados por meio do conceito do ritmo climático permite uma leitura minuciosa da dinâmica dos elementos climáticos e demanda o uso de dados em escala regional/local com a representação por meio de planilhamento vertical dos constituintes climáticos.

A análise rítmica tem o poder de trazer à realidade tipos de tempo atmosférico determinados pela percepção detalhada da dinâmica dos elementos climáticos por meio da padronização rítmica dos eventos e processos climáticos em escala regional/local. Para a melhor representação dos tipos de tempo e a dinâmica dos

elementos climáticos em escala regional/local foi utilizada a técnica de perfis geoecológicos, Levighin e Viadana (2003).

Na escala temporal semanal, foi definida a semana do dia 21 ao dia 28 de janeiro e de julho de 2020, para a análise rítmica das estações que constituem os quatro perfis geoecológicos da pesquisa. Em janeiro, estes sete dias representam um evento extremo de chuvas que quebrou recordes de registro pluviométrico em grande parte das estações meteorológicas analisadas. No mês de julho de 2020, entre os dias 21 a 28 há uma sequência de sistemas importantes na caracterização dos tipos de tempo no inverno brasileiro.

Para realizar a análise rítmica da semana dos dias 21 a 28 de janeiro e julho de 2020, foram criados quatro perfis que correspondem a variações de relevo, topografia, uso do solo e atuação dos sistemas atmosféricos na região central do estado de Minas Gerais. Os perfis estão listados a seguir:

Perfil 1 (Norte e Sul) – Estações: Pirapora, Curvelo, Sete Lagoas, Ibirité e Barbacena.

Perfil 2 – (Oeste – Leste) - Estações: Bambuí, Divinópolis, Florestal; Ibirité, Belo Horizonte e Caratinga.

Perfil 3 – (Oeste-Nordeste) - Estações: Bambuí, Curvelo e Diamantina.

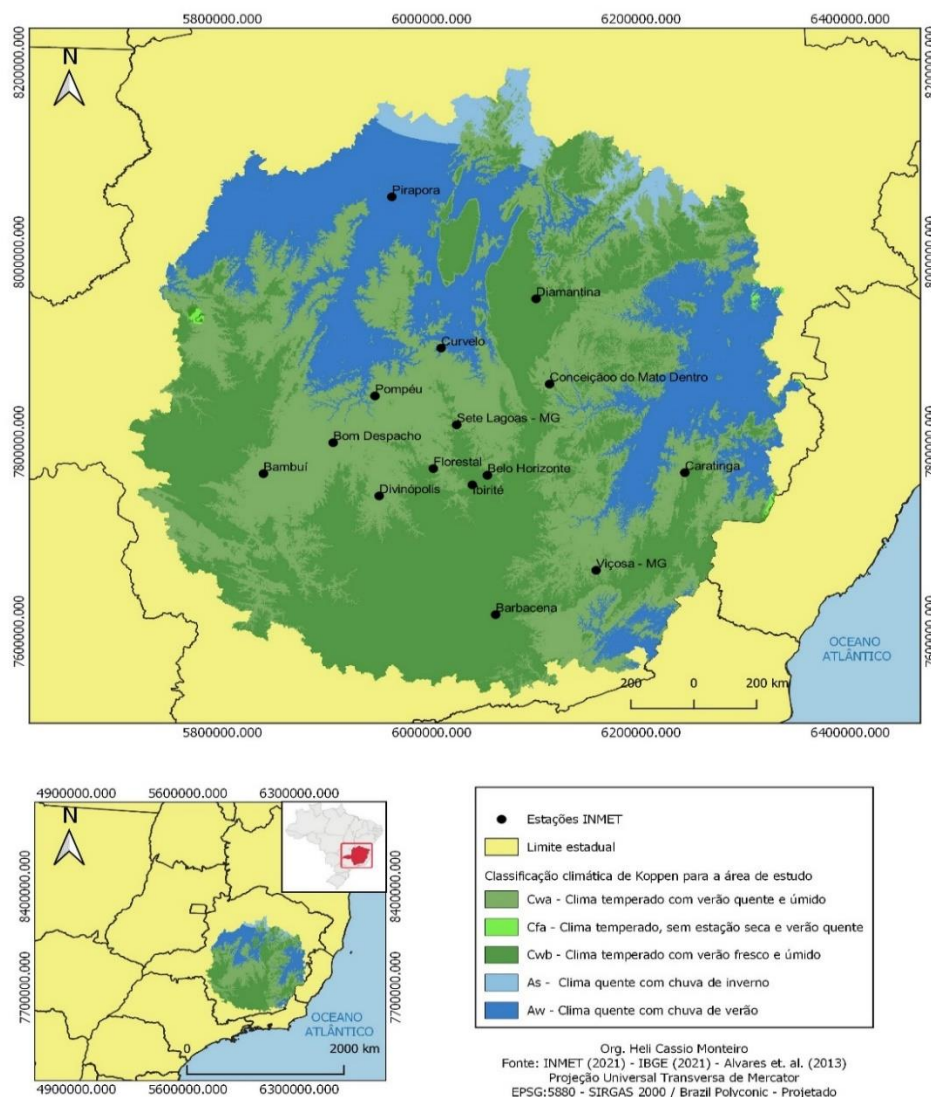
Perfil 4 – (Sudeste-Norte) - Estações: Viçosa, Conceição do Mato Dentro e Diamantina.

A partir da análise rítmica nas estações meteorológicas de cada perfil tanto em janeiro de 2020 quanto em julho, foi possível apontar tipos de tempo denominados primeiramente pelos sistemas atmosféricos e depois pelas condições de precipitação ou estabilidade atmosférica. Os perfis com os tipos de tempo estão acompanhados dos fatores geográficos regionais/locais como relevo, uso do solo e vegetação que ajudaram a definir os tipos de tempo. As cores utilizadas representaram maior ou menor temperatura, sendo gradativas crescentes (amarelo, laranja, verde e azul) o software utilizado para a elaboração do perfil foi o SketchUp.

## 4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 4.1 Classificação climática da área de estudo

Os tipos climáticos apontados na classificação de Wladimir Köppen<sup>8</sup> na região central de Minas Gerais possuem uma espacialização muito próxima às condições de relevo do estado e respeitam à condição latitudinal (Figura 7).



**Figura 7:** Classificação climática de Köppen para a área de estudo. Fonte: Alvares et. al. (2013). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

<sup>8</sup> É indiscutível a importância da classificação climática de Wladimir Köppen para o Brasil, baseada especialmente na obra de Alvares et. al. (2013). O uso dos termos “temperado” leva em conta a variação dos componentes climáticos ao longo do ano, mas também a influência da altitude na tropicalidade dos climas apresentados. Uma melhor discussão sobre a classificação de Köppen para a área de estudo estará presente nos resultados da pesquisa.

Quanto à dinâmica climática presente na área de estudo, Nimer (1979) aponta que a região está inserida no clima zonal Tropical Brasil Central. Esse clima compreende as áreas onde predominam a atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e de pequenas altas continentais com duas estações bem definidas, chuvosa (verão) e seca (inverno).

Os principais fatores dinâmicos do clima na área central do estado de Minas Gerais são o Anticlone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), as Frentes Polares do Atlântico Sul Anticiclone (FPAS) e as massas de ar frio que acompanham as frentes, bem como as linhas de instabilidade (LI) ligadas às condições de perturbação atmosférica e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) formada no verão, (LEÃO, 2008).

Além destes sistemas, há uma atuação relevante de outros centros dinâmicos da atmosfera que influenciam no comportamento do ar, a exemplo da Massa Equatorial Atlântica (mEa), a Massa Equatorial Continental (mEc) e a Massa Tropical Continental (mTc). Tais sistemas são mais intensos no verão, quando as taxas de irradiação maiores no hemisfério Sul transformam a atmosfera muito mais instável e propicia uma maior influência dos centros equatoriais e tropicais nos tipos de tempo.

No verão, os ventos alísios que adentram a Amazônia, provenientes do oceano Atlântico Tropical Norte, são mais intensos do que no inverno. Esses ventos transportam umidade proveniente do oceano que se associa com a umidade proveniente da evapotranspiração da floresta Amazônica (SANTOS E REBOITA 2018)

Com relação aos totais pluviométricos elevados nos meses de verão (especialmente no fim da Primavera – novembro e janeiro) estão associados à atuação dos seguintes sistemas atmosféricos:

- FF = Frentes Frias. São resultantes dos avanços da massa Polar Atlântica (mpa) em direção às latitudes mais baixas e favorecem maiores precipitações na região meridional da área de estudo.
- FQ = Frentes Quentes. Menos frequentes, mas especialmente atuantes nas precipitações
- FE = Frentes Estacionárias. Menos frequentes, mas especialmente atuantes nas precipitações

- LI = Linhas de Instabilidade. Estas linhas são centro de baixa pressão que se formam, deslocam e se dissipam com muita facilidade. Quando se tornam estacionárias, estão associadas à presença da FPA.
- ZCOU = Zona de Convergência de Umidade – Apresenta formação semelhante à ZCAS, mas com uma duração menor, até 3 dias.
- ZCAS = Zona de Convergência do Atlântico Sul. A ZCAS é um sistema que gera os maiores quantitativos de chuva na região Sudeste do Brasil. Nesta zona de convergência de umidade, boa parte do país fica sob atuação de chuvas contínuas relacionadas à presença de nuvens estratificadas o que leva à existência de taxas de saturação da umidade relativa do ar.

A ZCAS é resultante da atuação da FPAS e da convecção de verão proveniente na região Norte do Brasil. Este sistema se estende na posição NW – SE no território brasileiro, com ocorrências de 3 a 5 dias e podendo se estender da Amazônia ao oceano Atlântico. São muito comuns no período de atuação da ZCAS, grandes volumes de precipitações e a presença de nuvens estratificadas mantendo as chuvas por vários dias (MONTEIRO, 2016).

A atuação da ZCAS possui ligação direta com a dinâmica de três outros sistemas atmosféricos da América do Sul, a saber: a Alta da Bolívia (AB) que é um sistema anticiclônico; Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) que é um sistema de relativa baixa pressão atuante no Nordeste brasileiro e o Jato de Baixos Níveis da América do Sul (JBNS) resultante do escoamento dos ventos alísios que adentram o continente sul-americano na região tropical, transportando vapor d'água originário do Atlântico Equatorial e da Bacia Amazônica em direção ao Atlântico Sudoeste (PALLOTA, 2010).

De acordo com Santos e Reboita (2018) os Jatos de Baixos Níveis são sistemas de escoamentos de ar em baixa troposfera (1 a 2 km de altura). Na América do Sul estes jatos caminham a leste dos Andes em um movimento meridional e podem chegar a 500 Km de largura.

Estudos como os de Silva e Ambrizzi (2006) e Silva et al. (2009) apontam que em anos de El Niño, os JBNS podem ser mais intensos se comparados à média climatológica, ao passo que o La Niña deixa os Jatos de Baixos Níveis mais fracos. Uma explicação para esta caracterização é o fortalecimento dos ventos alísios de nordeste em anos de El Niño, vivificando a atuação dos JBNS.

Segundo Santos e Reboita (2018) o jato de baixo nível é um dos sistemas que contribuem para a ocorrência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Quando a ZCAS está intensa, o JBN tem sua saída sobre o sudeste do Brasil e quando ela está fraca, sua saída desloca-se para sobre o Sul do Brasil e Uruguai.

No inverno, os ventos alísios de nordeste se enfraquecem e os de sudeste (atingindo o nordeste do Brasil) tornam-se mais intensos, característica que está associada com o fortalecimento e expansão para oeste do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (SANTOS E REBOITA, 2018).

A gênese dos JBNs a leste dos Andes ainda não é totalmente compreendida. Sabe-se que esses jatos existiriam mesmo na hipotética ausência das montanhas andinas, uma vez que estão associados aos gradientes horizontais de temperatura do ar/pressão entre trópicos e subtropicais, sendo também influenciados por sistemas transientes nos subtropicais e extratropicais (SANTOS E REBOITA, 2018).

Já na estação do inverno a região central de Minas Gerais está sujeita à atuação da mPa com a conciliação do resfriamento continental e o fortalecimento dos sistemas alta pressão produzindo tipos de tempo seco e sem nuvens, em especial nos meses de junho a agosto. Os sistemas mais atuantes no período de secas anuais na área pesquisada são os seguintes:

- mTa = Massa Tropical Atlântica, sistema que se torna um centro de alta pressão atmosférica nos meses de outono-inverno, impedindo as chuvas e mantendo tipos de tempo estáveis contínuos na região. Esta massa é mais intensa na porção setentrional da área analisada.
- mPa = Massa Polar Atlântica. Este sistema possui gênese no polo sul do planeta, região patagônica e é responsável pelas quedas acentuadas de temperatura na região quando há os avanços do ar polar, especialmente nas porções meridionais da área analisada (CAVALCANTI, 2009).

A repercussão da chegada do sistema mPa difere quanto a disposição do relevo e latitude. Nas áreas mais elevadas, a sul da região analisada e nas áreas serranas as temperaturas tendem a diminuir mais rapidamente, distintamente das colinas côncavo-convexas nos vales das bacias hidrográficas.

Nas regiões elevadas o fenômeno das chuvas orográficas é bastante comum. Intrinsecamente, este efeito orográfico possui relação direta com os sistemas

atmosféricos atuantes. A perda de pressão do ar ao se chocar com as elevações forma nuvens de chuva recorrentes nas áreas à montante da bacia. A chegada de frentes frias diminui sua intensidade à medida que se aproxima da região equatorial, assim como há o aumento de temperaturas devido à maior incidência de radiação solar.

#### 4.2 Características de relevo e topografia da área de estudo

A presença da Serra do Espinhaço na área de estudo imprime diversas influências na composição climática do estado de Minas Gerais e na configuração dos tipos de tempo. Este prolongamento meridional/setentrional da Serra é um contraforte aos ventos que se direcionam do Oceano Atlântico para a porção ocidental do continente.

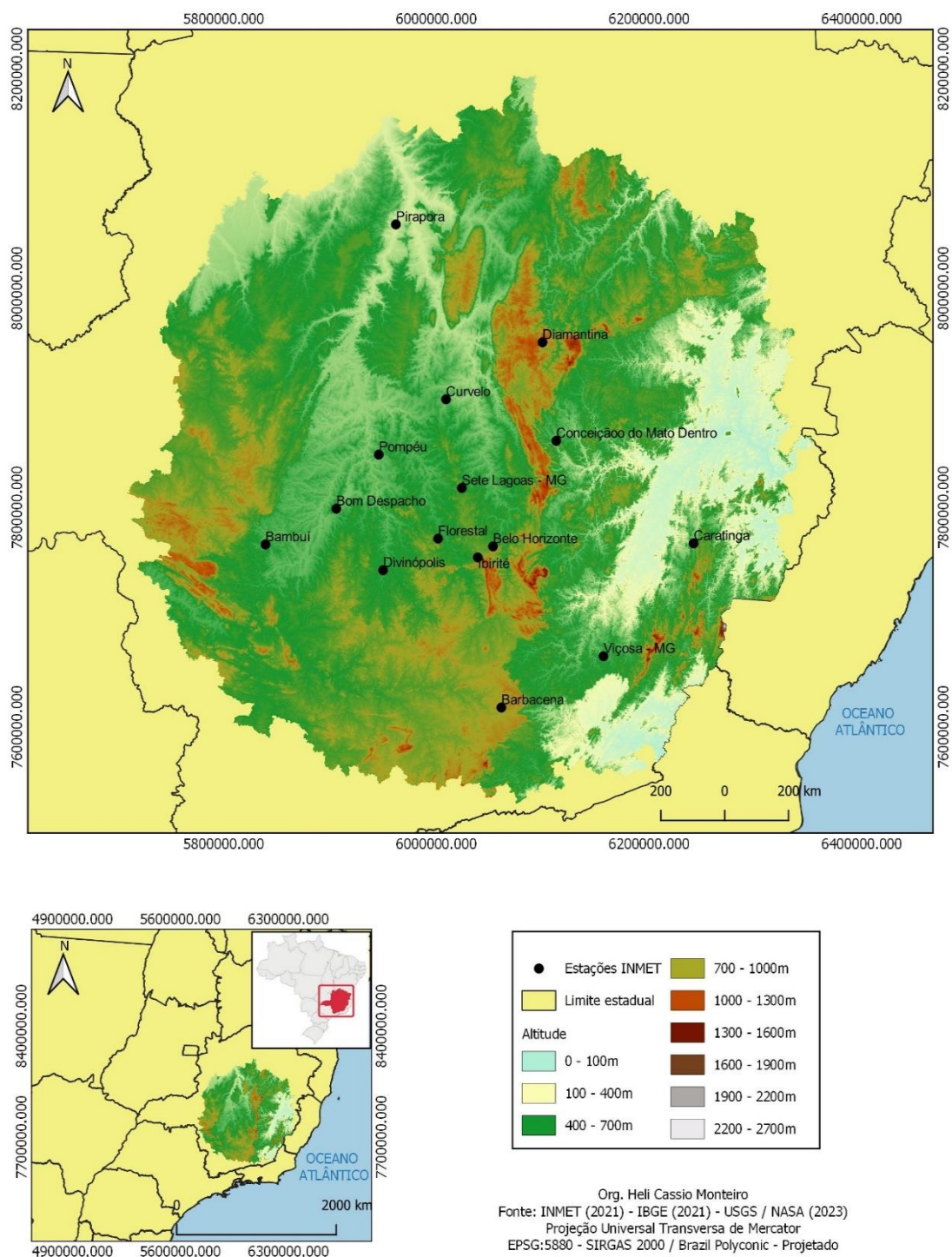
De acordo com Jardim e Galvani (2018) no estado de Minas Gerais-Brasil a Serra do Espinhaço exerce importante influência local e regional na organização do clima e da vegetação abrigando, inclusive, importantes unidades de conservação. Saadi (1995) caracteriza bem esta unidade de relevo.

A Serra do Espinhaço — grande divisor hidrográfico interposto entre as bacias do centro-leste brasileiro e a do rio São Francisco — constitui, em Minas Gerais, um conjunto de terras altas, com forma de bumerangue de direção geral norte-sul e convexidade orientada para oeste. A denominação “serra” esconde, no entanto, uma realidade fisiográfica que seria melhor definida pelo termo “planalto”. Saadi (1995, p. 41).

Além de ser um fator geográfico fundamental na composição climática do estado de Minas Gerais, especialmente em sua porção central, a Serra do Espinhaço se destaca por sua riqueza de fauna e flora e demanda estudos que a qualifiquem cada vez mais como um espaço que necessita de preservação.

Segundo Braga (2017) a Serra do Espinhaço foi reconhecida como Reserva da Biosfera em vinte e sete de junho de dois mil e cinco, sendo uma das maiores formações de campos rupestres do Brasil e uma das regiões mais ricas e diversas do mundo, compreendendo uma área de três milhões e setenta mil hectares.

As estações meteorológicas pesquisadas apresentam variações consideráveis de topografia local, relevo, continentalidade e maritimidade. O estado de Minas Gerais é conhecido pela presença de serras e elevações, mas também pelas grandes bacias hidrográficas no seu território, estas variações são extremamente relevantes na área de estudo (Figura 8).



**Figura 8:** Mapa topográfico da área de estudo e localização das estações pesquisadas. Fonte dos dados: USGS/NASA (2023). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Segundo o ICMBio (2009) as três unidades de relevo para a porção meridional da Serra do Espinhaço são: o Domínio Oeste, onde estão as planícies fluviais da depressão do Rio das Velhas com matas secas e cerradões; o Domínio Leste-Sul – Mata Atlântica com matas semidecíduais de transição e os planaltos dissecados da borda Leste em mar-de-morros com mata atlântica.

O terceiro domínio da porção meridional da Serra do Espinhaço, de acordo com o ICMBio (2009), o Domínio Central, é presente em toda a extensão da Serra pois apresenta as áreas de Topo de Serra. Este domínio é formado por serras, encostas íngremes e escarpas do Espinhaço com campos rupestres; patamares com campos gramíneos e rupestres; planícies, vales estruturais montanos e altimontanos; colinas montanhosas embutidas com rochas pelíticas e campos; e platôs quartzíticos de cimeira.

A Serra do Espinhaço com toda sua proeminência consegue distinguir as formações vegetais do estado com bastante clareza pois é barreira orográfica dos ventos de leste, concentrando umidade e tornando reais as condições propícias às formações florestais de maior volume e densidade.

Os vales do Rio Doce a leste, Jequitinhonha e Mucuri a Nordeste, São Francisco a Norte e Noroeste são responsáveis por condições de confinamento do ar próximo aos seus talwegues na região analisada. Nas áreas elevadas há maior exposição à movimentação advectiva de ventos superiores e ocorre a dispersão de calor em superfície.

As estações localizadas na porção meridional da área de estudo estão mais sujeitas à chegadas dos sistemas polares, frente frias e linhas de instabilidade devido à disposição do relevo e posição latitudinal. Já para as estações situadas à norte, as massas de ar tropicais atuam de maneira a elevar as temperaturas, especialmente no verão.

As estações de Diamantina e Conceição do Mato Dentro estão localizadas diretamente sobre a Serra do Espinhaço ainda que em condições topográficas divergentes. A estação de Diamantina se situa em uma condição de topo de montanha ao passo que Conceição do Mato Dentro está em uma localidade depressionária na borda leste do Espinhaço central.

As estações de Caratinga e Pirapora estão muito próximas ao talwegue de suas respectivas bacias hidrográficas, Rio Doce e São Francisco. Esta condição favorece o confinamento do ar e o aumento da temperatura devido à dificuldade de trocas de

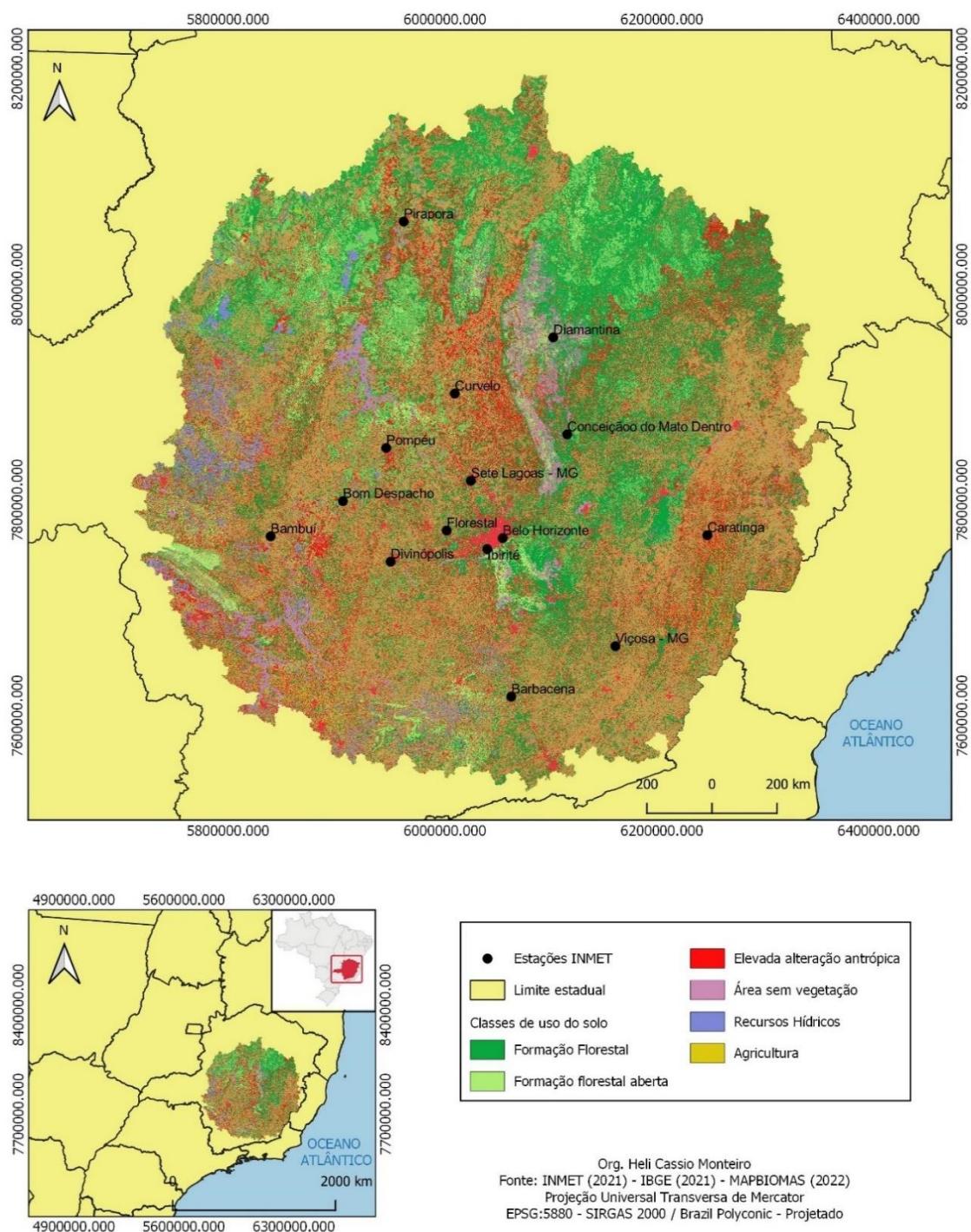
calor em áreas de planura intracontinental. Em condições semelhantes, estão as estações nos municípios de Bambuí, Bom Despacho, Curvelo e Pompéu, com disposições menores ao confinamento se comparadas à Caratinga e Pirapora.

Divinópolis, Florestal e Sete Lagoas estão em áreas intermediárias entre as porções mais elevadas e as áreas de fundo de vale de suas respectivas bacias hidrográficas. Esta característica aponta para a influência, sobretudo, das condições topográficas locais e da interferência das condições de uso do solo na caracterização de tipos de tempo, especialmente em Divinópolis e Sete Lagoas, que são cidades de médio porte.

Belo Horizonte, Ibirité, Barbacena e Viçosa possuem topografia local determinante para as condições de tipos de tempo em cada uma. Não apenas o relevo, mas a disposição local das elevações no que diz respeito às suas interações com a irradiação solar (exposição e inclinação das vertentes e latitude) somam à composição climáticas da área de estudo.

### 4.3 Características de uso do solo, cobertura vegetal e população

As classes de uso do solo indicam a grande diversidade de superfícies presentes na área estudada e que interferenciam na dinâmica dos elementos climáticos em baixa troposfera, (Figura 9).



**Figura 9:** Classes de uso do solo da área de estudo e localização das estações pesquisadas. Fonte dos dados: MAPBIOMAS (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

O predomínio de ocupação e uso do solo na região central do estado de Minas Gerais está nas pastagens (35%) e nas formações florestais (21%). A pecuária extensiva é uma importante atividade agrícola no estado de Minas Gerais, ainda que muitas destas áreas estão subutilizadas ou sem uso qualquer. Além disso, as formações florestais nativas ou secundárias correspondem à Mata Estacional Semidecidual e ao Cerrado, (Tabela 4).

**Tabela 4:** Classes de uso e ocupação do solo na região estudada em 2021.

Nome das classes	Área (km <sup>2</sup> )	Proporção (%) da ocupação
Formação Florestal	21763	21%
Cerrado	9798	9%
Silvicultura	5037	5%
Zonas úmidas	687	1%
Gramíneas	4558	5%
Pastagem	35917	35%
Mosaico de plantações e pastagens	18076	17%
Estruturas urbanas	1341	1%
Afloramento rochoso	2948	3%
Recursos Hídricos	1150	2%
Agricultura diversificada	1115	1%
Total	102390	100%

Fonte: MAPBIOMAS (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Nas áreas de pastagem, a dinâmica dos elementos climáticos sob a influência dos sistemas atmosféricos e das condições de relevo pode produzir grandes variações diárias e elevadas amplitudes térmicas devido à ausência de fatores de superfície que armazenam energia.

As formações florestais mantêm certo equilíbrio na dinâmica diária dos elementos climáticos devido à grande presença de umidade no ar e a capacidade de controle térmico da água. O sombreamento e o calor latente gerado pelas transformações químicas ao absorver energia solar nas árvores pode favorecer menores temperaturas nas áreas florestais se comparadas à locais abertos.

Apesar de apresentar apenas 1% das formas de uso e ocupação do solo na região analisada, as áreas com estruturas urbanas podem produzir dinâmicas térmicas e hídricas específicas devido ao elevado grau de armazenamento de energia destas estruturas e a redução de elementos hídricos em superfície.

Na porção sul da área estudada se localizam os municípios com maior densidade demográfica e estruturas urbanas de grande extensão, a exemplo da

região de metropolitana de Belo Horizonte que abrange 34 municípios e uma população de 5.127.694 habitantes, segundo o IBGE (2022).

Nas áreas mais ao norte da região estudada ainda há menos interferência urbana na ocupação do espaços e maior presença de formações florestais densas e abertas relacionadas ao contexto econômico de menor industrialização da região. Em Pirapora e nas porções noroeste, as áreas com elevada alteração antrópica (urbanização, pastagens e agricultura mecanizada) são muito relevantes.

Mesmo com maior presença da vegetação nas regiões de menor latitude, a maior disponibilidade de energia solar favorece maiores temperaturas máximas. Especialmente em Curvelo e Pirapora, a não ser no caso de Diamantina, onde o relevo se impõe como fator atenuador das temperaturas e aumento de pluviosidade e umidade do ar.

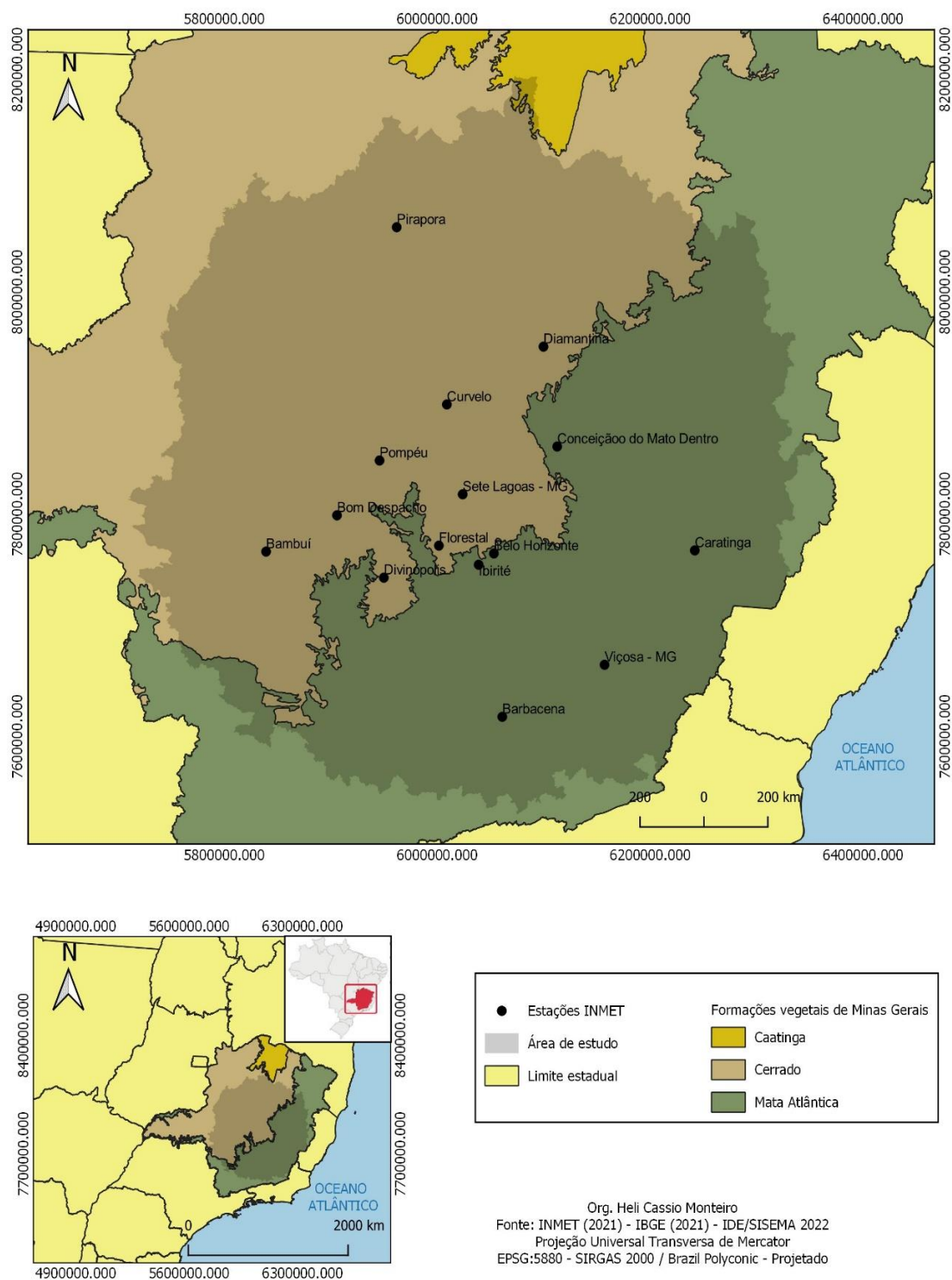
De acordo com o IBGE (1992) os tipos de vegetação que predominam na área de estudo são a Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifolia), as Savanas Florestadas (Cerradão); Savana Arborizada (Campo-Cerrado); Savana Típica e a Savana-estépica. Estas formações vegetais correspondem às dinâmicas climáticas (influência latitudinal e dos sistemas atmosféricos) no estado de Minas Gerais, mas também respeitam fundamentalmente o relevo e a topografia.

A grande riqueza de fauna e flora na região central do estado de Minas Gerais resultante das condições favoráveis de vida (umidade, temperatura e precipitação) são conflitantes com os empreendimentos econômicos. Propostas de regionalização de porções deste território ajudam a criar projetos preservacionistas que possam conciliar as práticas sociais com o dinamismo dos sistemas ambientais.

Braga (2015) et al. propõe que fatores como as Unidades de Conservação; a Geografia, a História, e o Turismo juntos aos conhecimentos da população local podem reunir informações presentes e servirem de base para a regionalização da porção meridional da Serra do Espinhaço, por exemplo. A integração de conhecimentos é fundamental para que pesquisas acadêmicas possam se tornar em práticas de conservação dos recursos naturais.

A espacialização das formações vegetais na região central do estado de Minas Gerais se dá pelo predomínio do Cerrado (Savana típica-florestada-arborizada) com um total de 55% da área pesquisada, ou seja, 56.269,25 km<sup>2</sup>. Já a Florestal Estacional Semidecidual (Mata Atlântica) constitui 44,3% da área e apresenta um total de 45.322,89 km<sup>2</sup>. A Savana estépica (Caatinga) é a menor formação vegetal da área,

está no extremo norte e se localiza em apenas 0,7% da área, com 716,163 km<sup>2</sup>, (Figura 10).



**Figura 10:** Formações vegetais da área de estudo. Fonte dos dados: IDE/SISEMA – MG (2022).  
 Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

As estações meteorológicas utilizadas na pesquisa estão presentes em municípios que apresentam diversidade demográfica e econômica. A capital do estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, é o município com a maior população, densidade demográfica, receita e IDH entre as 15 estações (Tabela 5).

**Tabela 5:** População, densidade demográfica, receita e IDH nos municípios das estações pesquisadas.

Município	População (Mil habitantes)	Densidade Demográfica (hab./km <sup>2</sup> )	Receita (R\$ x 1.000,00)	IDH (PNUD)	Ranking Nacional de IDH
BambuÍ	23.546	16, 17	59.213,90	0,741	743°
Barbacena	125.317	165, 07	344.024,75	0,769	238°
Belo Horizonte	2.315,56	6.988,18	10.145.985,45	0,81	20°
Bom Despacho	51.737	42, 63	131.328,82	0,75	551°
Caratinga	87.360	69, 42	167.343,56	0,612	3866°
C. do Mato Dentro	23.162	13, 47	101.397,90	0,634	3407°
Curvelo	80.352	24, 38	157.527,11	0,713	1514°
Diamantina	47.702	12, 26	113.789,45	0,716	1427°
Divinópolis	231.091	326, 35	621.772,37	0,764	304°
Florestal	8.045	41, 42	21.364,81	0,724	1191°
Ibirité	170.387	2.353, 57	351.055,16	0,704	1776°
Pirapora	55.606	101,19	173.984,42	0,731	993°
Pompeu	31.047	12,17	81.947,95	0,689	2199°
Sete Lagoas	227.360	423, 25	653.998,94	0,76	366°
Viçosa	76.430	255, 26	207.830,85	0,775	178°

Fonte: IBGE (2022) – PNUD (2013). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A área de estudo compreende um total de 102.309 km<sup>2</sup>, o que representa 17,4% do território do estado de Minas Gerais. São 519 municípios em toda a área pesquisada, com um total de 14.497.621,00 habitantes, segundo o IBGE (2022). Regionalmente, determinados municípios produzem sua influência econômica e demográfica como Divinópolis e Sete Lagoas, unidades municipais com porte médio e uma receita anual elevada se comparada às demais.

A dinamicidade econômica dos municípios analisados é fundamental para compreender outras informações como a variedade de uso e ocupação do solo na região analisada. Esta variedade não resulta em condições sociais favoráveis à população e estruturas adequadas e à melhor absorção dos impactos meteorológicos e da irradiação do mundo intertropical, basta observar os dados de IDH.

Os municípios que apresentam IDH acima de 0,750 são, em ordem crescente, Belo Horizonte, Viçosa; Barbacena, Divinópolis, Sete Lagoas e Bom Despacho. A maior parte das estações meteorológicas estão em municípios com o IDH abaixo da condição geral para o país segundo a PNUD (2013) que é de 0,754.

A posição de emergência do Brasil no contexto político-econômico mundial espelha no cotidiano dos habitantes de seus municípios e pode ser refletida também nas diferentes respostas da sociedade aos fenômenos meteorológicos. Estas respostas podem se alterar muito no espaço-tempo, caso os meios sociais criem adequações às situações atmosféricas tidas como “negativas”, a exemplo de extremos de chuva e temperatura.

Há uma maior concentração da população nos municípios ao sul da área de estudo. A maior proximidade dos dois maiores centros urbanos do Brasil, São Paulo e Rio de Janeiro e ao dinamismo econômico presente desde a colonização (mineração e agropecuária) resultaram em uma maior população na porção meridional da área pesquisada.

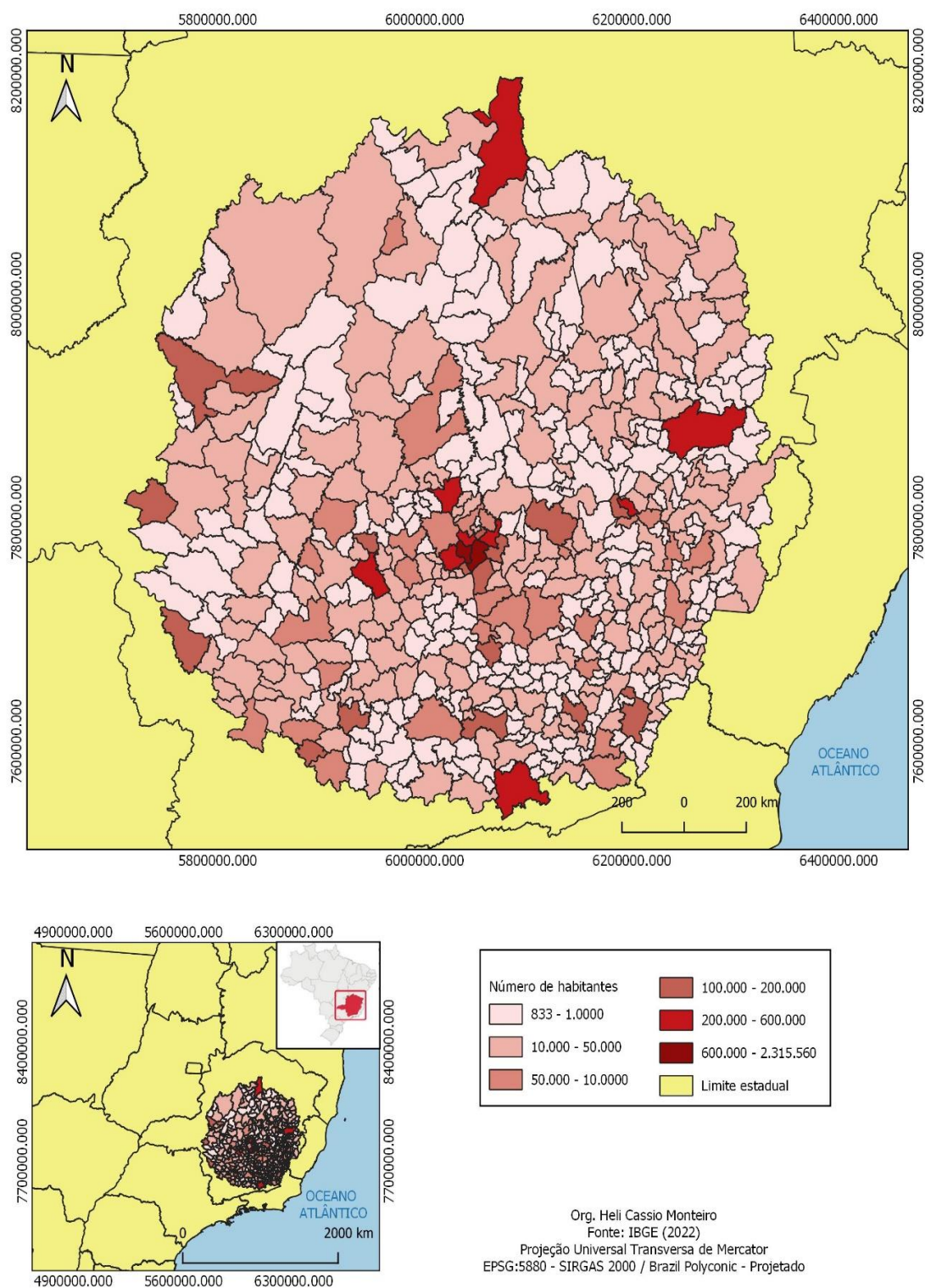
Ao norte da região central do estado de Minas Gerais, a menor população se distribui em municípios com territórios bastante pronunciados. A proximidade com o sertão nordestino, a economia menos industrializada e uma considerável população rural faz com que as áreas urbanas sejam menores. Estas características não impediram a intensificação das alterações antrópicas no espaço.

Na área mais ao centro da região pesquisada estão os 2 municípios mais populosos de todos os 519 presentes, Belo Horizonte e Contagem, que juntos somam o montante de 2.937.425,00 moradores, IBGE (2022). Esta é uma localidade externamente industrializada e marcada por complexas estruturas urbanas como rodovias, edificações e habitações de várias dimensões (Figura 11).

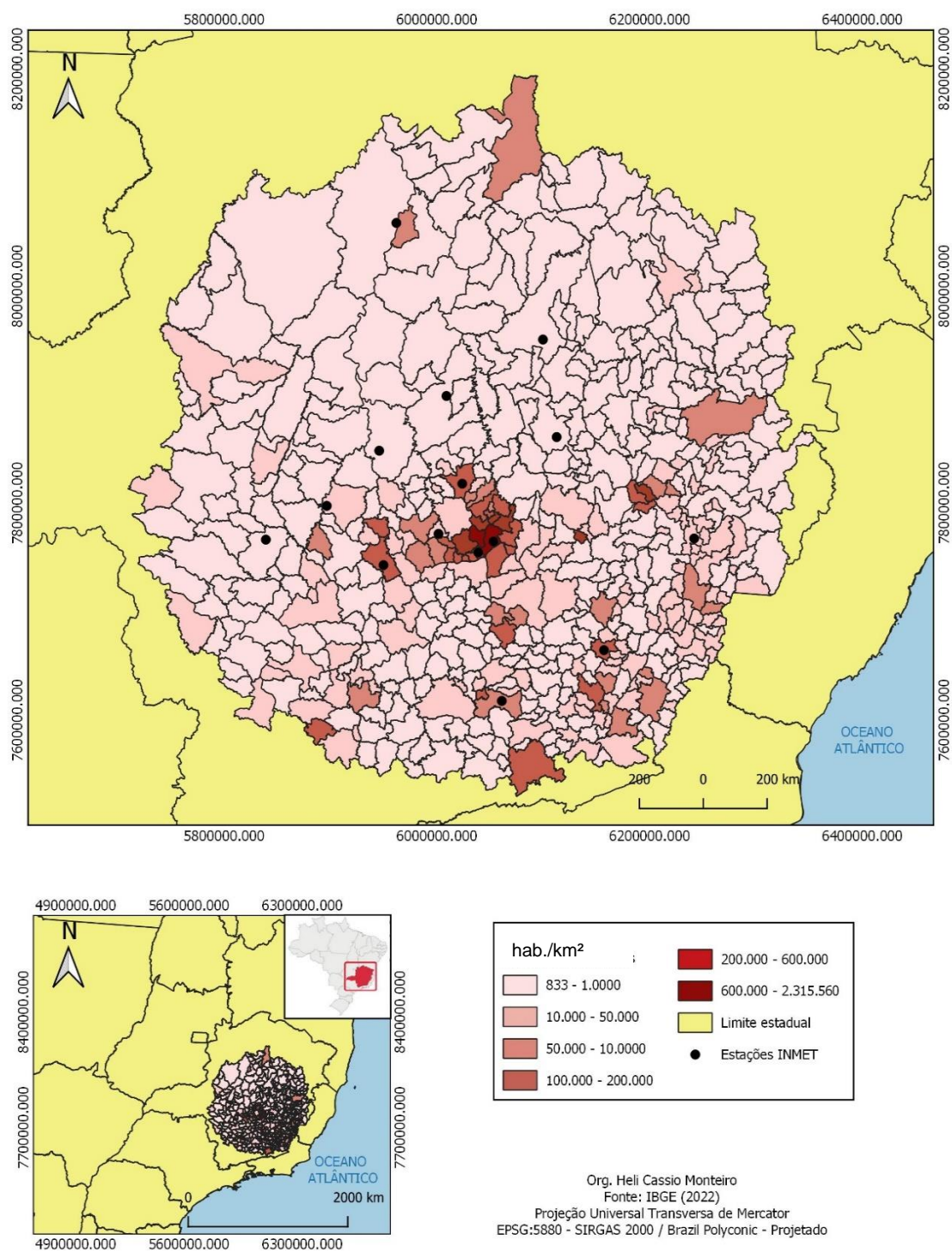
São nas localidades do centro-sul da região central de Minas Gerais onde a densidade demográfica é maior podendo chegar aos 6.988,2 habitantes por km<sup>2</sup>, um número muito próximo ao de regiões extremamente industrializadas no mundo, a exemplo de Hong Kong (6.698 hab./km<sup>2</sup>) e Singapura (7.796 hab./km<sup>2</sup>). Este número exhibe a elevada urbanização e industrialização desta área (Figura 12).

Nos municípios setentrionais da área de estudo há uma densidade demográfica baixa, boa parte explicada pela grande área dos territórios ali presentes, mas como já dito, também pelas características econômicas da região. A maior parte dos municípios apresenta densidade entre 2 e 40 habitantes por km<sup>2</sup>, o que é muito baixo

se assemelhando ao país com a menor densidade demográfica do mundo, a Mongólia, que possui apenas 1,9 hab./km<sup>2</sup>.



**Figura 11:** População residente nos municípios da área de estudo. Fonte dos dados: IBGE (2022).  
 Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



**Figura 12:** Densidade demográfica dos municípios da área de estudo. Fonte dos dados: IBGE (2022).  
 Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Análise das normais climatológicas das estações pesquisadas

As normais climatológicas do INMET para as 15 estações analisadas entre os anos de 1961 a 1990 apresentam Belo Horizonte como a estação mais chuvosa (1463,7) e Curvelo, a mais seca (1041,5). As temperaturas máxima, média compensada e mínima foram maiores em Pirapora (30,5°C; 23,4°C e 17,7°C respectivamente).

As menores normais de temperatura se concentraram em Barbacena, com 24,4°C de máxima; 17,9°C de média compensada e 13,8°C de mínima. A umidade relativa do ar foi é maior em Bambuí, Barbacena, Caratinga e Viçosa, ambas acima de 80%. Em Curvelo a umidade se mantém abaixo dos 70%, (Tabela 6).

As variações nas estações são explicadas pela diversidade latitudinal e topográfica existente entre as 15 estações. Em latitudes menores, a maior disposição de energia nos equinócios e no verão favorece médias térmicas mais elevadas como observado em Pirapora. Nas latitudes mais elevadas há uma participação maior dos sistemas polares, o que reduz consideravelmente a temperatura nos meses de inverno.

A topografia com formas de relevo serranas, montanhosas ou de colinas favorece o contato com ventos superiores e mantém trocas de calor constantes da superfície com a atmosfera por meio dos movimentos advectivos e convectivos do ar. Nestas condições, a energia liberada pela superfície é maior nas áreas elevadas e as temperaturas tendem a ser menores.

**Tabela 6:** Normais climatológicas de temperatura e precipitação das estações pesquisadas (1961 – 1990).

Estação	Altitude (m)	Latitude	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Média Compensada (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)	Precipitação Total (mm)
Bambuí	684	-20°03''	28,6	20,6	14,6	80,1	1278,4
Barbacena	1128	-21°23''	24,4	17,9	13,8	81,3	1400,5
Belo Horizonte	915	-19°93''	27,1	21,1	16,7	72,2	1463,7
Bom Despacho	695	-19°71''	-	-	-	-	-
Caratinga	609	-19°73''	27,3	21,2	16,6	80,0	1046,4
C. Mato Dentro	663	-19°03''	27,8	20,6	15,1	75,7	1458,7
Curvelo	668	-18°74''	30,1	22,6	16,5	69,2	1041,5
Diamantina	1318	-18°23''	23,7	18,3	14,1	76,7	1284,7
Divinópolis	787	-20°17''	-	-	-	-	-
Florestal	753	-19°88''	28,0	20,0	13,8	73,4	1426,8
Ibirité	814	-20°01''	27,7	20,4	14,2	76,1	1424,4
Pirapora	509	-17°34''	30,5	23,4	17,7	71,9	1057,0
Pompéu	692	-19°22''	29,1	22,1	16,0	76,2	1228,5
Sete Lagoas	732	-19°46''	28,2	20,9	15,6	70,5	1271,9
Viçosa	712	-20°76''	26,3	19,4	14,6	80,7	1165,5

Fonte: INMET (2021a). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

Nas normais climatológica de 1981 a 2010, houve alterações positivas para os dados com aumento na dinâmica térmica e hídrica. As variações podem estar associadas às mudanças de uso e ocupação do solo no entorno das estações ou mesmo na área total dos municípios bem como sob a interferência de fatores de escala zonal, como ocorrência de El Niños e La Niñas de grande intensidade no período estudado.

Todos os 15 municípios onde se localizam as estações meteorológicas estudadas sofreram relevantes processos de intervenção antrópica em suas áreas. A transformação da paisagem (mudança dos tipos de uso do solo) implica em interações distintas da atmosfera com a superfície pois o albedo e a capacidade de reflexão e absorção da irradiação solar (balanço de radiação) são bastante alterados.

Além disso, as influências de sistemas de escala zonal como a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e os ramos de sua variação, fenômenos ENOS, podem trazer mais calor para o Sudeste brasileiro e provocar variações positivas no elemento temperatura. Como exemplo, o município de Belo Horizonte apresentava nas normais, as médias térmicas máxima, média e mínima de 27,1°C – 21,1°C – 16,7°C entre 1961 e 1990; já na sequência de 1981 a 2010, o município apresentou, respectivamente, as seguintes médias: 27,2°C – 21,8° e 17,8°C, (Tabela 7).

**Tabela 7:** Normais climatológicas de temperatura e precipitação das estações pesquisadas (1981 – 2010).

Estação	Altitude (m)	Latitude	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Média Compensada (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)	Precipitação Total (mm)
Bambuí	684	-20°03''	28,9	20,8	14,8	79,3	1465,5
Barbacena	1128	-21°23''	25,2	18,6	14,0	80,6	1458,0
Belo Horizonte	915	-19°93''	27,2	21,8	17,8	67,2	1602,6
Bom Despacho	695	-19°71''	29,6	21,6	15,7	70,6	1384,4
Caratinga	609	-19°73''	27,6	21,5	16,7	76,5	1201,7
C. Mato Dentro	663	-19°03''	28,2	20,9	15,4	76,1	1383,9
Curvelo	668	-18°74''	30,7	23,0	16,4	67,2	1094,0
Diamantina	1318	-18°23''	24,2	18,7	14,6	75,2	1375,3
Divinópolis	787	-20°17''	29,0	21,7	15,7	66,1	1408,1
Florestal	753	-19°88''	28,9	20,3	14,4	64,2	1393,4
Ibirité	814	-20°01''	28,7	21,1	14,9	75,1	1484,4
Pirapora	509	-17°34''	31,2	24,2	18,5	69,8	1118,1
Pompéu	692	-19°22''	29,7	22,7	17,0	68,2	1239,3
Sete Lagoas	732	-19°46''	28,7	21,5	16,3	68,1	1334,8
Viçosa	712	-20°76''	26,8	20,10	15,7	80,3	1289,0

Fonte: INMET (2021b). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Os dados das normais climatológicas de 1991 a 2020 apresentam falhas consistentes no conjunto das 15 estações meteorológicas, confirmando as características gerais das variações das normais de 1961 a 1990. As falhas acabaram se tornando um elemento dificultador para a caracterização climática da área de estudo nesta sequência histórica.

Segundo Neto (2003) a região Sudeste do Brasil, se configura como uma das mais diversificadas, em termos climáticos, das regiões brasileiras. Para isto contribuem a sua localização latitudinal entre 15° e 25° sul, sua distribuição longitudinal, cuja área se estende da zona costeira atlântica até aproximadamente 1.000 km de distância do mar, sua altimetria e disposição do relevo.

De acordo com Alvares et al. (2013) a classificação climática de Köppen para a região central do estado de Minas Gerais apresenta três variações: Cwa: Clima temperado com verão quente e úmido. Cwb: Clima temperado com verão fresco e úmido – Aw: Clima quente com chuva de verão, (Figura 3), que apontam a influência da condição intertropical e transicional dos climas no estado de Minas Gerais (Tabela 8).

**Tabela 8:** Classificação Climática de Köppen para as 15 estações analisadas.

Estação	Altitude (m)	Classificação climática de Köppen	Descrição do tipo de clima	Temperatura média (°C)	Precipitação anual (mm)
Bambuí	684	Cwa	Clima temperado com verão quente e úmido	20,4	1529
Barbacena	1128	Cwb	Clima temperado com verão fresco e úmido	17,1	1536
Belo Horizonte	915	Cwb	Clima temperado com verão fresco e úmido	18,9	1546
Bom Despacho	695	Cwa	Clima temperado com verão quente e úmido	20,5	1462
Caratinga	609	Cwa	Clima temperado com verão quente e úmido	20,3	1282
C. Mato Dentro	663	Cwa	Clima temperado com verão quente e úmido	19,4	1537
Curvelo	668	Cwa	Clima temperado com verão quente e úmido	20,9	1374
Diamantina	1318	Cwb	Clima temperado com verão fresco e úmido	19,2	1329
Divinópolis	787	Cwa	Clima temperado com verão quente e úmido	19,8	1543
Florestal	753	Cwa	Clima temperado com verão quente e úmido	19,5	1187
Ibirité	814	Cwb	Clima temperado com verão fresco e úmido	18,6	1532
Pirapora	509	Aw	Clima quente com chuva de verão	22,3	1216
Pompéu	692	Cwa	Clima temperado com verão quente e úmido	20,9	1345
Sete Lagoas	732	Cwa	Clima temperado com verão quente e úmido	20,0	1416
Viçosa	712	Cwa	Clima temperado com verão quente e úmido	19,5	1361

Fonte: Alvares et. al. (2013). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

## 5.2 Análises dos dados das estações pesquisadas entre 1961 e 2021

A partir do cálculo das médias anuais de temperatura (máxima, média compensada e mínima) precipitação e umidade das 15 estações pesquisadas foram levantadas as seguintes informações (Tabela 9).

**Tabela 9:** Valores médios das variáveis climáticas para o período de 1961 a 2021.

Estação	Altitude (m)	Latitude	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Média Compensada (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)	Precipitação Total (mm)
Bambuí	684	-20°03''	27,9	21,4	15,0	76,0	1126,2
Barbacena	1128	-21°23''	24,7	18,2	13,9	80,5	1386,5
Belo Horizonte	915	-19°93''	27,3	20,2	17,3	62,7	1552,0
Bom Despacho	695	-19°71''	29,9	21,5	15,5	70,4	1263,2
Caratinga	609	-19°73''	27,7	21,5	16,8	77,6	1014,1
Conceição do Mato Dentro	663	-19°03''	28,1	20,9	15,4	75,7	1335,2
Curvelo	668	-18°74''	30,5	23,0	16,8	68,2	1038,6
Diamantina	1318	-18°23''	24,1	18,7	14,7	75,8	1302,9
Divinópolis	787	-20°17''	29,3	22,1	16,2	66,0	1367,1
Florestal	753	-19°88''	28,8	20,2	14,1	70,7	1375,8
Ibirité	814	-20°01''	28,2	20,8	14,8	75,3	1323,3
Pirapora	509	-17°34''	31,1	24,1	18,4	69,6	975,8
Pompéu	692	-19°22''	29,6	22,7	16,7	70,5	1163,1
Sete Lagoas	732	-19°46''	28,5	21,2	16,3	68,4	1050,0
Viçosa	712	-20°76''	24,2	17,6	13,8	65,8	1137,6

Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Para a melhor compreensão da dinâmica climática presente na área de estudo é preciso interpretar os dados por meio da concepção geosistêmica, baseada nos trabalhos de Monteiro (2001; 2000 e 1978). Não apenas o funcionamento dos sistemas ambientais opera de maneira integrada, mas interage de diversas formas com os sistemas sociais e isto se faz presente na região central do estado de Minas Gerais.

Entre os fatores que promovem influência na composição climática da região foi possível identificar a participação direta do relevo (topografia local e regional); da latitude (condição básica regida pelos climas de baixa latitude); a maritimidade e a continentalidade que poderão ou não prover umidade para a atmosfera e caracterizar maior ou menor variação térmica ao longo dos dias e o uso do solo que interfere no

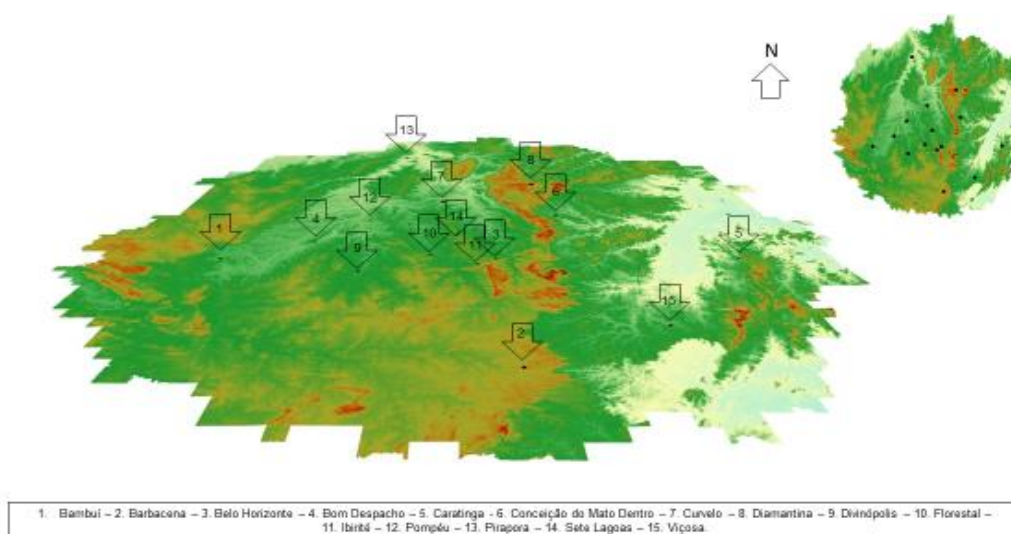
balanço de energia (albedo) e diz respeito às alterações antrópicas de nível local, topoclimático e microclimático

O efeito orográfico da Serra do Espinhaço promove a retenção de umidade nas vertentes à barlavento, em conformidade com os dados de Diamantina que se localiza à 1318m e apresenta umidade elevada, temperaturas máxima e mínimas que apontam a influência da dissipação do calor em topografias elevadas. Na estação do município de Conceição do Mato Dentro, a localização em vale no sopé da Serra do Espinhaço favorece o acúmulo de calor em áreas baixas do relevo.

O mesmo efeito na estação de Conceição do Mato Dentro direciona a dinâmica em Caratinga pela localização no Vale do Rio Doce e a capacidade de confinamento do ar em baixas altitudes. No entanto a umidade elevada se comparada à demais (77,6%) demonstra o efeito da maritimidade na dinâmica deste elemento na estação do município de Caratinga.

Na estação de Pirapora, a temperatura máxima elevada e mínima (31,1°C – 24,1°C), as maiores entre as 15 estações, aponta uma influência do relevo de planície à beira do Rio São Francisco e as condições de confinamento do ar e baixa capacidade de trocas de calor nestes ambientes. A menor precipitação, 975,8mm em Pirapora indica uma proximidade das condições climáticas semiáridas da porção norte do estado de Minas Gerais e do sertão nordestino.

A influência do fator relevo é fundamental na dinâmica climática na região analisada, mas não pode ser vista isoladamente. Outros condicionantes como a latitude, a continentalidade/maritimidade e a presença de vegetação, são substanciais na caracterização climática da área de estudo (Figura 13).



**Figura 13:** Cartograma com o relevo das estações pesquisadas. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

No que diz respeito à latitude, tomando como exemplo as duas estações com maior variação deste fator, Pirapora (-17°,34') e Diamantina (-20°,76), há uma pequena diferença do ângulo de incidência solar (1° a 3,5°) durante o ano entre as estações meteorológicas, mas que exerceu influência nos resultados. Por definição, quanto maior a altura do Sol (ou maior o ângulo de incidência), maior será a concentração de energia por unidade de área e menor será o albedo, dependendo da superfície (Tabela 10).

**Tabela 10:** Ângulos de incidência solar durante as estações anuais.

Estação	Latitude	Verão	Inverno	Outono e Primavera
Bambuí	-20°03'	86°36'	46°3'	69°57'
Barbacena	-21°23'	87°56'	45°1'	68°37'
Belo Horizonte	-19°56'	86°26'	46°4'	69°67'
Bom Despacho	-19°71'	86°04'	46°62'	69°89'
Caratinga	-19°73'	86°06'	46°6'	69°87'
Conceição do Mato Dentro	-19°03'	85°36'	47°3'	70°57'
Curvelo	-18°74'	85°07'	47°59'	70°86'
Diamantina	-18°23'	84°56'	48°1'	71°37'
Divinópolis	-20°17'	86°50'	46°16'	69°43'
Florestal	-19°88'	86°21'	46°45'	69°72'
Ibirité	-20°01'	86°34'	46°32'	69°59'
Pirapora	-17°34'	83°67'	48°99'	72°26'
Pompéu	-19°22'	85°55'	47°11'	70°38'
Sete Lagoas	-19°46'	85°79'	46°87'	70°14'
Viçosa	-20°76'	87°09'	45°57'	68°84'

Fonte: Dados da pesquisa. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

O ângulo de incidência solar nas estações analisadas é maior no verão (21/12 a 21/03) devido à relativa proximidade de cada uma em relação ao Trópico de Capricórnio (23°27'), latitude onde os raios solares são perpendiculares no verão. O fator latitude é responsável por médias de temperatura máxima elevadas, todas acima dos 24°C e algumas ultrapassando os 30°C, como em Pirapora e Curvelo - 31,1°C e 30,5°C – respectivamente.

No verão, todos os ângulos de incidência ultrapassam os 80° e em Viçosa, por exemplo, se aproxima dos 90°, com 87°09'. Já no inverno, nenhum dos ângulos dos raios solares incidentes chegam aos 50°. Nos meses dos equinócios os ângulos de incidência da irradiação solar ficam entre 68° e 72°.

As características de continentalidade das estações são fundamentais para a composição dos climas e tipos de tempo na região central do estado de Minas Gerais pois as variações longitudinais em relação ao mar definem maiores ou menores situação de umidade e precipitação, por exemplo. O perfil topográfico existente entre cada estação e o oceano aponta que o estado de Minas Gerais possui uma disposição de terrenos extremamente variada.

A maior proximidade do Oceano Atlântico pode favorecer quantitativos elevados de umidade relativa do ar, desde que a atuação dos sistemas atmosféricos possa transportar toda a disponibilidade hídrica dos oceanos e o relevo facilite a entrada de massas de ar úmidas.

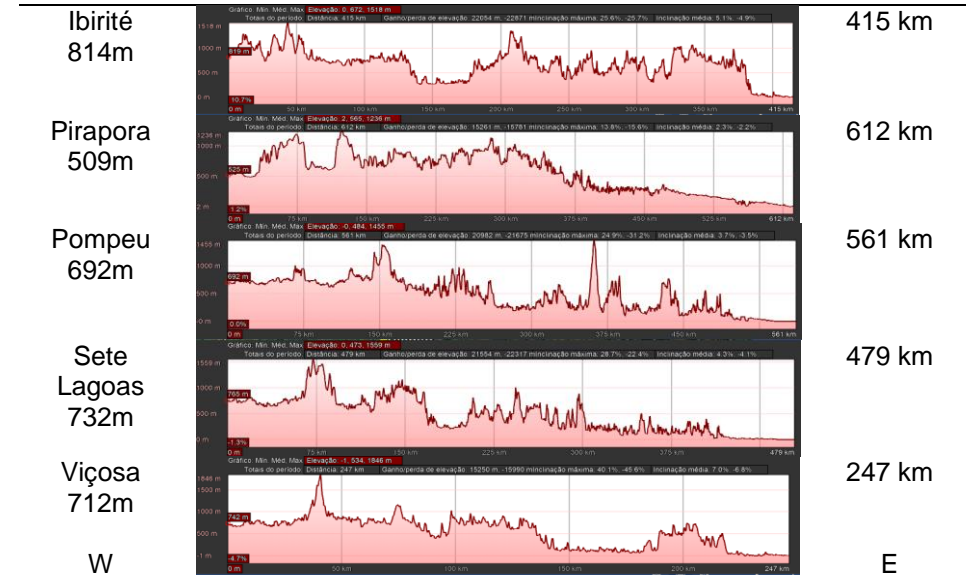
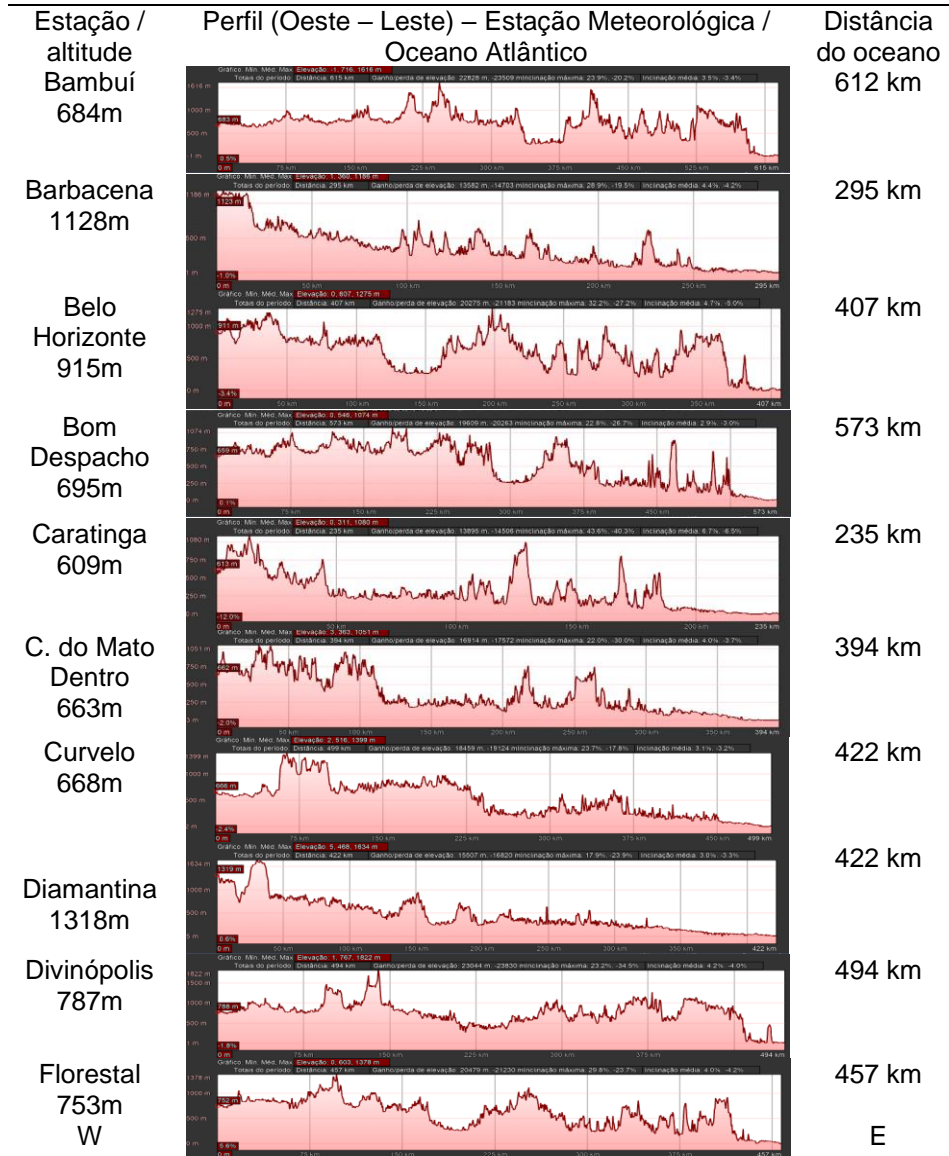
Neste caso, a atuação do ASAS, o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul e o relevo movimentado do estado de Minas Gerais atuam como fatores dificultadores da chegada de umidade no interior do estado de Minas Gerais. A estação de Viçosa apresentou umidade de 65,8% mesmo estando à 243 km do litoral, a segunda menor distância, abaixo apenas de Caratinga.

A presença de maior umidade no ar aponta menor pressão atmosférica pois o peso molecular da água é de (18,016 kg/mol) menor do que peso molecular médio do ar (28,97 kg/mol). As condições de chuva podem ser facilitadas neste caso, o que nem sempre ocorre, haja vista a média de chuvas em Caratinga 1014,1. A posição em vale, com o ar confinado mostra uma relevante influência para os dados de Caratinga.

As estações que apresentaram maior umidade relativa do ar foram Barbacena e Ibirité, 80,5% e 75,35, respectivamente. A distância de Barbacena até o oceano é de 295 km, a 3ª menor entre as estações pesquisadas. O perfil topográfico apresentado indica facilidade de entrada de ventos oceânicos até o município, além de sua posição topográfica elevada.

Já o município de Ibirité dista 415 km do litoral e possui uma topografia bastante inserida no contexto da morfologia planáltica central da área de estudo. A chegada de massas de ar provenientes do sul do país, as linhas de instabilidade e as chuvas de verão demonstram maior interferência na condição de umidade do ar de Ibirité do que os ventos úmidos de leste.

As estações menos úmidas da série histórica, Belo Horizonte (62,75) e Viçosa (65,8%) apontam para a influência das alterações antrópicas na menor quantidade água no ar, especialmente Viçosa que está a apenas 247 km do litoral (Figura 14).



**Figura 14:** Perfis topográficos das estações pesquisadas até o Oceano Atlântico. Fonte: Google Earth (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Com relação à temperatura máxima, o extremo positivo verificado entre as estações foi em Pirapora (31,1°C) e o extremo inferior em Diamantina (24,1°C). Destaca-se a diferença de altitude entre as duas estações, 809 metros, fato determinante para o desequilíbrio de 7° C entre as duas localidades.

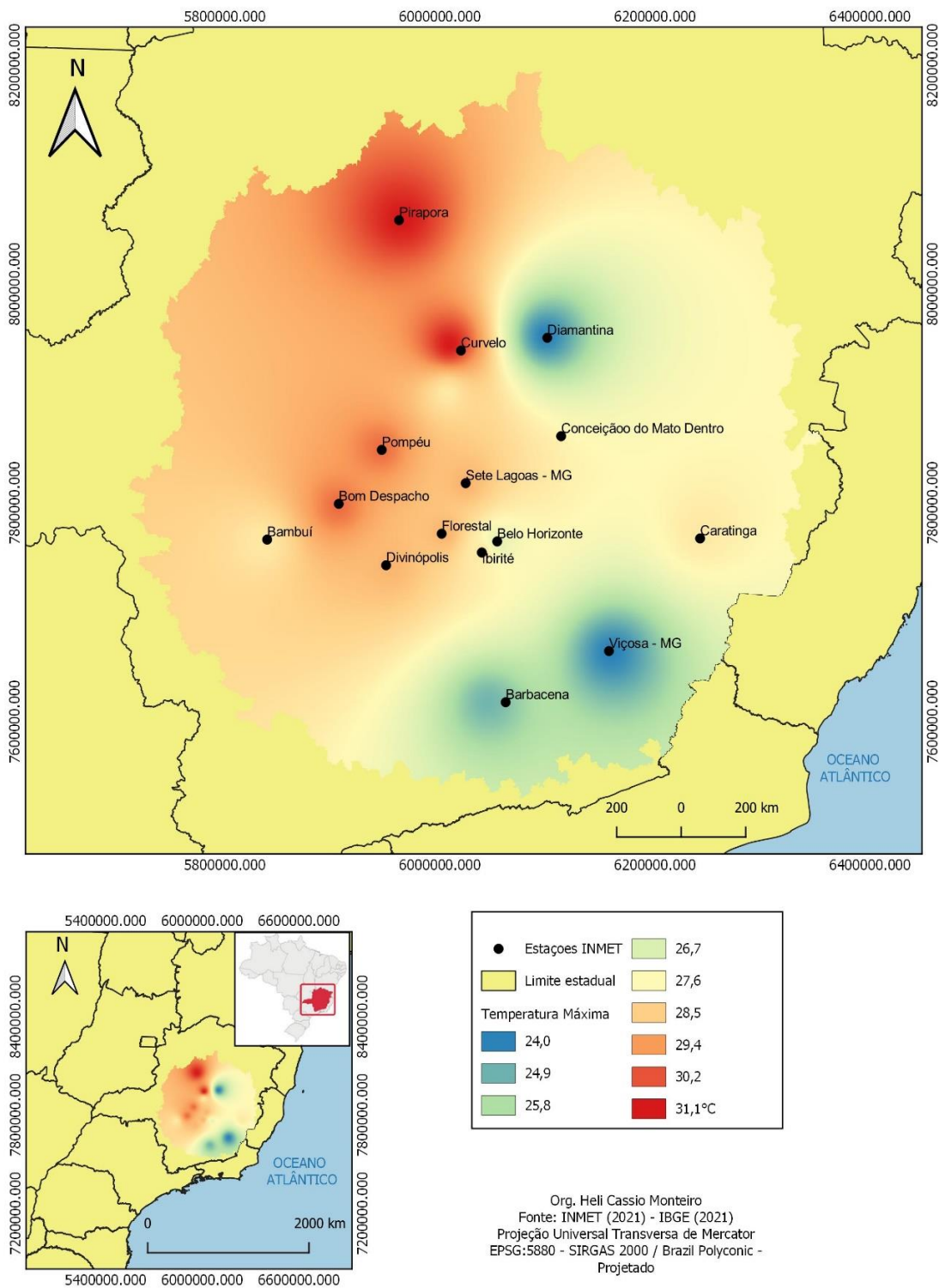
O contato com os níveis mais elevados de movimentação atmosférica e o gradiente adiabático saturado de temperatura, 0,65° C a cada 100 m de elevação são resultantes da influência do relevo na dinâmica da temperatura, a exemplo da estação de Diamantina. Nas menores altitudes, o confinamento e o respectivo aquecimento do ar são favorecidos. O fator relevo é um controlador das condições de temperatura máxima entre as estações estudadas.

Considerando apenas o gradiente adiabático de temperatura, as estações de Diamantina (1318m) e Pirapora (509m), que distam 809 metros poderiam resultar diretamente na variação de 5,2°C em Diamantina, mas foi identificada a diferença de 7°C entre as duas estações. Esta diferença pode ser explicada pelas condições topográficas locais presentes em cada uma das estações e os efeitos de inclinação, exposição de vertentes, maritimidade/continentalidade e a posição latitudinal.

Abaixo dos 25°C estão as estações de Viçosa (712m), Diamantina (1318m) e Barbacena (1128m), que apresentaram respectivamente as seguintes máximas: 24,2°C – 24,1°C – 24,7°C. Nos casos de Barbacena e Diamantina, o relevo e a topografia local indicam influência nas menores máximas, ainda que Barbacena esteja sob as maiores interferências das massas de ar frio vindas do Sul (MPA) e das frentes frias (FPAS).

Em Viçosa, as características locais de topografia, a posição latitudinal (-20°,73') e a maritimidade (247 km do litoral) são fatores que demonstram influência na dinâmica atmosférica coletada pela estação meteorológica do INMET no município. As estações de Viçosa, Conceição do Mato Dentro e Diamantina indicam a influência orográfica da Serra do Espinhaço e em Caratinga destaca-se a participação das condições de fundo de vale (609m) na máxima (27,7°C).

As estações de Ibirité (28,2°C) e Belo Horizonte (27,3°C) apresentam posição intermediárias entre as máximas. As características de uso e ocupação do solo nestas duas estações parecem interferir na máxima mais elevadas. As duas cidades estão inseridas no contexto metropolitano e as atividades antrópicas no entorno das estações são intensas, especialmente em Belo Horizonte, (Figura 15).



**Figura 15:** Interpolação da temperatura máxima para a região pesquisada. Fonte dos dados: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A temperatura média compensada teve como extremo máximo a estação de Pirapora (24,1°C) e mínimo em Viçosa (17,6°C). É relevante a amplitude térmica entre as duas estações meteorológicas.

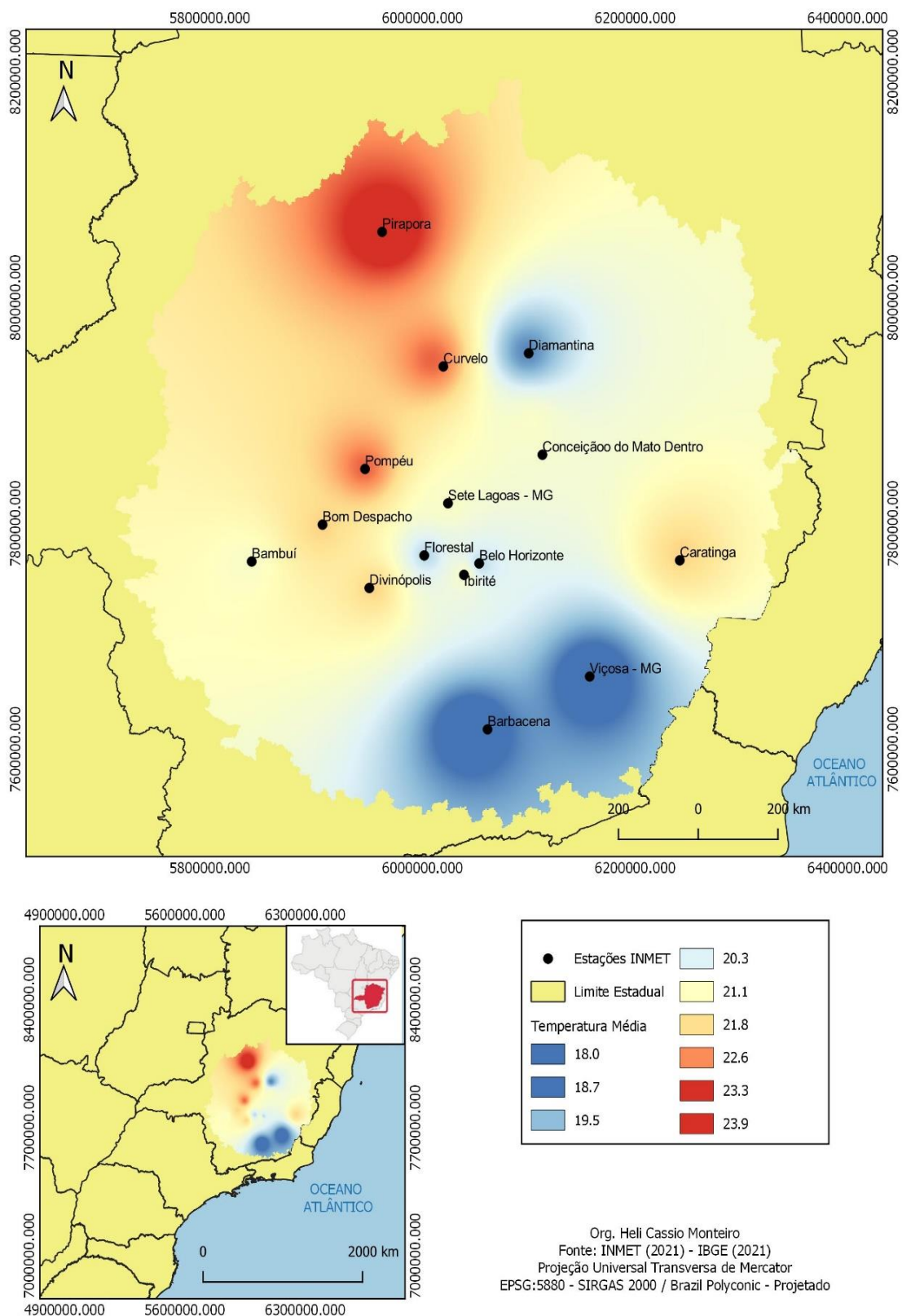
A diferença altimétrica entre as estações de Pirapora e Viçosa, 203 metros, pode indicar a influência do fator do relevo nos dados, mas não apenas o relevo. Somado ao fator altitude, existe uma disparidade latitudinal entre as estações que auxilia na identificação das variações. Em Pirapora, a latitude é de 17°34' S e em Viçosa, 20°76' S totalizando uma discrepância de 3°42' entre as estações.

Apesar de não muito vultuosa, esta dissemelhança latitudinal provoca interações com a radiação solar de forma distinta. A maior disposição de energia nas baixas latitudes amplia as médias de temperatura e favorece a maior disponibilidade de calor nas cidades mais próximas à linha do Equador, região do planeta mais favorecida pela interação com os raios solares devido à perpendicularidade dos raios no Equador (0°) nos Equinócios e nos Trópico de Capricórnio (23°S) no verão.

O maior afastamento da Linha do Equador, ainda que em região tropical provoca quedas nas temperaturas, especialmente em áreas mais elevadas como é o caso da estação de Viçosa em comparação à Pirapora. A incidência oblíqua dos raios solares nos 20°76' S de Viçosa, quando nos Equinócios e no Solstício de inverno, faz com que a energia disponível no sistema superfície-atmosfera seja menor em paridade aos 17°34' S de Pirapora.

Um dado que chama a atenção é a temperatura média compensada da estação Diamantina (18°25' S) que possui a latitude próxima a de Pirapora, mas apresenta 18,7° C. Nesta situação, o relevo se mostra novamente como um fator controlador do clima com grandeza primordial pois Diamantina é a estação mais elevada das 15 analisadas, com seus 1318 metros.

A temperatura média compensada apresentou uma distribuição espacial semelhante à temperatura máxima, com os maiores valores em Pompeu (22,7°C) e Pirapora (24,1°C) e os menores em Viçosa (17,6°C), Barbacena (18,2°C) e Diamantina (18,7°C). A disposição latitudinal para as estações de Pompeu e Pirapora, além da posição de vale no Rio São Francisco em Pirapora explicam parte desta dinâmica. Em Diamantina, o relevo e a topografia local são decisivos na diminuição da temperatura média compensada. As estações de Barbacena e Viçosa apontam para a influência latitudinal e a passagem de massas de ar polar e frentes frias oriundas do sul do Brasil (Figura 16).



**Figura 16:** Interpolação da temperatura média compensada na região pesquisada. Fonte dos dados: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A temperatura mínima apresentou seu máximo na estação de Pirapora (18,4°C) e seu mínimo em Viçosa (13,8°C). Há um destaque para Belo Horizonte (17,3°C) e Curvelo (16,8°C). Na estação de Belo Horizonte, a altitude de 915 metros e a posição latitudinal (19°9 S) poderia provocar uma variação negativa em relação à Curvelo, mas aqui se apresenta a participação do fator uso e ocupação do solo na dinâmica das mínimas.

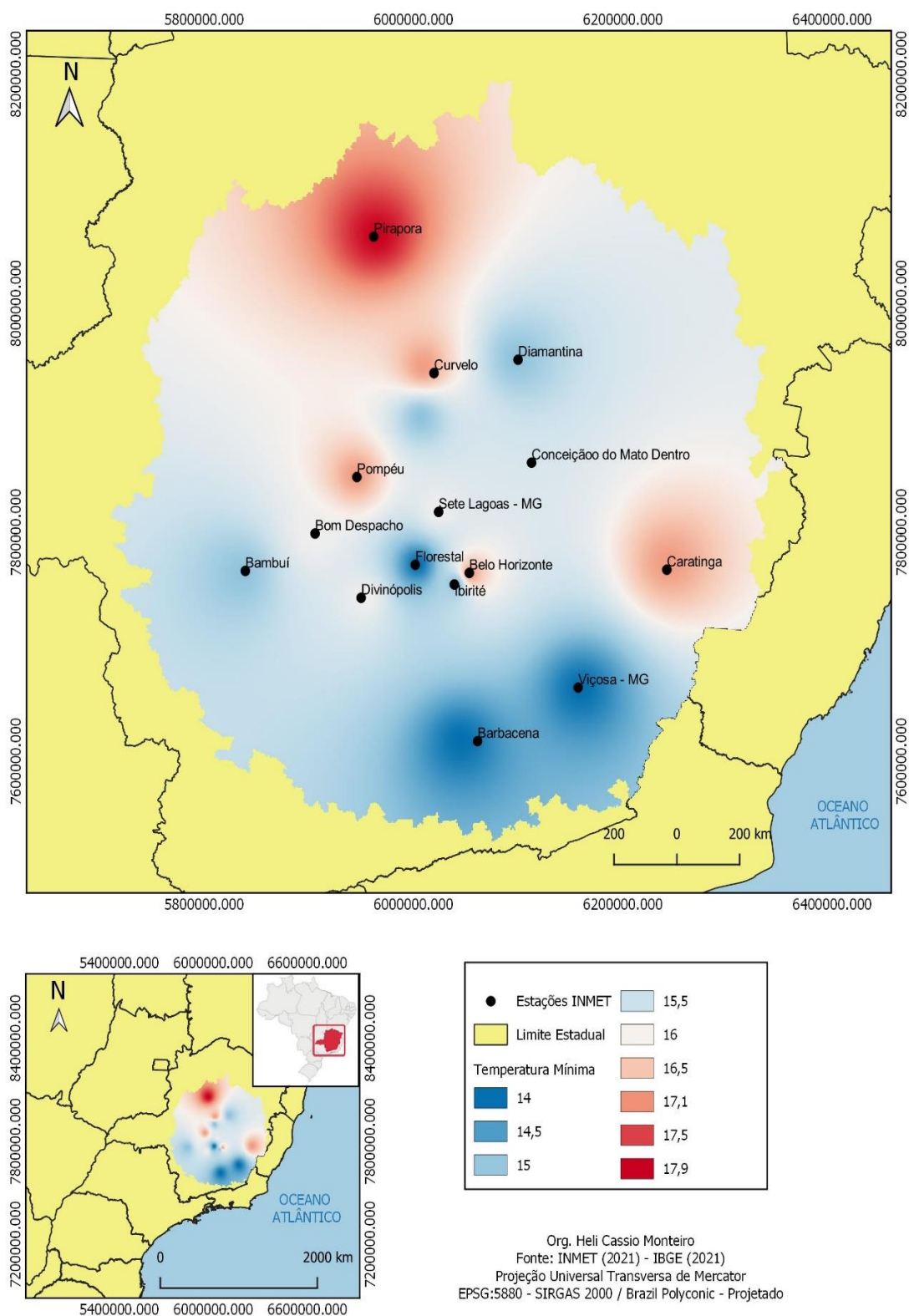
O fato de Pirapora e Curvelo estarem no fundo de vale podem produzir mínimas mais baixas do que BH por causa da drenagem de ar frio (escoamento catabático), mas as médias e máximas são mais elevadas por causa da menor altitude, latitude e das condições topográficas do vale do Rio São Francisco (menor capacidade de dissipação de calor).

A proximidade dos equipamentos urbanos, edificações residenciais, rodovias e construções industriais em uma cidade com 2.315.560,00 habitantes (IBGE, 2022), produzem efeitos na dinâmica da temperatura mínima. Este elemento climático é sensível às interferências espaciais que comprometem e produzem uma influência no dinamismo térmico.

Entre as 15 estações analisadas, a estação meteorológica de Belo Horizonte está localizada na cidade mais populosa e com a maior rede de conexões viárias, bairros e áreas desmatadas. As profundas alterações no uso do solo, formaram ao longo da história desta cidade, um grande efeito na dinâmica térmica da atmosfera do meio urbano.

Em ambientes densamente urbanizados como os de Belo Horizonte a composição atmosférica (poluída pelos particulados provenientes da queima de combustíveis fósseis) fortalece os efeitos de absorção de energia via ondas longas emitida pela superfície do planeta. Além disso, o albedo e a capacidade térmica dos materiais da superfície urbana são responsáveis pelo acúmulo de calor especialmente no período noturno, quando se espera a perda energética das superfícies.

As grandes edificações do centro urbano de Belo Horizonte reduzem a difusão do calor pelas mudanças nos padrões de escoamento causados pela rugosidade da superfície urbana e pelo aprisionamento do ar em certos pontos. A redução na energia térmica exigida para a evaporação e transpiração (calor latente) devido ao caráter da superfície extremamente alterada é revertida em calor sensível (Figura 17).



**Figura 17:** Interpolação da temperatura mínima região pesquisada. Fonte dos dados: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Com relação a umidade relativa do ar, a estação de Barbacena apresentou a maior média (80,5%). A série histórica de Belo Horizonte ficou com a menor média registrada (62,7%) e chama a atenção Viçosa (65,8%) com a segunda menor média. A maior ou menor umidade tem procedência com a atuação de sistemas atmosféricos, a maritimidade/continentalidade e fatores locais como fontes de umidade, tais como florestas, rios e lagos.

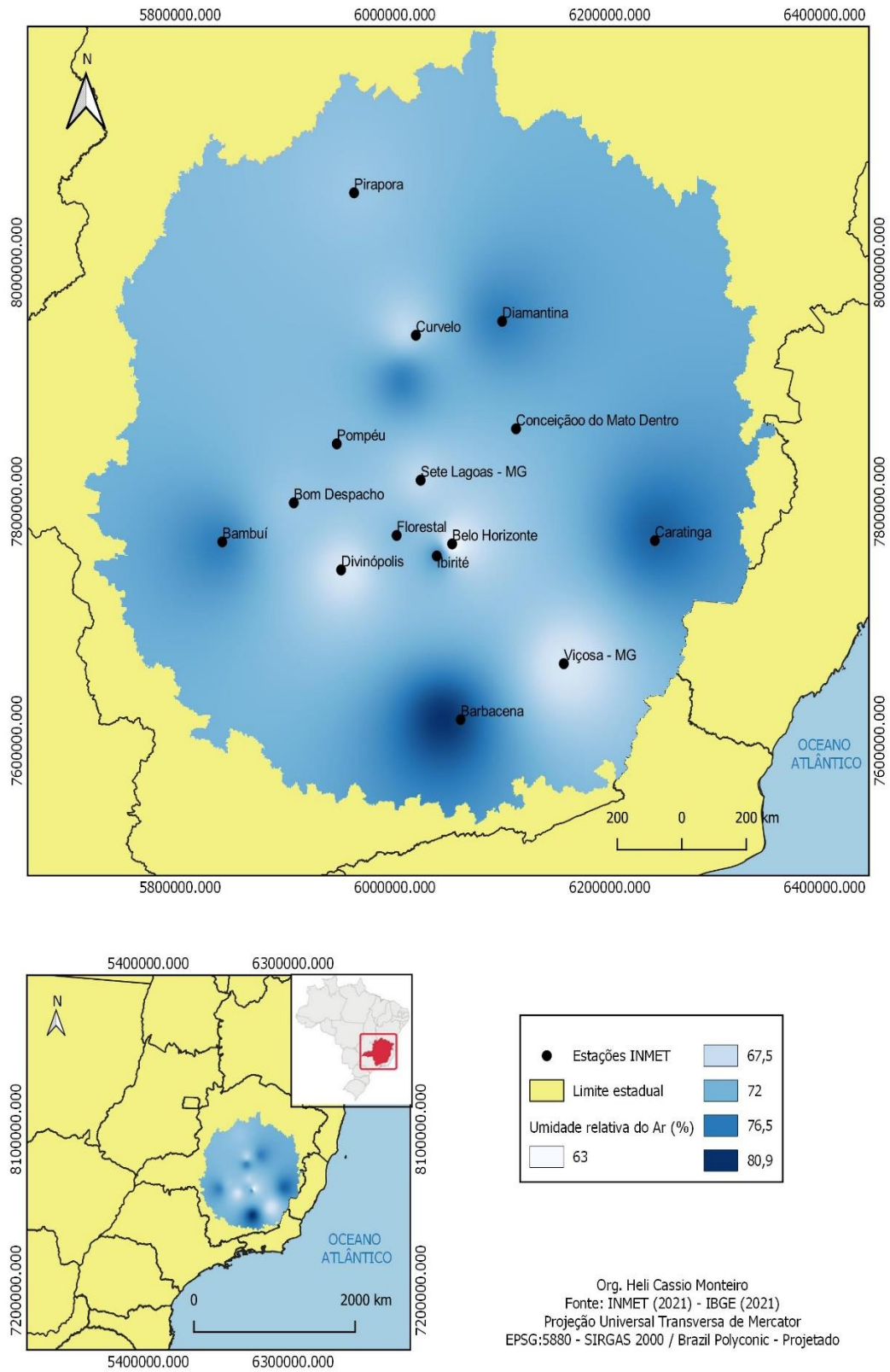
A latitude da estação de Barbacena (21°23 S) favorece a identificação da influência dos sistemas atmosféricos produtores de chuva, linhas de instabilidade (LI), Zona de Convergência do Atlântica Sul (ZCAS) com a passagem de Frentes Frias vindas do Sul do País em contato a massa de ar tropical, Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) atuante na latitude da estação.

A menor umidade relativa na estação de Belo Horizonte pode ser explicada pela expressiva e múltipla gama de equipamentos urbanos em contraposição às áreas de preservação e fontes hídricas. Sob perspectiva da posição latitudinal (19°9 S) e da altitude (915m) da estação belorizontina, poderia haver um favorecimento de maior umidade próxima das estações de Curvelo (18°74 S / 668m) e Ibirité (20°S / 814 S), que apesar de estarem em latitudes menores apresentaram maiores médias de umidade relativa, 68,3% e 75,3% respectivamente.

A cidade de Viçosa apresenta valor de umidade relativa do ar mais baixa entre as 15 estações. Com seus 65,8%, fazendo referência a uma menor precipitação (1137,6mm) se comparada a Barbacena (1386,5mm) e, portanto, uma menor disponibilidade hídrica para a estação. As alterações de uso do solo no entorno da estação de Viçosa podem ter provocado interferências na disponibilidade de umidade registrada.

Na estação de Caratinga, as médias térmicas foram intermediárias, mas a umidade relativa do ar se manteve entre as maiores (77,6%), sendo apenas que Barbacena (80,5%). O efeito da maritimidade na estação de Caratinga se mostra relevante.

O município de Caratinga se encontra a 253 km do oceano, a menor distância entre as estações pesquisadas. Os ventos de leste no estado de Minas Gerais provenientes da atuação do ASAS podem ser responsáveis pela maior umidade no município de Caratinga. Em Barbacena, a responsabilidade da maior umidade indica uma responsabilidade aos sistemas atmosféricos mais atuantes na região sul do estado (Figura 18).



**Figura 18:** Interpolação da umidade relativa do ar na região pesquisada. Fonte dos dados: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

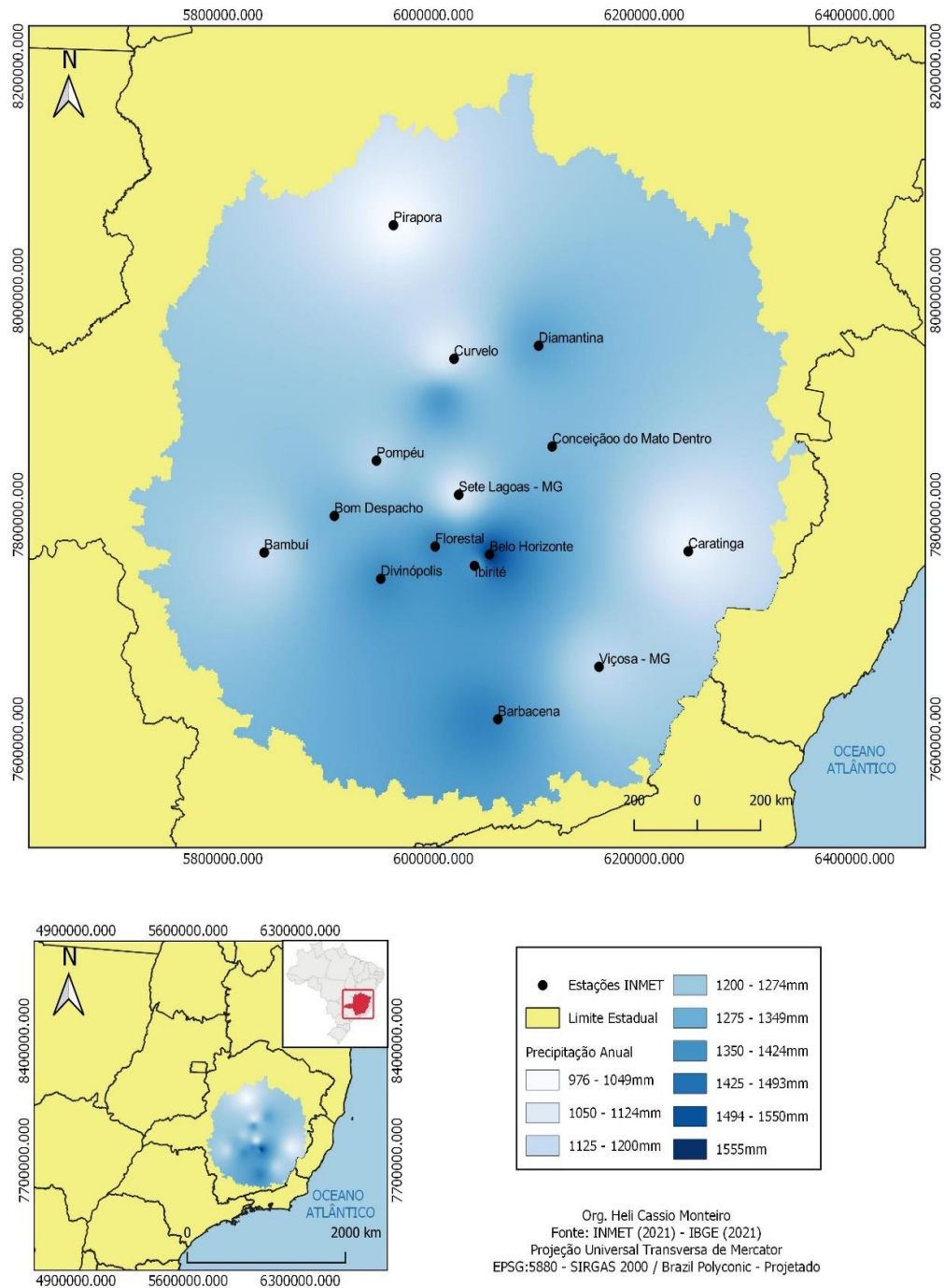
A precipitação média máxima foi encontrada na estação de Belo Horizonte (1552mm) e a mínima na estação de Pirapora (975,8mm). As duas estações apresentam a diferença de 406m, altitude positiva para Belo Horizonte. O fator relevo favorece a incidência de chuvas orográficas e resulta em maiores médias de chuvas em geral. A diferença latitudinal entre as duas estações, 2°6' S a favor de Belo Horizonte, implica em menores temperaturas.

Com menores temperaturas e relevo pronunciado, verifica-se a ocorrência de maiores volumes de chuva, o que provoca a discrepância de 580mm em Pirapora se comparada à Belo Horizonte. Os sistemas produtores de chuva na estação de Belo Horizonte são conectados, no geral, ao ASAS e sua interferência com fonte de calor tropical; as frentes frias provenientes do sul do Brasil, originárias do APAS (Anticiclone Polar do Atlântico Sul) com a umidade e menores temperaturas meridionais; a formação da ZCAS (Zona de Convergência do Atlântica Sul) e as linhas de instabilidade (LI).

O município de Pirapora está situado à beira do Rio São Francisco em uma condição de confinamento do ar inibindo parte das trocas de calor (transferência de massa e energia) com outras massas de ar, além de favorecer a dinâmica da circulação ar associada ao relevo (ventos catabático e anabático e canalização). A menor latitude e altitude de Pirapora a coloca menos sujeita à interferência da FPA (Frente Polar Atlântica) e da mPa (Massa polar atlântica).

Há semelhança na média de chuvas na estação de Barbacena (1386,5mm) e Florestal (1375,8) apesar da variação altimétrica, 1128 e 753 metros, e latitudinal, 21°23 S, 19°88 S respectivamente. Com relação aos sistemas atmosféricos, há semelhança das estações de Barbacena e Florestal com a influência dos sistemas atuantes em Belo Horizonte. A Frente Polar Atlântica (FPA) faz uma diagonal em seu caminho para o norte e para o Atlântico, atingindo quase simultaneamente as duas localidades. As Linhas de Instabilidade (LI) também fazem este caminho diagonal, uma vez que parte delas está associada à dinâmica de avanço da FPA.

Apesar de sua relativa proximidade com o oceano (235 km), a estação de Caratinga não apresenta uma precipitação elevada entre as demais estações (1014,1). A interação dos sistemas citados geradores de chuva em grande parte do estado de Minas, especialmente no Sul parecem apresentar dificuldades no leste do estado (Figura 19).



**Figura 19:** Interpolação da precipitação anual na região pesquisada. Fonte dos dados: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

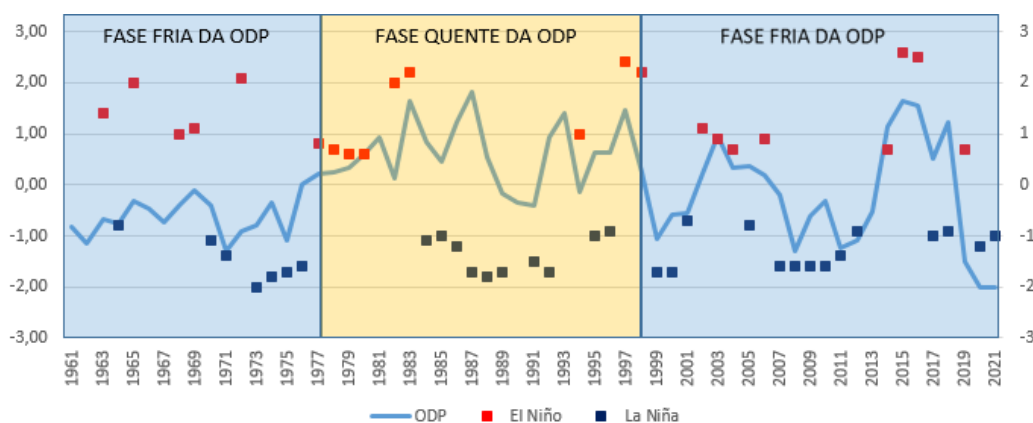
### 5.3 Interações dos climas da área de estudo com a escala zonal

As conexões da dinâmica climática apresentada nas estações com as condições impostas por escalas superiores do clima, por meio da variação térmica do sistema oceano-atmosfera no Pacífico Sul, são fundamentais nesta análise. Neste caso, os dados estão relacionados à Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e os eventos de El Niño e La Niña (ENOS/Oscilação Sul).

Segundo Mantua et al. (1997) as fases de mínima e máxima ODP duram de 20 a 30 anos, o ciclo completo pode durar 40 a 60 anos aproximadamente, ao passo que eventos como o El Niño, de 6 a 18 meses. Essa é a duração média do El Niño, existem variações, com episódios mais fracos, de média intensidade e de maior intensidade (este último com recorrência média a cada 17-18 anos, quando a órbita da Lua passa pelo Equador terrestre, já que ela orbita entre os dois hemisférios no seu movimento de revolução).

A concomitância entre as fases da ODP e as ocorrências dos fenômenos ENOS entre os anos de 1961 a 2021, aponta que os acontecimentos de La Niña estão sempre associados às fases frias e de menor intensidades da ODP como visto na fase fria entre 1961 e 1977, destaque para os anos 1971, e 1973 a 1976.

Outro momento relevante na sequência é a ocorrência do La Niña no final da década de 2010 e início de 2020. A ODP e os EN/LN apenas podem sofrer reforço ou atenuação mutuamente conforme a concomitância ou não entre suas fases. Ex.: na fase quente da ODP o EN é reforçado e a LN é atenuada. Já na fase fria da ODP as LN são reforçadas e os EN são atenuados (Figura 20).



**Figura 20:** Fases da ODP e eventos de El Niño e La Niña entre 1961 e 2021. Fonte: Easterbrook, (2008). NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

O El Niño acontece com maior frequência na sequência histórica em interação com a fase quente da ODP ou nos anos de Oscilação positiva, mesmo nas fases frias. Destaca-se nos anos de 1977 a 1980 e 1982/83 bem no início da fase quente da ODP. O final da década de 1990 e início de 2000 apresentou um forte evento de El Niño, assim como nos anos de 2015 e 2016.

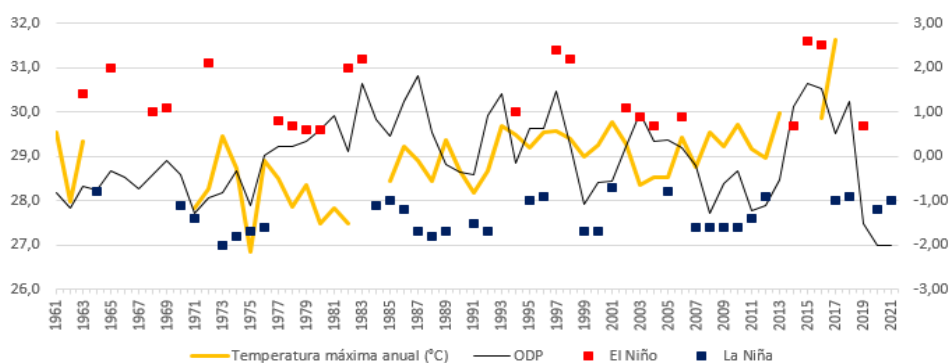
Segundo Santos (1996), na maioria das vezes, as variáveis mudam quantitativamente durante o processo. É a partir da mudança do todo, que as mudanças qualitativas adquirem uma expressão realista, passando a ter significado diferente. O autor ainda aponta,

Como um elemento não pode evoluir isoladamente, nem é capaz de transformar sem arrastar os demais no movimento, o nosso problema não é o da evolução particular de um elemento, mas o da evolução global, Santos (1966, p.255).

Portanto, com o objetivo de integrar valores individuais das estações com as influências macroescalares, as análises das variáveis climáticas, a se iniciar pelo componente térmico, foram realizadas relacionando os dados com as ocorrências da ODP e El Niño/La Niña. Os gráficos de cada estação estão dispostos na ordem sequencial a partir da temperatura, umidade relativa do ar e precipitação.

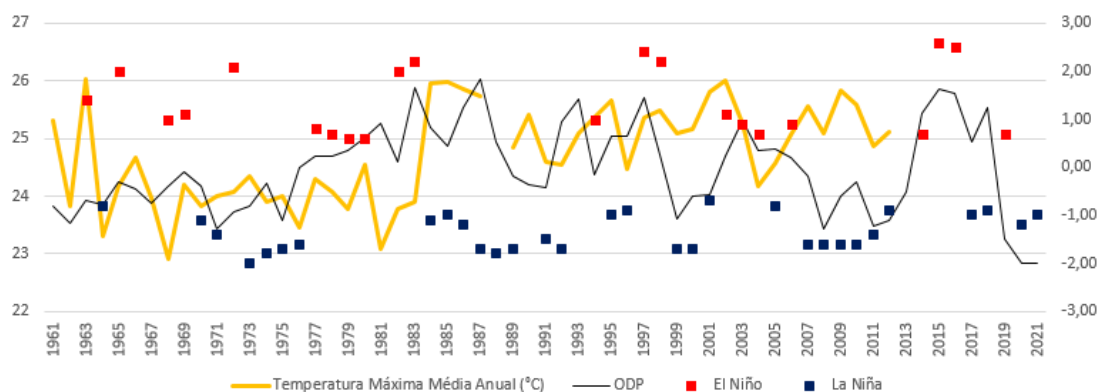
### 5.3.1 Temperatura

Com relação à temperatura máxima na estação de Bambuí, os anos de 1974 a 1975 foram marcados por eventos de La Niña, menor intensidade da ODP e consequentemente quedas na temperatura máxima, 26,8°C. No evento de El Niño de 2015 e 2016 houve também a presença da elevação da ODP, mesmo em sua fase fria e a segunda maior temperatura máxima registrada na série, 29,9°C em 2016 (Figura 21).



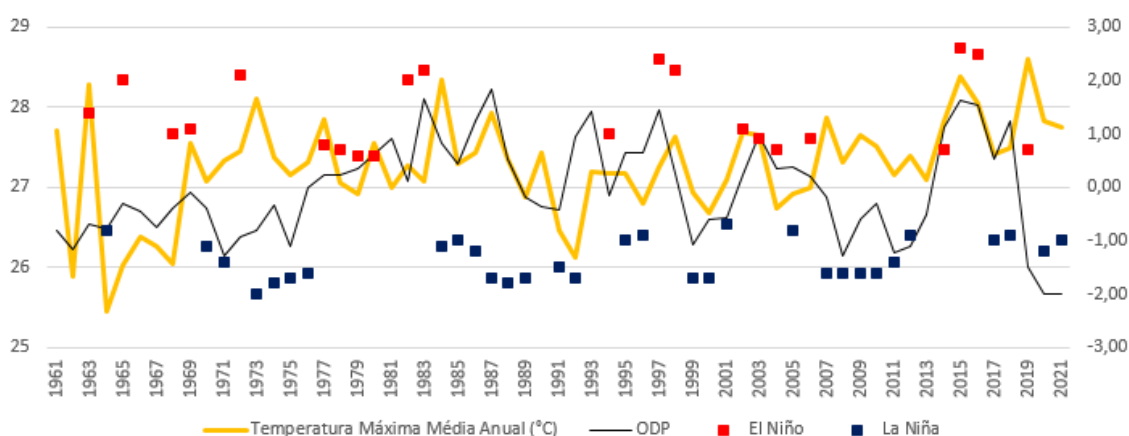
**Figura 21:** Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Bambuí – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Os dados de temperatura máxima da estação de Barbacena mostraram as seguintes relações com a ODP e o EN/LN: fortes relações positivas com as ocorrências de El Niño e ODP no início da década de 1980 (1982/83) e negativamente com as sequências de La Niñas em entre os anos de 1973 a 1976. No ano de 1963, o evento de El Niño moderado incentiva maior temperatura (26°C), (Figura 22).



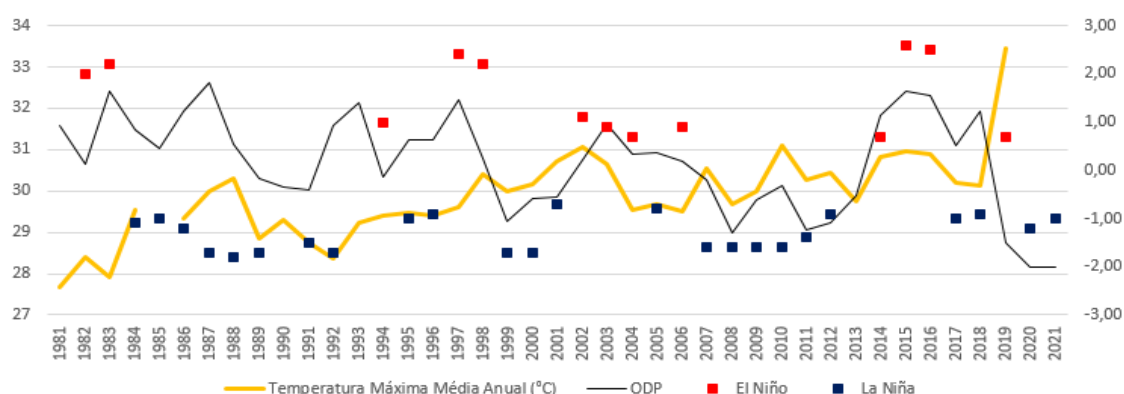
**Figura 22.** Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Barbacena– MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A temperatura máxima de Belo Horizonte mostra uma relação direta com a fase quente da ODP entre os anos de 1977 e 1998 com permanência de máximas acima dos 27°C, mesmo que em eventos de La Niña houve também uma consonância importante, a exemplo do ano de 1992 com La Niña em -1,7 e 26,1°C. No evento de El Niño de 2015/16 houve elevação da ODP e 28°C de máxima (Figura 23).



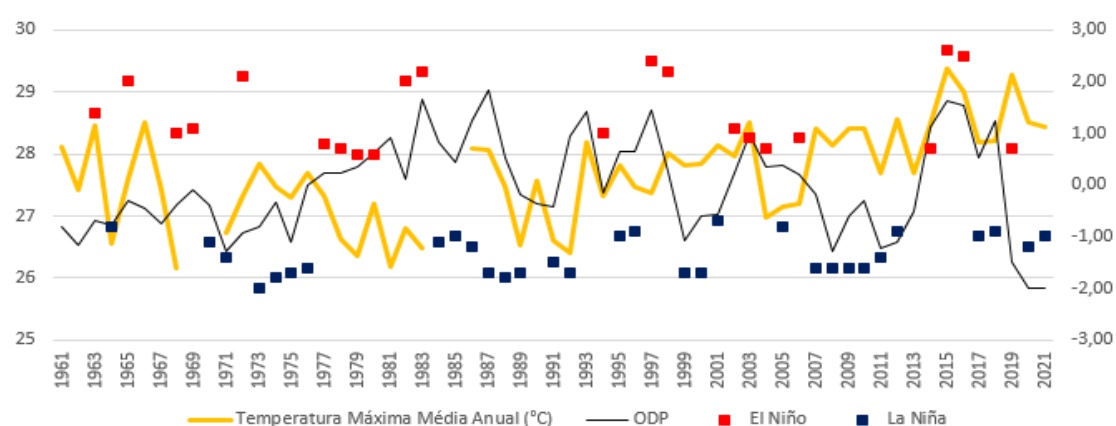
**Figura 23:** Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Belo Horizonte – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Na estação de Bom Despacho os dados históricos de temperatura máxima apresentaram variações coexistentes com a ODP e quase nula com o EN/LN. O destaque ocorre na dinâmica térmica entre 1982 e 2002 quando os valores de temperatura máxima seguiram a elevação da ODP. Menores temperaturas estiveram associadas a redução de ODP e eventos de La Niña (Figura 24).



**Figura 24:** Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Bom Despacho – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

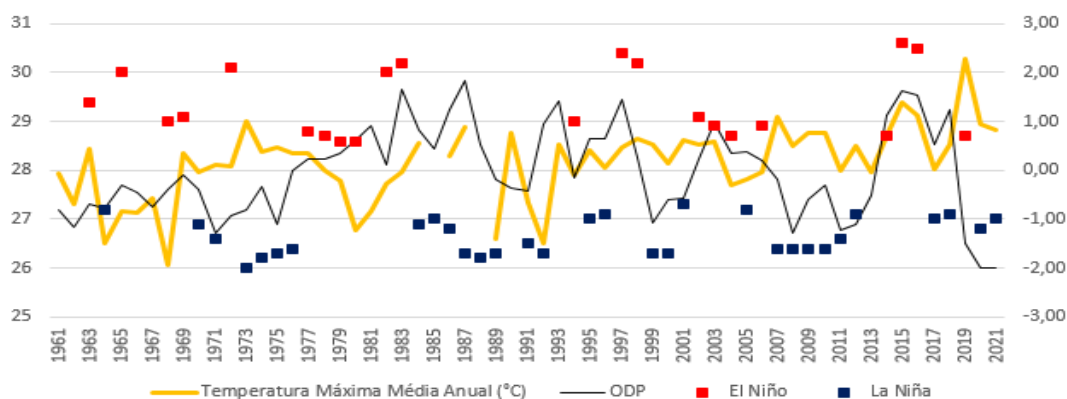
A temperatura máxima na estação de Caratinga apresenta seus maiores valores concernentes aos eventos de El Niño de 1963 com 28,4°C e 2015/16 com 29,3°C e 28,9°C, respectivamente. Este último evento de El Niño coincide com um máximo de ODP na década de 2010. Em 1964, a queda de ODP (-0,77) resultou em quedas na temperatura máxima e foi um evento de La Niña (Figura 25).



**Figura 25:** Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Caratinga – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

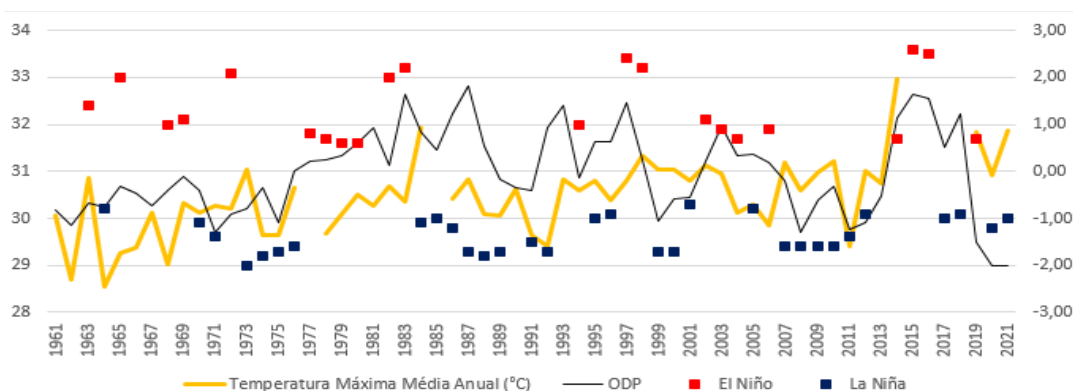
Na estação de Conceição do Mato Dentro, os dados de temperatura máxima apresentaram, no geral, menores simultaneidades com relação à ODP e EN/LN se

comparado à outras estações aqui analisadas. Especificamente, a temperatura máxima seguiu a ODP em 1994 (-0,15 / 27,8°C) com variação negativa (-0,3°C em relação à média) e 2016 (1,54 / 29,1°C) com variação positiva, 1°C acima da média que é de 28,1°C (Figura 26).



**Figura 26:** Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Conceição do Mato Dentro – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

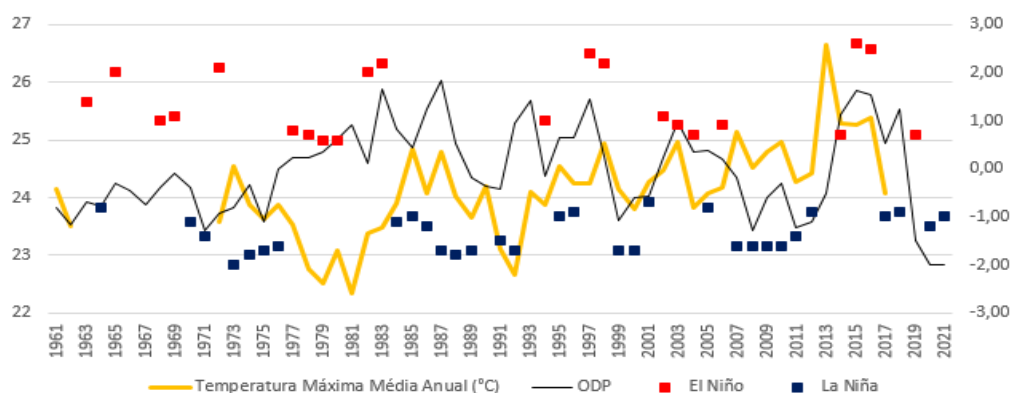
Na estação meteorológica de Curvelo, os dados de temperatura máxima apontam paralelismos dinâmicos com a ODP e ocorrências dos fenômenos EN/LN. Entre os anos de 1961 e 1977, na fase fria da ODP, as máximas se mantiveram abaixo dos 31°C consonantes com a ocorrência de 7 eventos de La Niña neste período. Em outro momento, entre 2015/16, há uma elevação da ODP, um intenso evento de El Niño e a subida da temperatura máxima no ano de 2014, com 32,9°C (Figura 27).



**Figura 27:** Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Curvelo – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

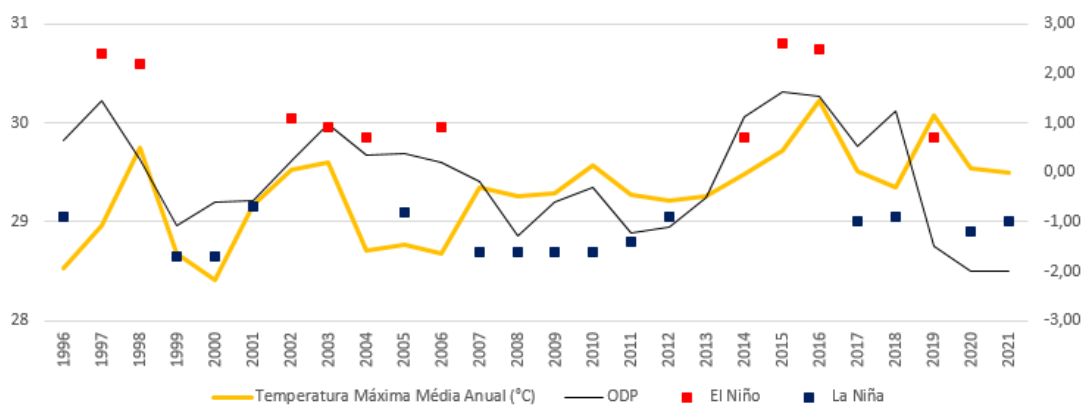
Para os dados de temperatura máxima na estação de Diamantina, há uma reciprocidade dinâmica entre as médias térmicas, a ODP e EM/LN na sequência entre 1986 a 2011 e no ano de 2008. Em 1992 a temperatura se situou em 22,6°C e La Niña

de -1,7. A elevação de temperatura de 2013, 26,6°C, precede a ligeira subida da ODP e a ocorrência do El Niño, 2015/16 (Figura 28).



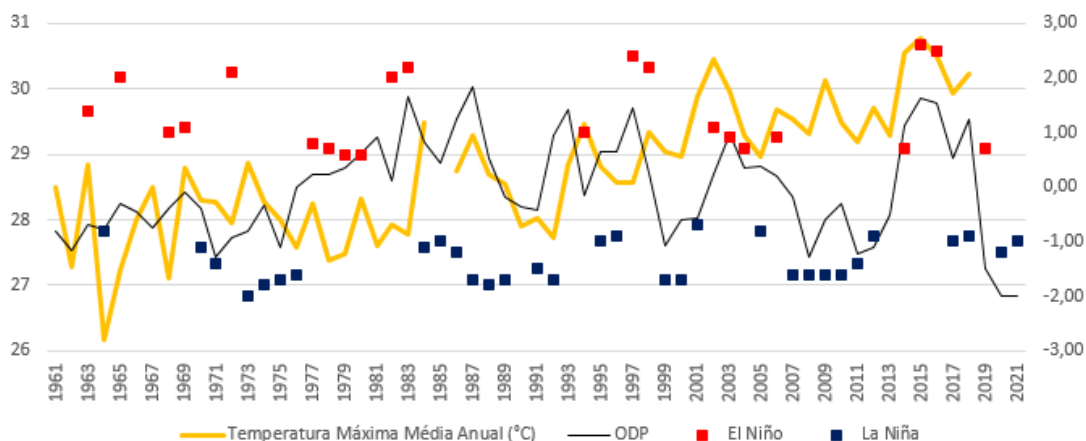
**Figura 28:** Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Curvelo e Diamantina – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A temperatura máxima na estação de Divinópolis apresenta os seguintes aspectos: similaridade com o evento intenso de El Niño 1997/98 e a elevação da ODP, com máxima em 1998 de 29,7°C; ascensão térmica no El Niño de 2015/16, com o maior registro da série histórica em 2016 com 30,2°C (Figura 29).



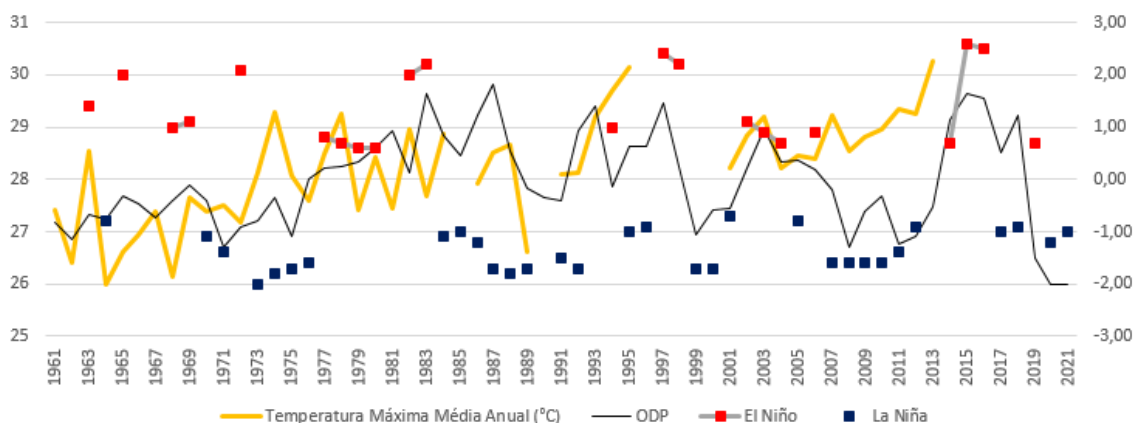
**Figura 29:** Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Divinópolis – MG (1996-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Em Florestal, a estação meteorológica apresentou a temperatura máxima com uma dinâmica especialmente conectada à ODP durante as fases fria (1961/1976) e fase quente (1977/1998) dessa oscilação, sendo um momento de menores e, logo após, de maiores temperaturas. O El Niño de 2015/2016 conecta as maiores temperaturas da série (30,7°C/30,5°C, respectivamente) e os valores de ODP (1,63/1,54, respectivamente), (Figura 30).



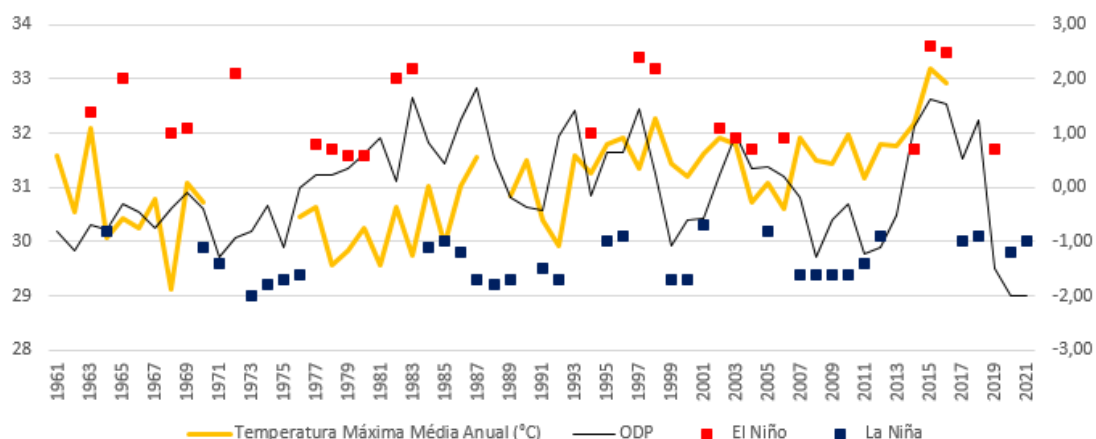
**Figura 30:** Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Divinópolis e Florestal – MG (1966-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A temperatura máxima na estação de Ibitaré apresenta a seguinte dinâmica: menores médias (1°C abaixo da média de 28,2°C) entre 1961 e 1973 (fase fria da ODP); quedas na média das máximas no final da década de 1980 e início de 1990 (26,6°C em 1989) em consonância às ocorrências de La Niña e valores baixos de ODP, (Figura 31).



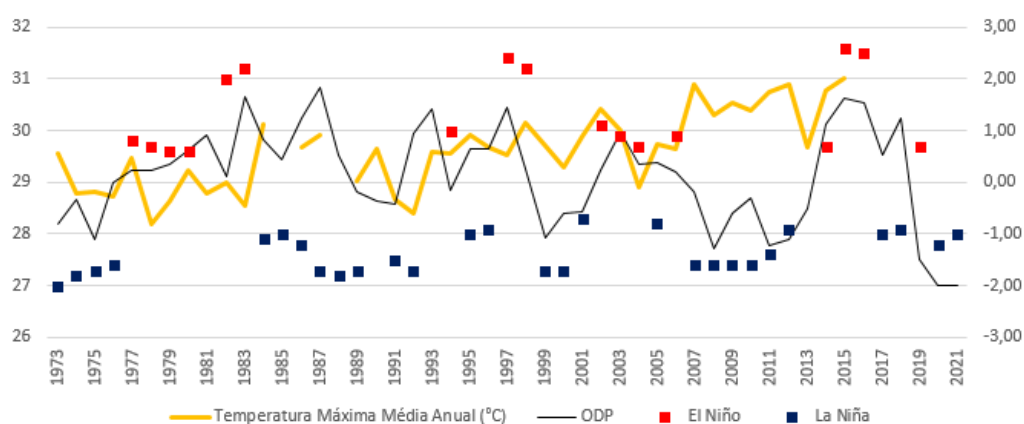
**Figura 31:** Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Ibitaré – MG (1966-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Os dados de temperatura máxima na estação de Pirapora apresentaram uma simultaneidade de dinâmica com a ODP durante sua fase fria (1961/1976) e quente (1977/1998). Por meio da elevação da ODP e do El Niño de 1997/98, de grande intensidade, a temperatura máxima atinge 32,2°C em 98. Assim também ocorre em 2015/16 com um El Niño magno e a máxima chegando a 33,1°C (Figura 32).



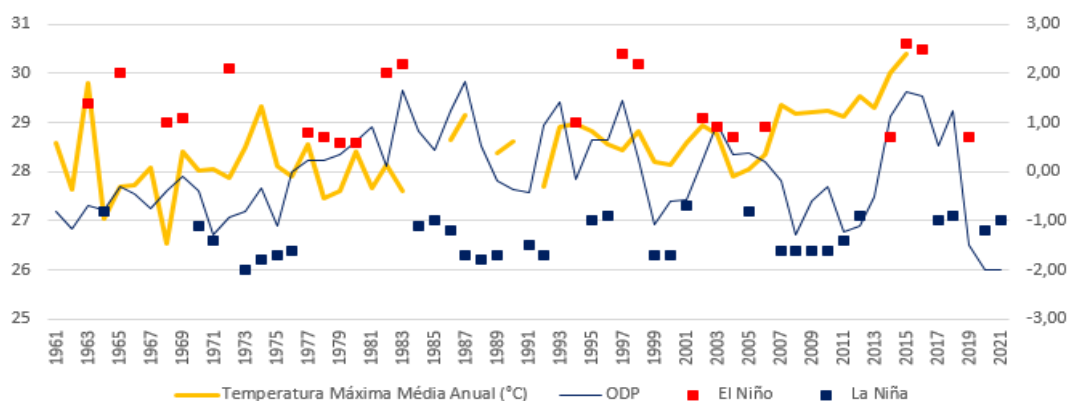
**Figura 32:** Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Pirapora – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A temperatura máxima na estação de Pompéu aponta convergências positivas com os maiores valores de ODP e El Niño em 1997/98 e 2015/2016, sendo mais correspondente a este último. Há uma dinâmica relevante nas ocorrências de El Niño entre 2002 e 2004 e a redução sequencial da ODP e da temperatura máxima (30,4/20,9/29,9, respectivamente), (Figura 33).



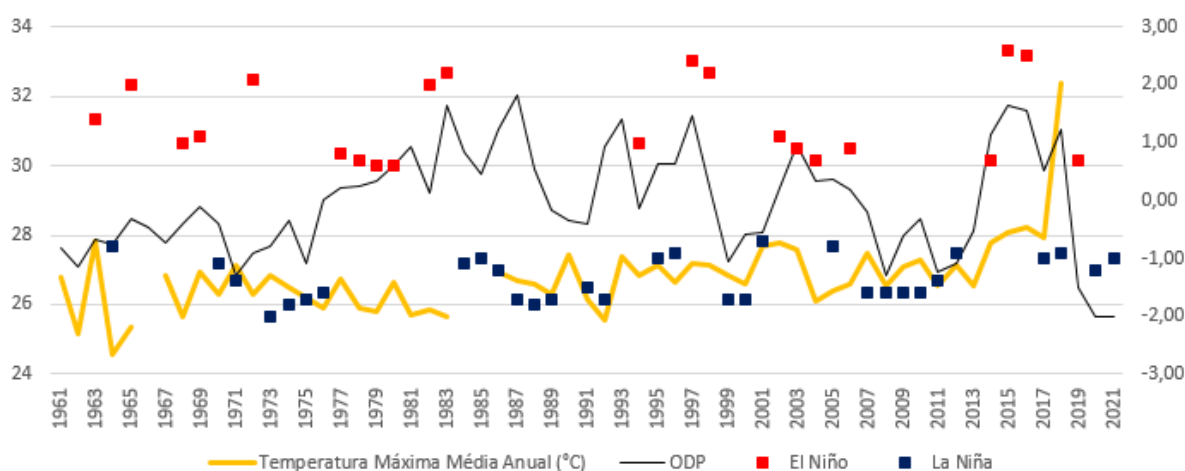
**Figura 33:** Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Pompéu – MG (1973-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Os dados de temperatura máxima em Sete Lagoas apresentaram emparelhamentos com a ODP e EN/LN em várias sequências na série. Nos anos de La Niña entre 1973 e 1976, houve redução das médias térmicas (média de 15,5°C). Com a diminuição da intensidade dos eventos de El Niño entre 2001 e 2004, a média mínima também passou por uma queda. Nos anos de 2015/16, o El Niño forte é concomitante à elevação da ODP e da máxima, 30,3° em 2015, (Figura 34).



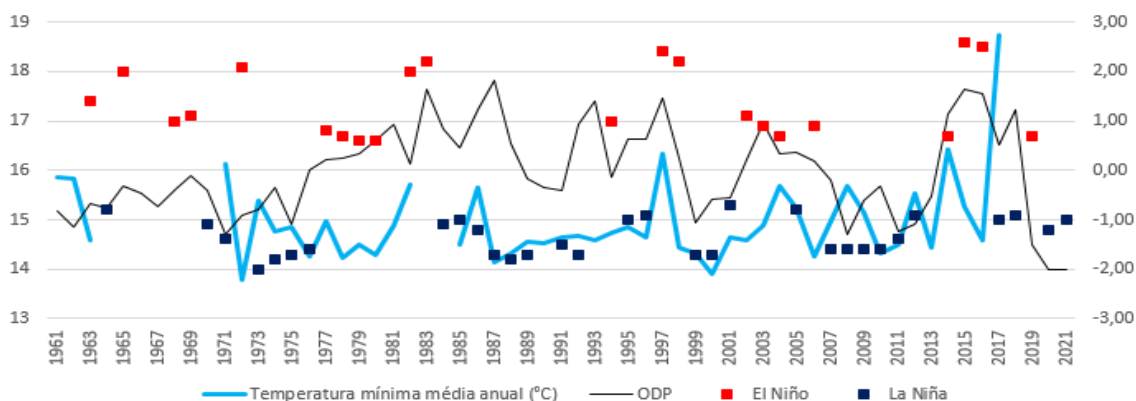
**Figura 34:** Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Sete Lagoas – MG (1973-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Em Viçosa, a estação meteorológica apresentou dados de temperatura máxima que se mostraram abaixo dos 28°C dos anos 1961 a 2014, com mínima histórica anual em 1964 (24,5°C) consonante com um evento de La Niña e baixa ODP. Os eventos de La Niña em 1992/93 são equiparáveis com queda na ODP e redução da temperatura máxima com 26,1°C e 25,5°C, respectivamente (Figura 35).



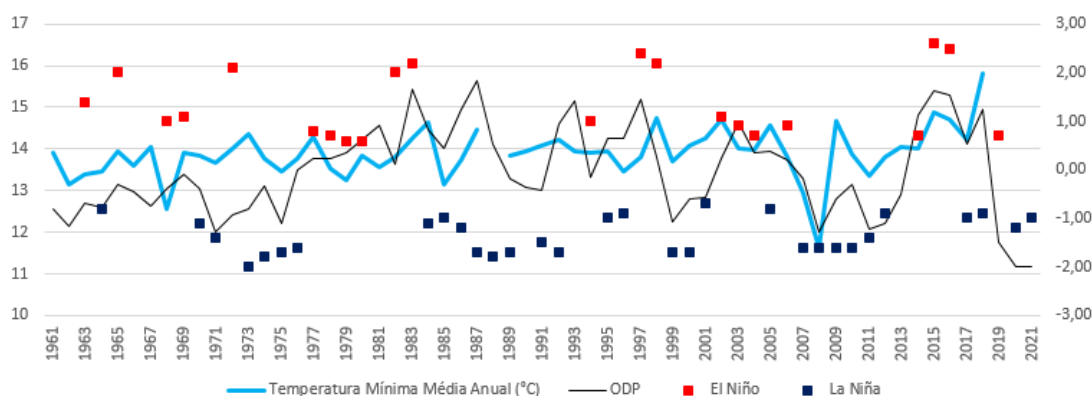
**Figura 35:** Temperatura máxima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Viçosa – MG (1973-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Nos dados de temperatura mínima da estação de Bambuí, na década de 1980 até meados da década de 1990, vários eventos de La Niña com momentos de redução da ODP e permanência de temperaturas mínimas pouco elevadas. Há dois momentos de subidas repentinas das temperaturas mínimas em consonância com variações positivas da ODP e ocorrências de El Niño, em 1997/98 e 2015/16, (Figura 36).



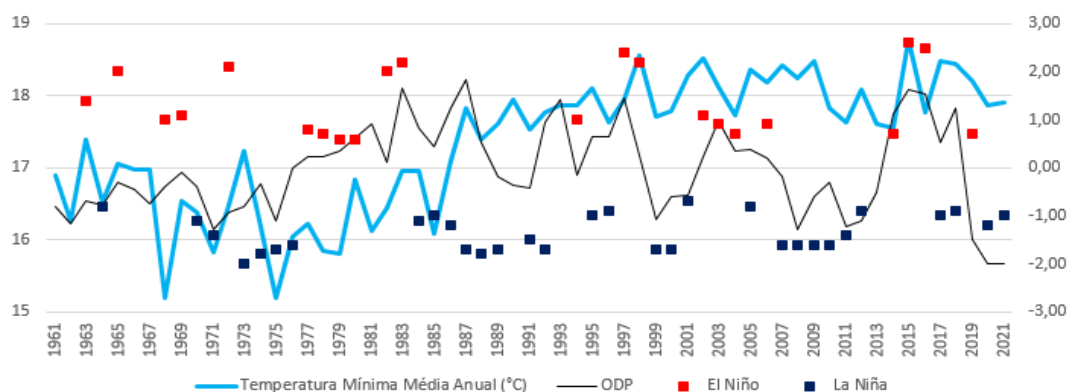
**Figura 36:** Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Bambuí – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Na estação de Barbacena, a temperatura mínima mostrou variações positivas síncronas com os eventos de El Niño considerados fortes (1982/83 – 1997/98 – 2015/16) com o maior registro histórico em 2018 com 15,8°C. Há uma correlação considerável com as mínimas de 2007 e 2008 (12,9°C e 11,6°C) e a queda da ODP e os acontecimentos de La Niña entre os anos de 2007 a 2012, (Figura 37).



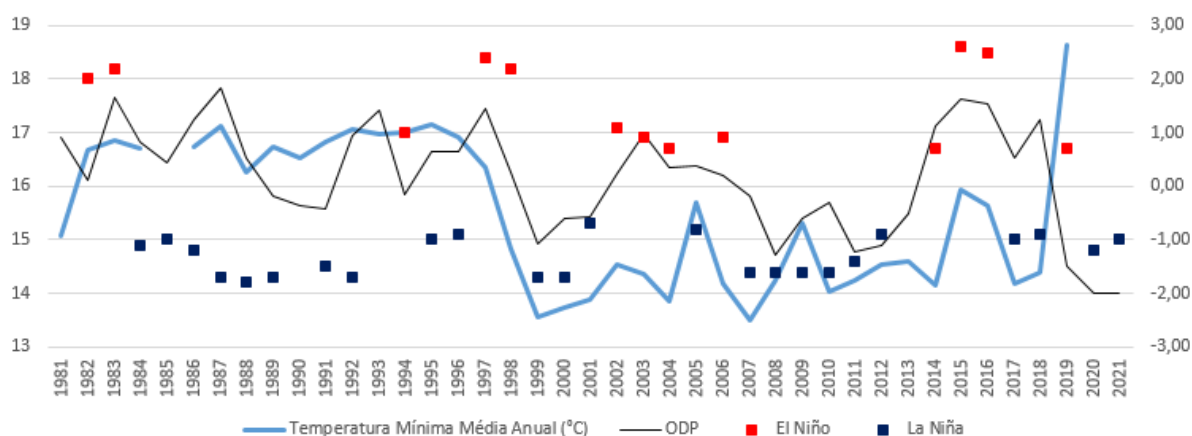
**Figura 37:** Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Barbacena – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A maior sensibilidade da temperatura mínima às interferências e fatores climáticos mostra fortes semelhanças às variações da ODP e EN/LN em Belo Horizonte. Uma expressiva interação é a dinâmica das mínimas entre os anos de 1961 e 1977, fase fria da ODP e sequências de anos de La Niña. Outra concomitância está nos eventos de El Niño dos anos de 1997 e 1998 com 17,9°C e 18,5°C, respectivamente, e 2015/16 com 18,7°C e 17,7°C (Figura 38).



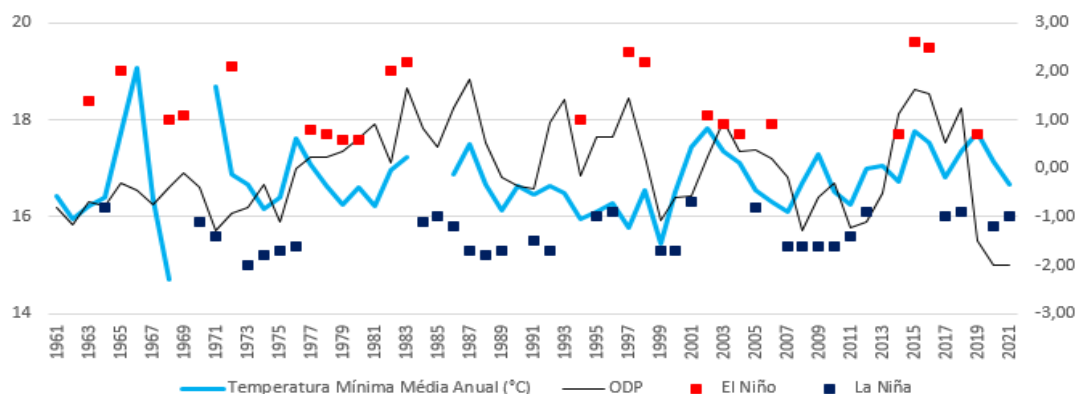
**Figura 38:** Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Belo Horizonte – MG (1961-2001). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A temperatura mínima na estação de Bom Despacho aponta tautocronismos com a ODP e poucas conexões com o EN/LN. Entre os anos de 1981 a 1997 as mínimas seguiram próximas aos 17°C, anos de ODP fase quente. Após 1998, as mínimas diminuíram para valores menores que 16°C em concordância com a fase fria recente da ODP (1999 aos dias atuais), (Figura 39).



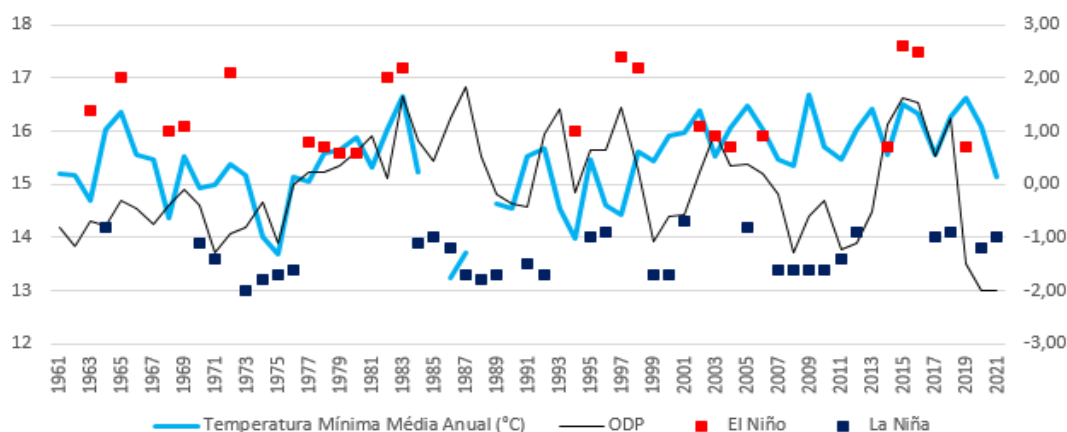
**Figura 39:** Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Bom Despacho – MG (1981-2001). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A temperatura mínima na estação de Caratinga mostra como a elevação da ODP e os eventos de El Niño são responsáveis por elevar as mínimas, assim como a interferência do La Niña na redução das mínimas na série histórica. A sequência de La Niñas de 1973 a 1976 é simultânea às quedas de temperatura e diminuição da ODP. (Figura 40).



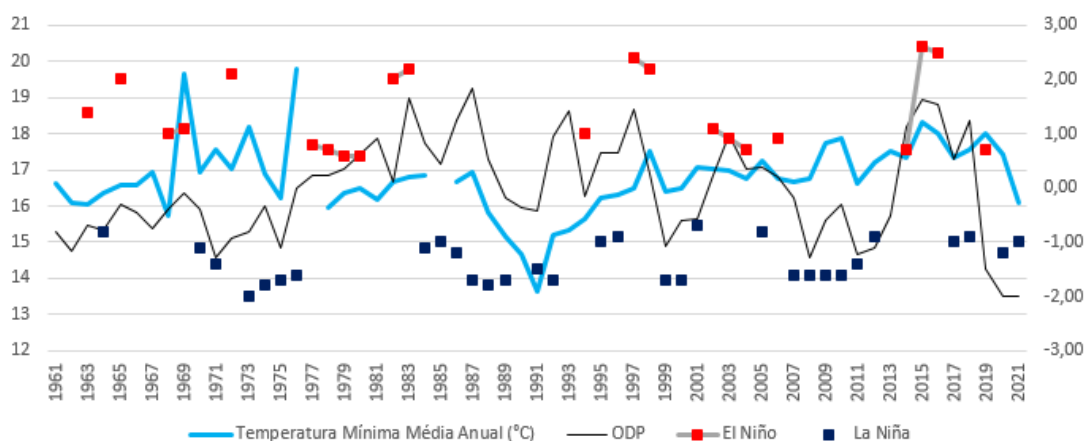
**Figura 40:** Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Caratinga – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A temperatura mínima média anual na estação de Conceição do Mato Dentro apresentou fortes consonâncias com a dinâmica da ODP, assim como ocorrências de El Niño e La Niña. A queda de ODP em 1973 e 1975 é acompanhada pela redução das mínimas, assim como a elevação da ODP em 0,92 é responsável pelos 16,3°C em 1983 e o evento de El Niño de 1982/83, (Figura 41).



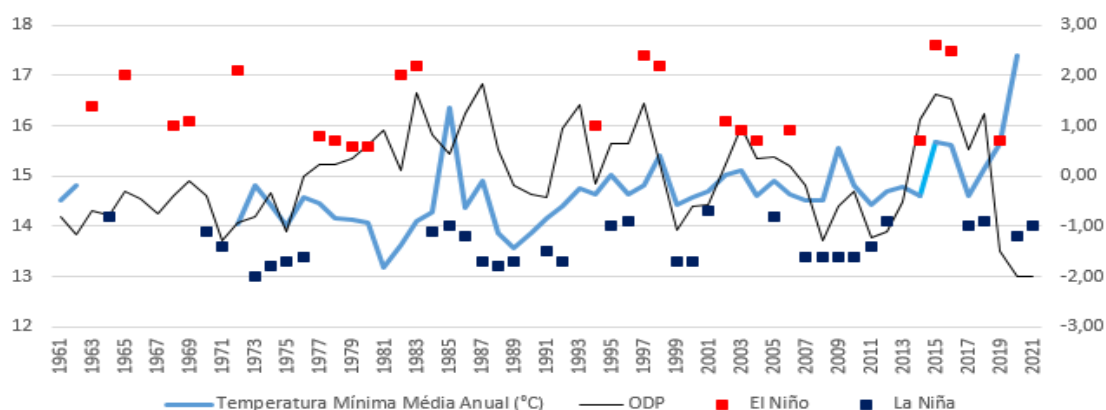
**Figura 41:** Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Conceição do Mato Dentro – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Com relação à temperatura mínima, os dados da estação de Curvelo apresentam momentos de conexão entre ODP, EN/LN a exemplo da queda em 1975 (16,2°C), consonante com eventos sequenciais de La Niña e ODP baixa (-1,1). Em 1991, a dinâmica dos fatores macroescalares atuaram no arrefecimento das mínimas, 13,6°C, (Figura 42).



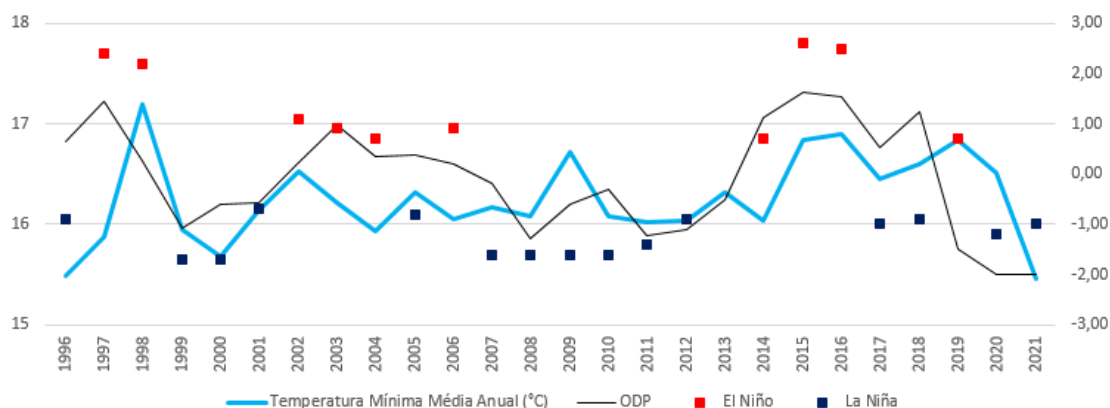
**Figura 42:** Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Curvelo – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Na sequência de dados de temperatura mínima em Diamantina, em 1975, os 23,6°C de média apresenta a similitude com a redução da ODP e eventos consecutivos de La Niña. Os eventos de La Niña entre 1985 a 1989, estão acompanhados de menores valores de ODP e por conseguinte em momentos de queda de temperatura, média de 16,3°C neste período, 2,2°C abaixo da média, (Figura 43).



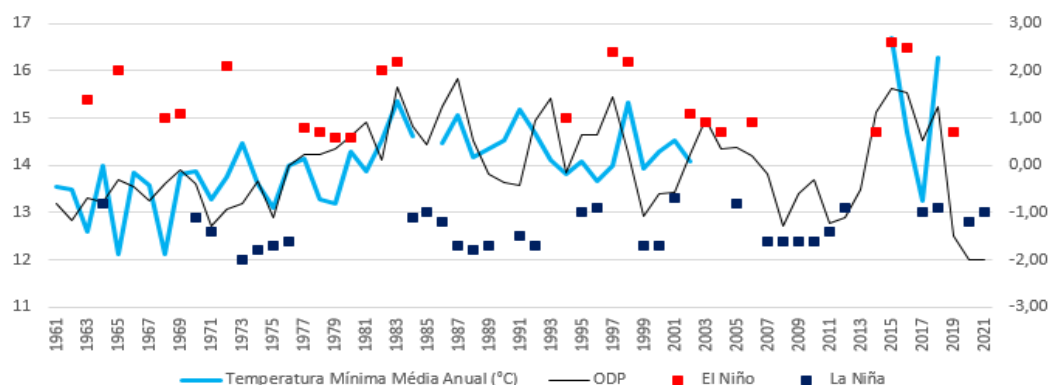
**Figura 43:** Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Diamantina – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A dinâmica da temperatura mínima na série 1996/2021 de Divinópolis apresentou interações diversas entre o componente térmico e ODP/EN/LN. Nos eventos de EN/LN de 1997/98 e 1999/2000 trouxeram, respectivamente, elevações (17,1°) e quedas (15,6°C) da temperatura mínima. No final do período analisado, a queda da ODP e a ocorrência de La Niña a partir de 2020 (16,5°C) gerou declínio na média térmica - 2021 (15,4°C), (Figura 44).



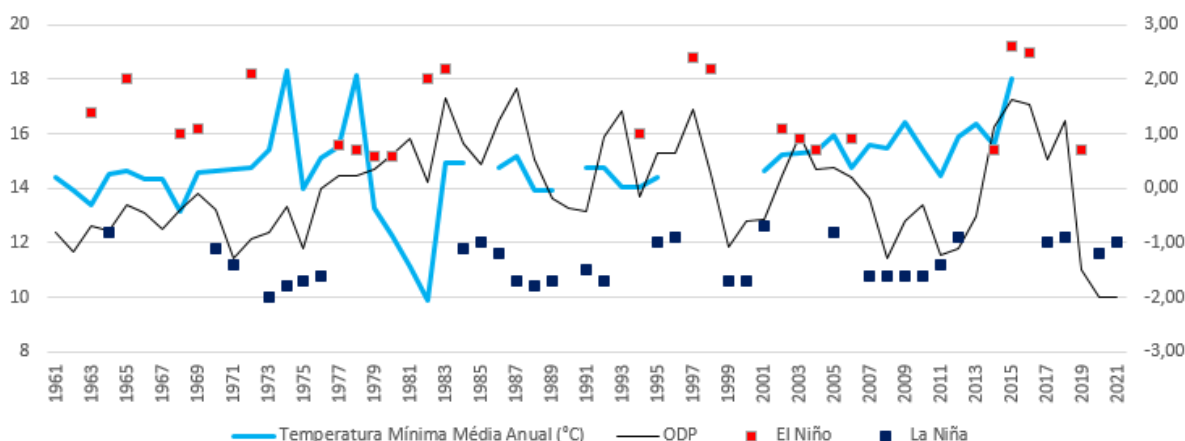
**Figura 44:** Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Divinópolis – MG (1996-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A temperatura mínima em Florestal apontou uma equiparação relevante em as menores temperaturas com a redução de ODP e ocorrências de La Niña e as maiores médias térmicas com a elevação da ODP e eventos de El Niño. Em 1982/83, 1997/98 (considerado um dos episódios mais fortes de EN do século XX) as médias variaram de 14°C e 15°C, respectivamente e 2015/16, 16°C e 15°C, junto a elevações de ODP e El Niño, (Figura 45).



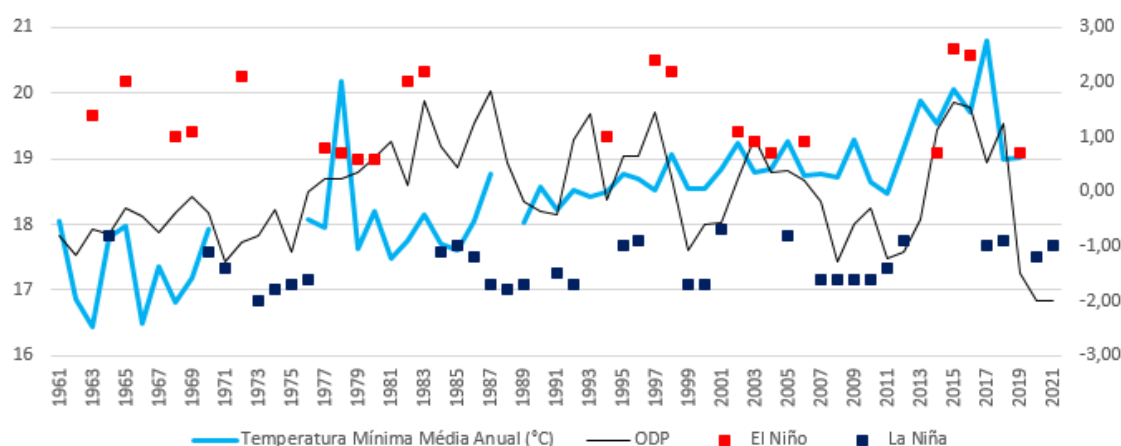
**Figura 45:** Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Florestal – MG (1996-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A temperatura mínima na estação de Ibirité apresentou conexões reais não muito intensas com a dinâmica da ODP/EN/LN. Em momento que a ODP evolui negativamente como em 1973/74 (-0,80 / 0,34) foi registrada a maior média da temperatura mínima, 29,2°C em 1974. Em 2015/16 o evento de El Niño e o progresso da ODP levam a uma mínima elevada, 18°C, (Figura 46).



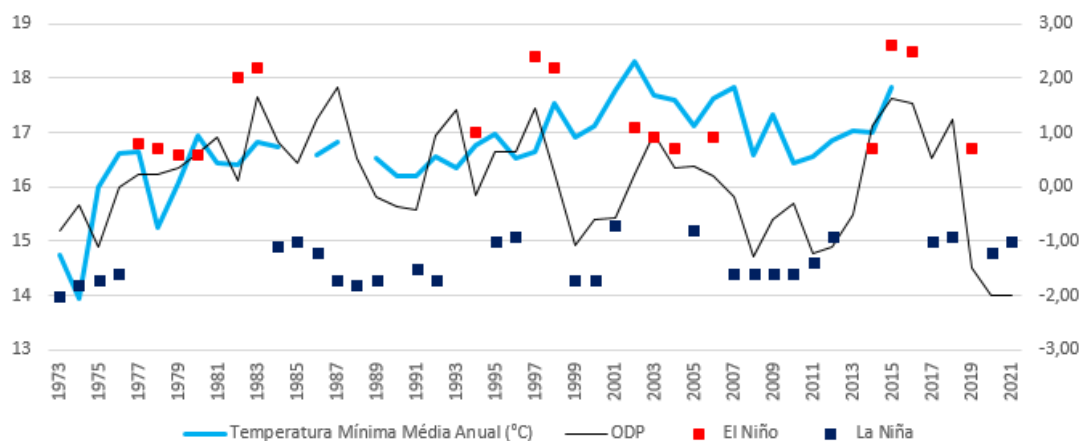
**Figura 46:** Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Ibitaré – MG (1996-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Quanto a temperatura mínima existe momentos durante a série histórica em que as equiparações entre as médias térmicas, a ODP e o EN/LN foram mais límpidos, a exemplo da elevação de temperatura em 2015/16, junto ao El Niño intenso. As menores médias térmicas ocorreram na década de 1960 em uma parte da fase fria da ODP e eventos de La Niña, (Figura 47).



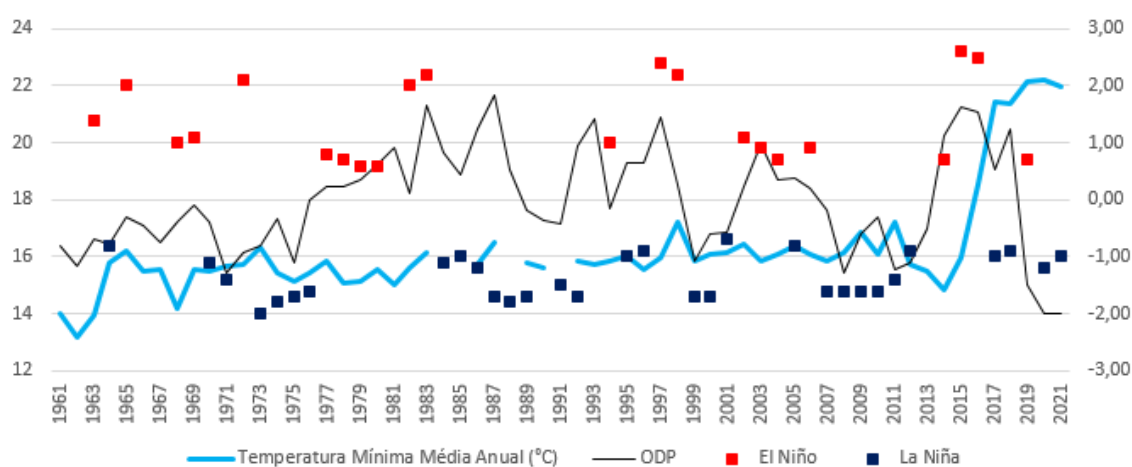
**Figura 47:** Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Pirapora – MG (1996-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A temperatura mínima na estação de Pompéu apresenta elevações entre os anos de 1973 a 1983 (+2°C) relacionada com ascensão da ODP e eventos de El Niño entre 1977 e 1980. A subida da ODP entre os anos de 2002 a 2003 foi precedida com elevações das mínimas em 2002 (18,3°C). As conexões com o El Niño de 2015/2016 são de grande relevância, com o avanço da ODP e das mínimas, (Figura 48).



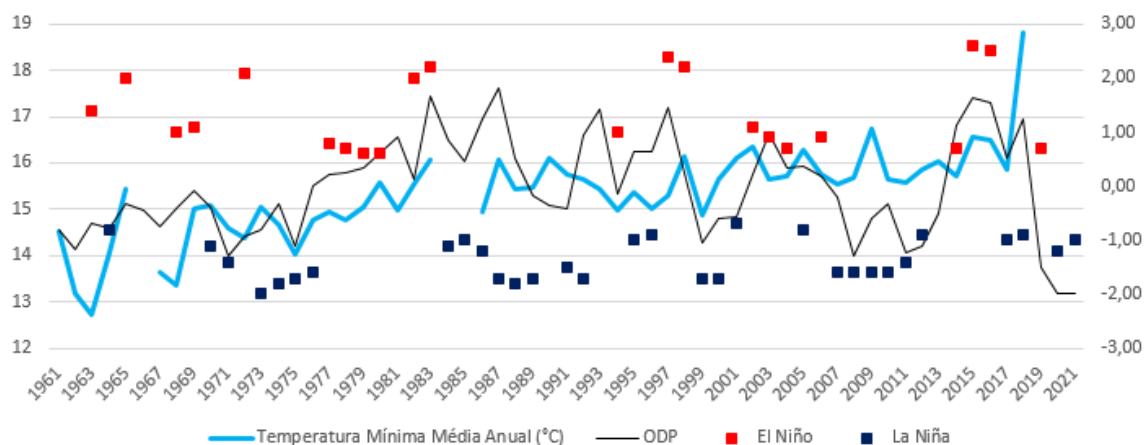
**Figura 48:** Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Pompéu – MG (1996-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A temperatura mínima em Sete Lagoas mostra uma dinâmica mais tímida na sequência entre os anos de 1968 a 2015, com um média com poucos desvios em torno da média (16,2°C). No início da série, os 13,1°C coincidem com a fase fria da ODP que já atuava neste momento. Contudo, no final da série as mínimas se elevaram bastante a partir de 2016 depois do forte El Niño 2015/16 (Figura 49).



**Figura 49:** Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Sete Lagoas – MG (1973-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A temperatura mínima em Viçosa apontou em 1975, uma queda de temperatura (-1°C) em relação à 1975 em similitude com a queda da ODP e eventos seguidos de La Niña entre nos anos de 1973 a 1976. A elevação das mínimas no final da série (18,8°C em 2018) pode ser resultante das influências da elevação da ODP em 2015/16 e o intenso evento de El Niño nestes anos, (Figura 50).



**Figura 50:** Temperatura mínima média anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Viçosa – MG (1973-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A temperatura máxima média anual nas 15 estações analisadas mostrou conexões expressivas com as influências macroescalares da Oscilação Decadal do Pacífico e os eventos de El Niño e La Niña. O carimbo na dinâmica térmica realizado pela ODP em sua fase negativa, anos 1961 a 1976 e 1999 até os dias atuais trouxe queda nas máximas, fato que é mais evidente na série 61/76 do último século.

Na fase positiva da ODP, entre os anos 1977 a 1998, houve também aumento nas médias de temperatura máxima. Os eventos de El Niño nos anos de 1982/83 e 1997/98, considerados eventos de forte intensidade mostraram influência na dinâmica térmica, elevando as temperaturas.

As ocorrências de La Niña entre 1973/1976 e 1984/1993 resultantes de quedas na ODP nestes anos, mesmo em fase quente da Oscilação, fizeram com que as médias de temperatura máxima retrocedessem. Os eventos de La Niña recentes, 2019 e 2020, trouxeram repercussões distintas sobre as médias das máximas, com elevações e reduções, apesar da consonância com a redução de ODP, considerada uma das mais fortes dos últimos 60 anos.

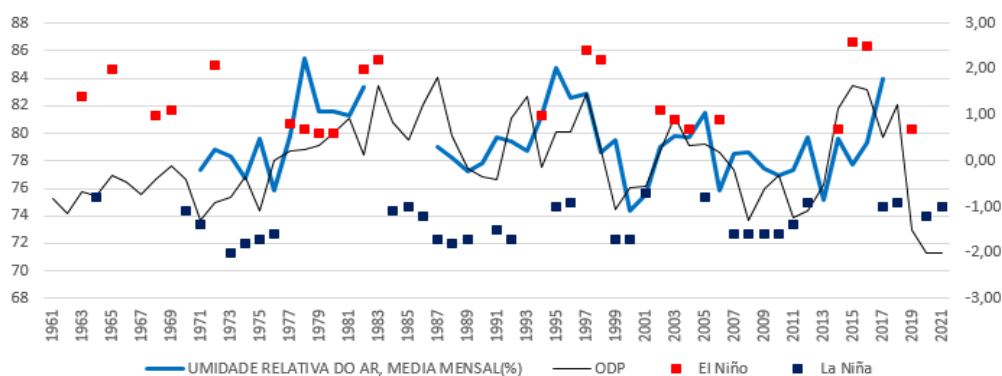
A temperatura mínima nas estações analisadas apresenta dinâmica interativa distinta da máxima, mas também significativa com os fatores ODP/EN/LN. A fase fria da ODP, na série entre 1961 e 1976, foi importante para a manutenção de menores médias neste período, assim como ocorrências de La Niñas sequenciais 1970/71 e 1973/76.

A elevação das temperaturas mínimas durante a fase quente da ODP (1976 a 1998) foi notável na estação de Florestal, onde a dinâmicas das médias partiram de médias de 13,4°C entre 1961 a 1976 e 14,4°C na fase quente. Os eventos de El Niño nestes anos trouxeram interferências para as médias de temperatura mínima neste

período. O El Niño 2015/16 de grande magnitude foi responsável por influenciar as maiores médias de mínimas nas sequências, como, por exemplo, em Pirapora - 20,8°C em 2017.

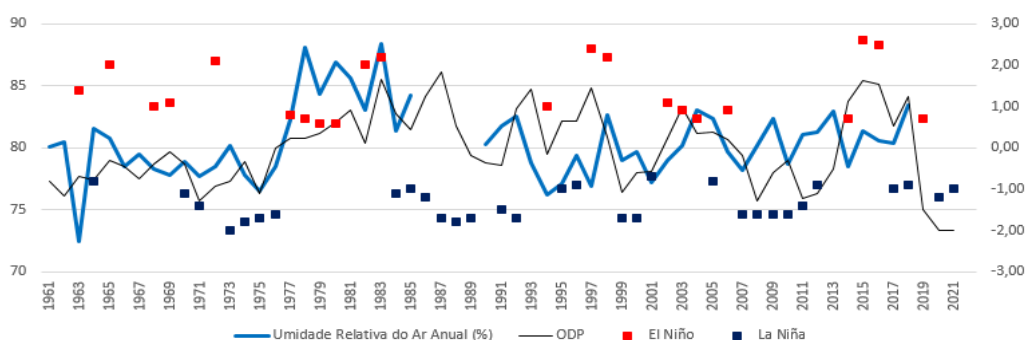
### 5.3.2 Umidade relativa do ar

Na estação meteorológica de Bambuí os dados de umidade relativa do ar mostraram semelhanças com a dinâmica da ODP/EN/LN bastante consideráveis. Nos anos de El Niño de 1976 a 1980 houve elevação da umidade acompanhada de ascensão da ODP, fato que também ocorreu no El Niño de 1997/98. Em anos de La Niña e queda na ODP, a umidade relativa do ar diminuiu, a exemplo da sequência 2007 a 2012, (Figura 51).



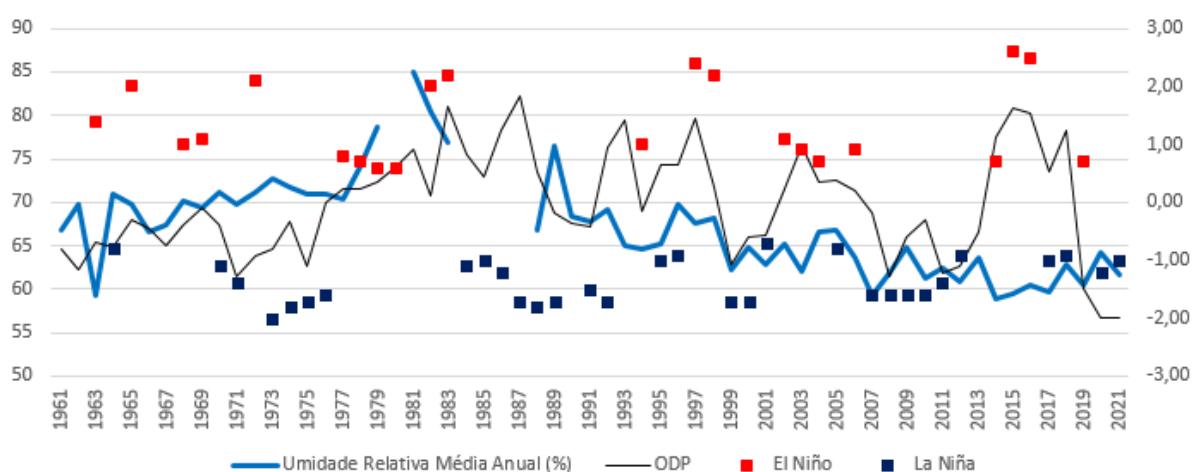
**Figura 51:** Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Bambuí – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Durante a fase fria da ODP entre os anos de 1961 a 1976, a umidade relativa em Barbacena se manteve próxima aos 80%. Na fase quente da ODP entre 1977 e 1998, especialmente entre 1977 e 1983, com as elevações da ODP, ocorreram El Niños sequenciais e os maiores valores de umidade, 88% em 1983 (Figura 52).



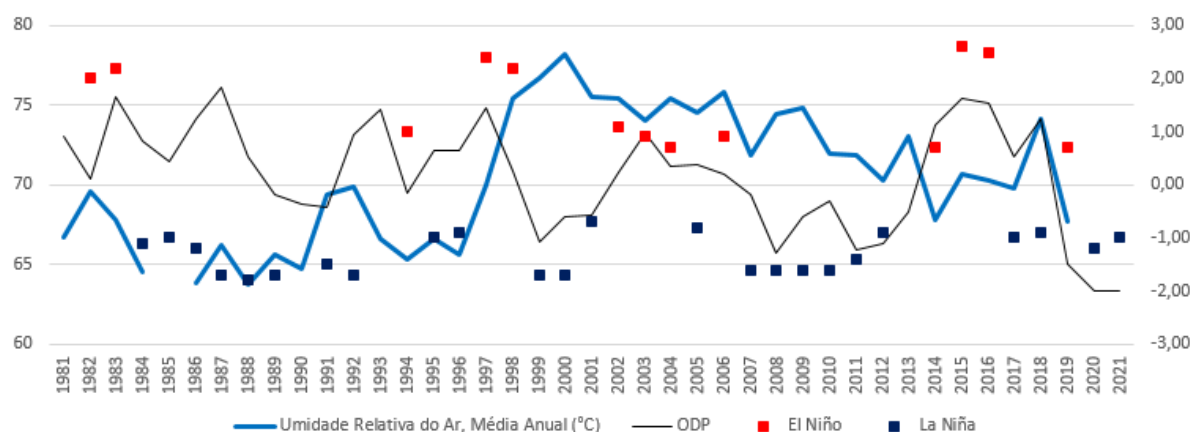
**Figura 52:** Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Barbacena – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A umidade relativa na estação de Belo Horizonte apresentou conexões relevantes com a dinâmica da ODP e EN/LN que podem ser analisados em dois períodos, 1961 a 1979 e 1980 a 2021. Em um primeiro momento, a elevação progressiva da ODP é acompanhada de seis eventos de El Niño e aumento da umidade. A partir da década de 1980, ocorreram diversos eventos de La Niña e queda da umidade, (Figura 53).



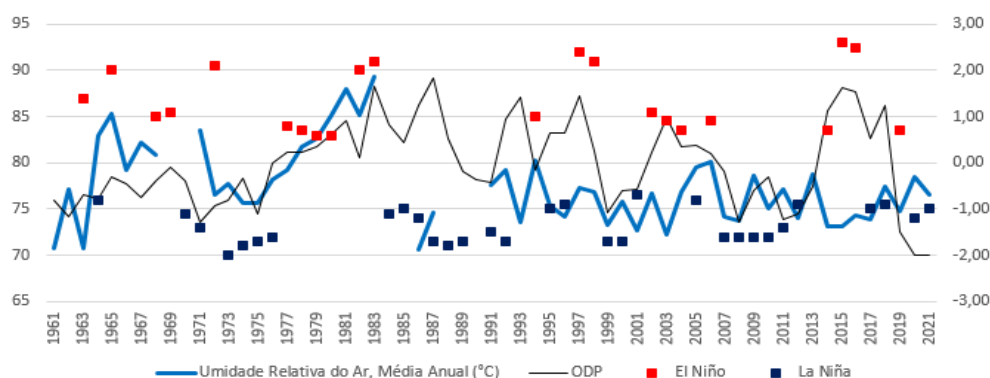
**Figura 53:** Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Belo Horizonte – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Na estação de Bom Despacho a umidade relativa do ar se manteve abaixo dos 70% entre 1981 e 1996 (anos dentro da fase quente da ODP). A partir de 1997, a umidade eleva até os 78% (2000) em consonância com progressão de ODP. Após os anos 2000 até 2021 a umidade seguiu em queda ao lado das reduções de ODP e mais eventos de La Niña, (Figura 54).



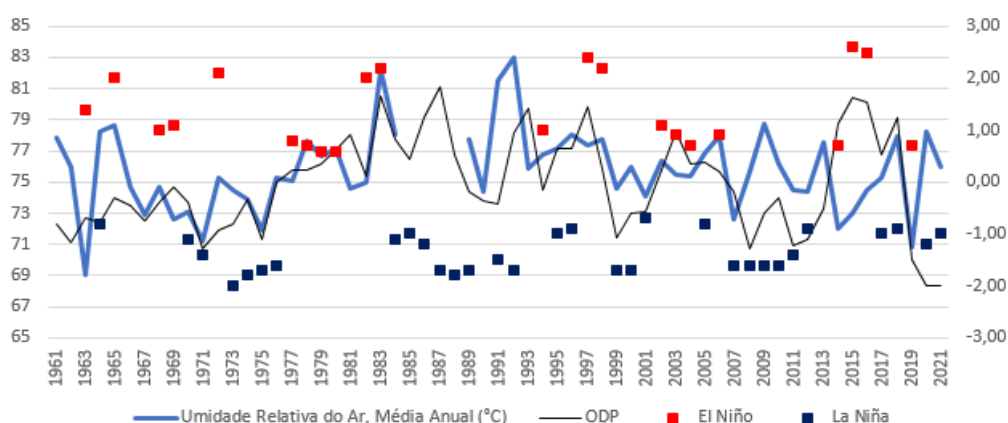
**Figura 54:** Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Bom Despacho – MG (1981-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A umidade relativa do ar em Caratinga apresentou duas sequências com conexões significativas na série. A primeira delas é o aumento da umidade com a progressão da ODP e eventos de El Niño entre 1973 a 1983, com máxima de 89,3% em 1983. A segunda é a manutenção da umidade abaixo dos 80% entre 1999 e 2021, junto à recente fase fria da ODP nestes anos, (Figura 55).



**Figura 55:** Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Caratinga – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

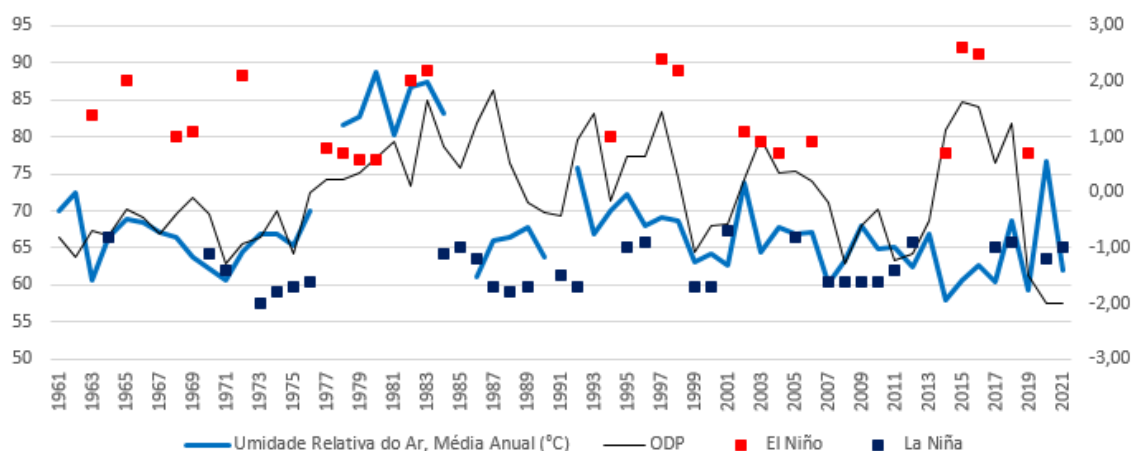
A umidade relativa do ar na estação de Conceição do Mato Dentro apresentou a maior média no ano de 1963, com 69% e consonante a um evento de El Niño e ascensão da ODP. O evento de El Niño de 1982/83 trouxe repercussão positiva para a umidade relativa do ar, 74,9% em 1982 para 82,1% em 1983. Mesmo com o evento de El Niño intenso de 2015/16 e a elevação da ODP, a umidade se manteve baixa nestes anos, (Figura 56).



**Figura 56:** Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Conceição do Mato Dentro – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

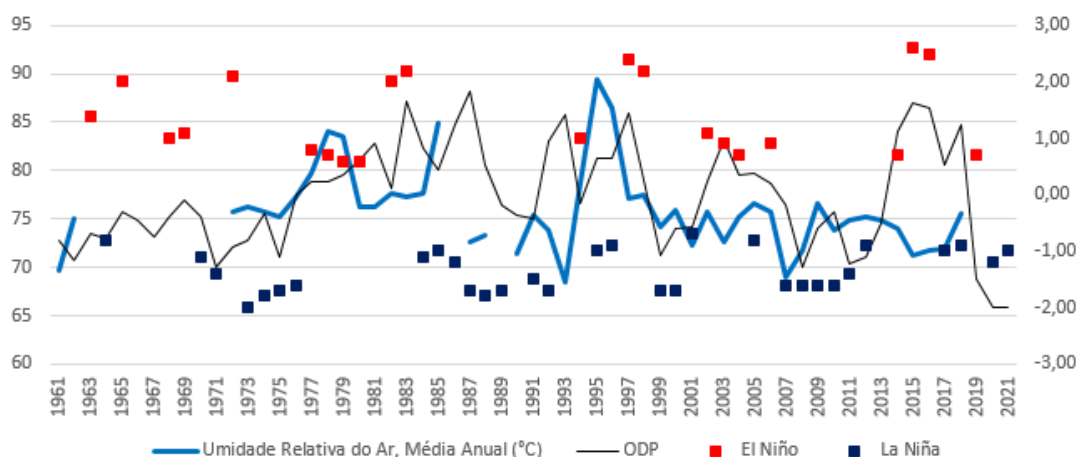
Na estação de Curvelo os menores valores de umidade relativa do ar se mantiveram baixos, próximos ou abaixo dos 70% nas duas fases frias da ODP na sequência (1961-1976 e 1999 a 2021) em acordo com as ocorrências de La Niña. Nos

anos 1982/83 de El Niño intenso, a umidade relativa foi a mais elevada da série, 87,3% em 1983, (Figura 57).



**Figura 57:** Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Curvelo – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

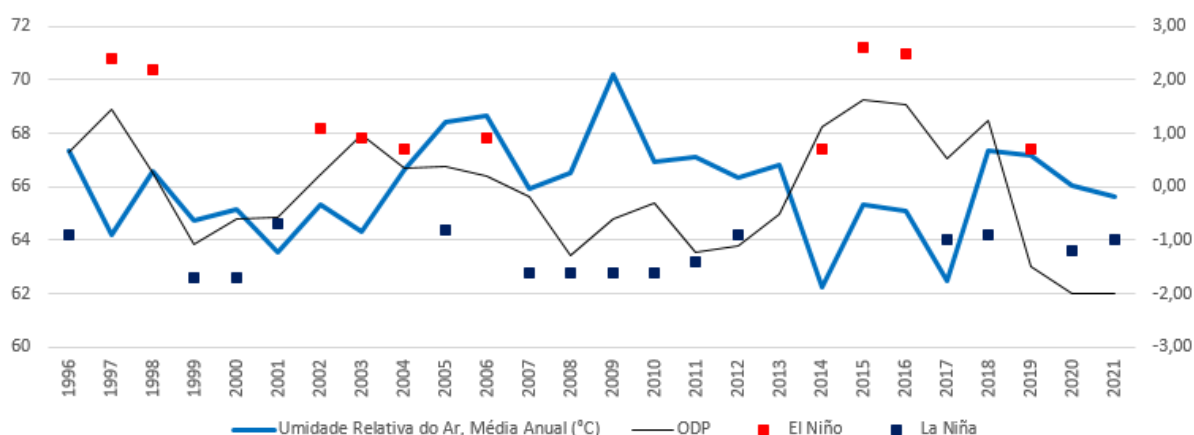
A umidade relativa do ar na estação de Diamantina se elevou nos anos 1977 e 1978 vinculada aos eventos de El Niño (1977 a 1981) e a ascensão da ODP. Os anos que precederam o intenso El Niño de 1997/98, foram simultâneos com relação às elevações da ODP e a maior média de umidade relativa do ar (89,4% – 1995 / 86,5% – 1996), (Figura 58).



**Figura 58:** Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Diamantina – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

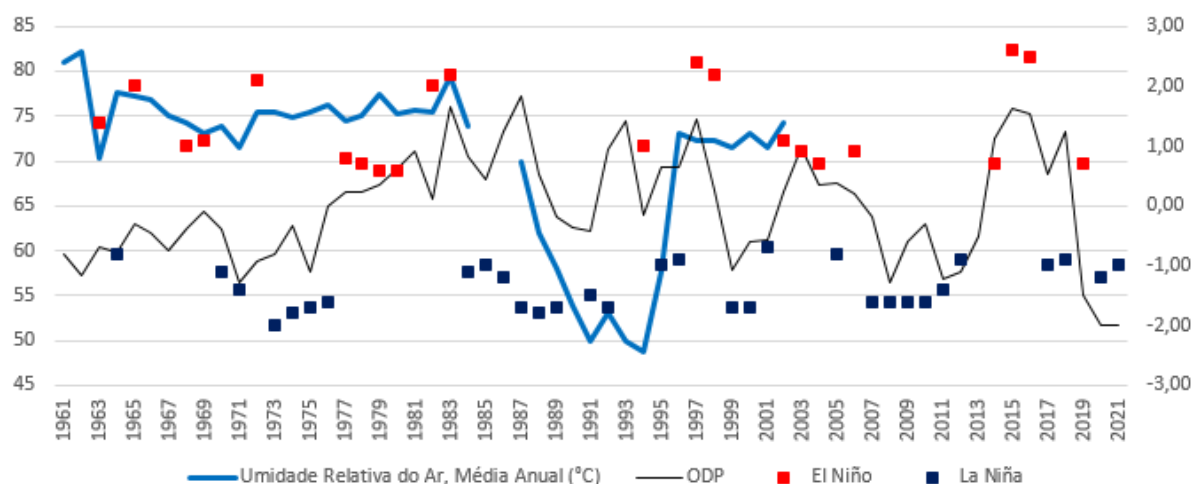
A umidade relativa do ar na estação de Divinópolis apresentou similaridades com a dinâmica da ODP entre os anos de 1996 a 2005. Nas sequências de 2007 a 2013, a maior umidade (máximo 70,1% em 2009) é conectada à baixa ODP e eventos

de La Niña (2007 a 2012). Entre 2014 e 2018, a umidade ficou abaixo dos 66% e a ODP, acima do +1,0 junto às ocorrências do El Niño (2015/2016), (Figura 59).



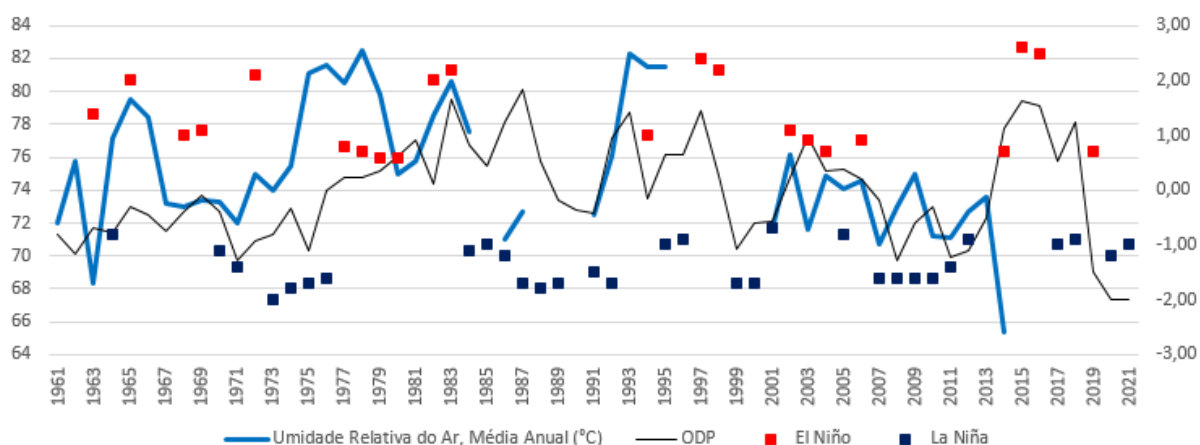
**Figura 59:** Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Divinópolis – MG (1996-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Na estação de Florestal, os dados de umidade relativa do ar mais elevados (80,9%) ocorreram em vinculação à fase fria da ODP (1961 a 1976) se estendendo até 1983 junto ao evento de El Niño deste ano. A umidade sofreu queda ligeira entre os anos de 1987 a 1994, coerentemente à diminuição da ODP e acontecimentos de La Niña, (Figura 60).



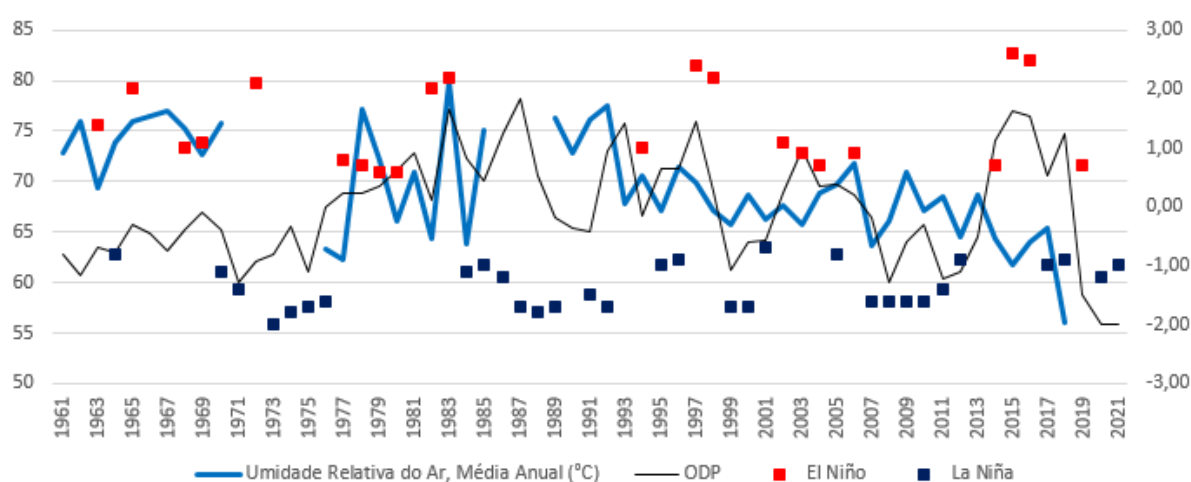
**Figura 60:** Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Florestal – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Na estação de Ibirité, a umidade relativa do apresenta dinâmica muito próxima da ODP/EN/LN. Na fase fria da ODP entre 1961 e 1976, a umidade aponta ascensão. A partir de 2001 até 2015, na segunda fase fria da ODP, a umidade relativa diminuiu em momentos de ocorrências El Niño e La Niña. Há conexões distintas nos dois momentos dentro da série, (Figura 61).



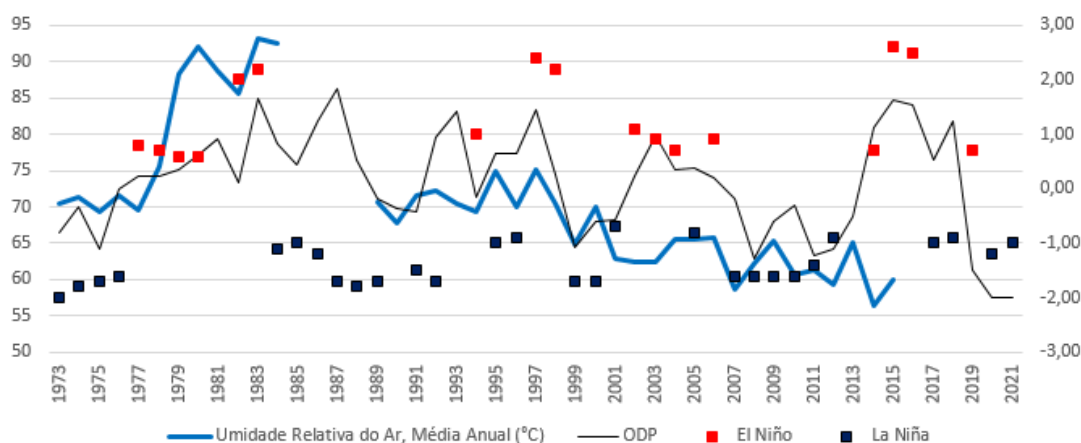
**Figura 61:** Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Ibirité – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Na estação de Pirapora, a umidade relativa do ar mostrou considerável relação com a ODP a partir de 1991, com relevante queda, partindo dos 77% em 1992 até os 58% em 2018. Este movimento de decréscimo da umidade coincide, no geral, com eventos alternados de El Niño e La Niña, a não ser em 2006 com atuação do El Niño e elevação da umidade média, (Figura 62).



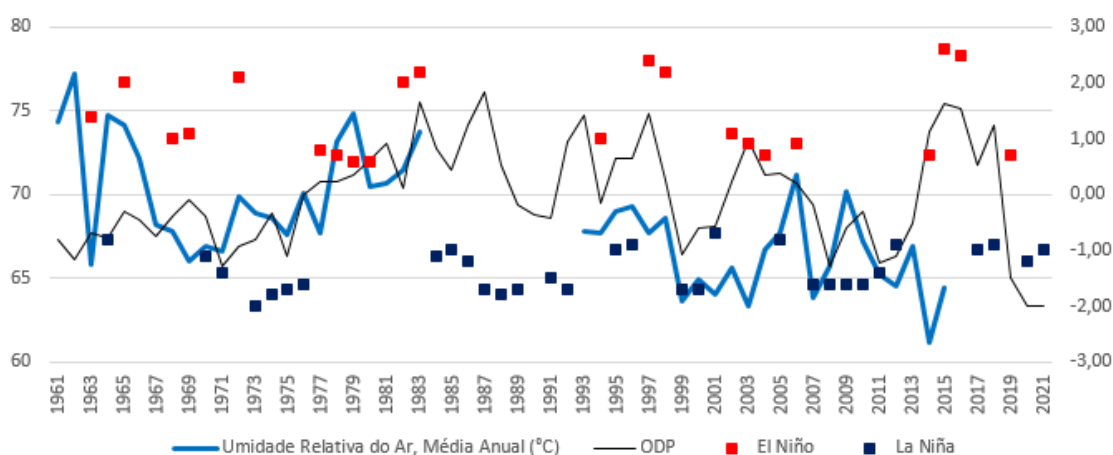
**Figura 62:** Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Pirapora – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Em Pompéu, a umidade relativa do ar possui dois momentos distintos na série. Em um primeiro momento, de 1973 a 1983 com a ascensão da ODP e ocorrências de El Niño e maiores valores de umidade na série (93,1% em 1983) e entre os anos de 1989 a 2015, a umidade se manteve abaixo dos 75% junto à diminuição da ODP e eventos alternados de El Niño e La Niña, (Figura 63).



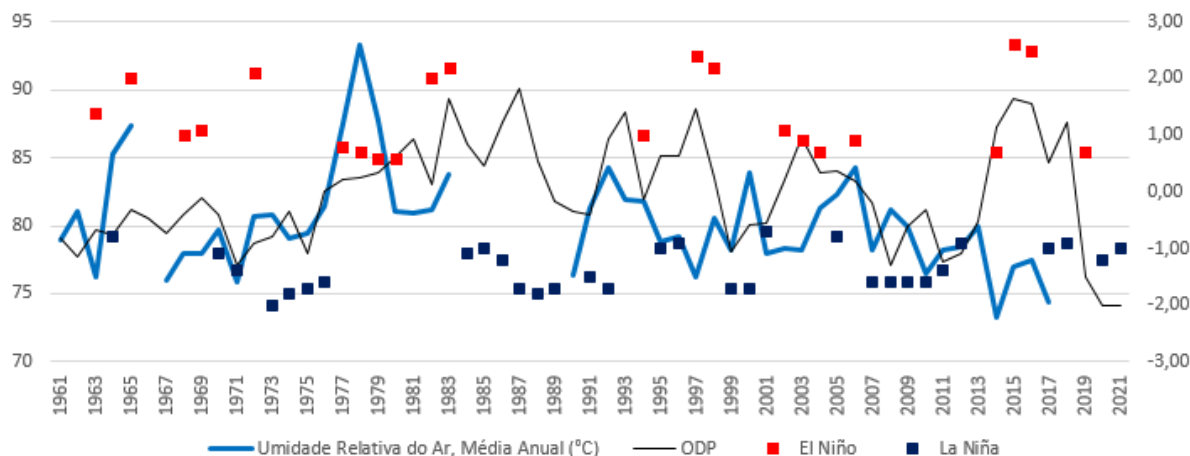
**Figura 63:** Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Pompéu – MG (1973-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Na estação de Sete Lagoas, os dados de umidade relativa do ar mostraram que quando ocorreram eventos de La Niña e baixa ODP a umidade relativa do ar diminuiu. Os eventos de El Niño não apresentaram grande interferência na dinâmica da umidade que seguiu em queda a partir dos registros de 1993 em diante, o que pode estar relacionado a vários fenômenos de La Niña, (Figura 64).



**Figura 64:** Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Sete Lagoas – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A umidade relativa do ar na estação de Viçosa apresentou uma dinâmica de aumento durante a fase fria da ODP (1961 a 1976), seguindo períodos específicos de elevação, como no El Niño de 1965. Entre os anos 1992 e 2021, a umidade declinou de 84,2% em 1992, para 73,2% em 2014, novamente em uma fase fria da ODP (1999/2021), (Figura 65).



**Figura 65:** Umidade relativa do ar e ocorrência com a ODP/EN/LN em Viçosa – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Os dados de umidade relativa do ar nas 15 estações analisadas expuseram conexões relevantes entre a dinâmica da umidade com a ODP e os eventos de El Niño e La Niña. No geral, maiores valores de ODP, até +1,82, foram acompanhados de eventos de El Niño e também valores máximos de umidade relativa do ar.

As fases fria e quente da ODP foram importantes para definir duas sequências gerais dentro da série. Entre os anos de 1961 a 1976 (fase fria) foi comum a elevação gradativa da umidade relativa do ar, exceto nas estações Florestal e Sete Lagoas. Entre os anos de 1977 a 1998 (fase quente), as dinâmicas foram distintas predominando a redução geral de umidade.

A fase fria mais recente da ODP na série histórica (1999 até os dias atuais) conviveu com vários eventos de La Niña impulsionando menores valores de umidade relativa do ar. Sendo assim, a fase fria atual da ODP foi responsável por dinâmica divergente da umidade se comparada à fase fria mais antiga (1961 a 1976).

### 5.3.3 Precipitação

Segundo Neto (2003) a dinâmica temporal da pluviosidade é mais complexa e imprevisível se comparado à dinâmica da temperatura. Os mecanismos que geram as chuvas produzem eventos aleatórios com pouquíssimas correlações entre as ocorrências. Eventos de El Niño mostram fortes correlações com os totais pluviais anuais no Centro Sul do Brasil. Contudo, essa interferência não se apresenta claramente em determinadas mesorregiões.

Minuzzi et.al. (2007), após análise de 203 estações pluviométricas no Sudeste, afirma que considerando a extensão da região Sudeste do Brasil, a tendência é que, em média, o El Niño não exerça influência no início do período chuvoso, salvo o extremo sul da região, nos dois primeiros trimestres. No final do período chuvoso no Sudeste, o El Niño não apresenta uma única influência.

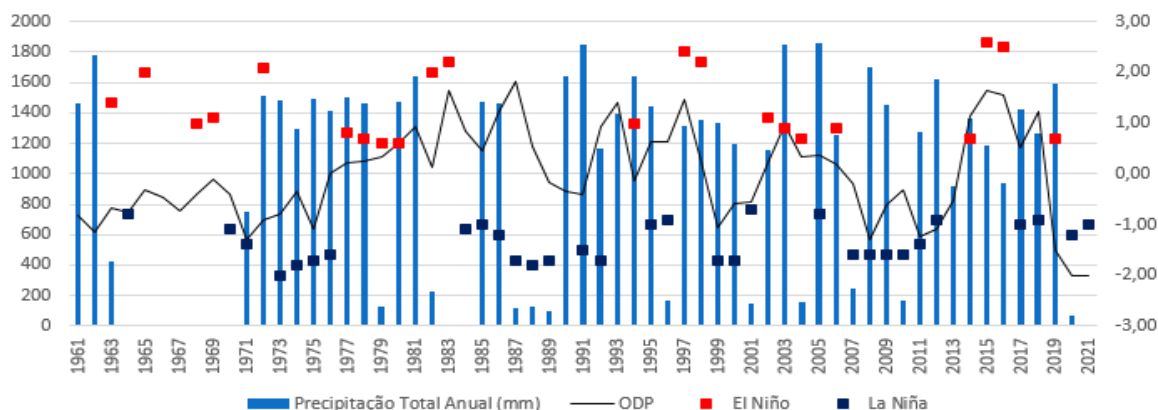
Sobre a fase fria da ODP durante o século XX, Molion (2005) ressalta que, de maneira geral, as condições climáticas não foram favoráveis para o Brasil. As chuvas e vazões se reduziram em cerca de 10% a 30% em todo o País, resultando em deficiência hídrica para abastecimento de populações e geração de energia elétrica, particularmente nas Regiões Sul Sudeste.

Segundo Jardim et. al. (2018) o estado de Minas Gerais é um exemplo de clima transitório no Brasil. Há influências de sistemas de bloqueio atmosférico de norte e nordeste e de frentes estacionárias posicionadas entre as regiões sul e sudeste, sob atuação de eventos de El Niño.

Minuzzi et al. (2007) aponta que os eventos moderados a intensos de La Niña entre 1947 e 2000 foram responsáveis por ampliar as chuvas no extremo norte de Minas Gerais e diminuí-las no extremo sul do estado. Este resultado foi verificado predominantemente no primeiro trimestre da estação chuvosa (setembro à novembro).

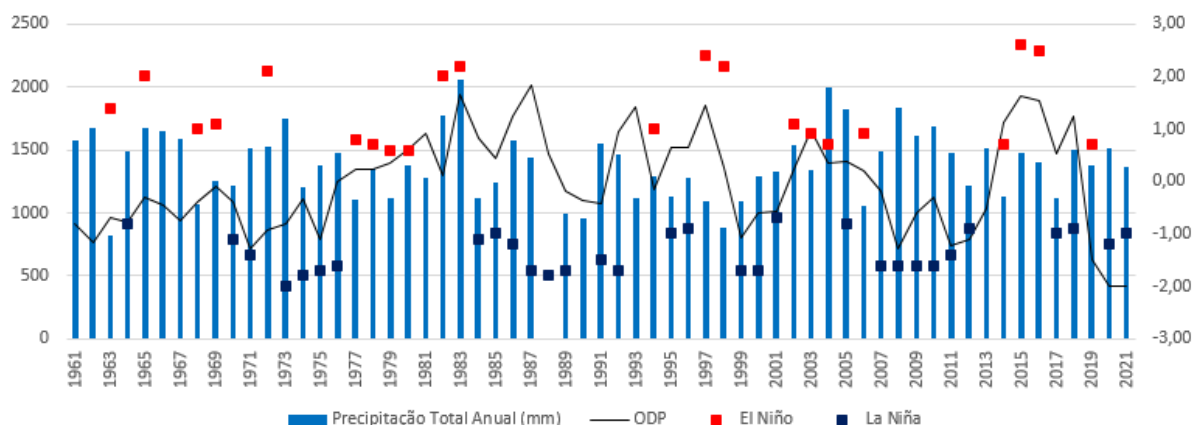
Ainda de acordo com Minuzzi et al. (2007) há forte estiagem entre dezembro e março em grande parte do estado de Minas Gerais nos anos de La Niña. Mesmo com anomalias consideráveis de precipitação principalmente entre os meses de novembro a janeiro houve poucas relações das chuvas com a ODP. O fenômeno La Niña não influencia o início do período chuvoso no Sudeste.

A precipitação na estação de Bambuí apresentou dinâmica desassociada dos fatores ODOP/EN/LN durante a série. Em eventos de maior precipitação como nos anos 1991 (1846,6mm) / 2003 (1847,2mm) / 2005 (1857,9mm) foram consonantes à eventos de La Niña, El Niño e La Niña, respectivamente. No El Niño de 1997/98, a ODP esteve em queda e a precipitação foi reduzida em 1999 e 2000 (1332,3 e 1192,3, respectivamente), (Figura 66).



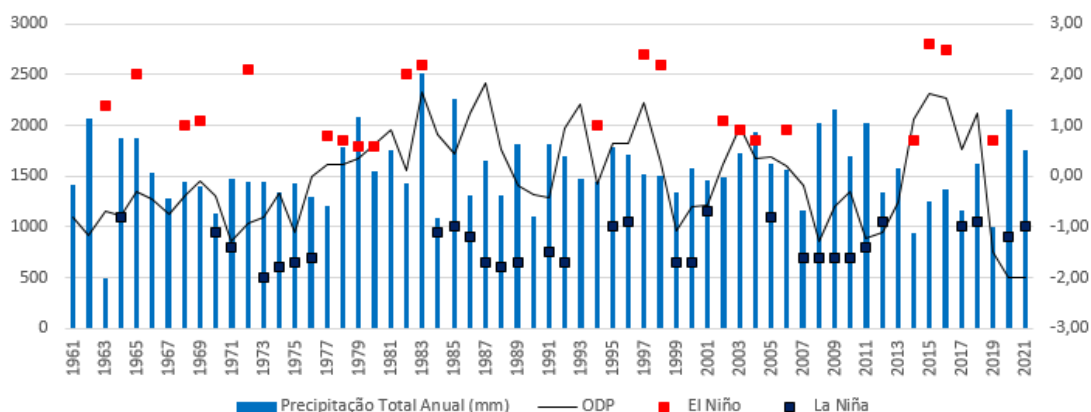
**Figura 66:** Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Bambuí – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Na estação de Barbacena a precipitação aponta conexões distintas com a ODP e o EN/LN. Em dois anos onde a precipitação foi maior, a ODP esteve elevada e houveram eventos de El Niño. No ano de 1983, choveu 2054,3mm e em 2004, 1997,2mm, correlatas a episódios de ocorrência de El Niño. No ano de 2008, os 1836 mm acumulados foram simultâneos a uma La Niña, (Figura 67).



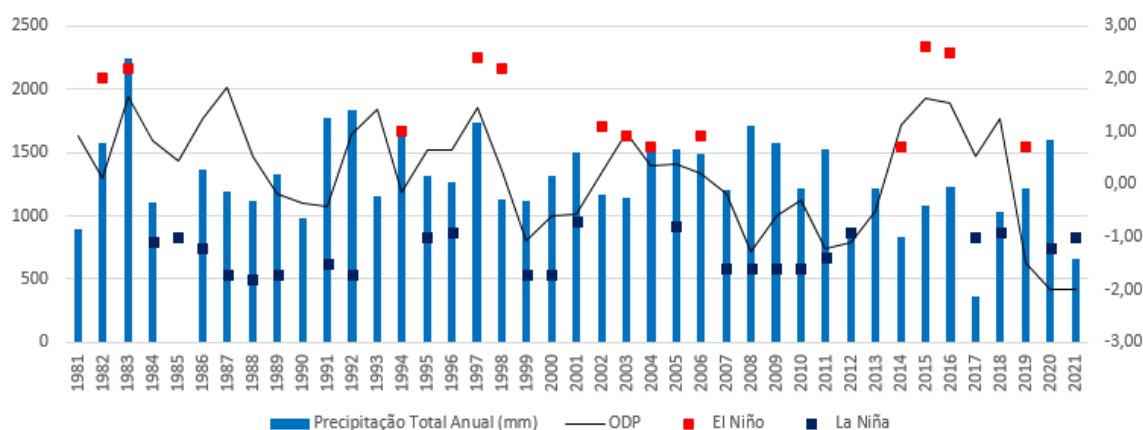
**Figura 67:** Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Barbacena – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A precipitação na estação meteorológica de Belo Horizonte, entre os anos de 1967 a 1977, esteve abaixo dos 1500mm e que correspondente à redução na intensidade de ODP em sua fase fria (1961 a 1976). Com o início da fase quente da ODP (1977), em combinação com um evento de El Niño intenso, em 1983 a precipitação foi de 2509,8mm. Nos anos 2007 a 2012 com ocorrências de La Niñas sequenciais, a precipitação média foi de 1733,6mm, 181,6mm acima da média histórica (1552mm), (Figura 68).



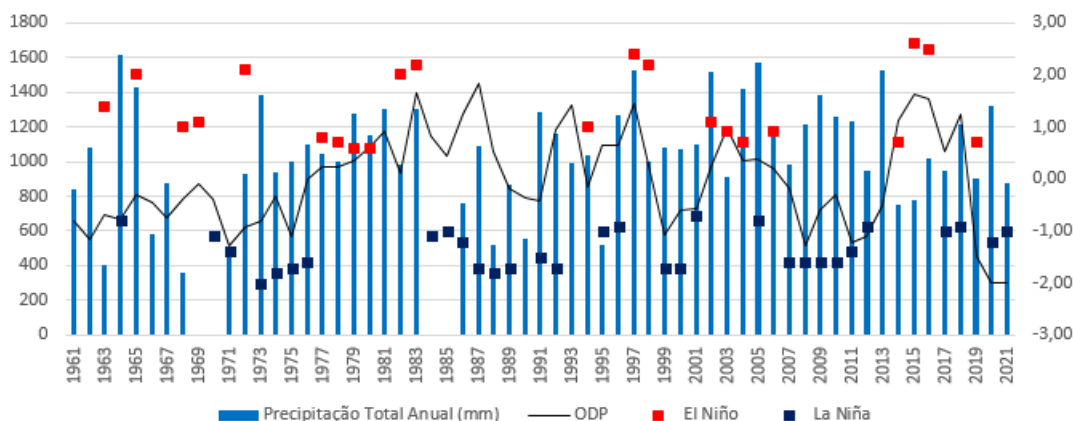
**Figura 68:** Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Belo Horizonte – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Na estação de Bom Despacho, os maiores volumes de precipitação foram registrados junto à eventos de El Niño. Nos anos 1983 1997 a precipitação acumulada foi de 2239,7mm e 1741,6mm, respectivamente. Em anos de La Niña, a dinâmica de chuvas é divergente, com anos menos ou mais chuvosos que a média (1263,1mm). A vinculação das chuvas com a ODP é bastante divergente, (Figura 69).



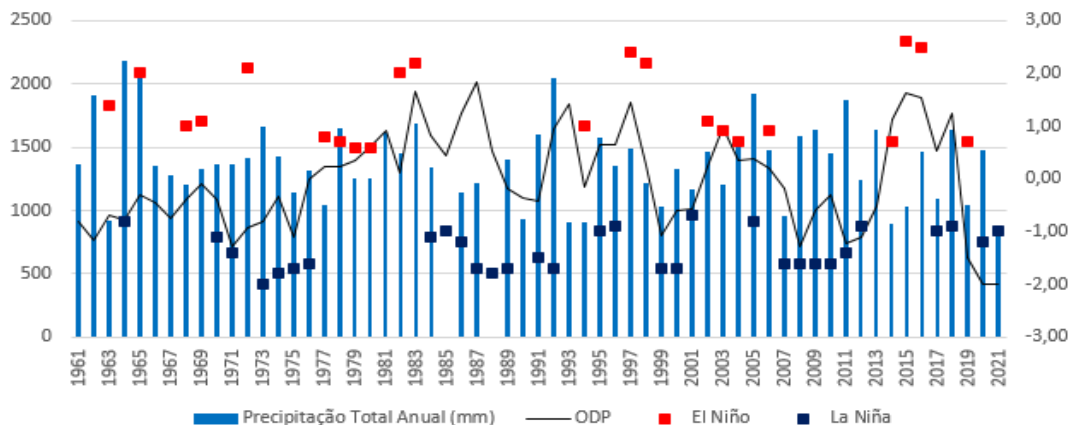
**Figura 69:** Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Bom Despacho – MG (1961-2001). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Na estação de Caratinga, alguns dos dados de maior precipitação apresentam conexões predominantemente mais intensas com maior ODP e eventos de El Niño (1965/1983/1987 – 1430,5mm/1301,9mm/1526,6mm). Em 2005 e 2020, as chuvas acima da média (1014,2mm) estiveram associadas à La Niña e menores valores de ODP, (Figura 70).



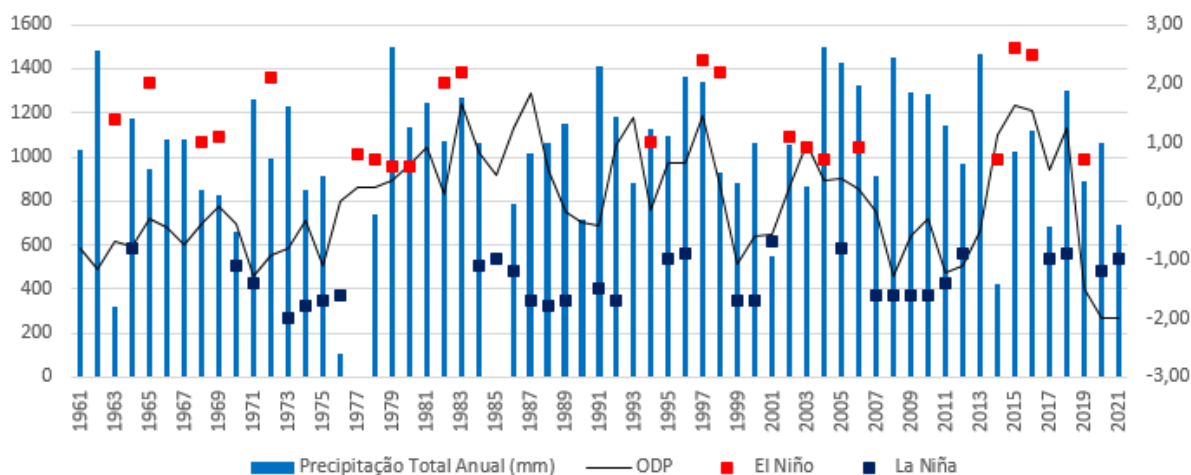
**Figura 70:** Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Caratinga – MG (1961-2001). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A precipitação na estação de Conceição do Mato Dentro se manteve abaixo dos 1500mm nos eventos de La Niña entre a fase fria da ODP na série (1961-1976). A partir da fase quente da ODP (1976-1998) há maiores variações da precipitação, assim como eventos sequenciais de La Niña. Na fase fria recente da ODP (1999 aos dias atuais) houveram precipitações superiores à 1500mm (2004-2005-2008-2009-2011-2013-2018), (Figura 71).



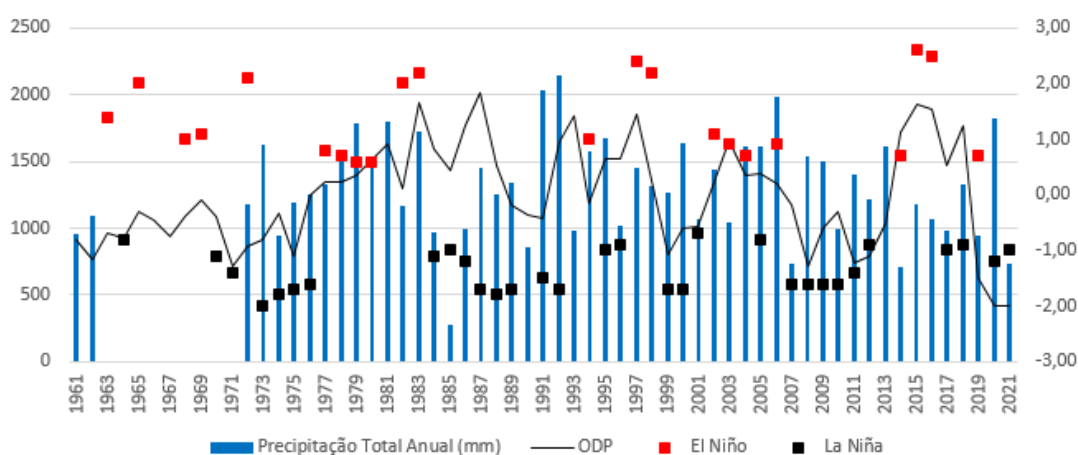
**Figura 71:** Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Conceição do Mato Dentro – MG (1961-2001). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Na estação de Curvelo, nos anos de 1979, 1997 e 2004 a média de precipitação foi 1446,3mm, o que resulta em 407,7mm a mais que a média histórica e houve conformidade com elevação da ODP e eventos de El Niño. Já nos anos 1971, 1991 e 2008, anos de La Niña e baixa ODP, foram registrados 336,3mm a mais do que a média (1038,6mm), (Figura 72).



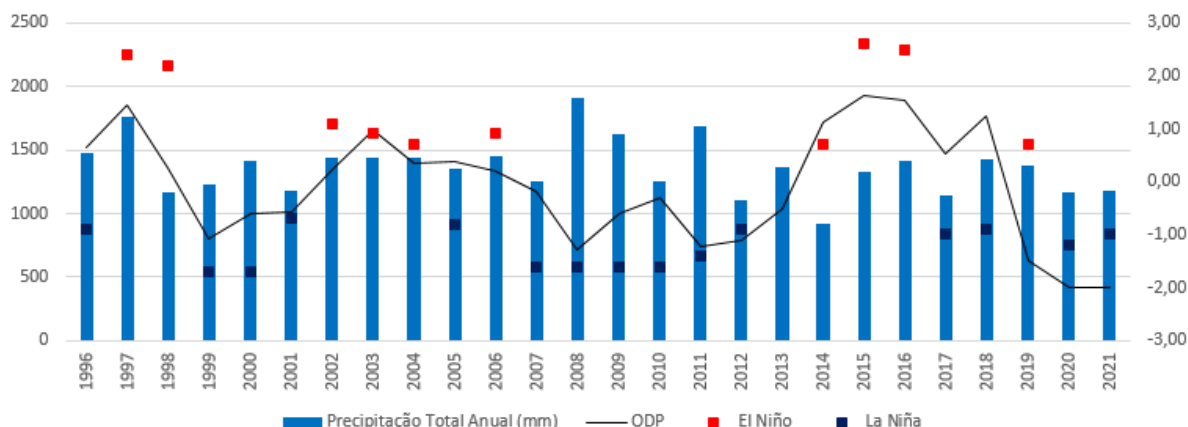
**Figura 72:** Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Curvelo – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A precipitação na estação de Diamantina apresentou dinâmica elevada junto à subida ODP entre os anos 1972 a 1979, anos sequencias de La Niña (1973 a 1976) e El Niño (1977 a 1979). Após este período, a dinâmica de chuvas aponta aleatoriedade, sendo máxima em ano de La Niña (1991 – 2028,2mm) e elevada no El Niño de 2006, com 1981mm, (Figura 73).



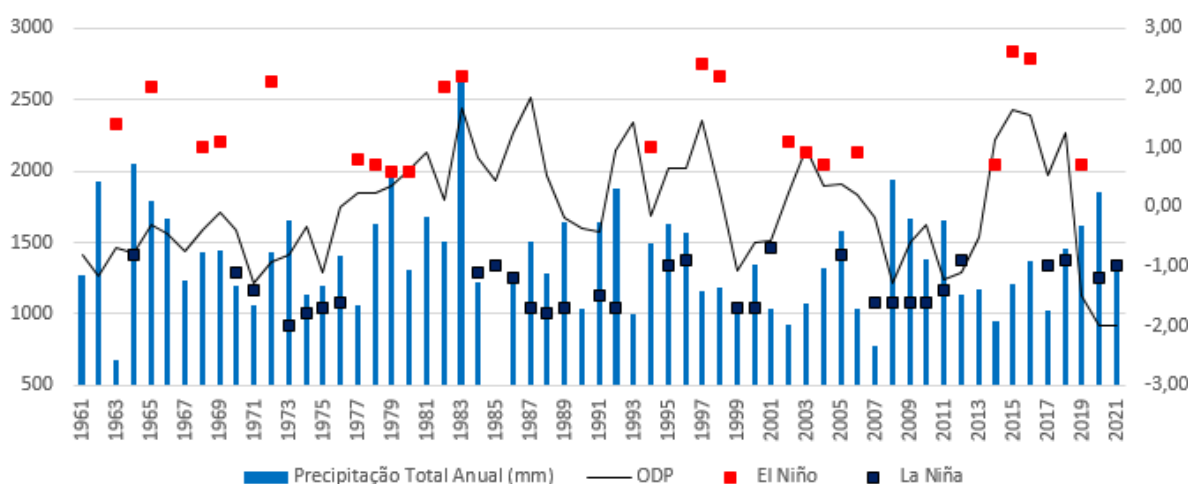
**Figura 73:** Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Diamantina – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Na estação de Divinópolis os dados de precipitação apresentaram conexões distintas com a ODP e o EN/LN. Entre 1997 e 1998 anos de intenso El Niño, a ODP se elevou e os dados de chuva foram consideráveis na série (1762,4mm em 1997). Em 2008, ano de La Niña e redução da ODP, foi registrada a maior precipitação acumulada da série (1911,2mm), (Figura 74).



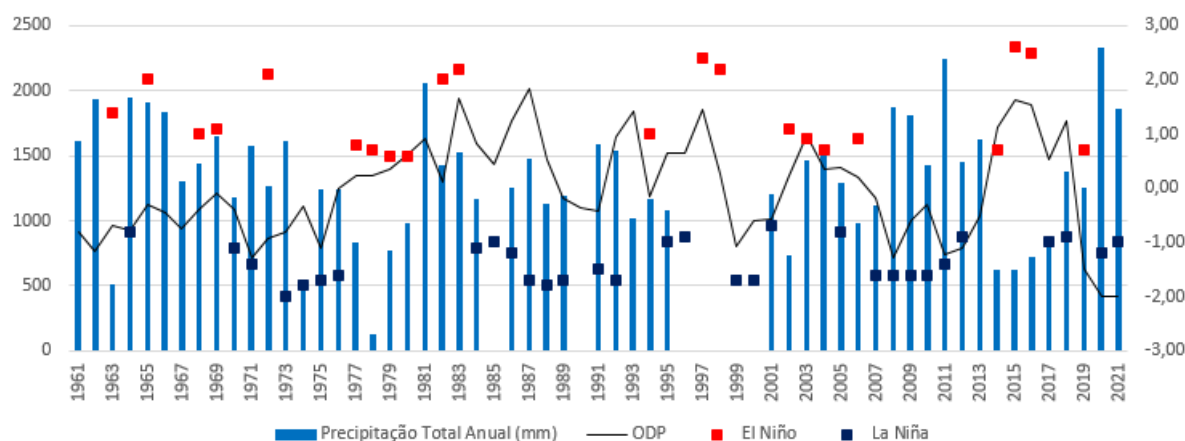
**Figura 74:** Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Divinópolis – MG (1996-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Os dados de precipitação acumulada da estação de Florestal apresentam, no geral, dinâmicas pouco vinculadas à ODP. No ano mais chuvoso da série, 1983 com 2967,2mm, houve consonância com um forte evento de El Niño. Nos anos 1974 a 1976, os anos de La Niña foram marcados por baixa média de precipitação, com 1131,6mm (244,2mm abaixo da média histórica), (Figura 75).



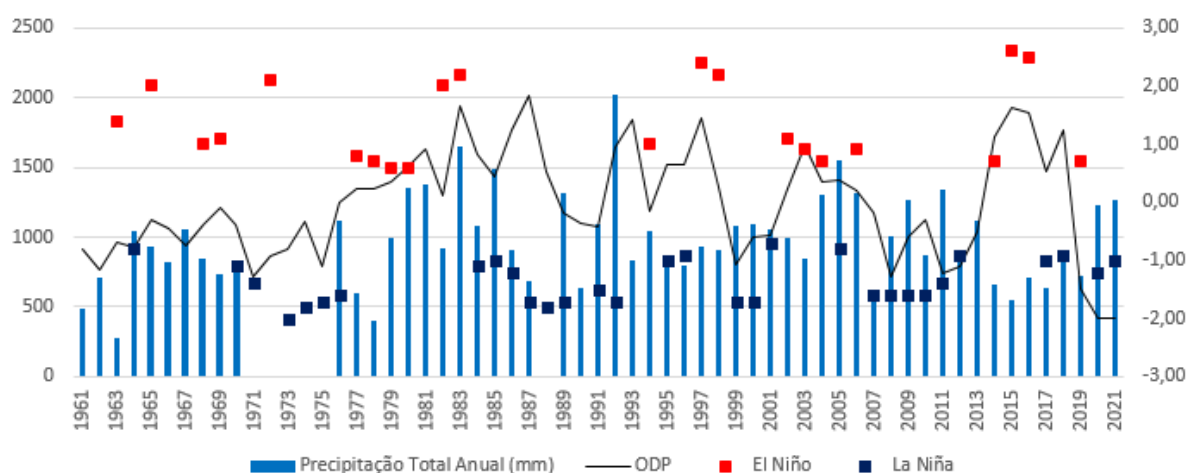
**Figura 75:** Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Florestal – MG (1996-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Na estação do município de Ibitaré, os dados de precipitação expuseram ligações diferenciais com a ODP, com anos de maiores ou menores precipitações tanto em elevações e/ou quedas da ODP. Os maiores acúmulos de chuva anuais ocorreram em dois eventos de La Niña, em 2011 e 2020, com 2241,2mm e 2325,4mm, respectivamente, (Figura 76).



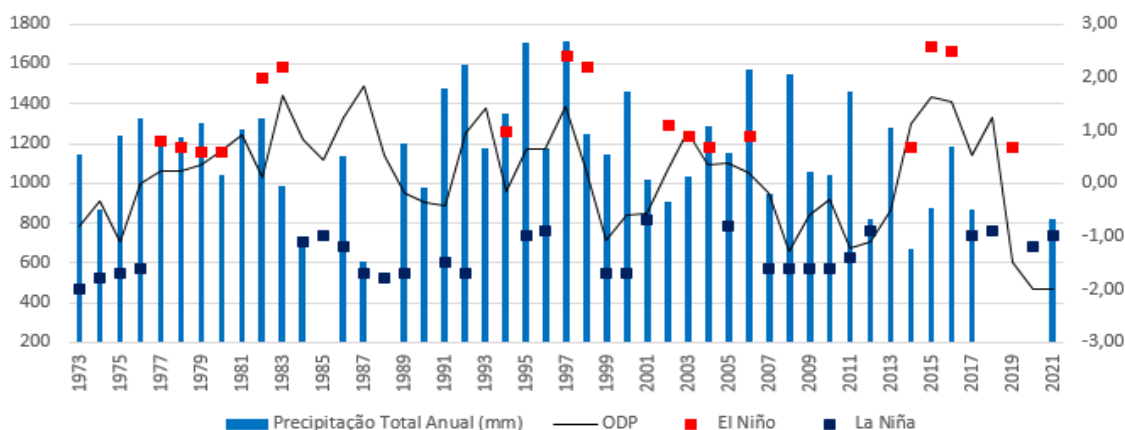
**Figura 76:** Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Ibirité – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021).

Na estação de Pirapora, a precipitação acumulada anual exibe menores valores na década de 1960 junto a um período de ODP reduzido e predominância de anos de El Niño. Na fase quente da ODP entre 1977 e 1998, as elevações de ODP foram acompanhadas de mais chuvas. Neste mesmo período, a queda da precipitação aconteceu junto à eventos de La Niña, (Figura 77).



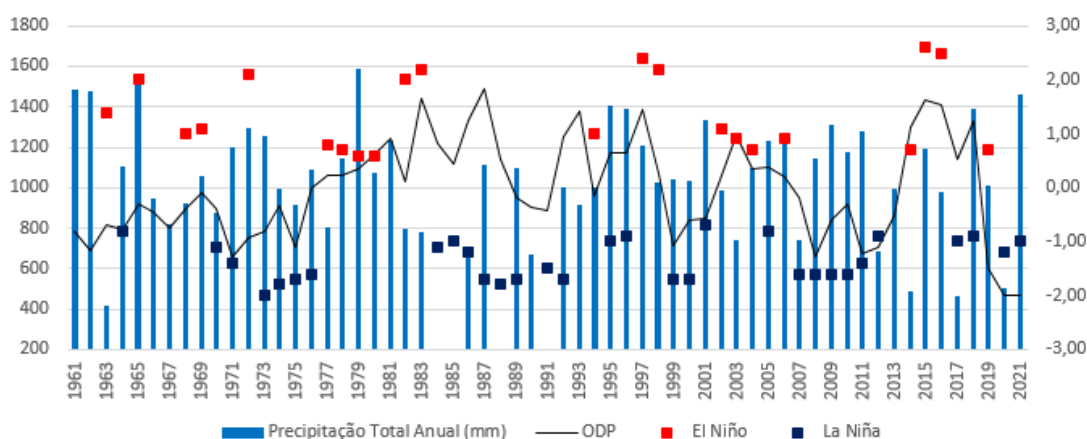
**Figura 77:** Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Pirapora – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Na estação de Pompéu, a precipitação acumulada apresentou congruências com eventos de elevada ODP e EN/LN durante a fase quente da ODP (1977 a 1998). Entre os anos 1989 a 1997 a média de chuvas foi 212mm maior do que a média 1163,1mm anuais. Houve destaque para o ano 1997, quando a precipitação foi elevada (1717mm) junto ao forte El Niño 1997/98, (Figura 78).



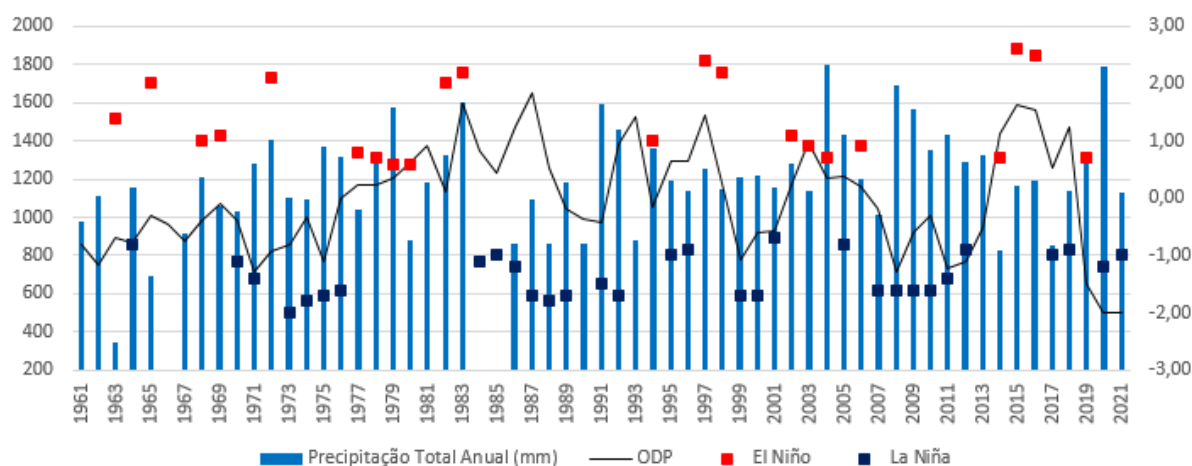
**Figura 78:** Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Pompéu – MG (1973-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Os dados de precipitação de Sete Lagoas expõem anos de máximos de chuva com eventos de El Niño, 1965 (1517,7mm) e 1979 (1586,5mm). Na fase fria da ODP (1961 a 1976) a precipitação foi consideravelmente encadeada com a ODP, com elevações e reduções concatenadas. A partir da fase quente da ODP (1977 a 1998) e da fase fria recente (1999 aos dias atuais) a conexão das chuvas com a ODP e EN/LN foi aleatória, (Figura 79).



**Figura 79:** Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Sete Lagoas – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A estação de Viçosa apresentou dados de precipitação acumulada que apontam vinculação entre anos com mais chuvas e eventos de El Niño, a exemplo de 1972, 1979, 1983, 1994 e 2004 (que foi o ano mais chuvoso da série, com 1798mm). Nos eventos de La Niña, predominou menores precipitações, exceto em 2020, quando choveu 1784mm, (Figura 80).



**Figura 80:** Precipitação acumulada anual e ocorrência com a ODP/EN/LN em Viçosa – MG (1961-2021). Fonte dos dados: INMET 2022; NCEP/NOAA (2021). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Nos dados de chuva analisados, a influência do fenômeno do La Niña na maior precipitação acumulada anual aconteceu nas cidades de Curvelo, Diamantina (região central) e Pirapora (região norte). Minuzzi et al. (2007) constatou que o La Niña foi responsável por ampliar as chuvas no extremo norte de Minas Gerais entre 1947 e 2000.

A menor temperatura das águas do Oceano Pacífico nos anos de La Niña altera a posição de sistemas de bloqueio no leste (ASAS), fazendo com que a umidade se eleve e as chuvas sejam mais recorrentes em determinadas áreas, a exemplo da região Nordeste do país. Ao que tudo indica esta influência alcança o norte do estado de Minas Gerais.

A conexão entre o La Niña e o volume de precipitação no Sul de Minas Gerais mostra resultado distinto se comparado ao Norte do estado. Nas estações de Viçosa e Barbacena, em anos de La Niña, houve diminuição da precipitação. Há ocorrências comuns entre maiores chuvas e eventos de El Niño na região Sul do Estado de Minas Gerais.

Uma das consequências do El Niño é a intensificação de chuvas no Sul do Brasil, forçando a maior atuação do ASAS, elevando as temperaturas no Sudeste e eventualmente gerando ampliação das chuvas na região. Os anos 1983 e 2004 apresentaram máximos de precipitação pluvial em conformidade com eventos de El Niño nas estações Barbacena e Viçosa.

Nas demais estações, uma vinculação contundente entre precipitação e ODP/EN/LN não foi possível de ser constatada. A latitude se mostra, portanto, um fator climático fundamental na distinção das dinâmicas de precipitação do Estado de

Minas Gerais, sobretudo quando relacionadas com eventos de El Niño e La Niña, podendo ter interferências distintas entre os fenômenos macroescalares e as chuvas.

A variabilidade climática é fundamental para a discussão do comportamento das chuvas em séries históricas. Conti (2000) define o conceito de variabilidade como a maneira pela qual os elementos climáticos, a exemplo da precipitação e da temperatura, ventos, pressão atmosférica, massas de ar e umidade, variam no interior de um determinado período de registro associado a uma série temporal.

De acordo com Steinke (2004) o termo variabilidade é utilizado para as variações do clima em função dos condicionantes naturais do planeta e suas interações. A chuva possui um comportamento que remonta a ciclicidade destes condicionantes naturais, com anos onde as chuvas estão acima da média, outros abaixo, e também sequências anuais que apresentam características próprias.

Os períodos chuvosos e secos alternados em séries históricas podem ser confundidos com “mudanças”, o que pode se tornar um erro interpretativo e formar conclusões equivocadas sobre a dinâmica climática geral. Molion (2005) apresenta a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) como um dos controles ambientais que mais influenciam os climas pelo mundo e pode ocasionar comportamentos cíclicos, a exemplo da precipitação pluvial.

#### 5.4 Variações dos climas da área de estudo na escala regional

De acordo com Jesus (2008) o clima regional possui especificidades nas dinâmicas dos componentes e, portanto, necessita de uma gama particular de técnicas de análise que podem ser baseadas nos seguintes passos principais:

- Percepção das escalas dos climas, neste caso os climas regionais / 150 a 2.000 Km/ e formação dos domínios climáticos pela superfície terrestre. As unidades perceptivas do clima nesta escala se apresentam por meio dos: Mesoclimas / Mosaicos espaciais / Subsistemas e correntes aéreas perturbadas.
- Os principais fatores geográficos a serem levados em conta nesta análise são: Topografia e altitude / Continentalidade / Maritimidade e os Sistemas Atmosféricos atuantes.

- A escala cartográfica abrange os seguintes níveis de grandeza climática: Climas Regionais (1:1. 000.000) / Climas Sub-regionais (1:500.0000) / Mesoclimas (1:250.0000)
- Quanto aos fatores antrópicos considerados na escala regional são considerados: o desmatamento / queimadas / poluição / grande represa – mudanças de uso e ocupação do solo ao longo de sequências históricas.
- Os meios de investigação perpassam a análise dos seguintes dados: normais climatológicas / redes de transectos / informações sinóticas / imagens de satélite.

O clima regional é a ponte de ligação entre as escalas superiores do clima e as inferiores pois já imprime características próprias nos componentes climáticos e facilita a identificação de unidades de nível local quando se pretende identifica-las. Na sequência, foram analisados a temperatura e suas correlações com as mudanças de uso e ocupação do solo e a classificação do regime pluviométrico.

#### 5.4.1 Temperatura

Para a discussão sobre a temperatura na escala regional foi necessário primeiro levantar as informações de correlação (R) e determinação ( $R^2$ ) das máximas e das mínimas de todas as 15 estações de onde se originaram os dados. Em sequência foram elaborados os gráficos de dispersão para as temperaturas máximas e mínimas.

Tanto a correlação, a determinação e os gráficos de dispersão apontam para possíveis conexões entre a dinâmica da temperatura de acordo com o tempo e as mudanças espaciais provocadas pelas comunidades habitantes da área estudada. Para estabelecer estas interações é fundamental também a análise das mudanças de uso do solo.

O coeficiente de correlação (R) mede o grau de relacionamento linear entre valores emparelhados de uma amostra, no caso os dados de temperatura, umidade e precipitação com os anos. Por meio da correlação é possível identificar se as alterações no uso e ocupação do solo geraram impactos no componente térmico na região, (Tabela 11).

**Tabela 11:** Correlação das temperaturas máxima e mínima na série histórica (1961-2021).

Estação	Correlação Temperatura Máxima (°C)	Correlação Temperatura Mínima (°C)
BambuÍ	0,53	0,15
Barbacena	0,53	0,30
Belo Horizonte	0,38	0,76
Bom Despacho	0,71	- 0,48
Caratinga	0,51	0,10
Conceição do Mato		
Dentro	0,51	0,38
Curvelo	0,59	0,16
Diamantina	0,59	0,49
Divinópolis	0,59	0,28
Florestal	0,78	0,59
Ibirité	0,68	0,34
Pirapora	0,59	0,79
Pompeu	0,73	0,64
Sete Lagoas	0,58	0,64
Viçosa	0,53	0,75

. Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro

Um dado de correlação significativo será aquele que ultrapassa os 50% ou 0,5. Neste caso, as correlações mais elevadas para os dados de temperatura máxima ficaram a cargo das estações meteorológicas nas cidades de Florestal, Bom Despacho, Pompeu, Ibirité, e Sete Lagoas.

Com relação às temperaturas mínimas, as maiores correlações foram encontradas em Belo Horizonte, Pirapora, Pompeu, Sete Lagoas e Florestal. As mínimas possuem maior sensibilidade às alterações de uso do solo voltadas à urbanização, devido ao acúmulo de energia promovido pelas áreas urbanas especialmente à noite.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) é o valor da variação de um componente climático que é explicado pela reta de regressão. Caso um  $R^2$  seja de 0,50, significa que 50% da variação total do componente é explicada pela reta de regressão e 50% da variação não permanece explicado, (Tabela 12).

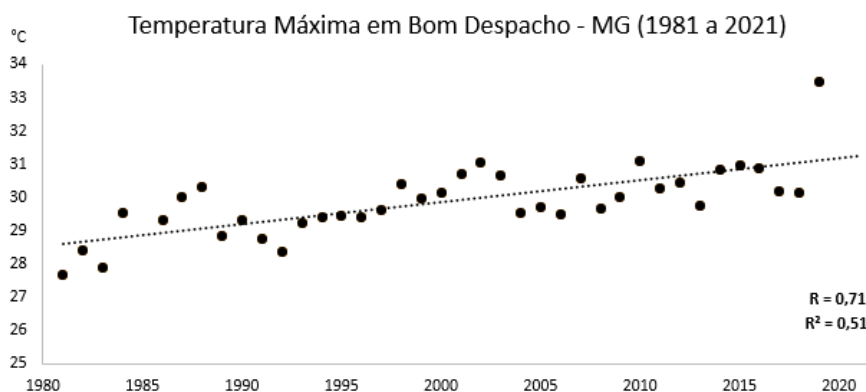
**Tabela 12:** Coeficientes de determinação ( $R^2$ ) das temperaturas na série histórica (1961 – 2021).

Estação	$R^2$	$R^2$
	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)
BambuÍ	0,28	0,02
Barbacena	0,28	0,09
Belo Horizonte	0,15	0,58
Bom Despacho	0,51	0,23
Caratinga	0,27	0,01
Conceição do Mato Dentro	0,27	0,14
Curvelo	0,35	0,02
Diamantina	0,35	0,24
Divinópolis	0,35	0,08
Florestal	0,61	0,35
Ibirité	0,47	0,11
Pirapora	0,35	0,62
Pompéu	0,54	0,41
Sete Lagoas	0,34	0,41
Viçosa	0,28	0,57

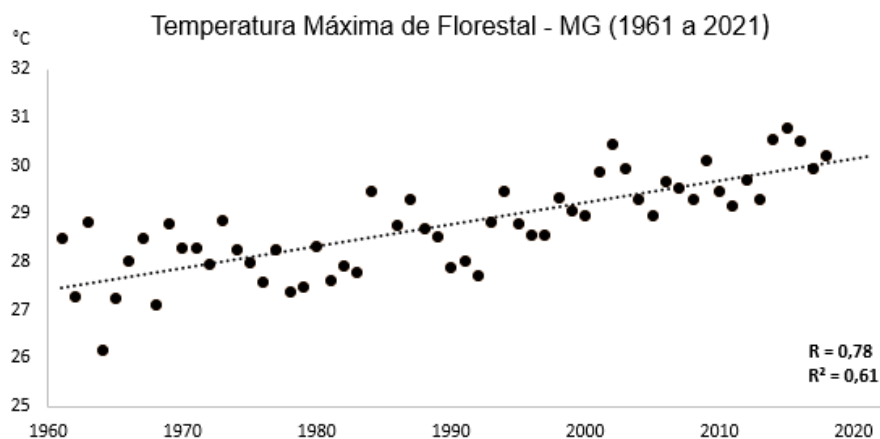
Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Os maiores valores para o  $R^2$  ficaram a cargo das cidades de Florestal, Pompeu, Bom Despacho para os dados de temperatura máxima. Já com relação à temperatura mínima, entre os anos de 1961 a 2021, os maiores valores de  $R^2$  foram encontrados em Pirapora, Viçosa e Belo Horizonte.

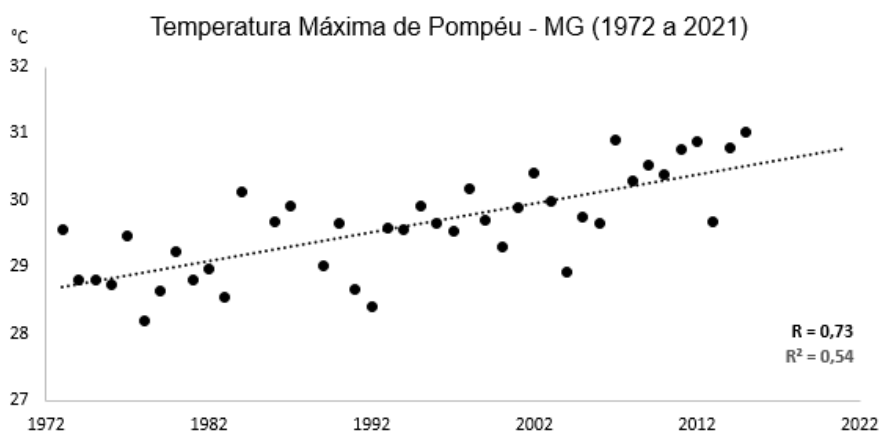
Para analisar melhor o  $R^2$  e a variação do componente climático temperatura, foi necessário construir os gráficos de dispersão para as estações analisadas. Como exemplo de valores de  $R^2$  acima dos 50% estão os dados de Bom Despacho (Figura 81) Florestal (Figura 82), Pompeu (Figura 83) para as temperaturas máximas durante as séries históricas.



**Figura 81:** Gráfico de dispersão da temperatura máxima de Bom Despacho (1981 a 2021). Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



**Figura 82:** Gráfico de dispersão da temperatura máxima de Florestal (1961 a 2021). Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



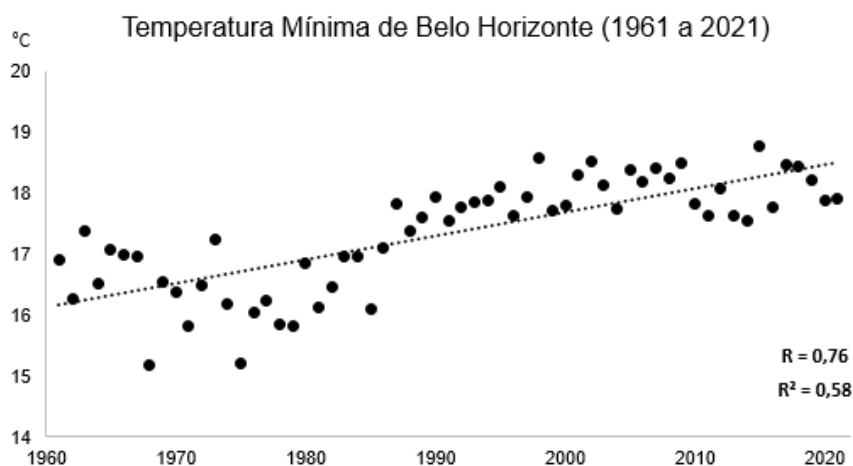
**Figura 83:** Gráfico de dispersão da temperatura máxima de Pompeu (1973 a 2021). Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A proximidade dos pontos em relação à reta indica que em uma tendência de aumento, houve mais dados próximos desta dinâmica, ou seja, com o passar dos anos as informações em relação à temperatura máxima estão mais próximas de serem determinadas ( $R^2$ ) pelo tempo.

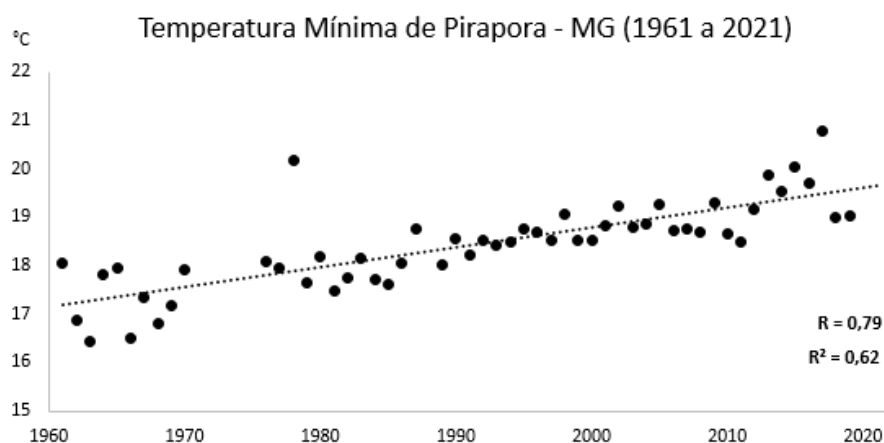
Com as características de ampliação das áreas urbanas e redução de áreas verdes, aspectos comuns de alterações de uso e ocupação do solo nas áreas estudadas, em especial nos municípios citados, o aumento das temperaturas máximas em relação ao tempo, mostram valores de determinação significativos.

Outros municípios entre os analisados se destacam com os coeficientes de determinação elevados (acima dos 50%) com relação à temperatura mínima e a exemplo de Belo Horizonte, com as intensas transformações de uso e ocupação do solo e o município de Pirapora pela possível influência das alterações com a condição de tropicalidade.

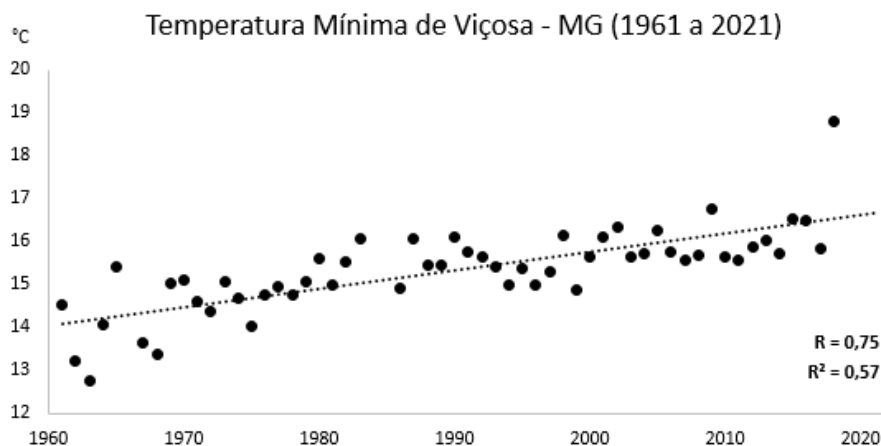
Para as temperaturas mínimas, mais sensíveis à urbanização e os acúmulos de energia durante o período noturno, a estação de Belo Horizonte e de Pirapora se destacaram com seus respectivos  $R^2$  (0,58 e 0,62), seguidas de Viçosa (0,57) que podem ser visualizadas nos gráficos de dispersão para Belo Horizonte (Figura 84) – Pirapora (Figura 85) – Viçosa (Figura 86).



**Figura 84:** Gráfico de dispersão da temperatura mínima de Belo Horizonte (1961 a 2021). Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



**Figura 85:** Gráfico de dispersão da temperatura mínima de Pirapora (1961 a 2021). Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



**Figura 86:** Gráfico de dispersão da temperatura mínima de Viçosa (1961 a 2021). Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A influência das alterações do uso do solo na dinâmica climática das cidades ao longo de séries históricas se dá nos diversos componentes do clima, mas especialmente no que diz respeito ao campo térmico. Estas alterações não podem ser confundidas com as interferências de escala zonal, macroclimática.

O balanço de energia em áreas com usos urbanos e agrícolas favorece o acúmulo de calor devido às características dos elementos constituintes da superfície. A presença do calor sensível em virtude do calor latente presente nas transformações químicas eleva a temperatura do ar. As superfícies refletivas favorecem o maior espalhamento dos raios solares na baixa troposfera ampliando o calor sensível.

A diminuição de áreas com recursos hídricos, represadas ou correntes, promovem um ar mais seco suscetível às maiores variações térmicas e que devido as outras alterações do solo, provoca a elevação das temperaturas, no caso as máximas.

Como exemplo, Drew (1989) sobre a ação do homem no meio físico, discute a inter-relação dos diversos fatores ambientais e as consequências ambientais do nível de antropismo, mesmo que se trate de um caso isolado como a construção de uma casa e seus efeitos sobre o clima local:

A construção irá alterar parcialmente o clima circundante, o clima modificado alterará o caráter do solo e da vegetação vizinha e, por sua vez, a manutenção do solo e da vegetação redundará em alterações posteriores no clima local. O telhado conduzirá as águas da chuva diferentemente do que faria a vegetação preexistente e, assim por diante, Drew (1989, pg. 20).

Segundo Junior e Amorim (2016), fica evidente que a prática social ainda não absorveu a complexidade da relação sociedade-natureza. Seja pela ação direta dos

agentes produtores do espaço urbano, que não consideram as características do ambiente em suas ações, seja pela aceitação social dessas práticas.

De acordo com Jesus (2008), no mundo cada vez mais globalizado, constata-se a existência de uma verdadeira desordem na natureza, impulsionada pelas ações antrópicas, na maioria das vezes imponderadas, o que vem motivando as grandes tendências dos estudos climáticos associados aos impactos ambientais.

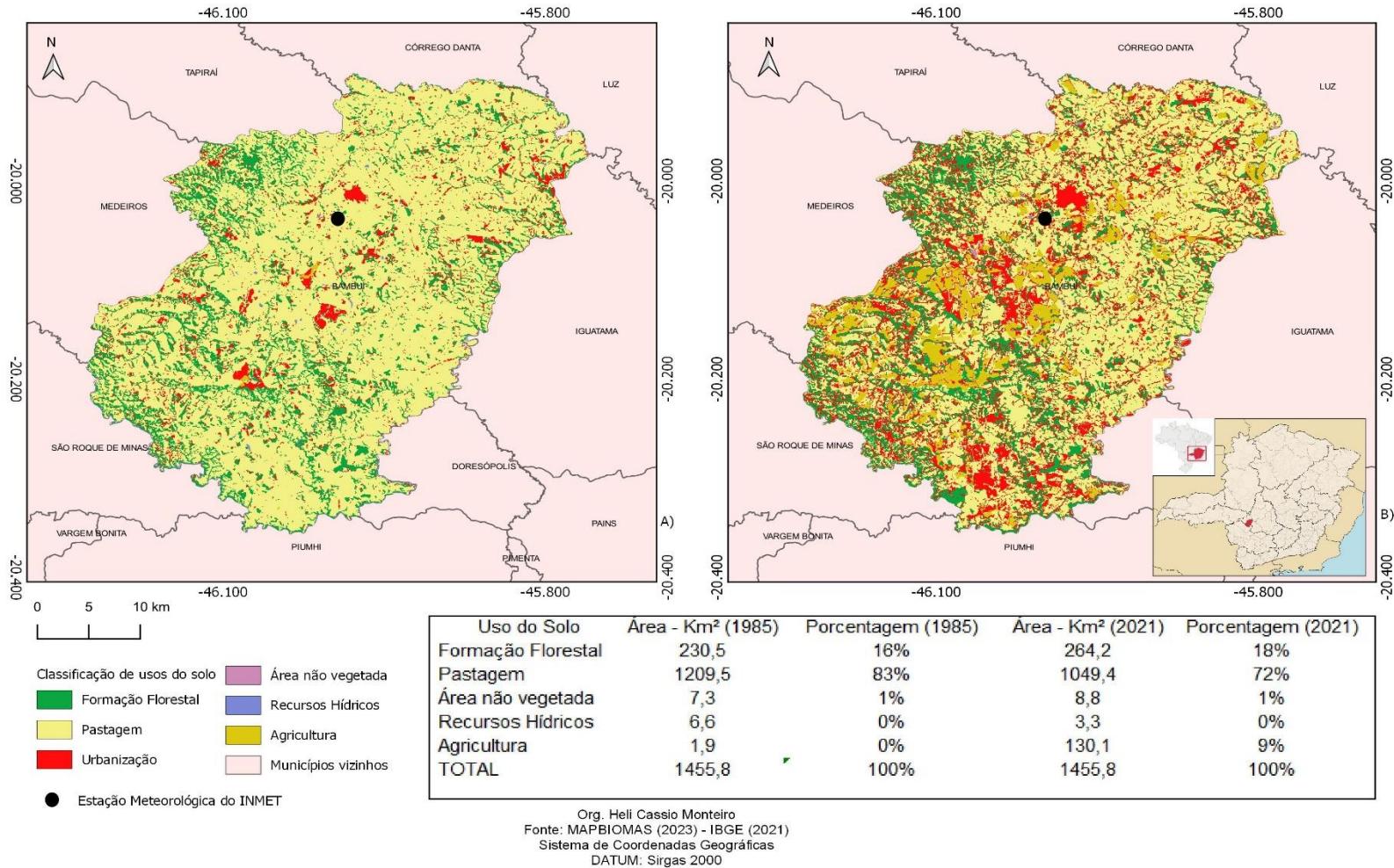
A expansão urbana em países subdesenvolvidos e em desenvolvimento nas regiões tropicais é um grave problema devido ao input de energia em regiões que já apresentam temperaturas elevadas. Esta expansão também resulta no redirecionamento na circulação atmosférica (cânions urbanos e barreiras edificadas) da baixa troposfera e na queda da proporção de umidade relativa do ar.

Houve um aumento de 2% na participação das formações florestais entre 1985 e 2021 no uso do solo do município de Bambuí (Figura 87). As áreas de pastagem deixaram de participar com 83% e em 2021 representavam 72% do uso, mantendo-se como o uso mais presente no território do município.

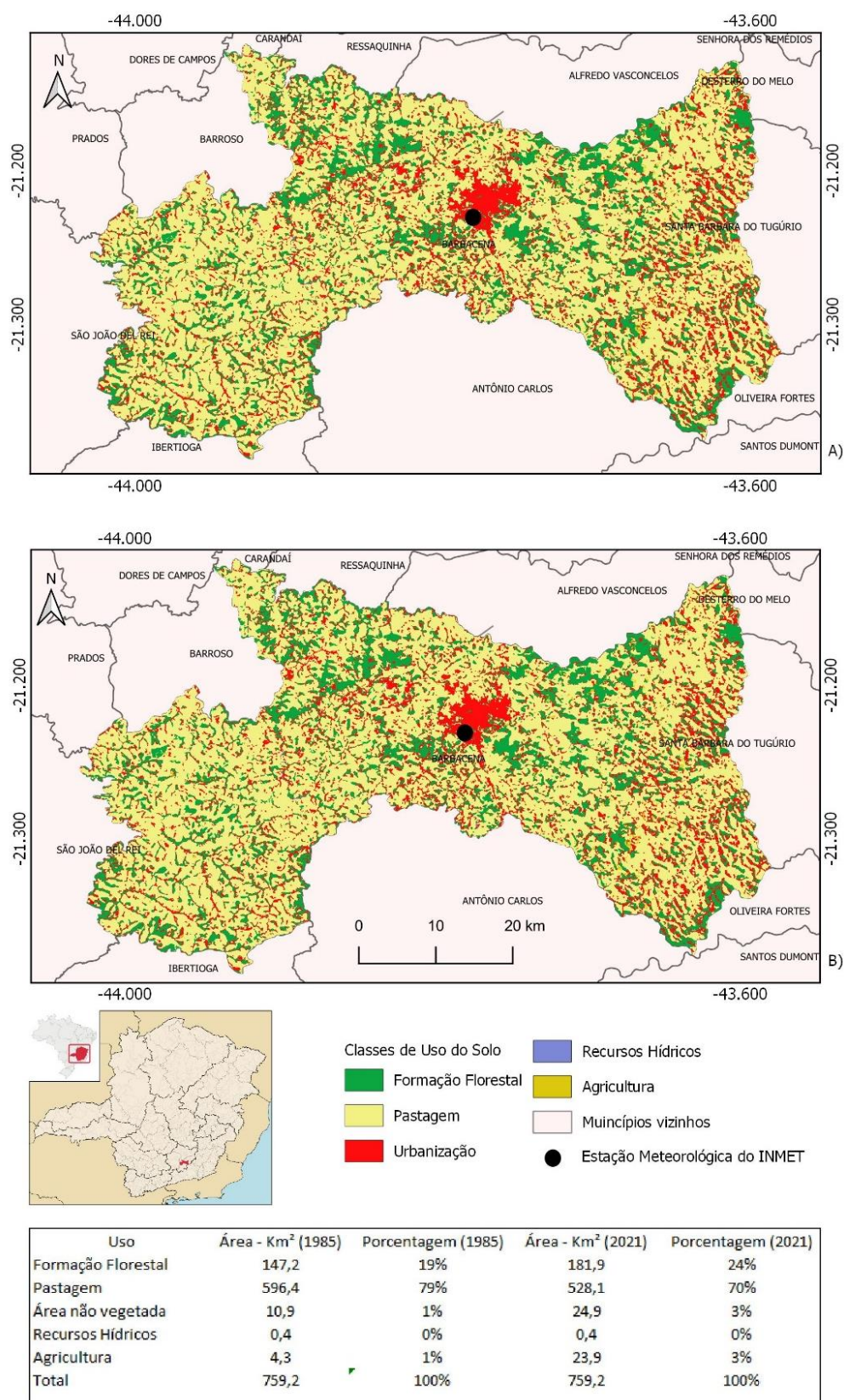
As áreas não vegetadas incluindo as urbanizadas aumentaram sua participação na área em 1,5% ao passo que os recursos hídricos sofreram redução pela metade. A maior elevação foi registrada nas áreas agrícolas, que apresentavam valor de 0,1% em 1985 e 9% em 2021.

Pela correlação de 0,53 na série histórica e determinação de 0,28, as mudanças de uso e ocupação do solo têm participação no aumento temperatura máxima no município de Bambuí. A expansão das áreas agrícolas e a redução dos recursos hídricos junto ampliação de áreas urbanas e não vegetadas explicam o aumento da temperatura máxima.

No município de Barbacena (Figura 88) as áreas urbanas e não vegetadas aumentaram sua participação de 1% para 3% no território do município entre 1985 e 2021, as áreas agrícolas seguiram o mesmo aumento. As formações florestais ampliaram de 19% para 24% ao passo que as pastagens diminuíram 79% para 70%. Os recursos hídricos se mantiveram em 0,4%.



**Figura 87:** Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (A) e 2021 (B) em Bambuí – MG. Fonte: MAPBIOMAS (2023). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



Org.: Heli Cassio Monteiro  
 Fonte: MAPBIOMAS (2023) - IBGE (2021)  
 Sistema de Coordenadas Geográficas  
 Datum: Sirgas 2000

**Figura 88:** Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (A) e 2021 (B) em Barbacena – MG. – MG. Fonte: MAPBIOMAS (2023). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A correlação de 0,53 (R) e a determinação de 0,28 (R<sup>2</sup>) da temperatura máxima em Barbacena confirma a interferência das alterações de uso e ocupação do solo na dinâmica térmica do município de Barbacena. O crescimento das áreas urbanas e não vegetadas junto à expansão da agricultura demonstram correlação com este incremento térmico.

Os equipamentos urbanos tais como: o asfalto, o concreto, os revestimentos artificiais nos pisos em contato com a radiação solar não possuem utilidade prática ou biológica que não seja a proteção e uso social dos espaços. As médias térmicas das mínimas respondem de modo mais direto à interferência do acúmulo de calor nas áreas urbanas e não vegetadas.

As condições atmosféricas gerais nas quais se sobressaem as temperaturas mínimas são: o período noturno devido à perda de radiação acumulada durante o dia e a estação do inverno no hemisfério sul apresentam aspectos de concentração de calor em determinadas áreas urbanas e irão definir claramente períodos onde as ilhas de calor são mais notáveis.

A cobertura vegetal altera o balanço de irradiação. Para exemplificar este fator climático. Segundo Jardim e Galvani (2018) as formações florestais, em destaque para a vegetação do tipo mata ciliar, há diversas influências sobre o balanço de energia, entre as quais podem ser listadas:

- A obstrução de parte da radiação solar direta e difusa pelo dossel foliar, implicando em menor produção de calor sensível e valores mais baixos de temperatura do ar.
- A atenuação da ventilação pelo adensamento vegetal, dificultando a entrada e dissipação de calor e umidade, resultando nos menores valores de amplitude térmica e higrométrica do ar.
- A contribuição adicional de umidade proveniente dos solos e da evapotranspiração vegetal. A presença de umidade suscita evaporação continuada e, portanto, retirada de parte do calor sensível disponível no ambiente.
- O papel da serrapilheira associada ao tecido vegetal na redução da transmissão e conservação de calor no ambiente. Com destaque para o elevado valor de calor específico do povoamento vegetal e da serrapilheira de 0,8 cal/cm<sup>2</sup>. °C, em comparação ao concreto com 0,2 cal/cm<sup>2</sup>. °C, de acordo

com Geiger (1990), e a baixa condutividade de calor pelo tecido vegetal e serrapilheira (na água esse valor é de 0,57 W/m.K e na rocha é de 2,9 W/m.K), de acordo com Arya (2001). Estes fatores atenuam as variações de temperatura nesse ambiente, requerendo montantes significativos de energia para experimentar alguma elevação de temperatura.

- O consumo de parte da energia solar nos processos metabólicos das plantas, reduzindo a disponibilidade dessa fração energética no meio (e como é a área mais densamente ocupada pela vegetação, maior é o consumo de energia nesse processo).

O efeito da vegetação sobre a dinâmica térmica e higrométrica na baixa troposfera é variável de acordo como o porte da vegetação e sua capacidade de interação com a irradiação. O campo rupestre (localizado nas áreas de topo de morro nesta pesquisa), por exemplo, possui as seguintes características, de acordo com Jardim e Galvani (2018):

- Permite elevado ganho de radiação solar e rápida perda de radiação calorífica, em especial nas vertentes voltadas para nordeste, onde há maior interação com a irradiação.
- Uma fraca obstrução da radiação solar direta e difusa pela vegetação esparsa de porte arbustivo-herbáceo e presença de afloramentos rochosos e manchas de solo expostas, ressecadas e rasa
- Favorecimento da produção de calor sensível fortemente concentrada na superfície, uma vez que a transmissão de calor em profundidade é comprometida pelo ineficiente processo de condução de calor por contato molecular nesse meio, cuja carga irradiativa é retida temporariamente na superfície e rapidamente transferida para a camada de ar sobrejacente (GALVANI e JARDIM, 2018).

Em comparação ao ambiente urbano, há uma semelhança de dinâmica térmica das áreas de campo rupestre com o ambiente dos grandes centros urbanos. Tal fato pode ser explicado pela fraca capacidade de conservação e transmissão de calor nos ambientes de campo rupestre e no Cerrado aberto com seu relativo espaçamento entre as unidades de vegetação, o que reduz os obstáculos frente à entrada de radiação solar.

O aquecimento do ar em áreas de vegetação esparsa refere-se à parcela de energia solar que não é aproveitada pelos processos metabólicos das plantas, que fica disponível para aquecer o ambiente e o ar.

O clima urbano, embora afete as cidades médias e grandes, como Belo Horizonte, de diferentes formas, quase sempre traz resultados negativos. Entre estas consequências estão o aumento do número de pontos de alagamentos, a adição de calor onde já existe excedente de energia térmica (cidades em latitude tropical), adição de poluentes atmosféricos etc.

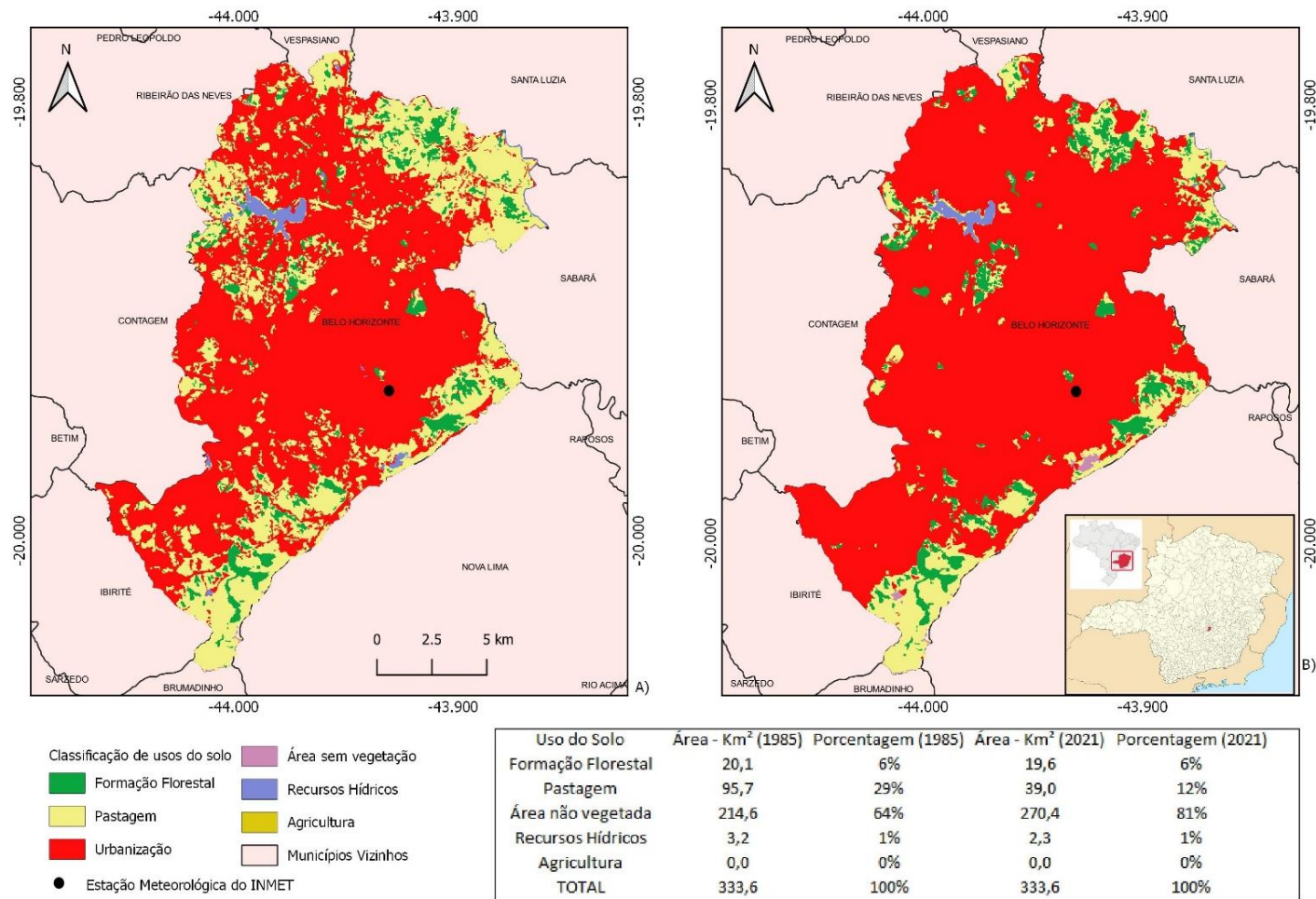
Além disso é possível constatar mudanças no ritmo de variação dos elementos climáticos como demonstrou Azevedo e Tarifa (2001) na cidade de São Paulo e Silva et. al. (2017) em Belo Horizonte.

No município de Belo Horizonte entre 1985 e 2021, houveram mudanças significativas no uso e ocupação do solo. A presença das pastagens no computo geral de Belo Horizonte foi reduzida de 29% para 12% entre 1985 e 2021. As áreas urbanas e não vegetadas expandiram de 64% para 82%, representando o principal tipo de uso.

As formações florestais e os recursos hídricos em Belo Horizonte se mantiveram semelhantes na comparação dos anos 1985 e 2021, 6% e 1%, respectivamente. O aumento da área urbana no município de Belo Horizonte foi consideravelmente influente na temperatura do ar e, predominantemente, sobre as temperaturas mínimas fato também constatado por Assis (2010).

A correlação de 0,76 em Belo Horizonte e coeficiente de determinação de 0,58 para a temperatura mínima indica que as alterações de uso e ocupação do solo em Belo Horizonte favoreceram o aumento das mínimas. A maior extensão das áreas urbanas e não vegetadas, junto à redução de pastagens, implica em alterações na sensível dinâmica das temperaturas mínimas.

Em Belo Horizonte deve-se levar em consideração a dimensão da área urbana (correspondente a 81% da área total do município), (Figura 89). Na capital de Minas Gerais a dinâmica térmica se relaciona diretamente ao elevado número de fontes ativas de calor de origem antropogênica (concentração de pessoas, equipamentos, máquinas, automóveis etc.) que é adicionada ao calor resultante da interação da irradiação solar com a superfície urbana.



Org. Heli Cassio Monteiro  
 Fonte: MAPBIOMAS (2023) - IBGE (2021)  
 Sistema de Coordenadas Geográficas  
 Datum: Sirgas 2000

**Figura 89:** Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (A) e 2021 (B) em Belo Horizonte – MG. – MG. Fonte: MAPBIOMAS (2023).  
 Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

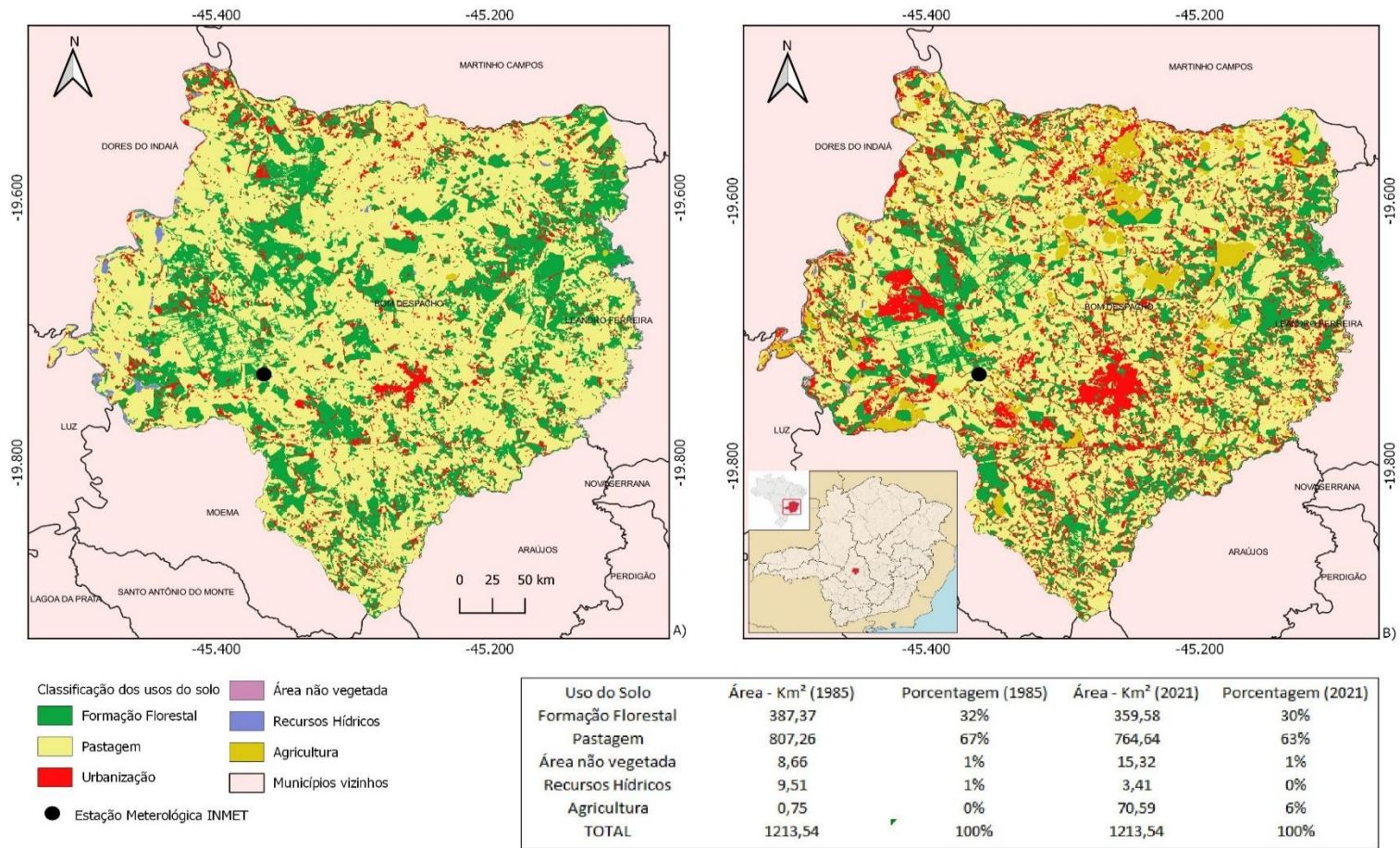
No município de Bom Despacho, entre os anos de 1985 e 2021, houve considerável expansão (0% para 6%, respectivamente) das áreas agrícolas em virtude da redução das pastagens. O uso do solo mais direcionado para uma agricultura de maior porte demanda áreas que não apresentava ocupação definida, geralmente com gramíneas.

A interação de áreas agrícolas com a irradiação solar permite variações intrínsecas à diversidade de vegetação nos cultivos. O porte e a coloração associados à inclinação do terreno podem favorecer o acúmulo de calor ou a sua dispersão, o que certamente difere da dinâmica dos componentes climáticos em áreas florestais, por exemplo.

A correlação de 0,71 e a determinação de 0,51 para a temperatura máxima confirmam a interação entre a expansão agrícola e a variação positiva das máximas. O crescimento das áreas urbanas e não vegetadas (8,6 km<sup>2</sup> para 15,3 km<sup>2</sup>, respectivamente) também pode ter gerado alterações na dinâmica térmica do município de Bom Despacho, (Figura 90).

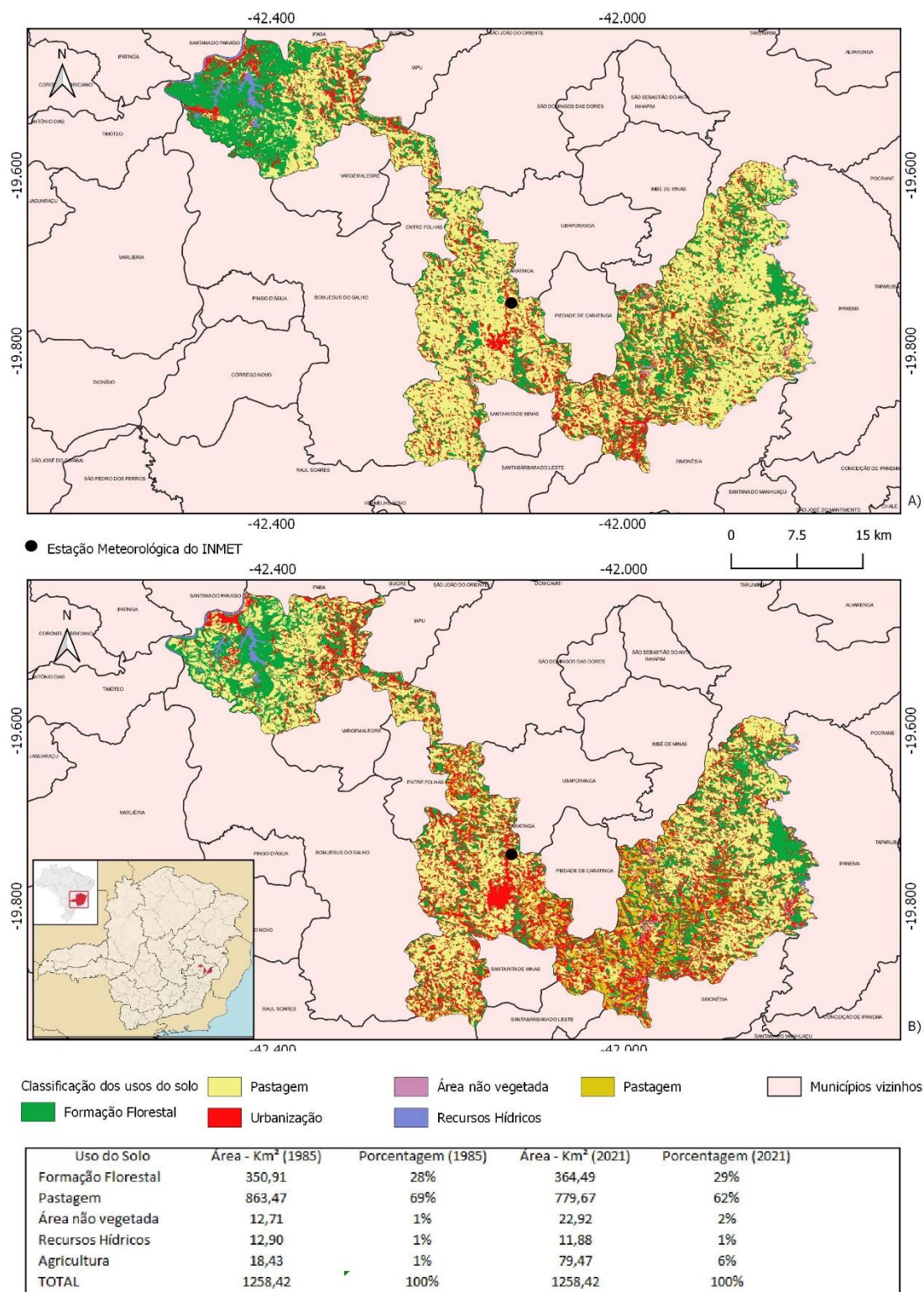
No Município de Caratinga, o destaque ocorreu no aumento das áreas agrícolas, de 18,4 km<sup>2</sup> para 79,4 km<sup>2</sup> e das áreas urbanas e não vegetadas de 12,7 km<sup>2</sup> para 22,9 km<sup>2</sup> entre os anos de 1985 e 2021. A correlação de 0,51 para a temperatura máxima aponta a influência destas alterações de uso do solo na dinâmica térmica.

Houve crescimento de áreas com formações florestais (28% para 29% entre 1985 e 2021) e redução das pastagens de 69% para 62%, respectivamente, em participação na área total do município de Caratinga (Figura 91). A maior participação das formações florestais pode ter retido uma maior correlação de máximas ao longo dos anos pesquisados (Figura 91).



Org.: Heli Cassio Monteiro  
 Fonte: MAPBIOMAS (2023) - IBGE (2021)  
 Sistema de Coordenadas Geográficas  
 Datum: Sirgas 2000

**Figura 90:** Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (A) e 2021 (B) em Bom Despacho – MG. Fonte: MAPBIOMAS (2023). Elaboração: Heli Cassio Monteiro



**Figura 91:** Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (A) e 2021 (B) em Caratinga – MG. Fonte: MAPBIOMAS (2023). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

No Município de Conceição do Mato Dentro, as maiores variações nas formas de uso e ocupação do solo entre os anos de 1985 e 2021 foram no aumento das áreas urbanas e não vegetadas, de 360,3 km<sup>2</sup> para 374,4 km<sup>2</sup> (Figura 92)

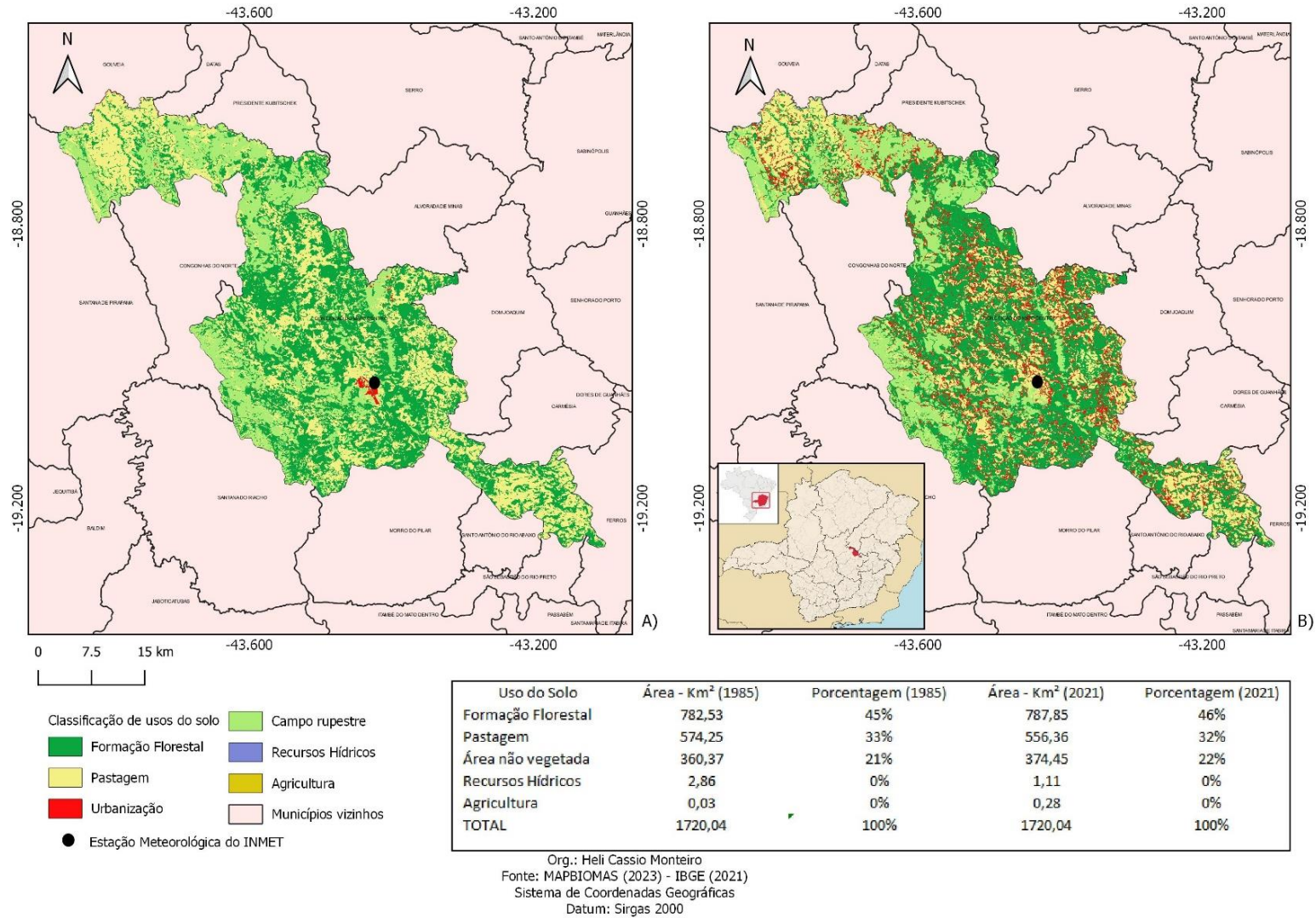
Com o crescimento da mineração no município, regiões anteriormente desocupadas e com pastagens foram revertidas em locais de extração. Dados da Agência Nacional de Mineração (ANM 2022) informam que entre os meses de janeiro a outubro de 2022 foram somados R\$ 335 milhões de reais em arrecadações para o município apenas com o retorno da mineração, a chamada Cfem (Compensação Financeira pela Exploração Mineral).

O maior trânsito de veículos de grande porte no município de Conceição do Mato Dentro, a suspensão de elevado número de particulados na atmosfera e as intensas alterações de uso e ocupação do solo pela mineração apontam para uma interferência na correlação de temperaturas máximas entre os anos estudados.

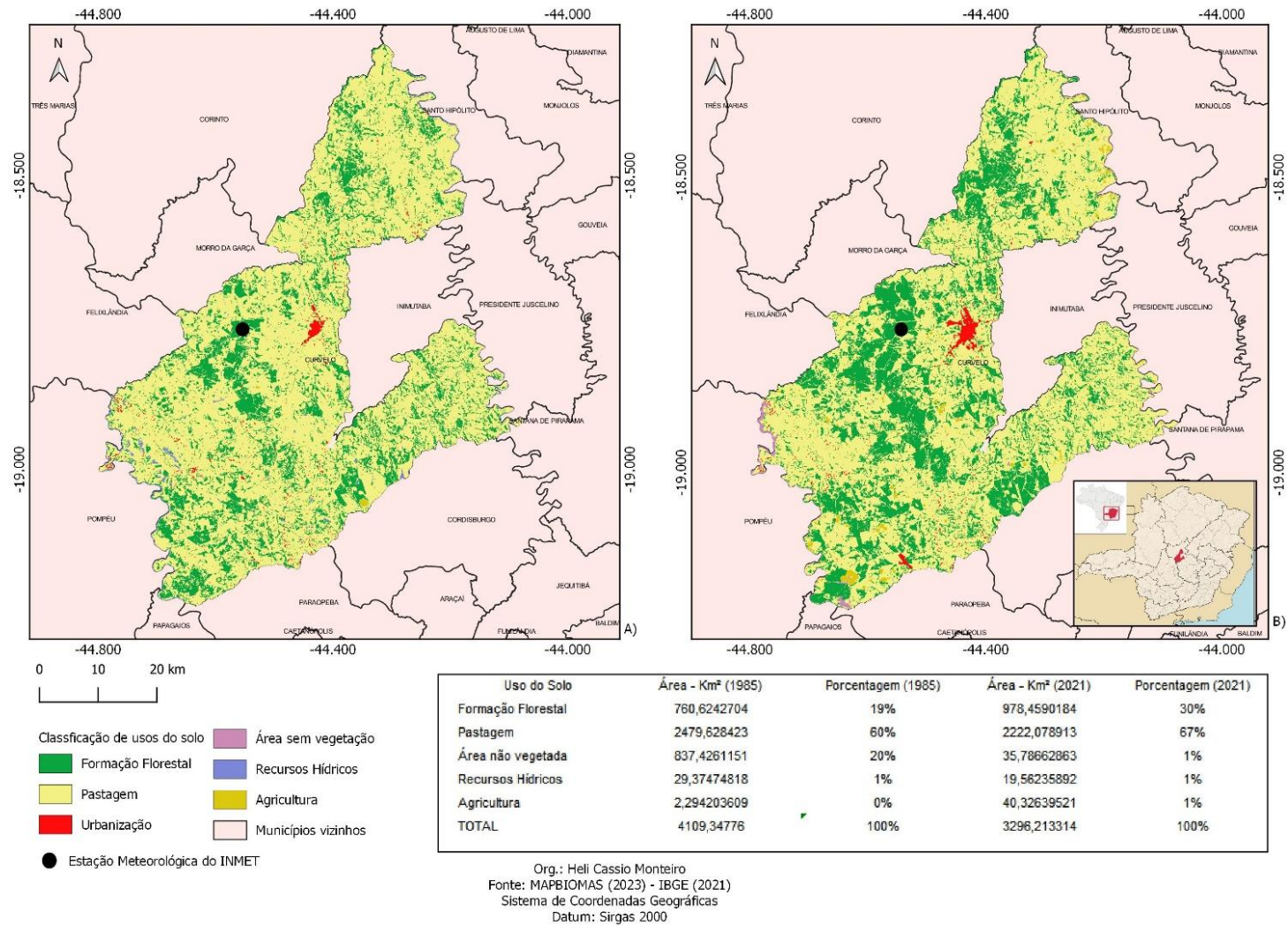
O calor liberado pelos motores junto à poluição do ar, tanto pela predominância de calor sensível e pela retenção de energia, interferem na dinâmica das máximas, elevando-as especialmente nos horários pós 12h e nas estações da Primavera e Verão que apresentam maior disponibilidade de energia.

Em Curvelo, entre 1985 e 2021, as mudanças mais drásticas de uso e ocupação do solo estiveram relacionadas ao aumento das áreas com formação florestal, a diminuição das pastagens e a expansão dos espaços urbanos e não vegetados.

Houve também o avanço de área na agricultura, partindo de 2,2 km<sup>2</sup> em 1985 para 40,3 km<sup>2</sup> no ano de 2021. A correlação da temperatura máxima ao longo dos anos estudados de 0,59 indica a participação da maior urbanização e produção agrícola na elevação térmica em Curvelo, (Figura 93).



**Figura 92:** Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (A) e 2021 (B) em Conceição do Mato Dentro – MG. Fonte: MAPBIOMAS (2023). Fonte: MAPBIOMAS (2023). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



**Figura 93:** Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (A) e 2021 (B) em Curvelo – MG. Fonte: MAPBIOMAS (2023). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

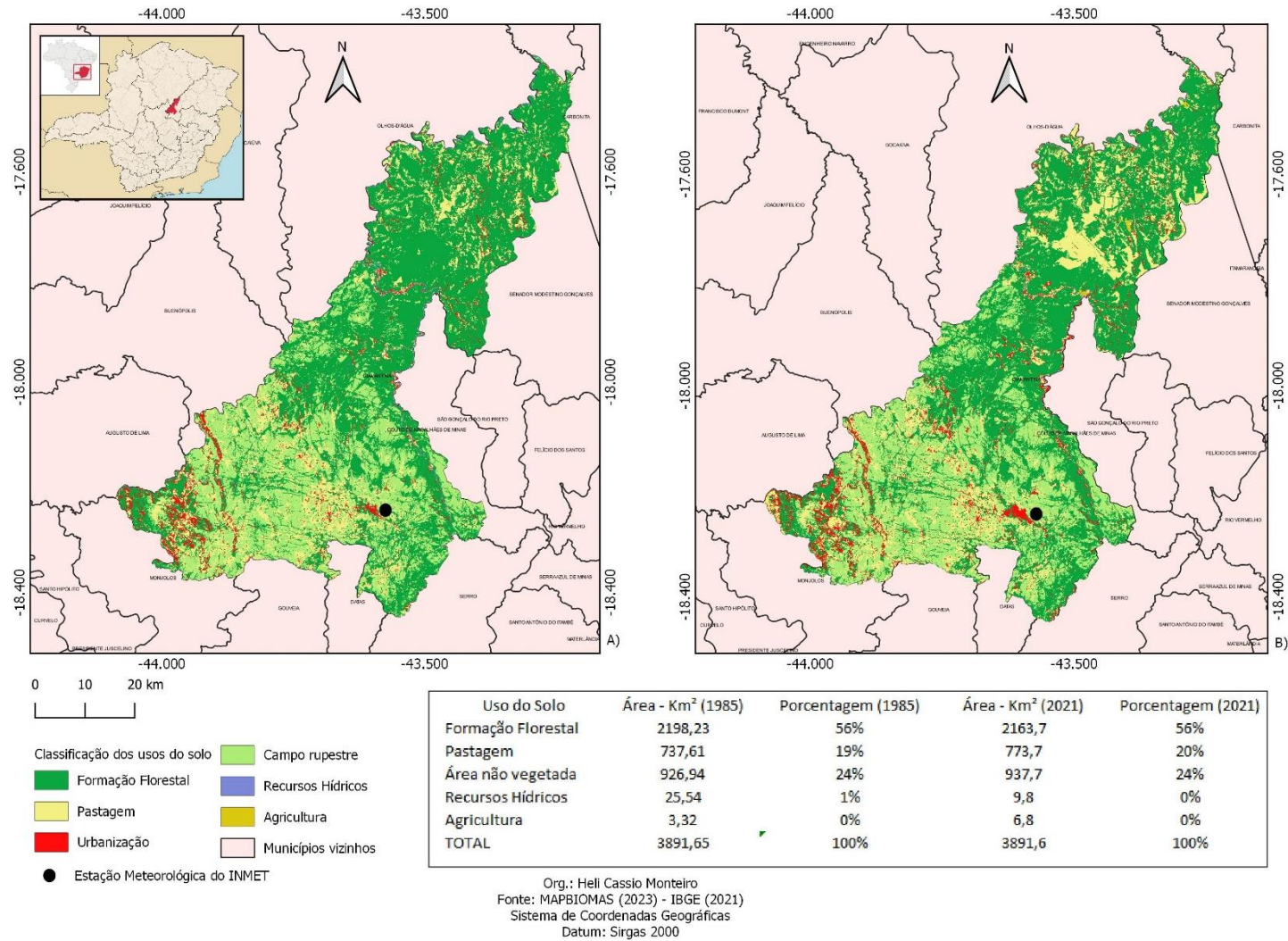
No Município de Diamantina, foram registradas as mais tímidas alterações no uso e ocupação do solo. Houve redução das formações florestais de 34,56 Km<sup>2</sup> entre 1985 e 2021; aumento das áreas de pastagem em 36 km<sup>2</sup> e das áreas urbanas e não vegetadas em 10,7 km<sup>2</sup>; redução da área dos recursos hídricos de 15,7 km<sup>2</sup>; ampliação da área agrícola em 3,4 km<sup>2</sup>, que representa um aumento de mais de 100% da área agrícola de 1985, (Figura 94).

Os efeitos das alterações no uso do solo do município de Diamantina entre os 36 anos analisados apontam para a evolução das temperaturas máximas, com valor de correlação destas temperaturas em 0,59. A diminuição das áreas que são compostas de recursos hídricos e a ampliação das pastagens favorecem a redução da umidade do ar.

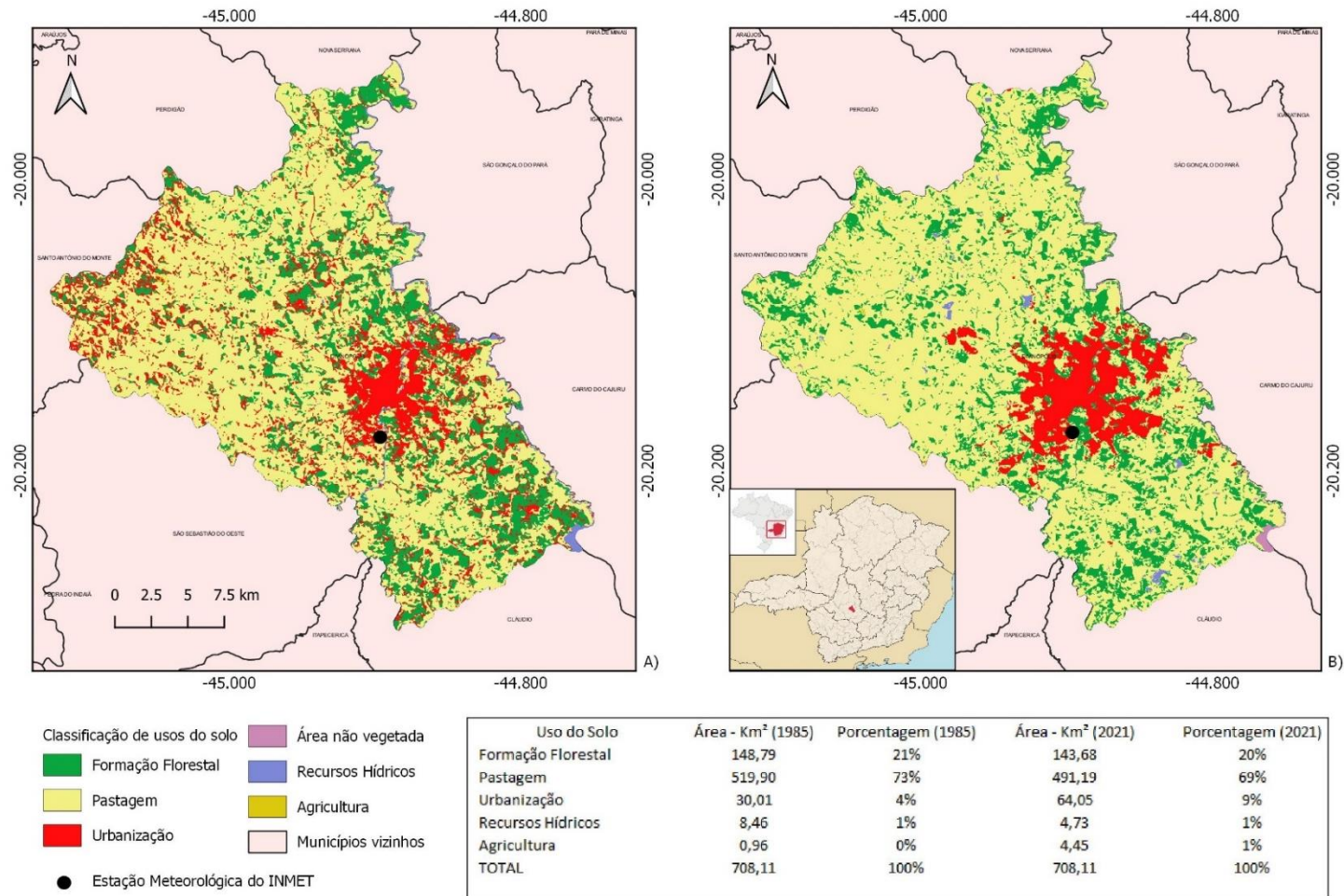
O ar mais seco está sujeito a maiores variações, pois a água regula as variações de temperatura inibindo os extremos. Nas localidades onde formações florestais são substituídas por pastagens a possibilidade de participação do calor sensível na dinâmica térmica é maior. Com a expansão agrícola e urbana o efeito também pode ser o mesmo.

No município de Divinópolis, houve aumento considerável das áreas urbanas não vegetadas e de agricultura entre 1985 e 2021, com 34 km<sup>2</sup> e 4,5 km<sup>2</sup> de ampliação, respectivamente. As áreas de pastagem e de formações florestais foram reduzidas em 4% e 1% da área total do município, assim como os recursos hídricos de 8,4 km<sup>2</sup> para 4,7 km<sup>2</sup> entre 1985 e 2021, (Figura 95).

A correlação de 0,59 para a temperatura máxima em Divinópolis possui correspondência com as mudanças de uso do solo nas áreas do município em especial com o aumento de áreas não vegetadas e agrícolas. Há de se ressaltar a tendência de redução das áreas de recursos hídricos entre as estações, o que favorece a maior variação e tendência positiva das temperaturas máximas.



**Figura 94:** Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (A) e 2021 (B) em Diamantina – MG. Fonte: MAPBIOMAS (2023). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



Org.: Heli Cassio Monteiro  
 Fonte: MAPBIOMAS (2023) - IBGE (2021)  
 Sistema de Coordenadas Geográficas  
 Datum: Sirgas 2000

**Figura 95:** Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (A) e 2021 (B) em Divinópolis – MG. Fonte: MAPBIOMAS (2023). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

No município de Florestal, as variações no uso do solo entre 1985 e 2021 foram mínimas, mas a correlação e determinação foram, respectivamente, de 0,78 e 0,61 nos anos estudados (1961 a 2021), apresentando uma interação entre a dinâmica da temperatura máxima e a sequência temporal.

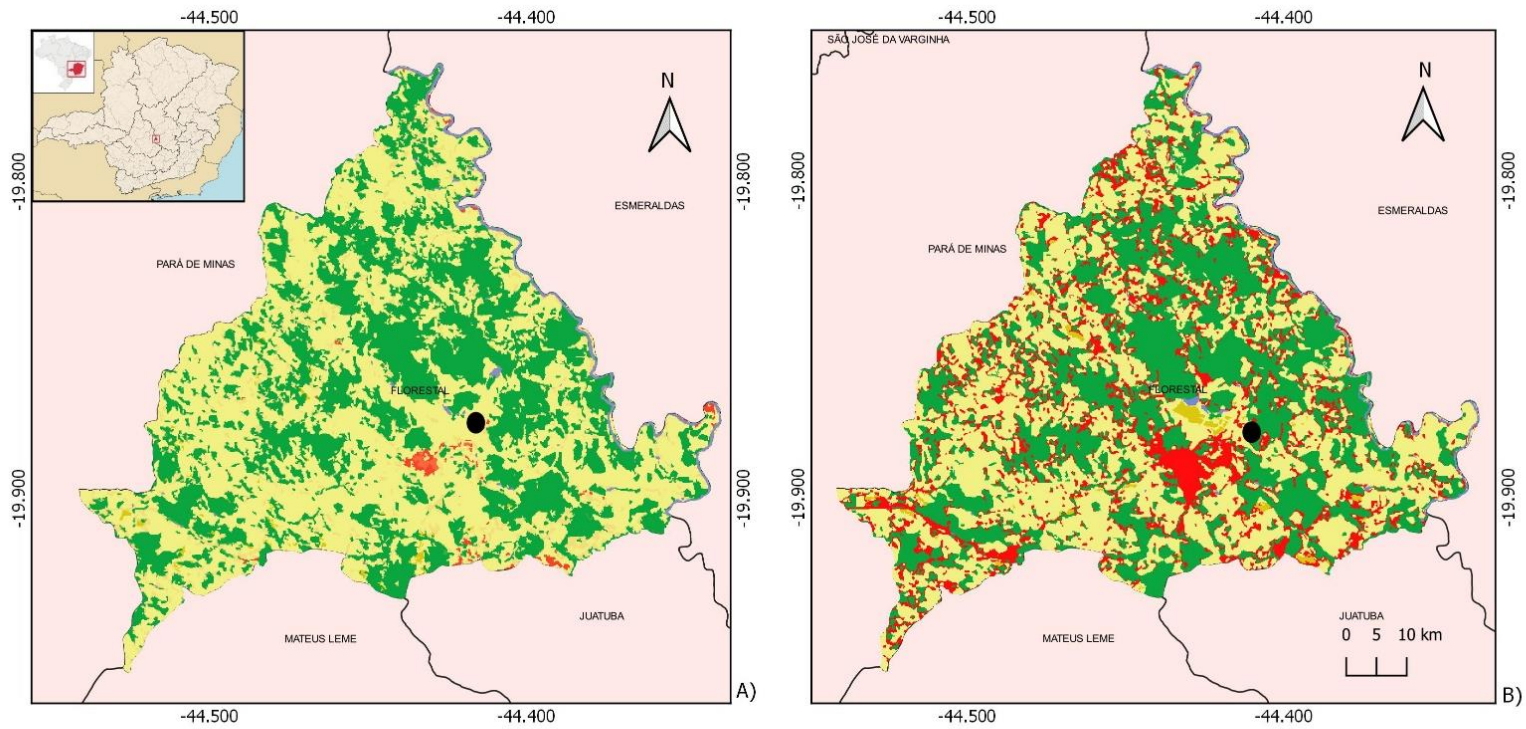
Florestal é um município que se distancia 64,4 km da cidade de Belo Horizonte, mas faz parte da região metropolitana da capital mineira e as pequenas alterações urbanas e aumento de áreas não vegetadas (1,19 Km<sup>2</sup>) mostram influência sobre a dinâmica térmica registrada na estação meteorológica.

Houve a redução de 0,8 Km<sup>2</sup> nas áreas com recursos hídricos e a ampliação de 0,9 km<sup>2</sup> na agricultura. As pastagens apresentaram um crescimento de 2,1 km<sup>2</sup> e as formações florestais foram suprimidas em 3,3 km<sup>2</sup>. Com tímidas transformações de uso do solo no município de Florestal verifica-se demonstração de sensibilidade elevada da temperatura máxima às estas alterações, (Figura 96).

Entre os anos de 1985 e 2021 o município de Ibirité (Figura 94) vivenciou ligeira alteração nas suas formas de uso e ocupação do solo. As áreas urbanas e não vegetadas foram ampliadas em 18,5 km<sup>2</sup> no intervalo, o que mostra uma diferença positiva de 25% na participação deste tipo de uso na área do município. As áreas de pastagem e formações florestais foram reduzidas em 1% e 18% de participação, respectivamente.

A redução das áreas com recursos hídricos (-1,9 km<sup>2</sup> entre 1985 e 2021) especialmente em uma represa pertencente à indústria petrolífera Petrobrás, Refinaria Gabriel Passos, tem como causa a proliferação de vegetação aquática na lâmina d'água da represa. Esta vegetação atual foi classificada na imagem de satélite como pastagem pois seu comportamento espectral é notadamente de gramínea, (Figura 97).

Os efeitos destas alterações em Ibirité podem ser percebidos na correlação dos dados históricos, de 0,68 no que diz respeito à dinâmica positiva da temperatura máxima. Mesmo com mudanças mais acentuadas de uso do solo se comparada à outras estações, como Florestal, por exemplo, a correlação e o coeficiente de determinação (0,47) não foram de grande magnitude.

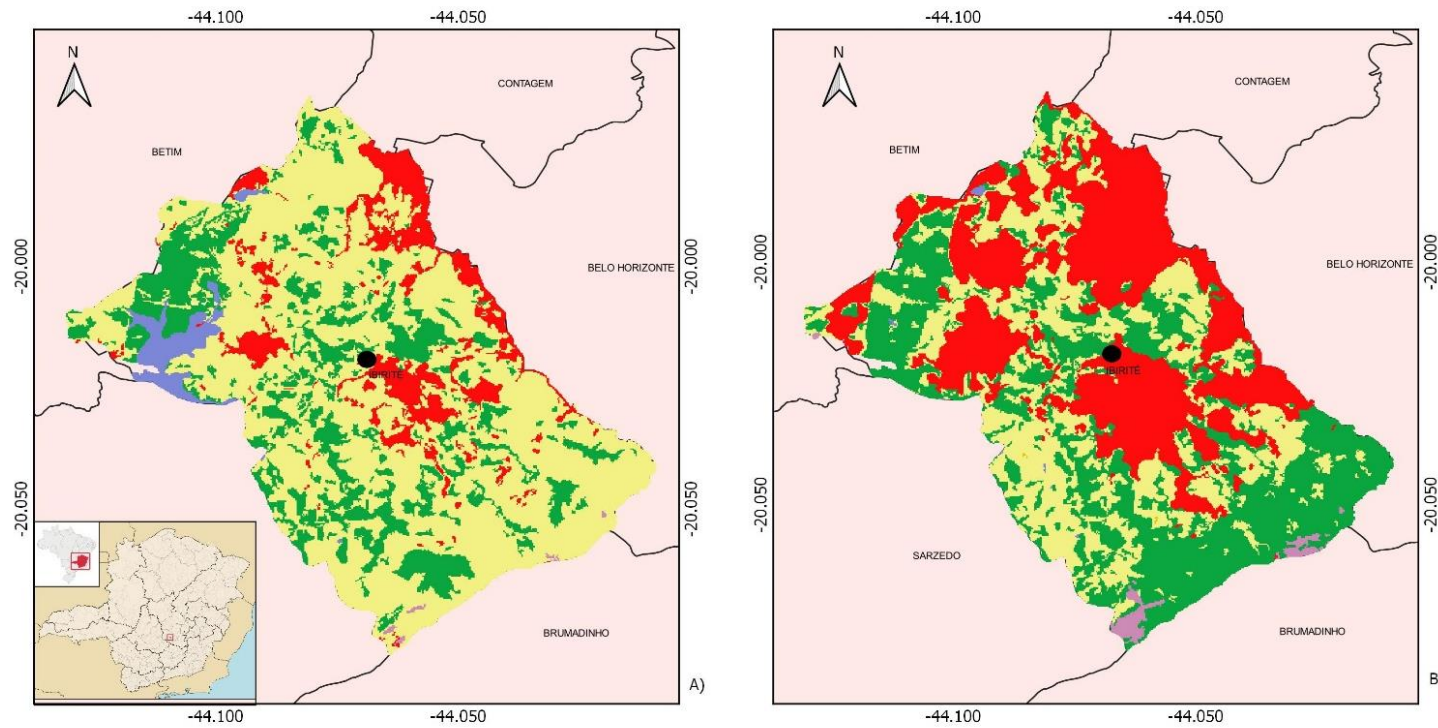


- Classificação de usos do solo
- Área não vegetada
  - Formação Florestal
  - Pastagem
  - Urbanização
  - Estação Meteorológica do INMET
  - Recursos Hídricos
  - Agricultura
  - Municípios vizinhos

Uso do Solo	Área - Km <sup>2</sup> (1985)	Porcentagem (1985)	Área - Km <sup>2</sup> (2021)	Porcentagem (2021)
Formação Florestal	76,57	39%	73,22	38%
Pastagem	112,54	58%	114,67	59%
Área não vegetada	1,48	1%	2,67	1%
Recursos Hídricos	2,79	1%	1,90	1%
Agricultura	0,86	0%	1,76	1%
<b>TOTAL</b>	<b>194,23</b>	<b>100%</b>	<b>194,23</b>	<b>100%</b>

Org.: Heli Cassio Monteiro  
 Fonte: MAPBIOMAS (2023) - IBGE (2023)  
 Sistema de Coordenadas Geográficas  
 Datum: Sirgas 2000

**Figura 96:** Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (A) e 2021 (B) em Florestal – MG. Fonte: MAPBIOMAS (2023). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



- Classificação de usos do solo
- Formação Florestal
  Recursos Hídricos
- Pastagem
  Agricultura
- Urbanização
  Municípios vizinhos
- Estação Meteorológica do INMET

Uso do Solo	Área - Km <sup>2</sup> (1985)	Porcentagem (1985)	Área - Km <sup>2</sup> (2021)	Porcentagem (2021)
Formação Florestal	16,02	22%	15,31	21%
Pastagem	46,59	64%	30,63	42%
Urbanização	7,74	11%	26,34	36%
Recursos Hídricos	2,02	3%	0,09	0%
Agricultura	0,01	0%	0,01	0%
<b>TOTAL</b>	<b>72,40</b>	<b>100%</b>	<b>72,40</b>	<b>100%</b>

Org.: Heli Cassio Monteiro  
 Fonte: MAPBIOMAS (2023) - IBGE (2021)  
 Sistema de Coordenadas Geográficas  
 Datum: Sirgas 2000

**Figura 97:** Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (A) e 2021 (B) em Ibirité – MG. Fonte: MAPBIOMAS (2023). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

A elevada altitude da estação de Ibirité (814,5m) aponta interferência nos valores extremos de máxima. A menor pressão junto a (relativa) rarefação atmosférica, os ventos de vale e a influência da advecção de níveis superiores fazem com que nas áreas elevadas permaneçam tendências de arrefecimento do ar.

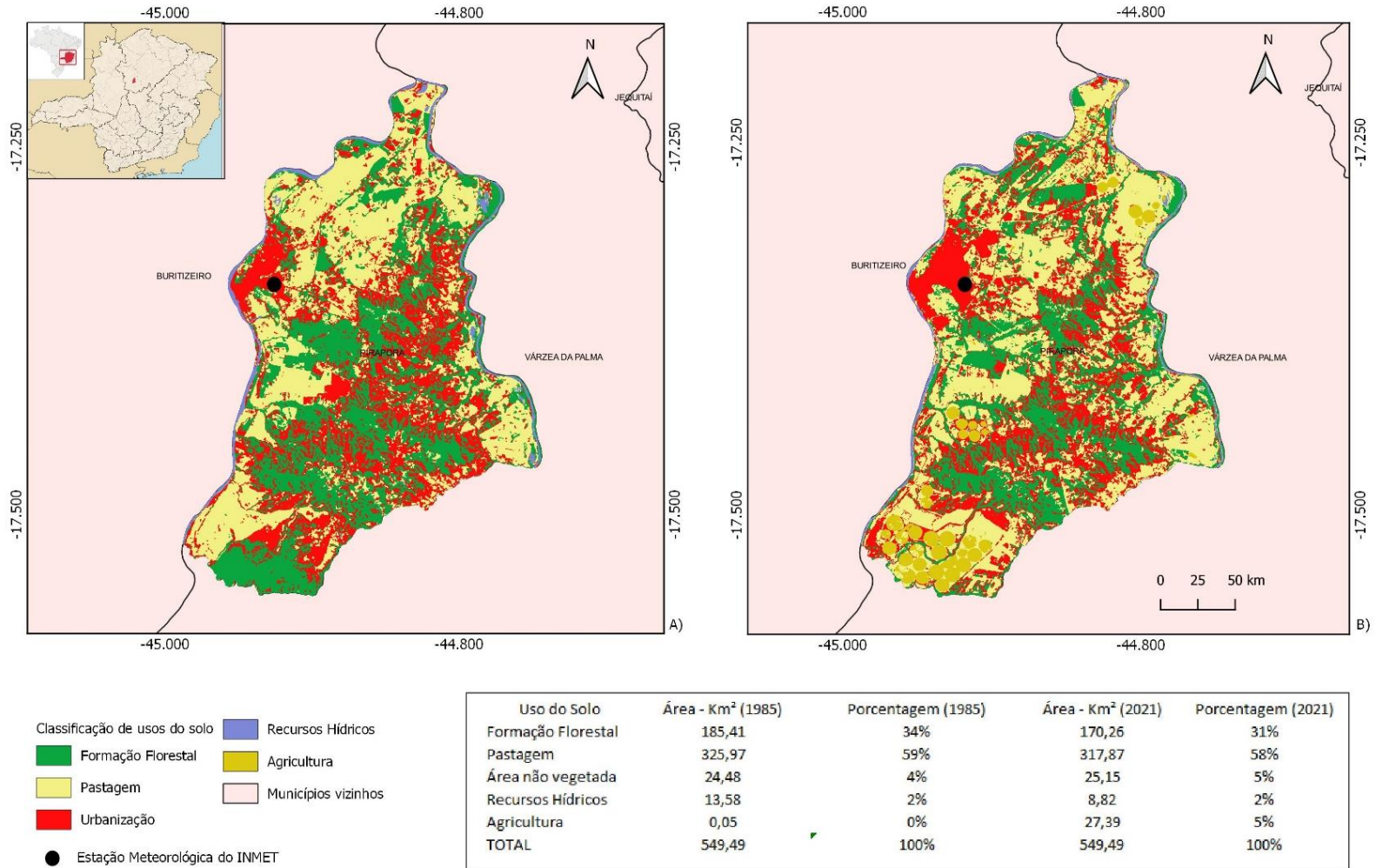
O uso do solo no município de Pirapora sofreu alterações não muito profundas entre os anos de 1985 e 2021 com redução das áreas florestais de 15,1 km<sup>2</sup> e pastagens com de 8,1 km<sup>2</sup>. As áreas urbanas e não vegetadas se ampliaram timidamente, com mais 0,6 Km<sup>2</sup>. Os recursos hídricos foram suprimidos em 4,7 km<sup>2</sup> de área no período analisado.

Em Pirapora, houve um expressivo aumento de 27,3 Km<sup>2</sup> das áreas agrícolas no período de 1985 e 2021. A porção norte e sul do município apresentou uma reordenação de uso pautada em formas de agricultura com irrigação moderna e de grande potencial para exportação, (Figura 98).

A correlação de 0,59 para a temperatura máxima e 0,79 de temperatura mínima mais a determinação de 0,62 do coeficiente de determinação apontam que a expansão agrícola pode ter sido fator fundamental na dinâmica térmica do município de Pirapora entre os anos de dados meteorológicos (1961 a 2021).

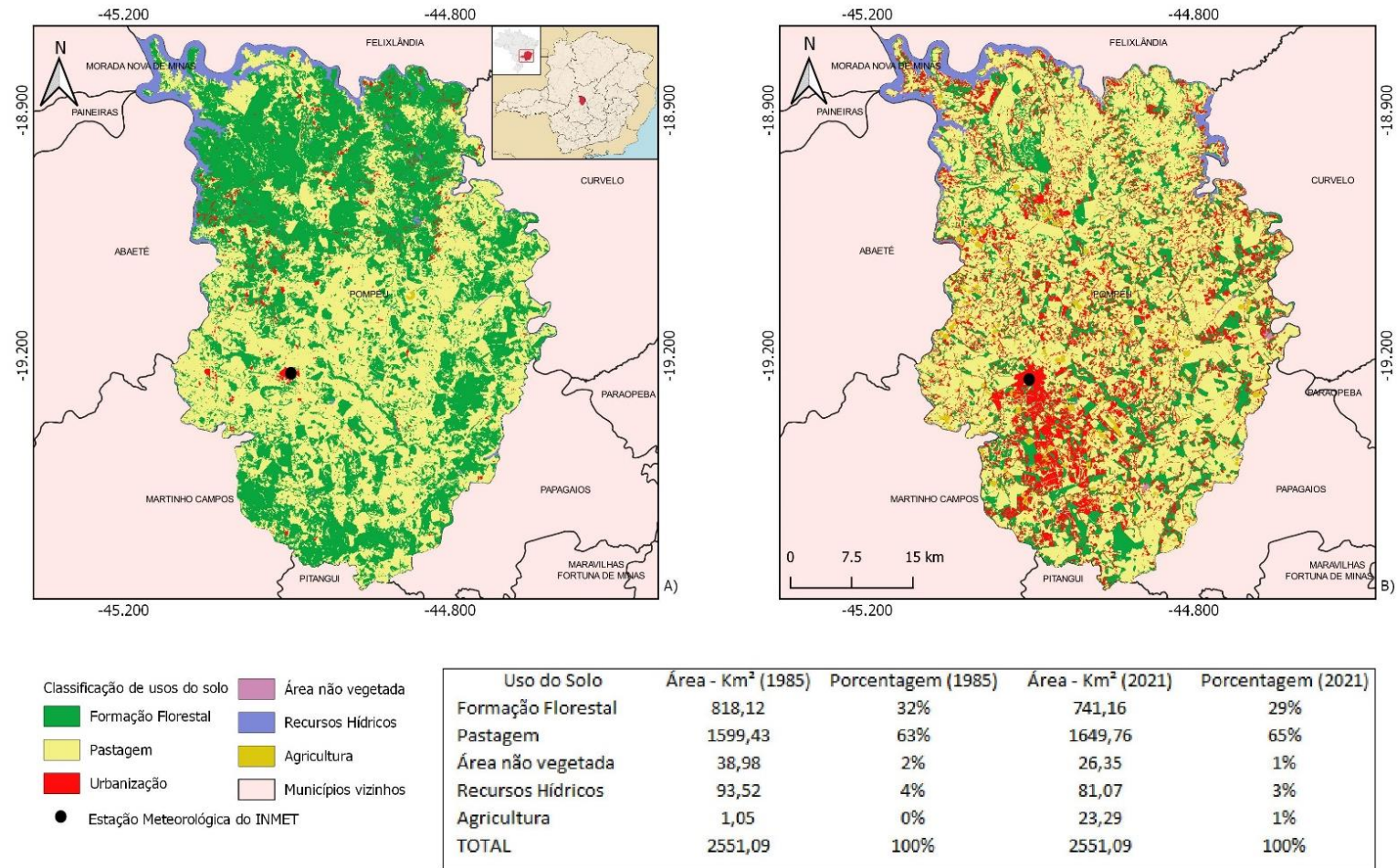
As alterações de uso do solo em Pompeu entre os anos de 1985 e 2021 foram marcadas pelas ampliações das áreas de pastagem e agrícolas, 50,3 km<sup>2</sup> e 22,2 km<sup>2</sup>, respectivamente, no período. Houve redução das formações florestais, das áreas não vegetadas e dos recursos hídricos em -76,9 Km<sup>2</sup>; -12,6 Km<sup>2</sup> e 12,4 km<sup>2</sup>, respectivamente entre os anos de 1985 a 2021, (Figura 99).

A ampliação das áreas agrícolas foi a mais relevante durante o período analisado, além do crescimento do uso das pastagens na ocupação do município de Pompeu. A correlação de temperatura máxima de 0,73 e mínima de 0,64 e a determinação de 0,54 para a temperatura máxima indicam uma interligação considerável entre as transformações de uso do solo e o input energético no município de Pompeu.



Org.: Heli Cassio Monteiro  
 Fonte: MAPBIOMAS (2023) - IBGE (2021)  
 Sistema de Coordenadas Geográficas  
 Datum: Sirgas 2000

Figura 98: Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (A) e 2021 (B) em Pirapora – MG. Fonte: MAPBIOMAS (2023). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



Org. Heli Cassio Monteiro  
 Fonte: MAPBIOMAS (2023) - IBGE (2021)  
 Sistema de Coordenadas Geográficas  
 Datum: Sirgas 2000

Figura 99: Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (A) e 2021 (B) em Pompeu – MG. Fonte: MAPBIOMAS (2023). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

No município de Sete Lagoas houve a ampliação das áreas urbanas e não vegetadas em 40,5 km<sup>2</sup> e das áreas agrícolas em 8,9 km<sup>2</sup> entre os anos de 1985 e 2021. Já a classificação de usos com formações florestais, pastagens e recursos hídricos foram reduzidas, respectivamente, em 7,4 km<sup>2</sup>, 40,5 Km<sup>2</sup> e 1,7 km<sup>2</sup>, (Figura 100)

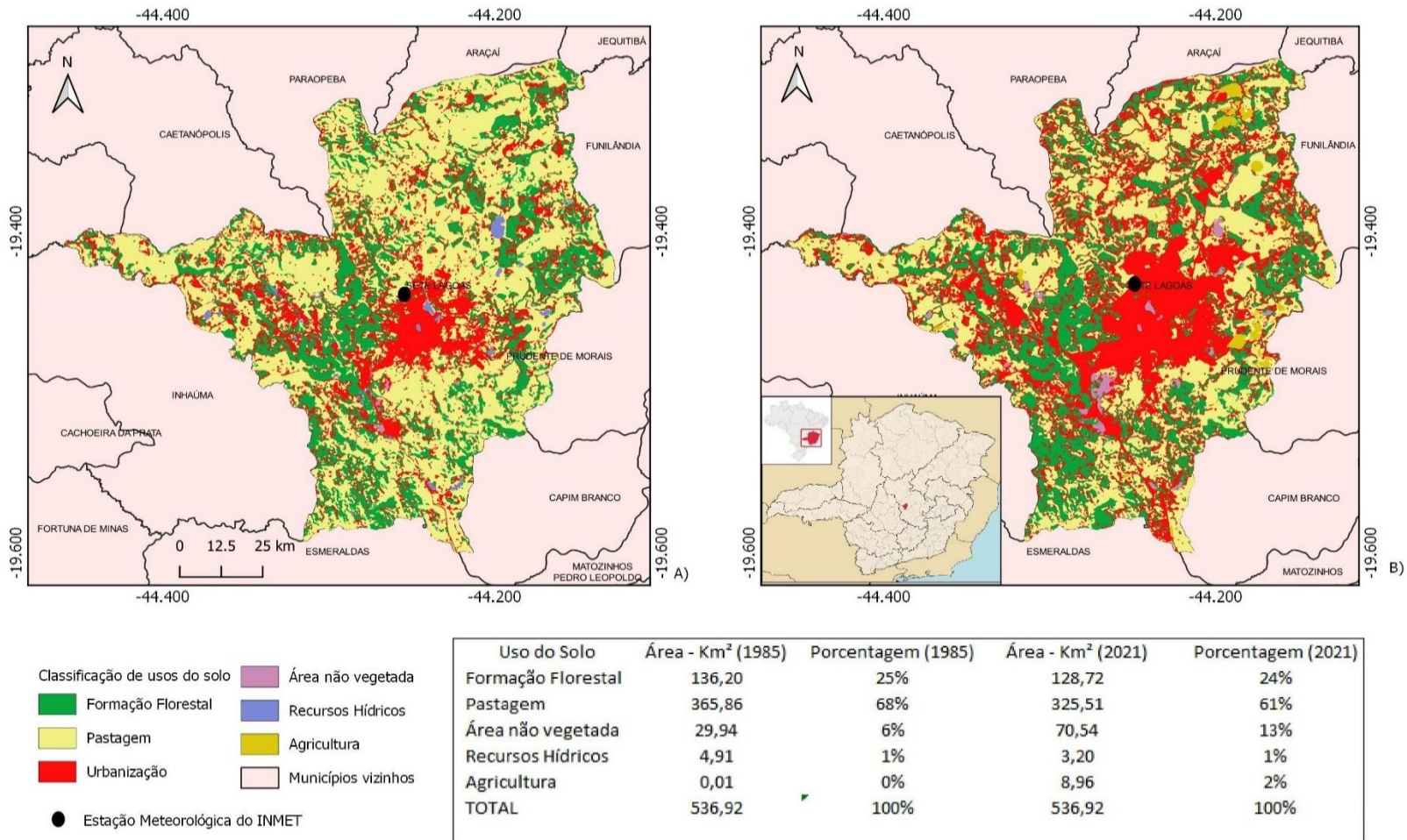
Segundo os dados de correlação de temperatura máxima (0,58) e de temperatura mínima (0,64) há uma interação entre o aumento das áreas urbanas e não vegetadas e da agricultura com as variações positivas das máximas e mínimas.

A maior sensibilidade da temperatura mínima às interferências dos espaços urbanos na dinâmica climática aponta correlações significativas com a expansão da população e da indústria na segunda metade do século XX de Sete Lagoas. Segundo dados do IBGE (2012), em 1991 Sete Lagoas possuía uma população de 140.125 pessoas, e os dados de população de 2023 para o município são de 243.950 habitantes.

A participação antrópica na dinâmica climática de municípios de porte médio como o de Sete Lagoas se dá tanto pelas alterações de uso e ocupação do solo com o aumento dos bairros, assim como os incentivos locais para a instalação de indústrias e a maior movimentação de veículos particulares e coletivos nas áreas do município no período dos dados climáticos analisados na pesquisa (1961 a 2021).

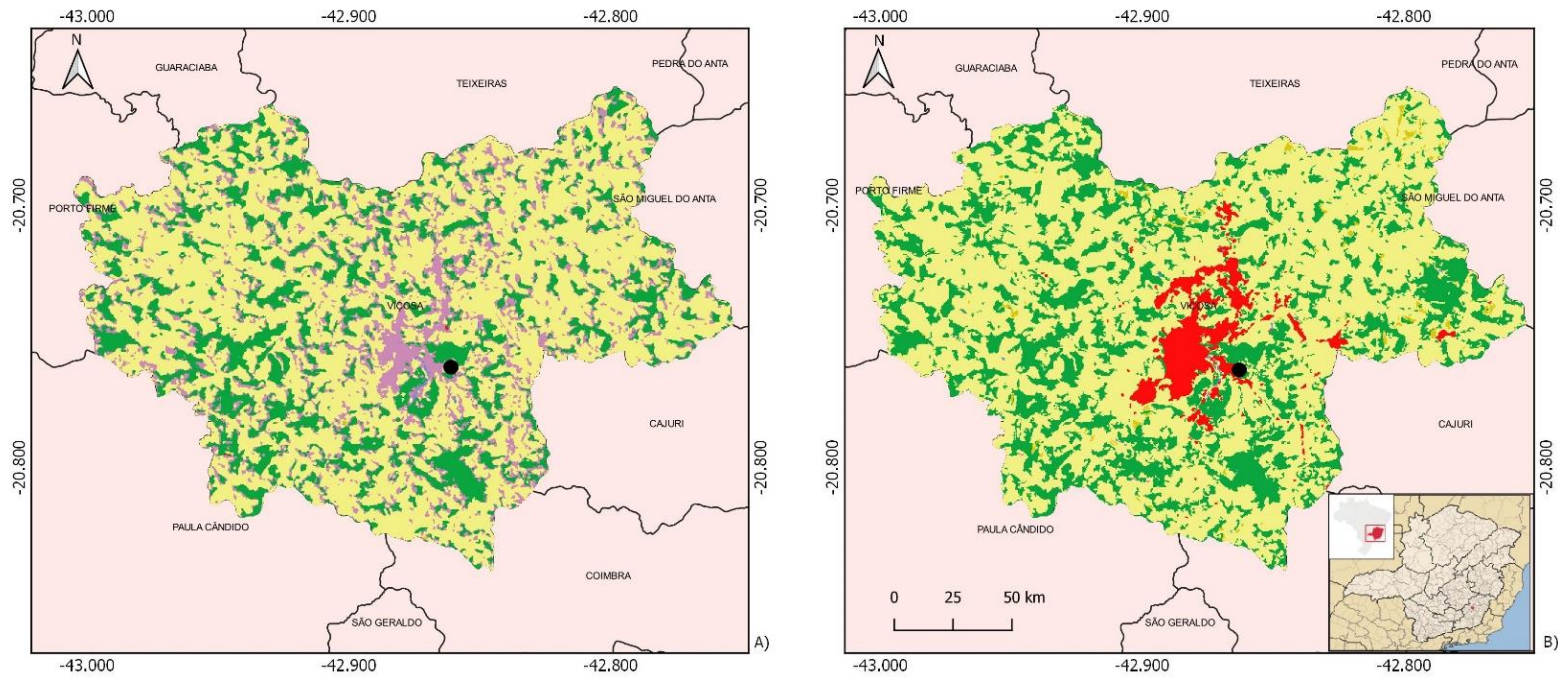
No município de Viçosa, entre os anos de 1985 e 2021, houve ampliação da participação do uso de solo urbano e não vegetado em 2%, o que em área soma uma diferença positiva de 9,8 km<sup>2</sup>. Muito contrariamente aos outros municípios, os recursos hídricos apresentaram aumento de área representativa em 0,06 Km<sup>2</sup>.

As formações florestais também foram expandidas em 19,9 km<sup>2</sup>, assim como os cultivos agrícolas que aumentaram sua área em 2,5 km<sup>2</sup>. A única redução de área no município de Viçosa entre 1985 e 2021 ocorreu no uso pastagem, com retração de 32,3 km<sup>2</sup>, que foi a alteração mais significativa de uso do solo na área total, (Figura 101).



Org.: Heli Cassio Monteiro  
 Fonte: MAPBIOMAS (2023) - IBGE (2021)  
 Sistema de Coordenadas Geográficas  
 Datum: Sras 2000

**Figura 100:** Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (A) e 2021 (B) em Sete Lagoas – MG. Fonte: MAPBIOMAS (2023). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



- Classificação de usos do solo
- Formação Florestal
  - Pastagem
  - Urbanização
  - Área não vegetada
  - Recursos Hídricos
  - Agricultura
  - Municípios vizinhos
  - Estação Meteorológica do INMET

Uso do Solo	Área - Km <sup>2</sup> (1985)	Porcentagem (1985)	Área - Km <sup>2</sup> (2021)	Porcentagem (2021)
Formação Florestal	64,78	22%	84,68	28%
Pastagem	230,66	77%	198,28	66%
Urbanização	3,62	1%	13,52	5%
Recursos Hídricos	0,25	0%	0,32	0%
Agricultura	0,09	0%	2,61	1%
<b>TOTAL</b>	<b>299,40</b>	<b>100%</b>	<b>299,40</b>	<b>100%</b>

Org.: Heli Cassio Monteiro  
 Fonte: MAPBIOMAS (2023) - IBGE (2021)  
 Sistema de Coordenadas Geográficas  
 Datum: Sirgas 2000

**Figura 101:** Uso e ocupação do solo nos anos 1985 (A) e 2021 (B) em Viçosa – MG. Fonte: MAPBIOMAS (2023). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

O crescimento das áreas florestais e a diminuição das pastagens poderia ter trazido um efeito de output na dinâmica térmica do município de Viçosa, com possíveis reduções de máximas e mínimas devido ao uso da energia solar como insumo básico da vida nas formações vegetais e a predominância do calor latente em virtude do calor sensível.

Contudo, a maior presença de áreas urbanas e não vegetadas e de uso agrícola apresentam uma significativa eficiência nas alterações positivas na dinâmica térmica do município de Viçosa, nas máximas e mínimas. A correlação de 0,53 e 0,75, para as temperaturas máximas e mínimas e o coeficiente de determinação de 0,57 para as mínimas, atesta a interação das alterações de uso do solo com as variações térmicas, especialmente para tendências positivas.

Chama a atenção, as variações na temperatura mínima, que apresentam maior sensibilidade às mudanças de uso do solo. No caso de Viçosa, foi registrada a segunda maior correlação (0,75) de temperatura mínima na série de dados, superada apenas de Pirapora (0,79).

Quanto aos coeficientes de determinação para as temperaturas mínimas, os três municípios com maiores valores foram Belo Horizonte, Pirapora e Viçosa – 0,58 / 0,62 / 0,57 – respectivamente. Nestes casos houve expansão de áreas urbanas e não vegetadas entre 1985 e 2021 o que interfere na dinâmica das mínimas pelo acúmulo de energia nos locais de maior antropização dos espaços.

#### 5.4.2 Classificação do regime pluviométrico

O verão na região sudeste do Brasil é marcado pelas elevadas temperaturas e volumosas precipitações. Esta região possui dois períodos bem definidos no que diz respeito à precipitação, tipos de tempo seco e estáveis e situações atmosféricas de intensa convecção, instabilidade e chuvas ao longo do ano.

Nimer (1979) disserta sobre a interferência do relevo planáltico na dinâmica climática do Estado de Minas Gerais e como a interação deste fator com os componentes climáticos induz a uma grande variedade de climas, em especial das chuvas.

Segundo Nimer (1979), na zona tropical o regime variável de chuvas aponta a definição climática desta região: a transição entre os climas quentes das baixas

latitudes com os climas mesotérmicos de tipo temperado das médias latitudes. Soma-se a interferência real das formas de relevo nos maiores acumulados de chuva.

De acordo com Neto (2005) a variação de chuvas na região sudeste do Brasil pode chegar a 3.200 mm, sendo já registrados 4.000 mm de chuva na Serra do Mar em São Paulo e 800 mm no norte do estado de Minas Gerais. Este distanciamento ocorre também temporalmente, pois há concentração ou não da precipitação ao longo do ano.

Segundo Neto (2005) a concentração pluvial no trimestre mais chuvoso ocorre exatamente onde os totais anuais de chuvas são os mais modestos, no norte de Minas Gerais. Nesta região, cerca de 50% a 60% do volume anual se concentra em apenas 3 meses.

A chuva é fundamental para o funcionamento dos sistemas naturais e socialmente diz respeito ao componente climático mais importante para a população humana. Seu excesso ou escassez desata e expõe diversos problemas de planejamento e falta de manejo por parte das sociedades.

Segundo Nimer (1979) os fatores controladores das chuvas no Sudeste são a influência marítima, as correntes de circulação perturbada e os contrastes morfológicos do seu relevo.

No dia mundial da água (22 de março) no ano de 2023, a Organização das Nações Unidas ONU (2023) alertou o mundo para a falta de água em todos os continentes. As causas desta iminente escassez seria o desenvolvimento excessivo e o consumo abusivo.

As atividades humanas não conseguem interferir no ciclo da água enquanto sistema natural. A evaporação, a condensação e a precipitação são resultantes de fluxos de energia e umidade que extrapolam a interferência humana. No entanto, a interação dos sistemas humanos com a capacidade de absorção de água nas superfícies e a escoamento superficial tem trazido tragédias socioambientais em todo o mundo.

A variabilidade intrínseca das chuvas ao longo de séries históricas demonstra um caráter conectivo e sistêmico da precipitação com elementos de mesoescala e macroescala. Sobre a interação das alterações de uso do solo com a precipitação, é preferível relacionar as transformações com a diminuição da umidade relativa do ar devido à supressão de áreas expostas com recursos hídricos em virtude aos arruamentos e obras viárias no geral.

Para o presente estudo utilizou-se a técnica de Box Plot ou Diagrama de Caixa com o objetivo de compreender a dinâmica anual da precipitação nas 15 estações meteorológicas que envolvem a área de estudo. De acordo com Galvani (2012) a técnica do Box plot pode ser utilizada na classificação de regimes pluviométricos em escala mensal determinando os intervalos para diferenciação de anos com padrão normal, seco, úmido, super úmido e super seco de maneira rápida e objetiva.

A marcha anual da precipitação é comum entre as 15 estações, mas com distinções substanciais. Entre os meses de abril a setembro, predomina os meses mais secos com precipitações abaixo dos 200 mm

Entre os 9.127 meses de dados coletados somando todas as estações, apenas 4% se mostraram super secos; 25% foram meses secos, 47% são apresentados como normais; 18% são os meses úmidos e 6% são super úmidos para todas as estações levando em conta o período histórico de 1961 a 2021, com variações de abrangência dentro do período.

O município de Divinópolis possui a série histórica de dados mais curta entre todas as estações (1996 a 2021), por isso uma menor quantidade de meses (313). Belo Horizonte é o município a que possui a maior quantidade de meses analisados (730). Pompeu e Bom Despacho são as estações intermediárias em quantidade de dados, com 506 e 464 meses, e sequências de 1973 a 2021 e 1981 a 2021, respectivamente (Tabela 13).

**Tabela 13:** Classificação da precipitação da série analisada (1961 – 2021) para as estações pesquisadas.

Estação	Super seco	%	Seco	%	Normal	%	Úmido	%	Super úmido	%	Total
BambuÍ	27	4	135	22	293	49	110	18	36	6	601
Barbacena	27	4	157	22	349	50	131	19	36	5	700
Belo Horizonte	24	3	175	24	350	48	145	20	36	5	730
Bom Despacho	27	6	118	25	209	45	74	16	36	8	464
Caratinga	24	4	148	23	314	49	117	18	36	6	639
C. do Mato Dentro	27	4	157	23	337	49	129	19	36	5	686
Curvelo	27	4	196	29	285	43	123	18	36	5	667
Diamantina	27	4	138	23	294	49	107	18	36	6	602
Divinópolis	27	9	80	26	134	43	36	12	36	12	313
Florestal	27	4	170	24	336	48	132	19	36	5	701
Ibirité	24	4	136	25	258	47	92	17	36	7	546
Pirapora	24	4	210	33	247	39	117	18	36	6	634
Pompeu	24	5	129	25	230	45	87	17	36	7	506
Sete Lagoas	27	4	159	24	316	48	121	18	36	5	659
Viçosa	29	4	152	22	331	49	131	19	36	5	679
Total	392	4	2260	25	4283	47	1652	18	540	6	9.127

Fonte dos dados: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

No Município de Bambuí, os meses considerados super secos apresentaram média de chuva de 38,7mm. Já os meses considerados secos, resultaram em média de 52mm mensais. Os meses normais obtiveram média de 113,2mm. Com relação aos meses úmidos, a média foi de 197,6mm e para os meses super úmidos, 276,4mm, (Figura 102).

A distribuição de chuvas ao longo do ano, 1126,2mm, em Bambuí se apresenta da seguinte maneira: concentração pluviométrica entre o equinócio de Primavera e Solstício de verão, com máximas no verão entre os meses de outubro e março e transição para o período seco entre abril e para a época chuvosa em setembro, (Figura 103).

Para Barbacena, os dados dos meses super secos resultaram em média de 42,9mm e os meses secos, 57,0 mm. No município de Barbacena, os meses normais

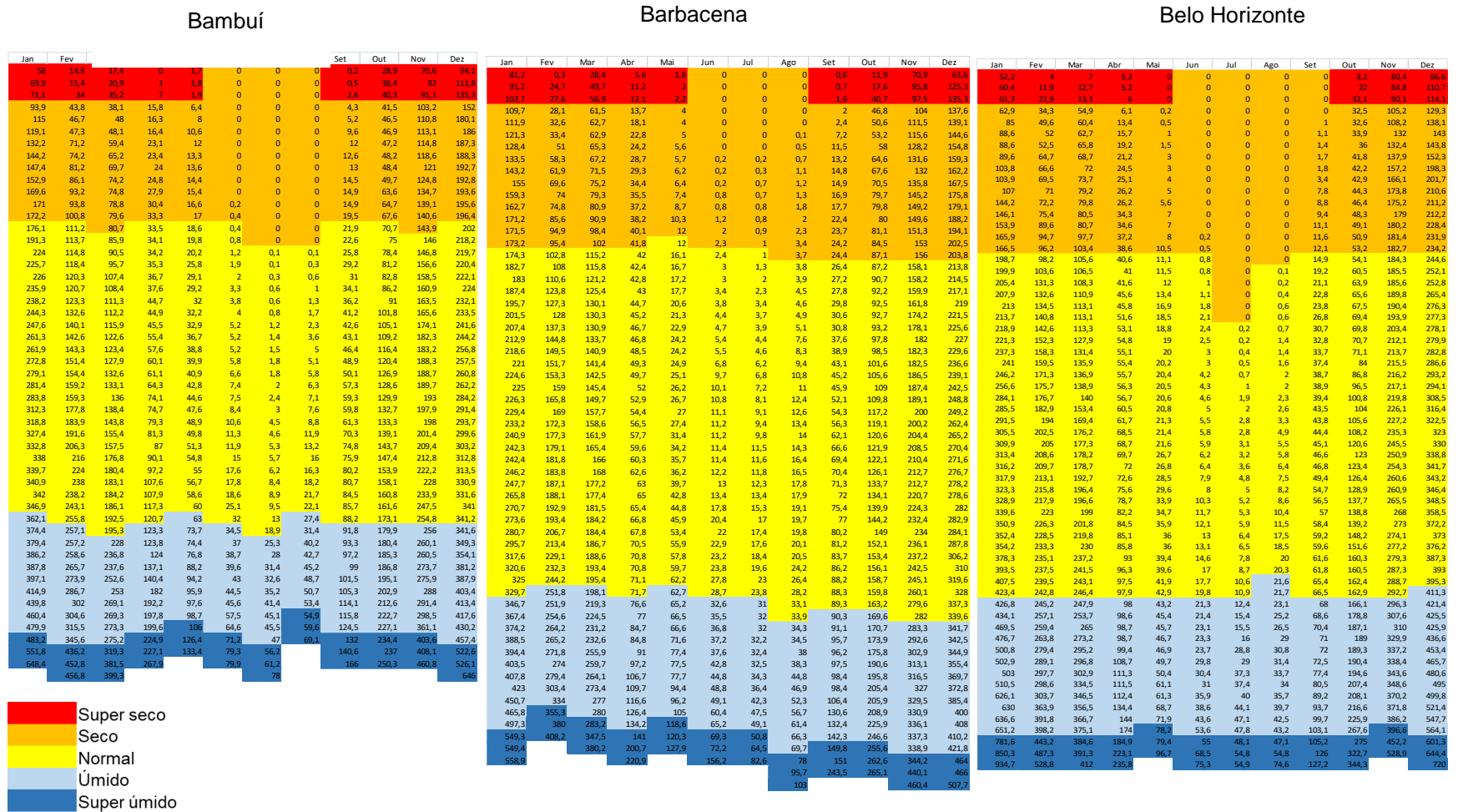
apresentaram média de 112,4mm e os meses úmidos, 186,2mm. Os meses super úmidos apontaram média de 264,5mm (Figura 102)

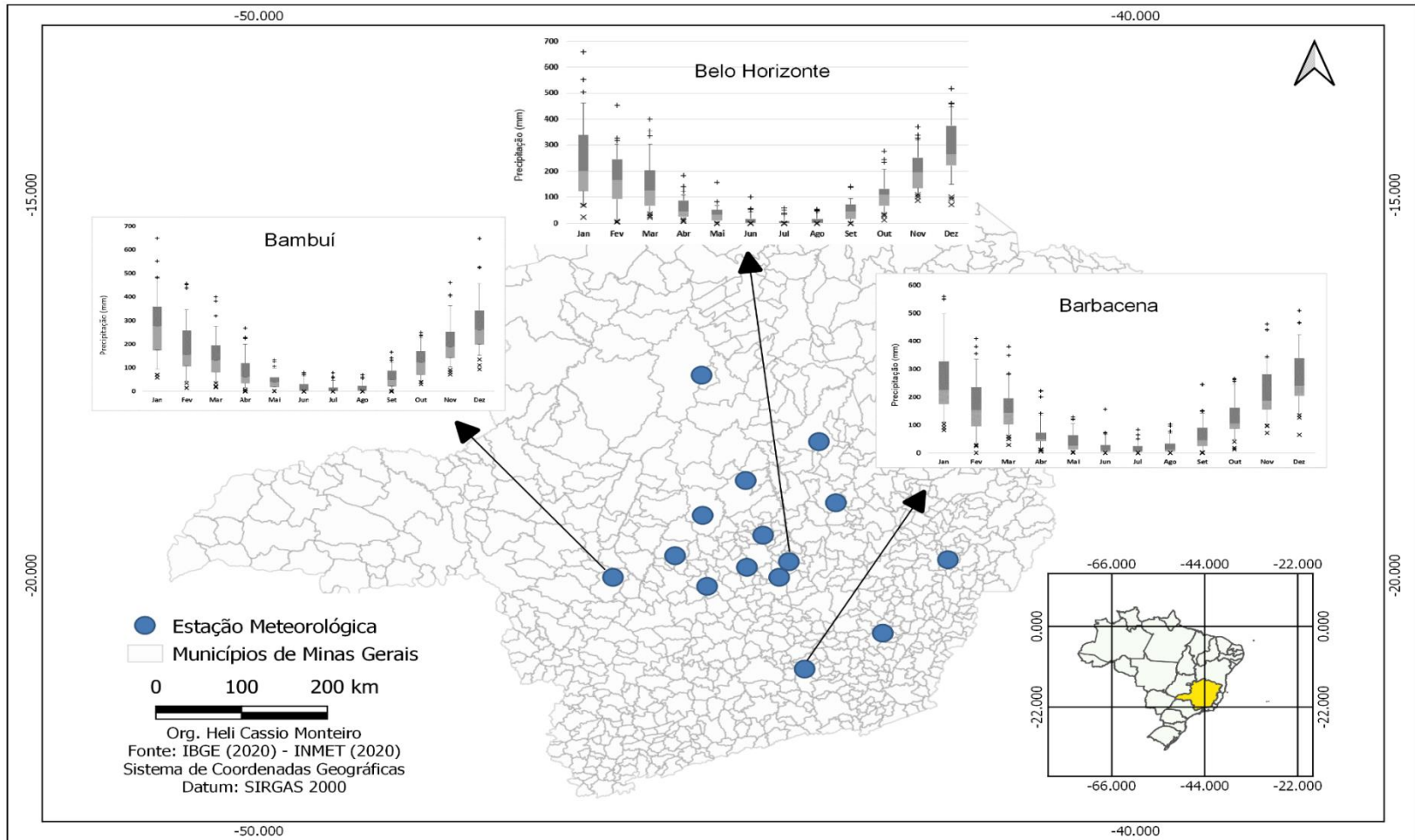
Em Barbacena, com o total pluviométrico anual de 1386,5mm, as chuvas se concentraram entre outubro à março e os meses mais secos do ano são àqueles que correspondem ao equinócio de Outono e o Solstício do inverno, Abril a Setembro, (Figura 103).

No Município de Belo Horizonte, a média para cálculos dos meses super secos resultou em 26,9mm. Já a média para os meses secos foi de 50,4mm e nos meses normais, 124,2mm. Os meses úmidos e super úmidos apresentaram médias de 208,0mm e 313,0mm; respectivamente (Figura 102).

Com um total de 1552mm, a precipitação em Belo Horizonte segue os padrões da tropicalidade com períodos secos e chuvosos bem delimitados. A maior disponibilidade de chuvas se encontra entre os meses de outubro à março e o período seco de Abril à Setembro, apresentando variações de acordo com eventos macroescalares, (Figura 103)

Segundo Nimer (1979) a dinâmica de chuvas presente no Sudeste é marca intrínseca ao domínio dos climas tropicais, com o máximo de chuvas sempre comum ao Solstício do Verão e aos trimestres novembro, dezembro e janeiro (que envolvem a maior parte das estações analisadas) e dezembro, janeiro e fevereiro





**Figura 103:** Mapa com os gráficos BoxPlot de Chuva de Bambuí (1126,2), Barbacena (1386,5mm) e Belo Horizonte (1552mm) entre 1961 e 2021. Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Montero

Em Bom Despacho, a média para os meses super secos foi de 34,4mm e para os meses secos, 41,8mm (Figura 104). Os meses considerados normais apresentaram média de 113,5mm e os úmidos, 180,6mm. Com relação aos meses super úmidos para o município de Bom Despacho, a média foi de 244,7mm (Figura 105).

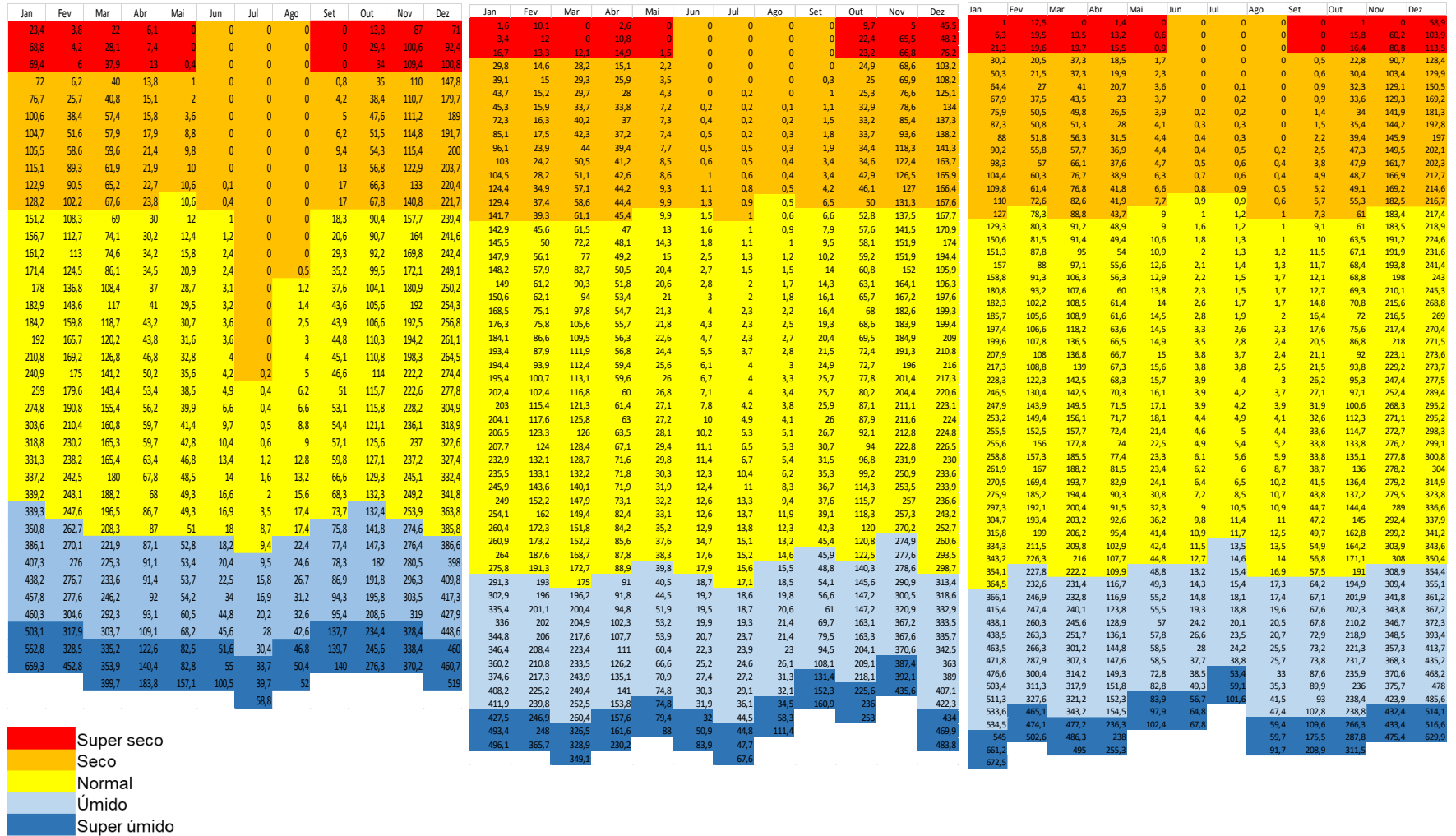
No Município de Caratinga, os meses super secos resultaram em média de 19,2mm e os secos, 36,5mm (Figura 104). Para os meses normais, a média foi de 88,7mm e para os meses considerados úmidos, a média apresentada em 161,5mm. Nos meses super úmidos, a média foi de 232,4mm (Figura 105).

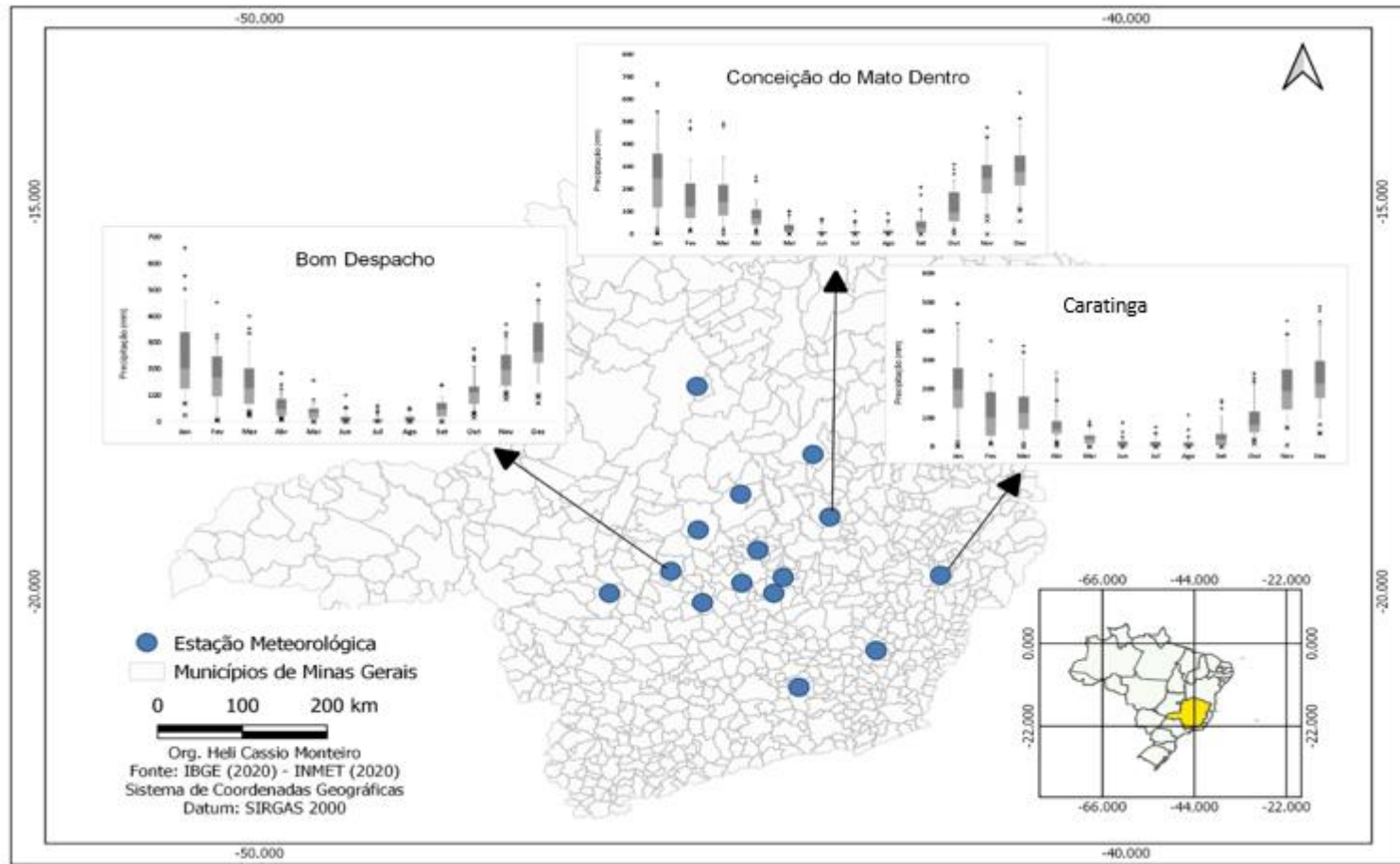
Nos dados da estação meteorológica de Conceição do Mato Dentro, a média dos meses super secos foi de 22,2mm (Figura 104). Nos meses considerados secos, a média foi de 47,0mm para a série histórica. Os meses normais apresentaram média de 109,3mm de chuva e os úmidos em 199,9mm. Já para os meses super úmidos, a média foi 299,1mm (Figura 105).

Bom Despacho

Caratinga

Conceição do Mato Dentro





**Figura 105:** Mapa com os gráficos Box Plot de Chuva de Bom Despacho (1263,2mm), Caratinga (1014,1mm) e Conceição do Mato Dentro (1335,2mm) entre 1961 e 2021. Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Em Curvelo, a média dos meses super secos foi de 14,3mm e dos meses secos, 27,1mm (Figura 106). A normalidade para a precipitação no município de Curvelo foi de 98,9mm e os dados dos meses úmidos apresentaram a média de 155,9mm. Os meses classificados como super úmidos resultaram na média 227,2mm de precipitação, (Figura 107).

A classificação para os meses super secos em Diamantina resultou na média de 30,6mm e nos meses secos 42,8mm (Figura 106). Os meses normais apresentaram média de 104,5mm. Já com relação aos meses úmidos, a média foi de 188,0mm e àqueles super úmidos, com média de 281,5mm (Figura 107).

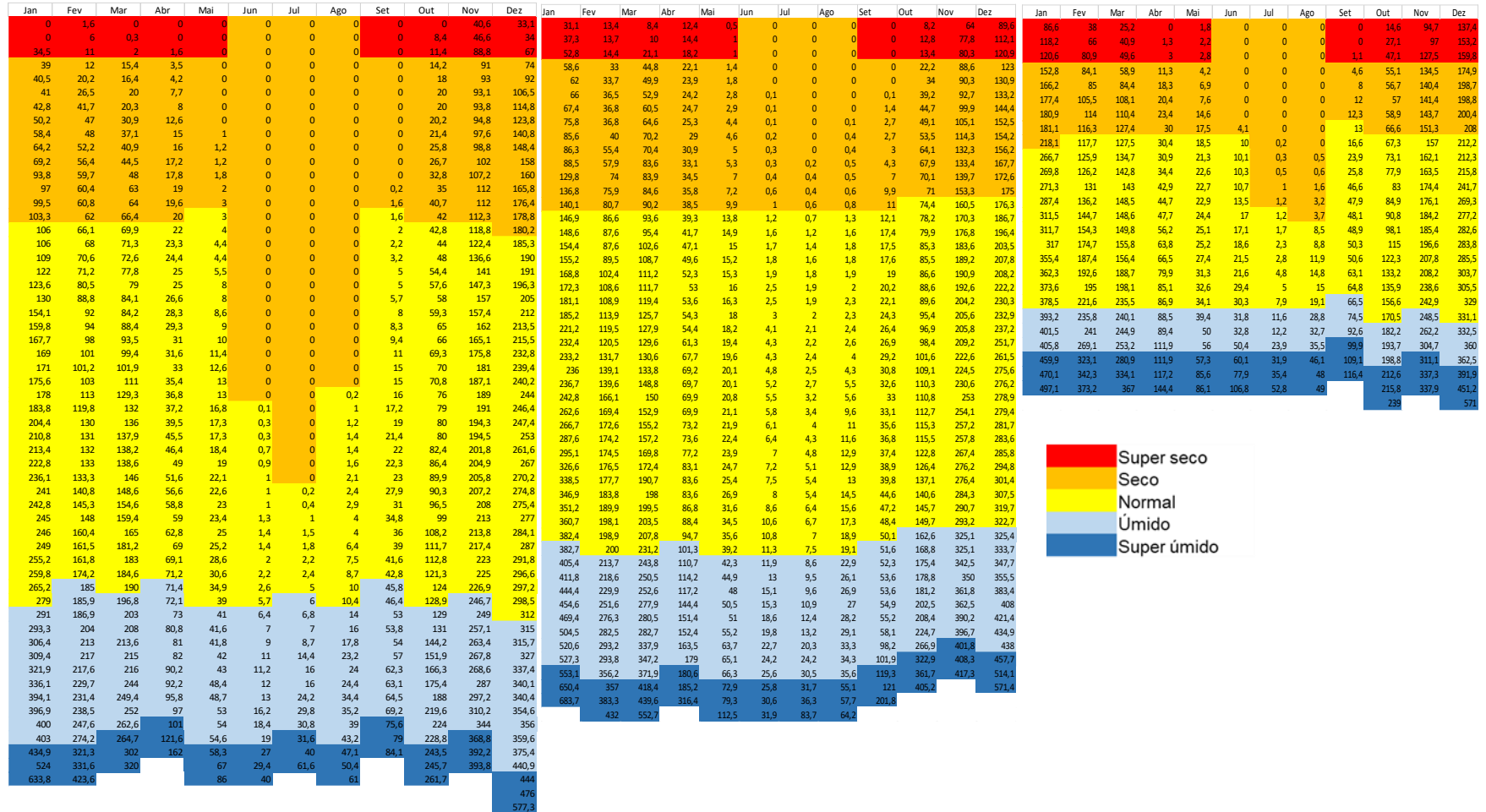
No Município de Divinópolis a média para os meses super secos foi de 55,4mm e dos meses secos, 53,3mm (Figura 106). Esta diferença negativa para os meses secos em relação aos super secos pode ser explicada pela menor quantidade de dados coletados na estação de Divinópolis, que compreende os anos de 1961 a 2021, a menor das séries pesquisadas.

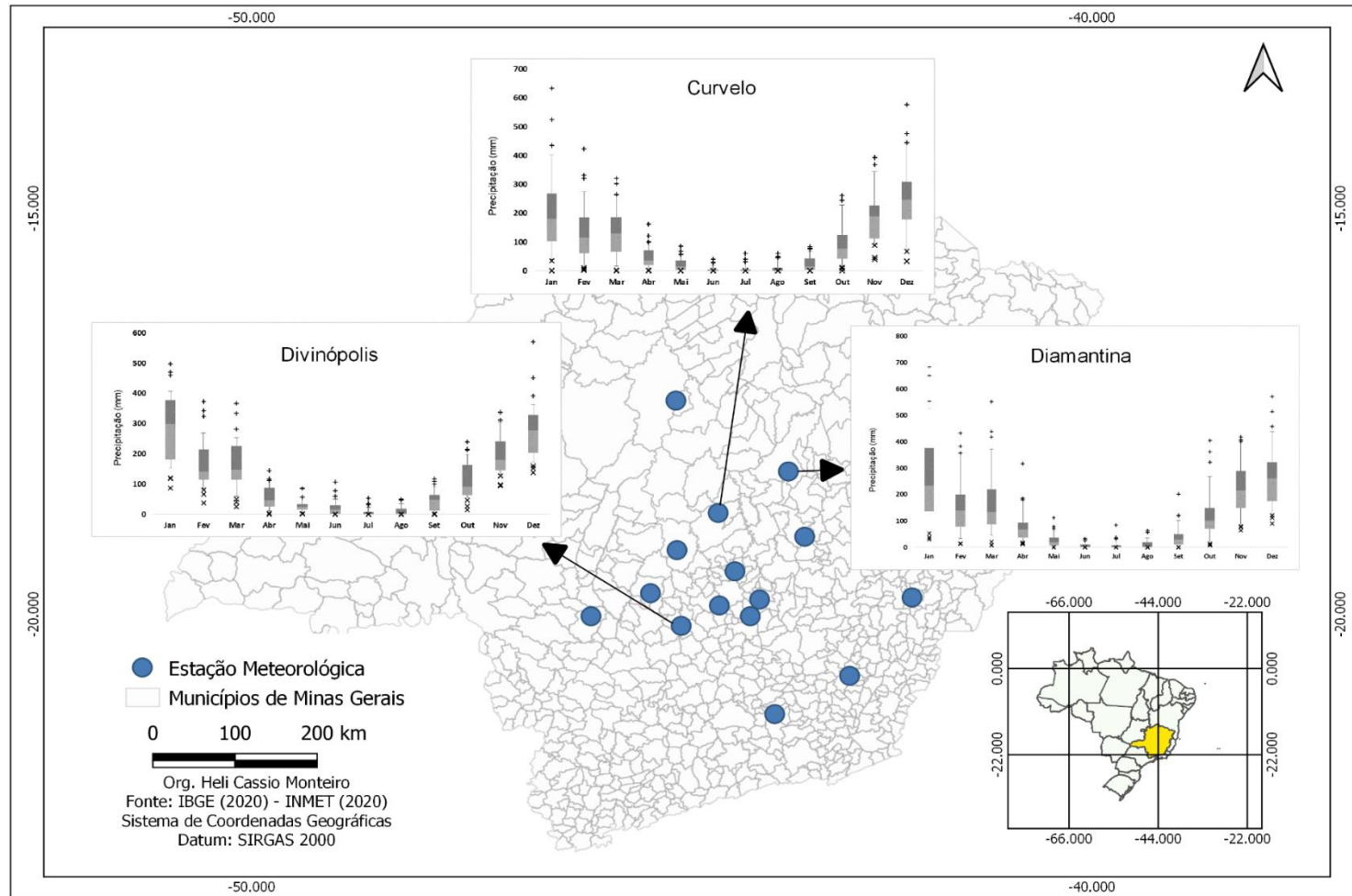
Durante o período histórico analisado na estação meteorológica de Divinópolis pode ter acontecido a predominância dos dados relacionados aos meses super seco. Os meses com precipitação normal apresentaram médias de 122,2mm e os úmidos, 168,2mm. Já a precipitação média dos meses super úmidos em Divinópolis foi de 220,8 (Figura 107).

Curvelo

Diamantina

Divinópolis



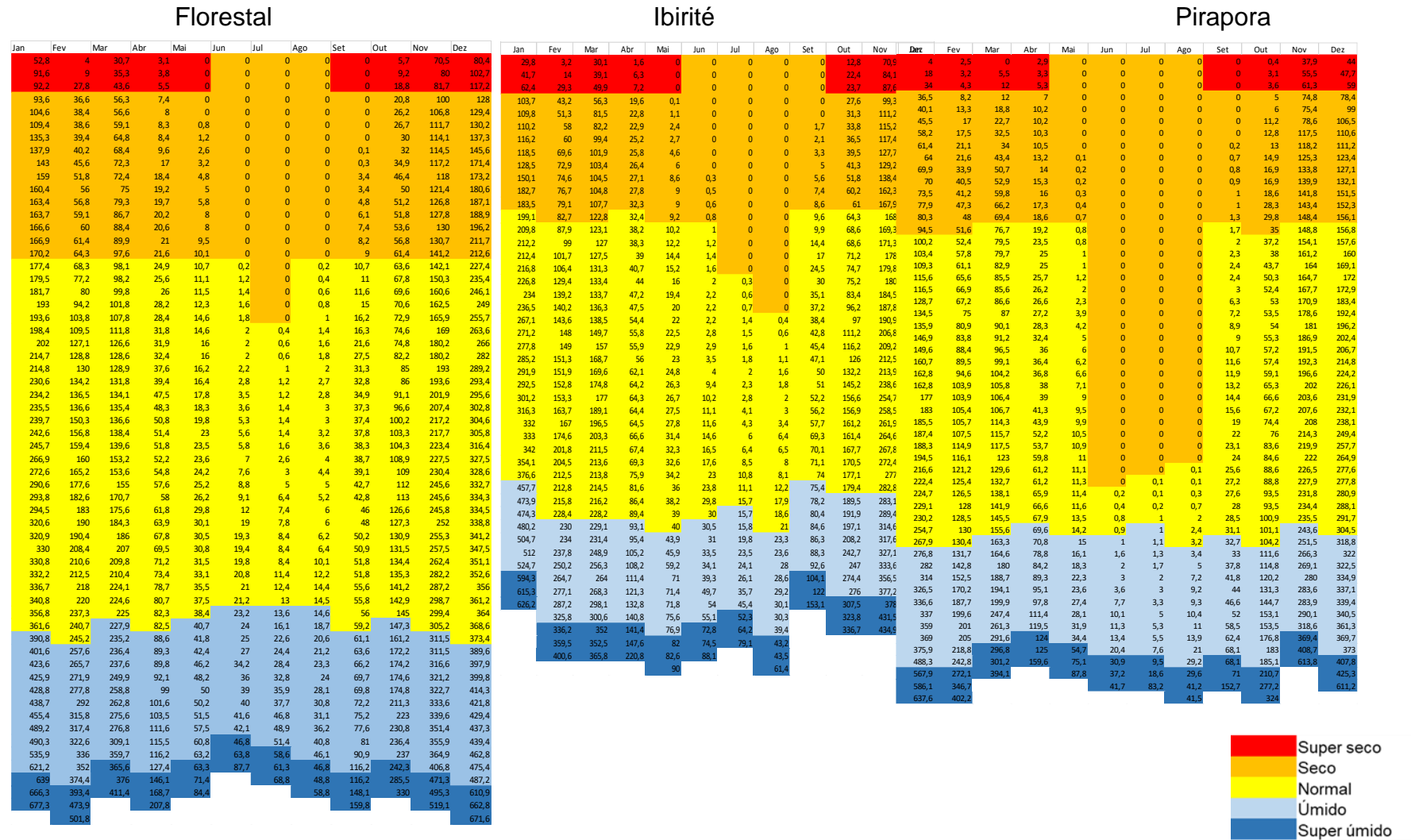


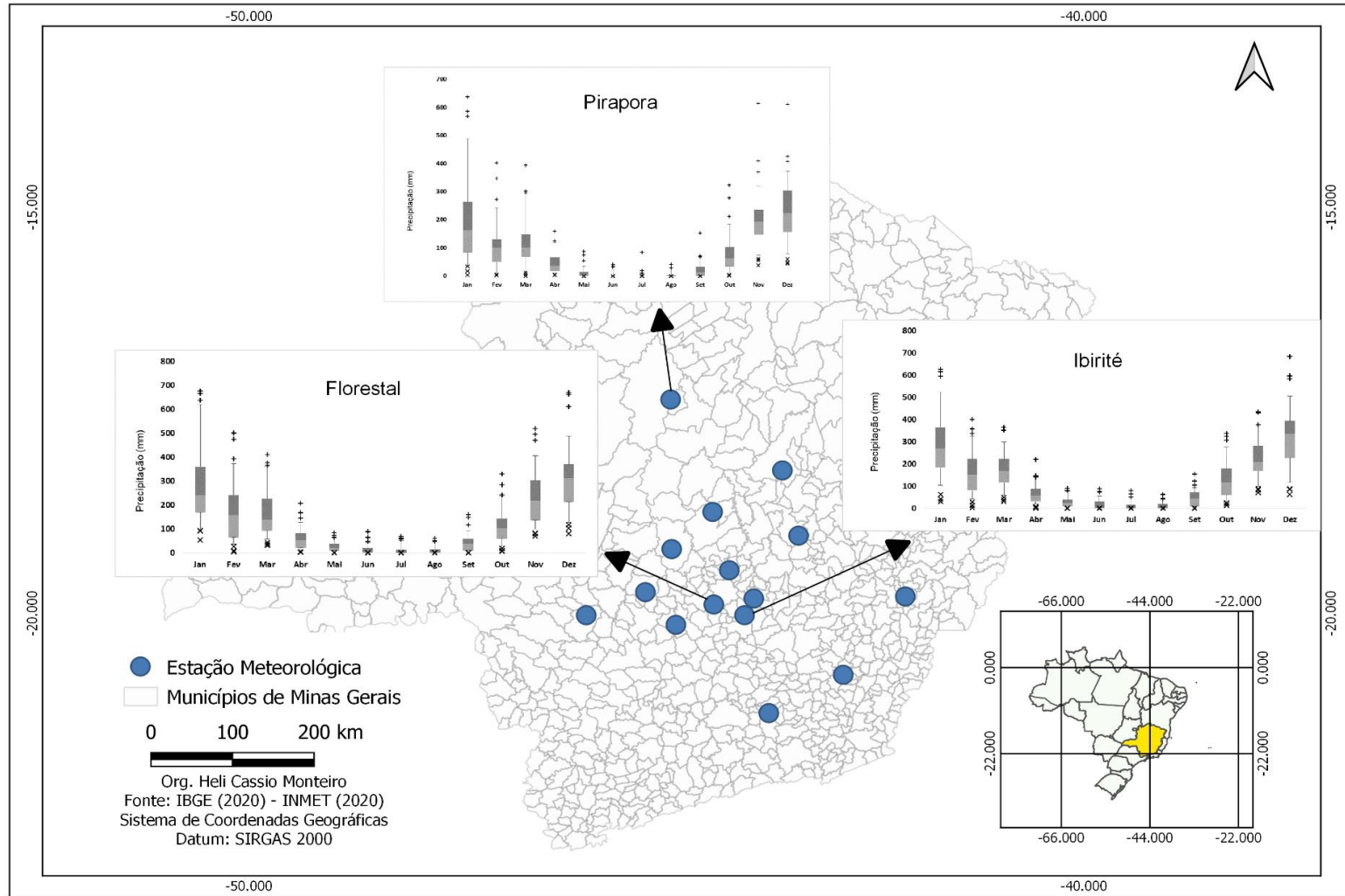
**Figura 107:** Mapa com os gráficos Box Plot de Chuva de Curvelo (1038,6mm), Diamantina (1302,9mm) e Divinópolis (1367,1mm) entre 1961 e 2021. Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Em Florestal, os meses considerados super secos resultaram na média de 35,7mm e os secos, 47,5mm (Figura 108). No que diz respeito aos meses com precipitação normal, identificou-se a média de 116,4mm. Os meses denominados de úmidos possuem média de 193,9mm e os super úmidos, 291,6mm (Figura 109).

No município de Ibirité, os meses super secos foram definidos com média de 35,5mm na análise geral, (Figura 108). Os meses secos apresentaram média de 45,0 mm e os meses normais, 119,1mm. Com relação aos meses considerados úmidos em Ibirité foi encontrada a média de 190,4mm e os super úmidos, 272,3mm (Figura 109).

Em Pirapora, nos meses categorizados como super secos, a média foi de 16,9mm (Figura 108). Com relação aos meses secos, a média obtida foi de 21,9mm. No município de Pirapora, os meses considerados normais têm média de 96,7mm de pluviosidade. Já os meses úmidos apresentaram média de 139,5mm e os super úmidos com 241,7mm (Figura 109).



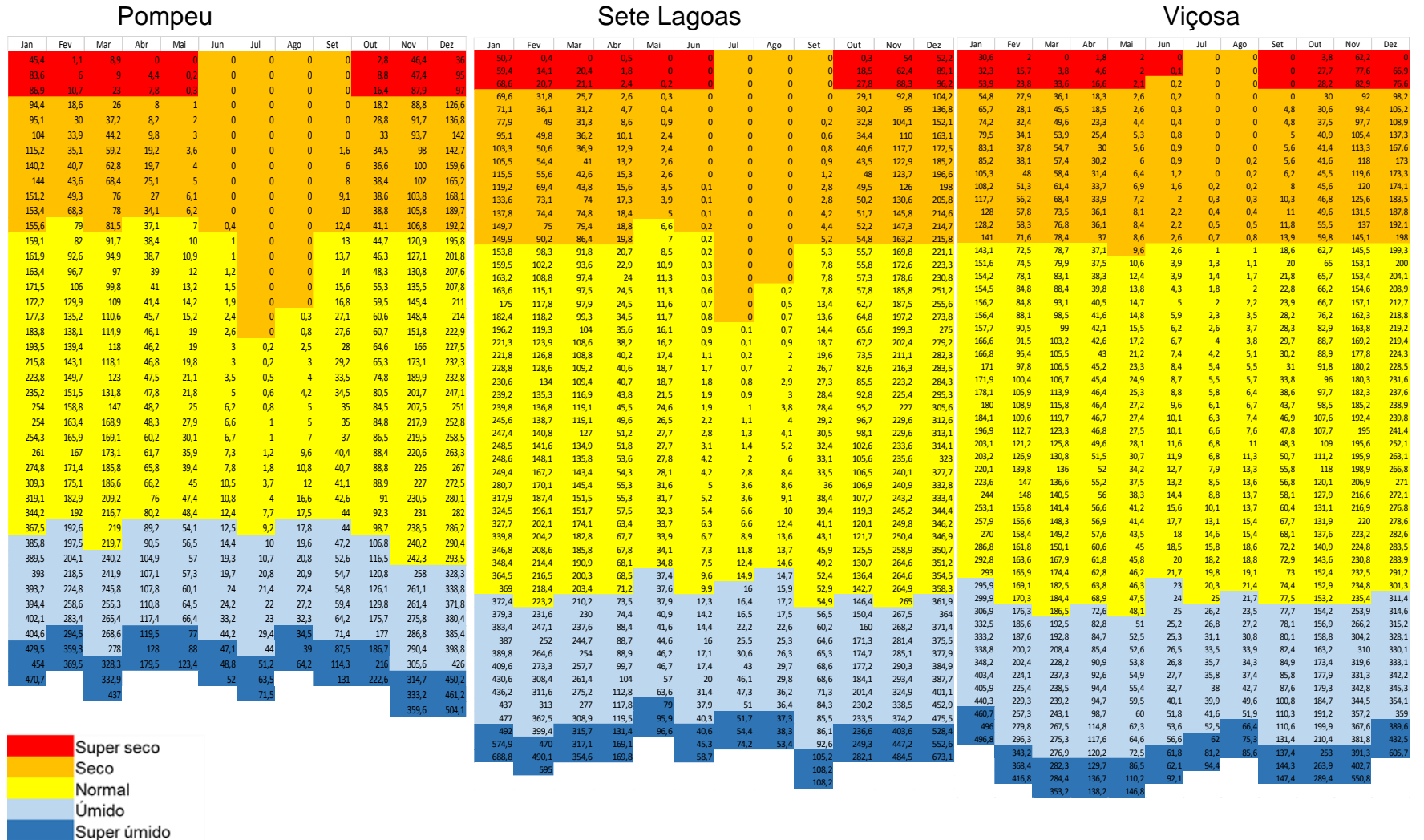


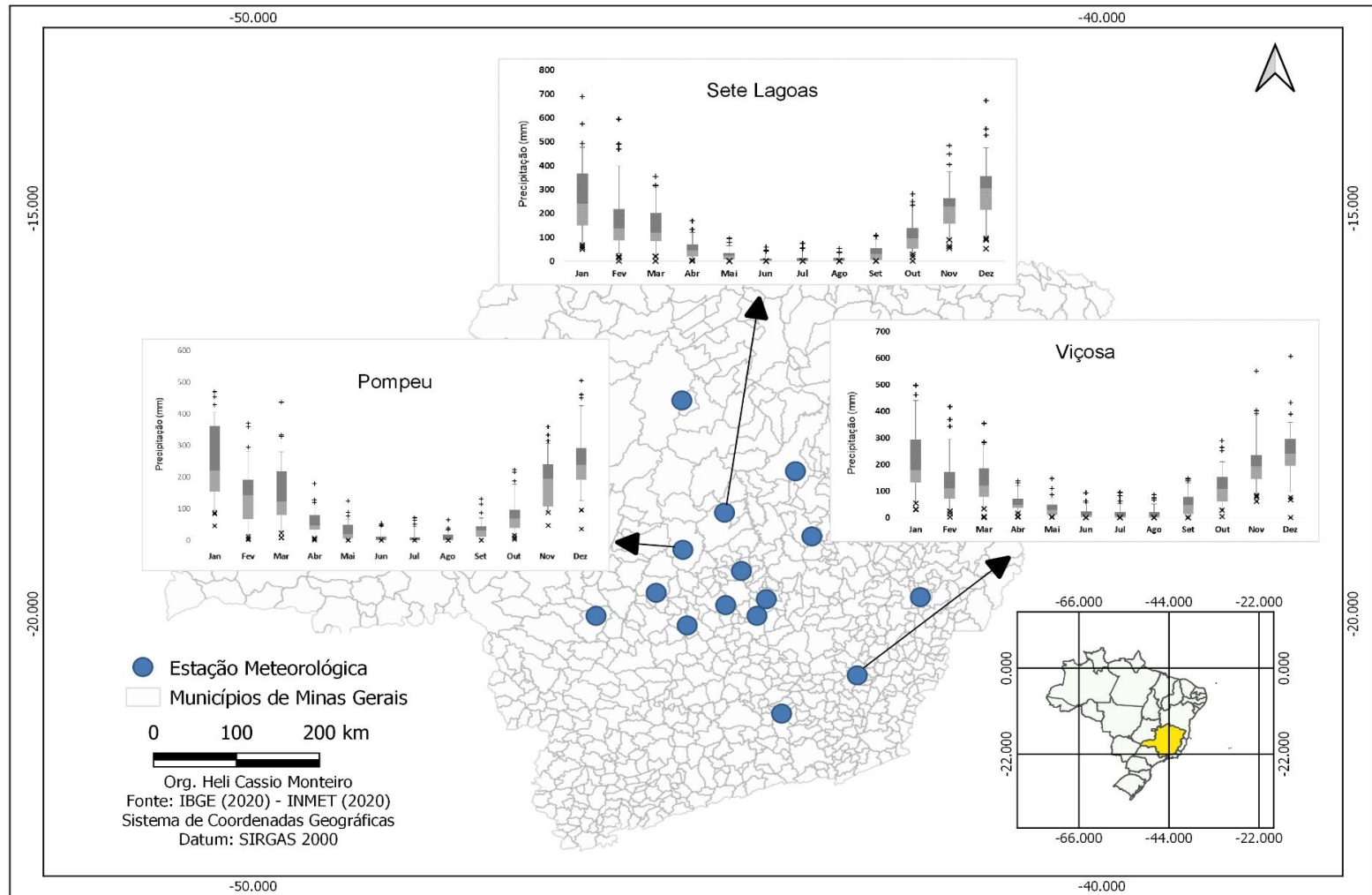
**Figura 109:** Mapa com os gráficos Box Plot de Chuva de Florestal (1375,8mm), Ibirité (1323,3mm) e Pirapora (975,8mm) entre 1961 e 2021. Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

No município de Pompeu, os meses super secos resultaram em médias de 30,2mm e os meses secos, 37,6mm, (Figura 110). Os meses considerados normais apresentaram média de 104,2mm. Com relação aos meses que foram categorizados como úmidos e super úmidos resultaram nas seguintes médias, 158,4mm e 223,4mm, respectivamente, (Figura 111).

Em Sete Lagoas, os meses super secos apresentaram média de 27,7mm e já os meses considerados secos resultaram em média de 44mm, (Figura 110). A normalidade de precipitação na série de dados de chuva obteve média de 110mm. Os meses úmidos são, em média, meses com chuvas de 174,8mm e os super úmidos, 268,6mm, (Figura 111).

No município de Viçosa, a média para os meses super secos foi de 22,4mm e nos meses secos a média encontrada foi de 44,6mm (Figura 110). Nos meses classificados como normais a média foi de 95,5mm. Já nos meses mais chuvosos, úmidos e super úmidos, as médias foram de 163,3mm e 248,3mm, respectivamente (Figura 111).





**Figura 111:** Mapa com os gráficos Box Plot de Chuva de Pompeu (1163,1mm), Sete Lagoas (1050,0mm) e Viçosa (1113,6mm) entre 1961 e 2021. Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

#### 5.4.3 O ritmo climático na área de estudo em janeiro e julho de 2020.

O mês de janeiro de 2020 apresentou de acordo com o INMET (2020a) volumes consideráveis de precipitação, em especial para a região metropolitana de Belo Horizonte onde puderam ser contabilizados 935,2mm de chuva para o mês, que apresenta uma média de 330mm. Este fato se deu especialmente devido à estacionariedade do sistema meteorológico, típico de verão, chamado Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

De acordo com o INMET (2020a) as chuvas registradas entre os dias 22 e 26 de janeiro ultrapassaram os 300 mm nos municípios de Florestal, Diamantina e Ibirité. Até o dia 27 de janeiro, o acumulado mensal de 809,7mm foi o recorde histórico de precipitação para Belo Horizonte. Em 24 horas entre os dias 23 e 24 de janeiro, a precipitação total foi de 171,8, outro recorde na capital mineira.

Segundo o INMET (2020a) durante a segunda quinzena de janeiro, a área do Oceano Pacífico Equatorial denominada Niño 3 (entre 150°W-90°W), manteve o padrão de neutralidade do fenômeno ENOS observado desde o final de 2019, ou seja, a TSM apresentou uma anomalia média inferior a 0,5°C (Figura 4).

A neutralidade observada no Oceano Pacífico equatorial, o Atlântico Tropical passa a ter maior influência nos padrões de chuva no norte das regiões Nordeste e Norte do Brasil. Com a formação de um Dipolo negativo – ou seja, o Atlântico Tropical Sul (entre as latitudes 0° e 20°S) mais quente que o Norte (entre as latitudes 5° e 25°N) –, existe um deslocamento mais para o sul, de do sistema meteorológico chamado de Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que favorece o período de chuvas naquelas regiões durante o primeiro semestre.

De acordo com o INMET (2020a) na segunda metade de janeiro, observa-se uma grande área do Atlântico Sul com temperaturas superficiais acima da média entre as latitudes 0° e 30° sul, enquanto a porção ao norte da linha do equador apresentou áreas com anomalias negativas.

Segundo o INMET (2020a), durante a semana dos dias 20/01 a 24/01/2020, a configuração dos ventos na atmosfera favoreceu a formação de uma banda de nebulosidade desde o sul da Região Norte até a Região Sudeste, passando pelo Centro-Oeste do Brasil. No dia 23/01 (quinta-feira), a persistência da configuração dos ventos favorecendo uma grande área de convergência de umidade, estabeleceu a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A ZCAS é um sistema

atmosférico comum do verão brasileiro e é responsável por grandes acumulados de chuva durante vários dias consecutivos.

Segundo o INMET (2020a) a temperatura da superfície do mar elevada na área da Região Sudeste do Brasil favoreceu a formação de um ciclone no Oceano Atlântico. Na quarta-feira (22/01), com a intensificação dos ventos na área do ciclone, a Marinha do Brasil, por meio do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), classificou o fenômeno como Depressão Subtropical.

Na quinta-feira (23/01), os ventos associados à Depressão Subtropical atingiram 65 km/h em alto-mar e, por superar 63 km/h, o fenômeno foi reclassificado e nomeado como Tempestade Subtropical Kurumí, expressão em tupi-guarani que significa “menino”, com centro a 700 km a Sudeste de Arraial do Cabo (RJ).

Já na sexta-feira, dia 24 de janeiro, os ventos enfraqueceram e o fenômeno foi reclassificado como Depressão Subtropical e com centro a 741 km ao Sul de Arraial do Cabo (RJ). A atuação desse sistema no Oceano Atlântico Sul reforçou as chuvas nas regiões Sudeste e Centro-Oeste associadas à ZCAS (INMET 2020a).

As consequências sociais deste evento volumoso de chuva na última semana do mês de janeiro foram muito graves. Um dos destaques dos jornais foi o seguinte:

Chuva destrói parte de BH; MG tem 55 mortos em 6 dias

Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2020/01/29/apos-mais-um-temporal-com-enchentes-bh-e-regiao-metropolitana-contabilizam-mais-estragos.ghtml>. Acesso: 20 mar. 2023.

Janeiro mais chuvoso da história de BH termina com quase triplo da chuva esperada para o mês

Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2020/02/01/janeiro-mais-chuvoso-da-historia-de-bh-termina-com-quase-3-vezes-mais-chuva-que-a-media-esperada-para-o-mes.ghtml>. Acesso: 20 mar. 2023.

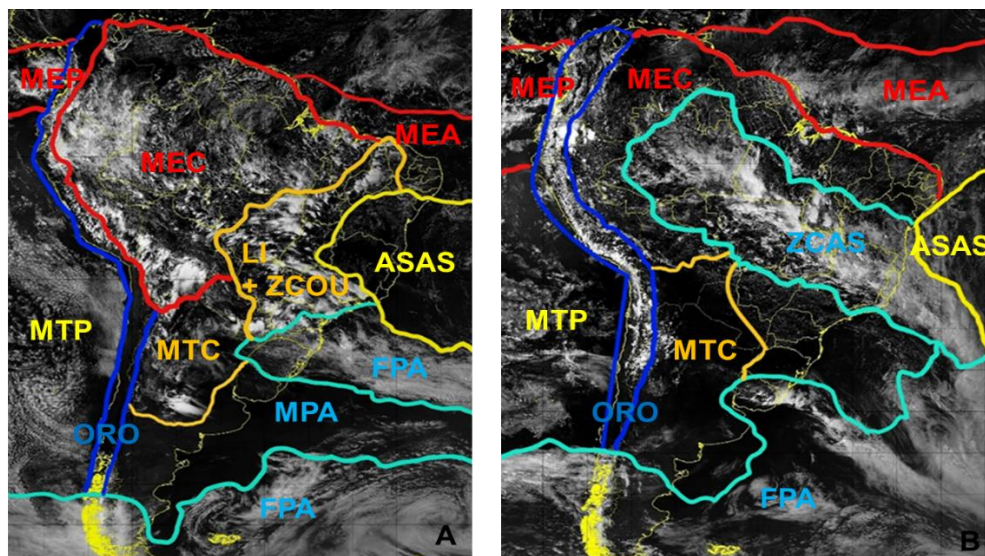
A importância da investigação, análise e discussão de informações a respeito de eventos extremos é mais do que evidente tendo em vista as graves consequências que uma cidade como Belo Horizonte sofre por não conseguir absorver de forma coerente os fenômenos atmosféricos.

A presença de Linhas de Instabilidade (LI) acompanhadas da Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) no início do mês de janeiro foi responsável por considerável pluviosidade nos cinco municípios, com destaque para Viçosa e Belo Horizonte, que somaram 152mm e 190mm nos primeiros cinco dias do mês, respectivamente, (INMET, 2020a).

Os dias de menor pluviosidade do mês de janeiro (08 a 15/01) para Viçosa, Belo Horizonte, Curvelo, Diamantina e Pirapora foram marcados pela atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) que estabiliza o tempo influenciando nas situações de redução de chuvas. A nebulosidade se manteve baixa em Curvelo, Diamantina e Belo Horizonte, resultado do aumento de pressão atmosférica nos dias citados.

A sequência do dia 15 até o dia 21, onde as chuvas aumentam consideravelmente foi de LI, ZCOU e ZCAS, configurando os seguintes tipos de tempo: aumento de nebulosidade, quedas de pressão atmosférica, diminuição da temperatura, aumento da umidade e rajadas de ventos mais intensas especialmente em Diamantina, o que pode ser explicada pela posição serrana da cidade.

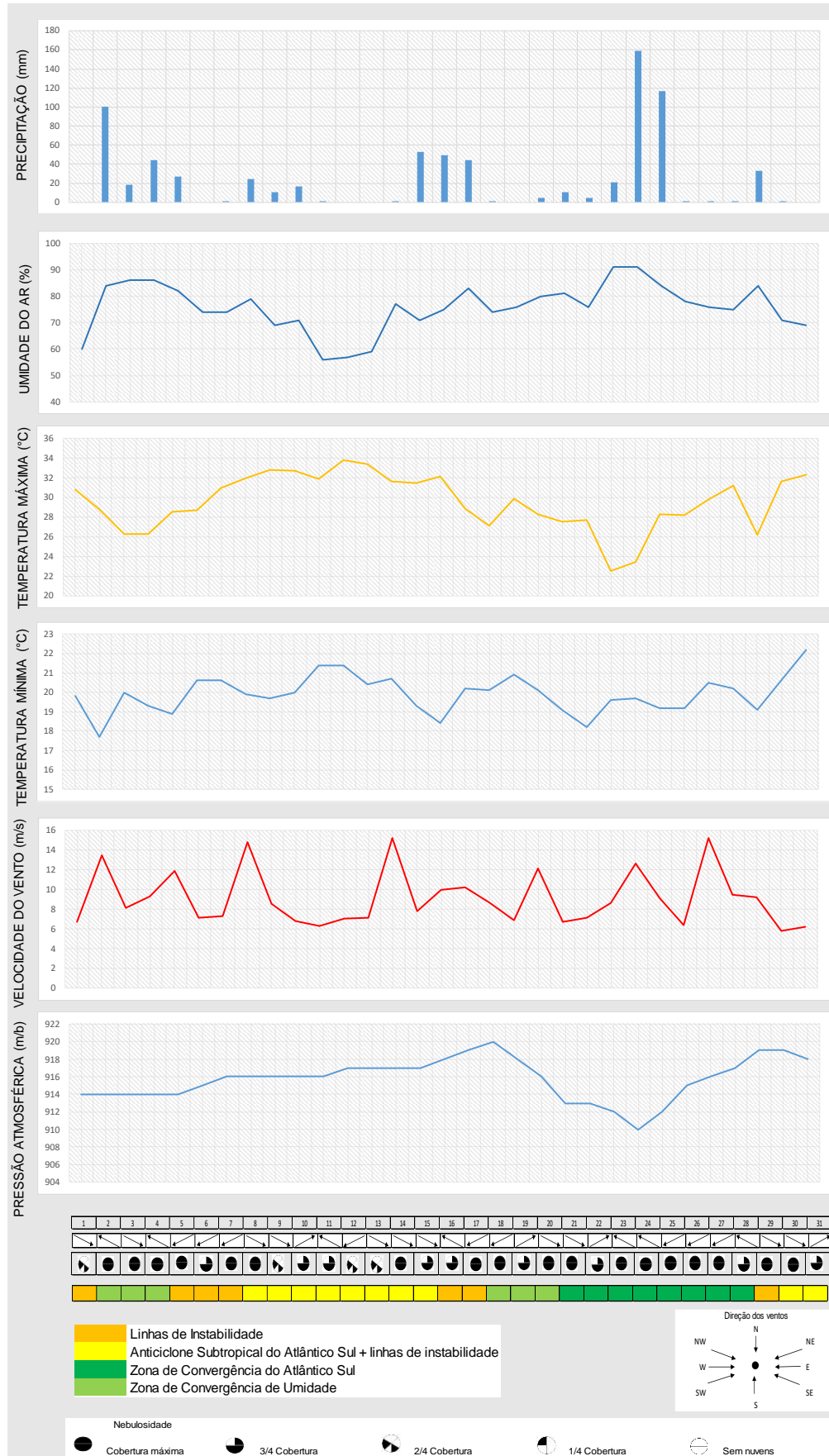
A partir do dia 21 ao dia 28, a ZCAS permaneceu sobre todo o estado de Minas Gerais e região Centro-oeste do Brasil. As condições de instabilidade com elevada nebulosidade, núcleos convectivos e aumento da velocidade dos ventos e umidade provocaram grandes precipitações. Após o dia 28, as LI e o ASAS sucederam a ZCAS, mantendo a nebulosidade neste caso, mas trazendo queda acentuada de precipitação nas cinco estações analisadas, (Figura 112).



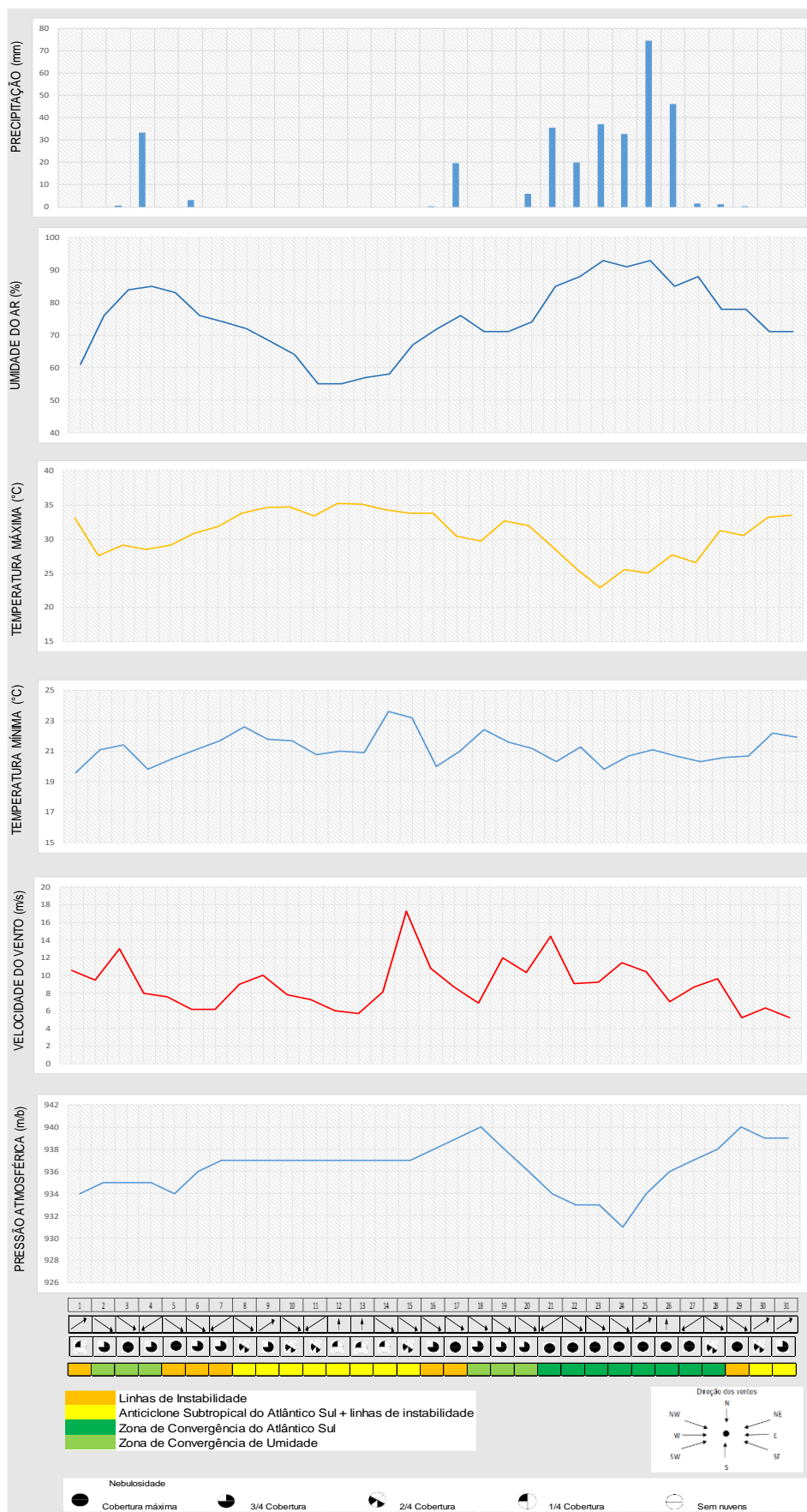
ASAS = Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul  
 LI = Linhas de Instabilidade  
 MEA = Massa Equatorial Atlântica / MEC = Massa Equatorial Continental / MEP = Massa Equatorial do Pacífico  
 MTC = Massa Tropical Continental / MTP = Massa Tropical do Pacífico  
 ORO = Orografia dos Andes / ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul / ZCOU = Zona de Convergência de Umidade

**Figura 112:** Sistemas atmosféricos atuantes na América do Sul nos dias 11 (A) e 25 (B) de janeiro de 2020. Fonte: DSA/INPE (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

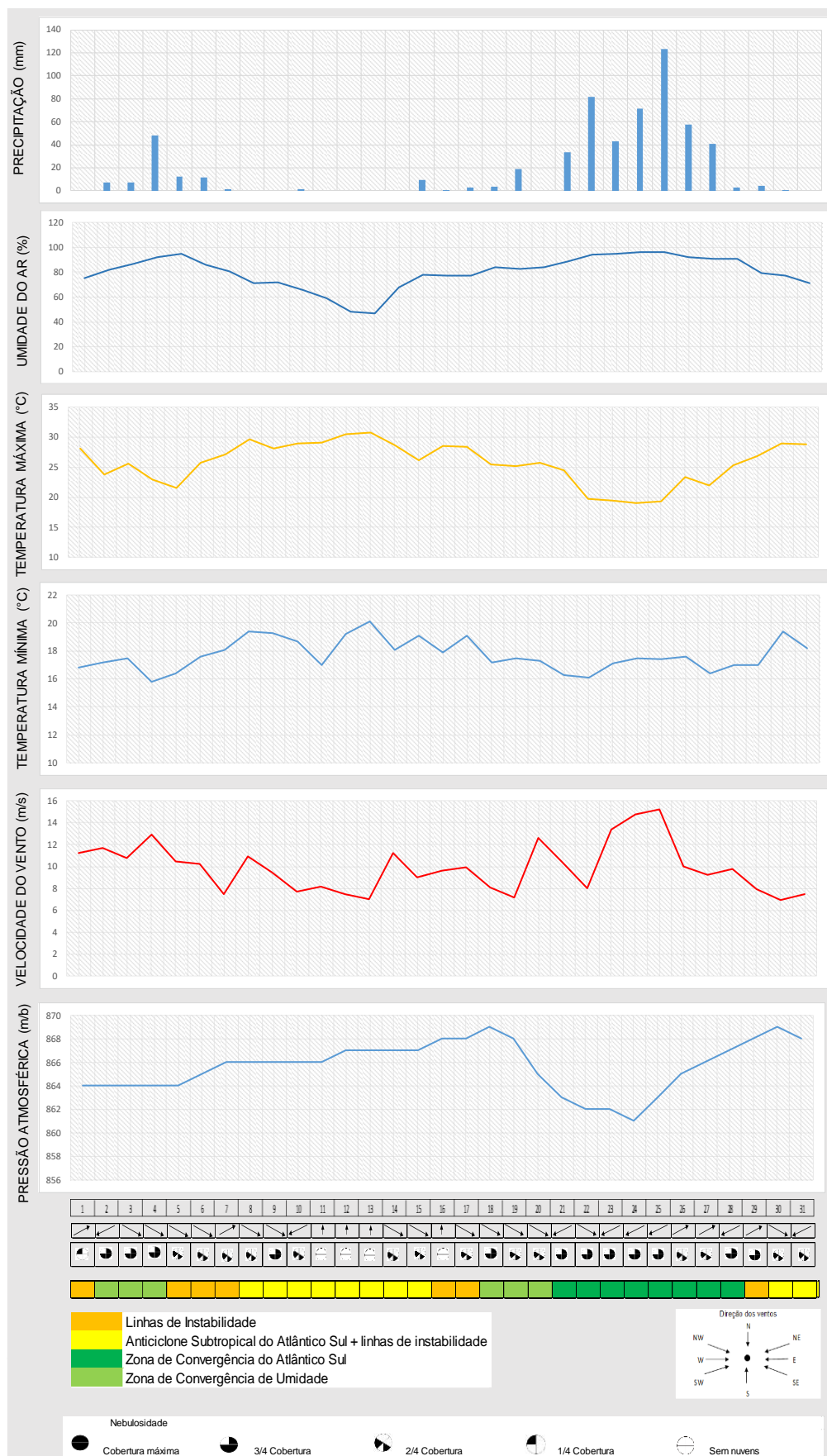
Por meio dos critérios que envolvem os fatores climáticos relevo e uso do solo foram definidas cinco estações divididas em dois períodos específicos do ano, o mês de janeiro e julho do ano 2020. A seguir estão as análises rítmicas para as estações escolhidas. As estações selecionadas e suas respectivas análises rítmicas foram: Belo Horizonte (Figura 113); Curvelo (Figura 114); Diamantina (Figura 115); Pirapora (Figura 116) e Viçosa (Figura 117).



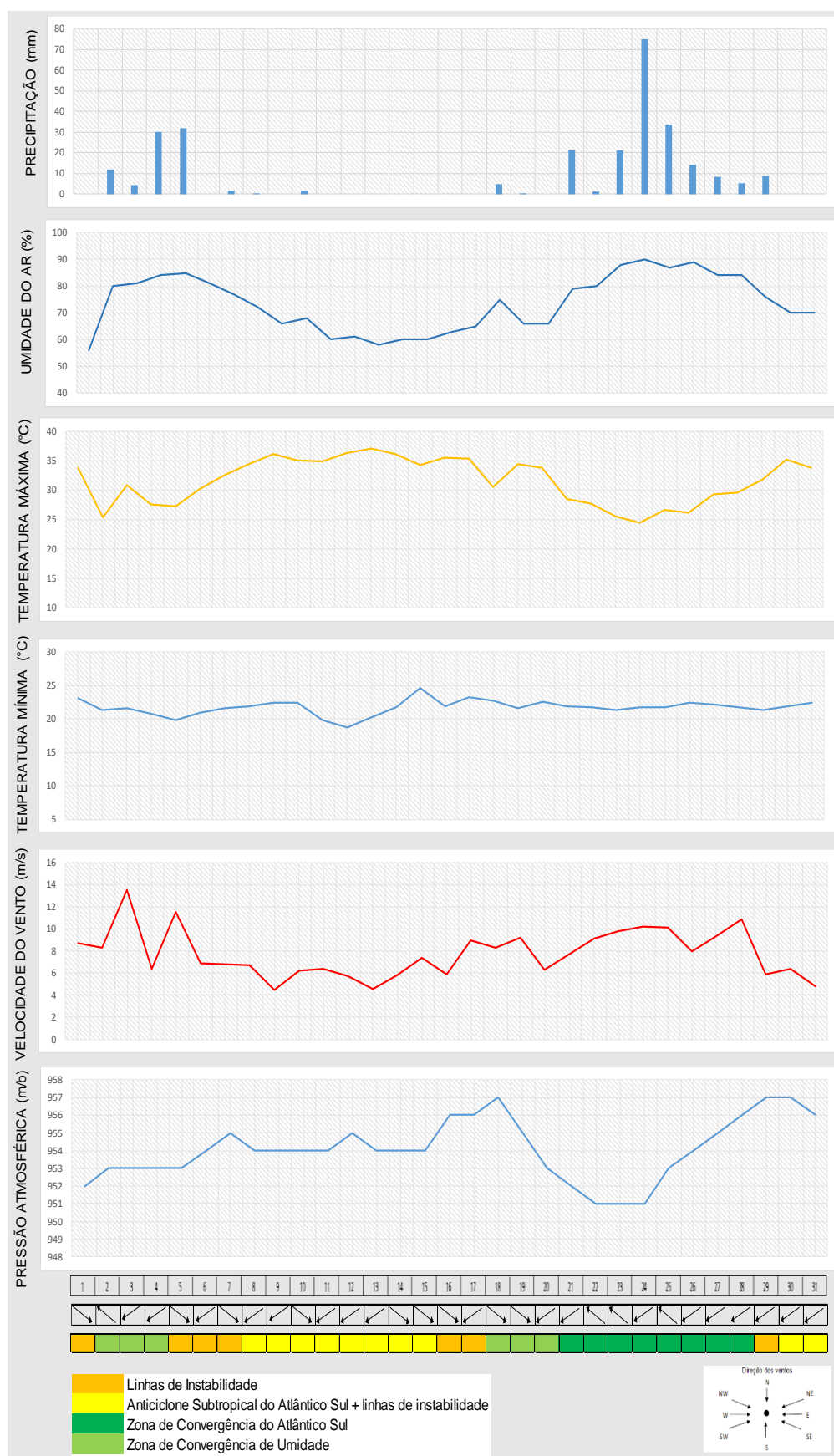
**Figura 113:** Análise rítmica de Janeiro (2020) em Belo Horizonte - MG (317,2mm). Fonte dos dados: INMET 2020a. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



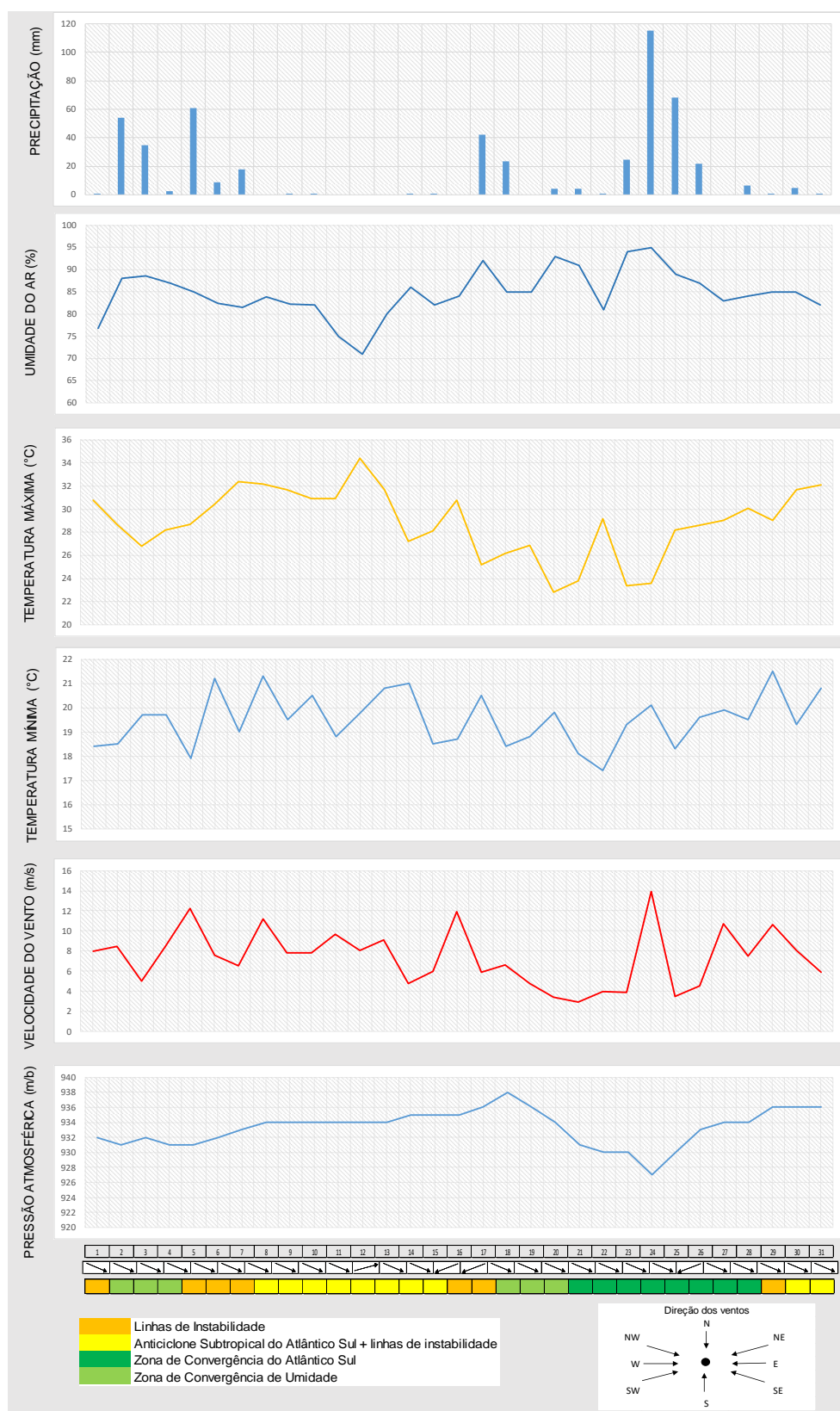
**Figura 114:** Análise rítmica de Janeiro (2020) em Curvelo – MG (201,8mm) . Fonte dos dados: INMET 2020a. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



**Figura 115:** Análise rítmica de Janeiro (2020) em Diamantina – MG (261,1mm). Fonte dos dados: INMET 2020a. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



**Figura 116:** Análise rítmica de Janeiro (2020) em Pirapora – MG (195,7mm). Fonte dos dados: INMET 2020a. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



**Figura 117:** Análise rítmica de Janeiro (2020) em Viçosa – MG (212,6 mm). Fonte dos dados: INMET 2020a. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Nos dados observados, a passagem das Linhas de Instabilidade no início do mês de janeiro do mês em atuação com a Zona de Convergência de Umidade foi responsável por eventos pluviométricos nas 5 estações especificadas. As condições de instabilidade evidenciada por maior nebulosidade, menores temperaturas máxima e maior umidade do ar foram favorecidas pelas LI e pela ZCOU.

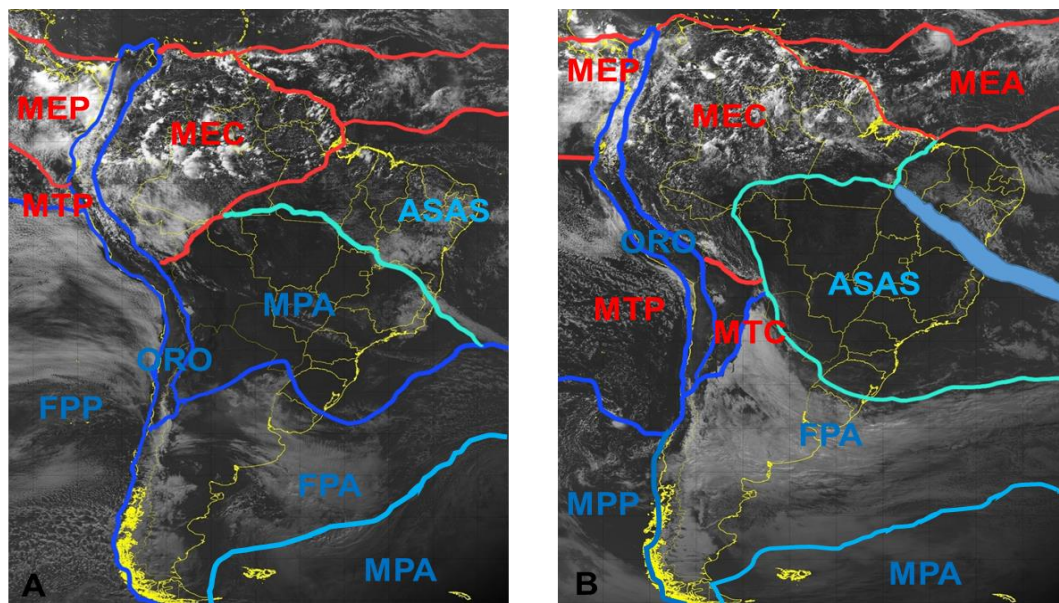
A influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) entre os dias 8 e 15 foi responsável pela queda de pluviosidade nas estações selecionadas. Houve aumento das temperaturas mínimas e máximas, da pressão atmosférica e redução da umidade relativa do ar na atuação do ASAS.

Nestas condições, o tempo mais seco se distingue no interior da estação chuvosa.

A partir do dia 16, as condições de instabilidade retornam para o ritmo habitual da estação chuvosa na região sudeste e nas estações analisadas. As LI antecedem a ZCOU promovendo um aumento gradual da umidade relativa do ar, de eventos de precipitação entre os dias 16 e 20, culminando na elevada pluviosidade que se instaurou no Sudeste brasileiro a partir do dia 21.

O papel de transição das Linhas de Instabilidade se confirma no final do mês de janeiro, pois antecede a chegada do ASAS nos últimos dias do mês que termina com queda de umidade, aumento das temperaturas e pressão.

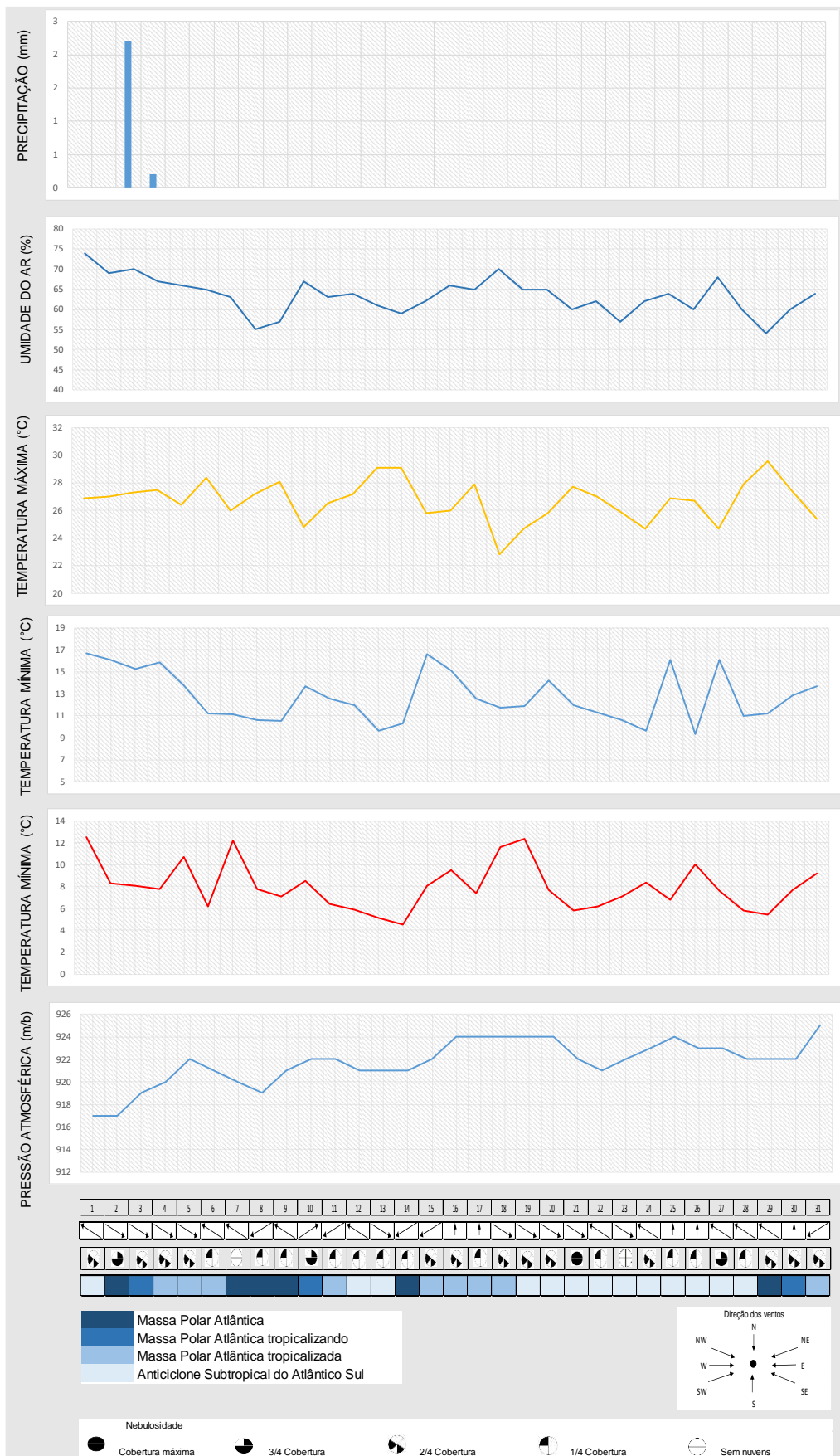
Como exemplo para a visualização e identificação dos sistemas atmosféricos atuantes em julho e sua influência na dinâmica rítmica do mês, as imagens de satélite classificadas dos dias 10 e do dia 25, (Figura 118), auxiliam nas diferenciações de tipos de tempo.



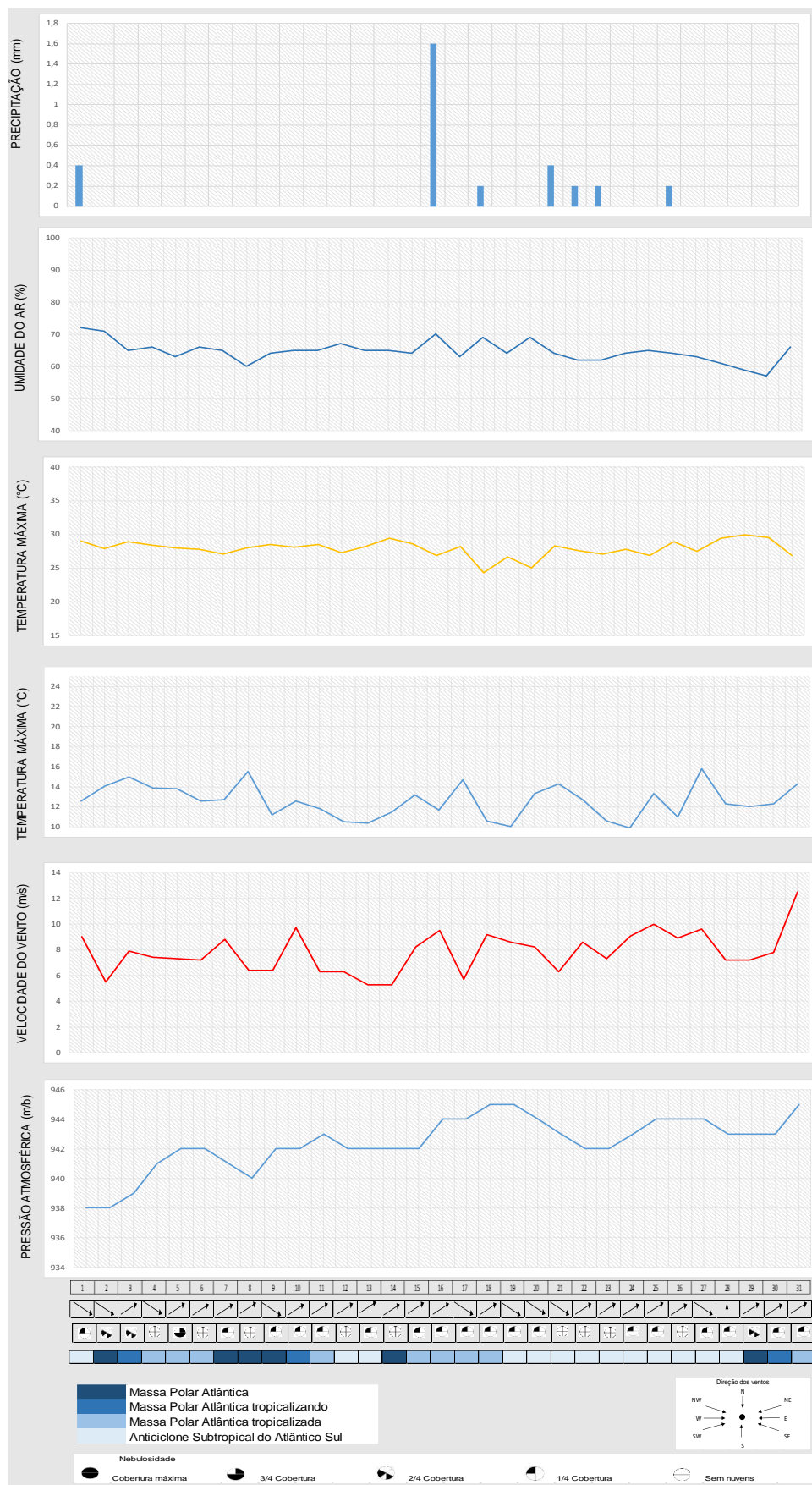
ASAS = Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul  
 FPA = Frente Polar Atlântica / FPP = Frente Polar do Pacífico / LI = Linhas de Instabilidade  
 MEA = Massa Equatorial Atlântica / MEC = Massa Equatorial Continental / MEP = Massa Equatorial do Pacífico  
 MTC = Massa Tropical Continental / MTP = Massa Tropical do Pacífico  
 ORO = Orografia dos Andes / ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul / ZCOU = Zona de Convergência de Umidade

**Figura 118:** Sistemas atmosféricos atuantes na América do Sul nos dias 10 (A) e 25 (B) de Julho. Fonte: DSA/INPE (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

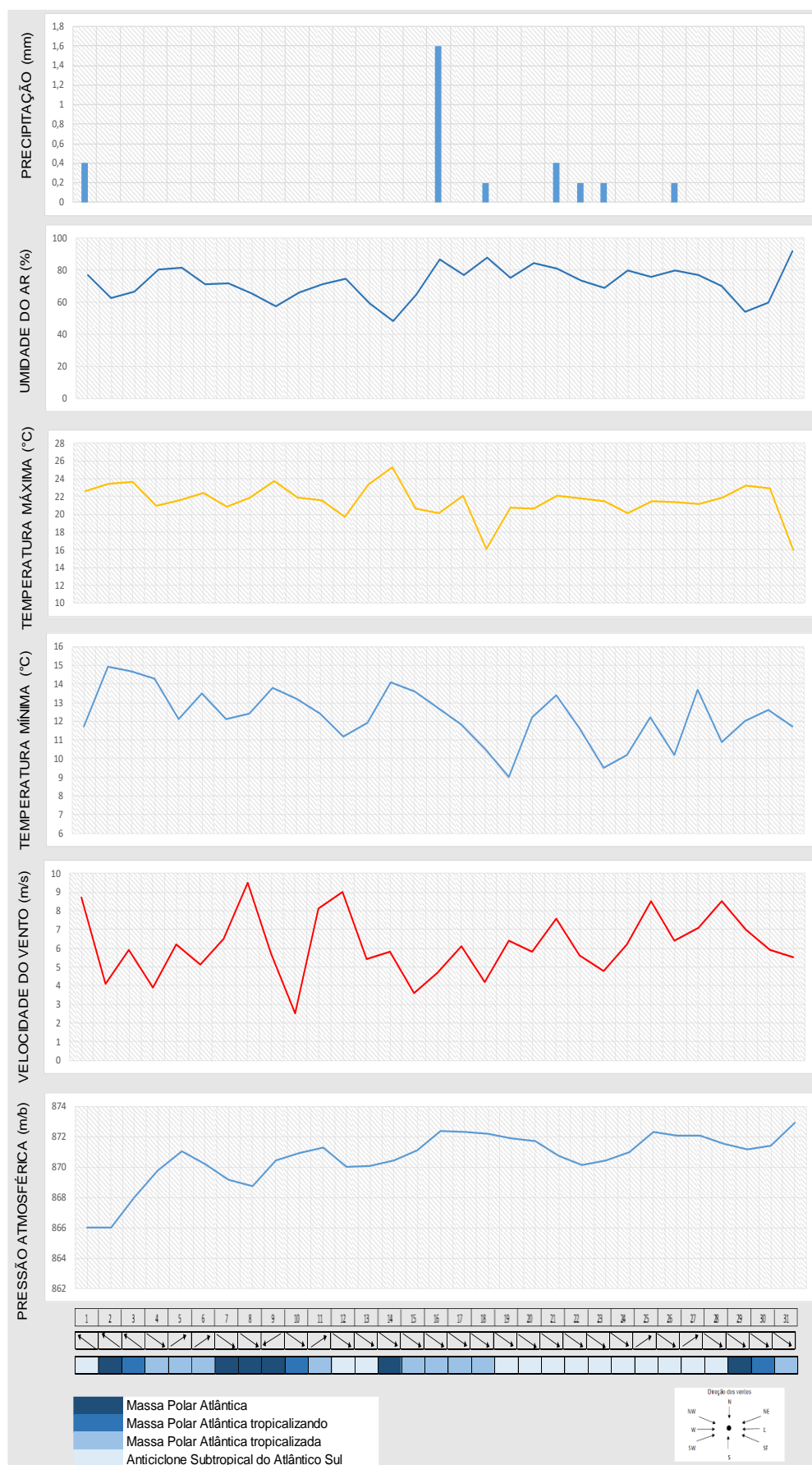
No mês de julho do ano de 2020, as estações selecionadas (as mesmas de janeiro) e suas respectivas análises rítmicas foram: Belo Horizonte (Figura 119); Curvelo (Figura 120); Diamantina (Figura 121); Pirapora (Figura 122) e Viçosa (Figura 123).



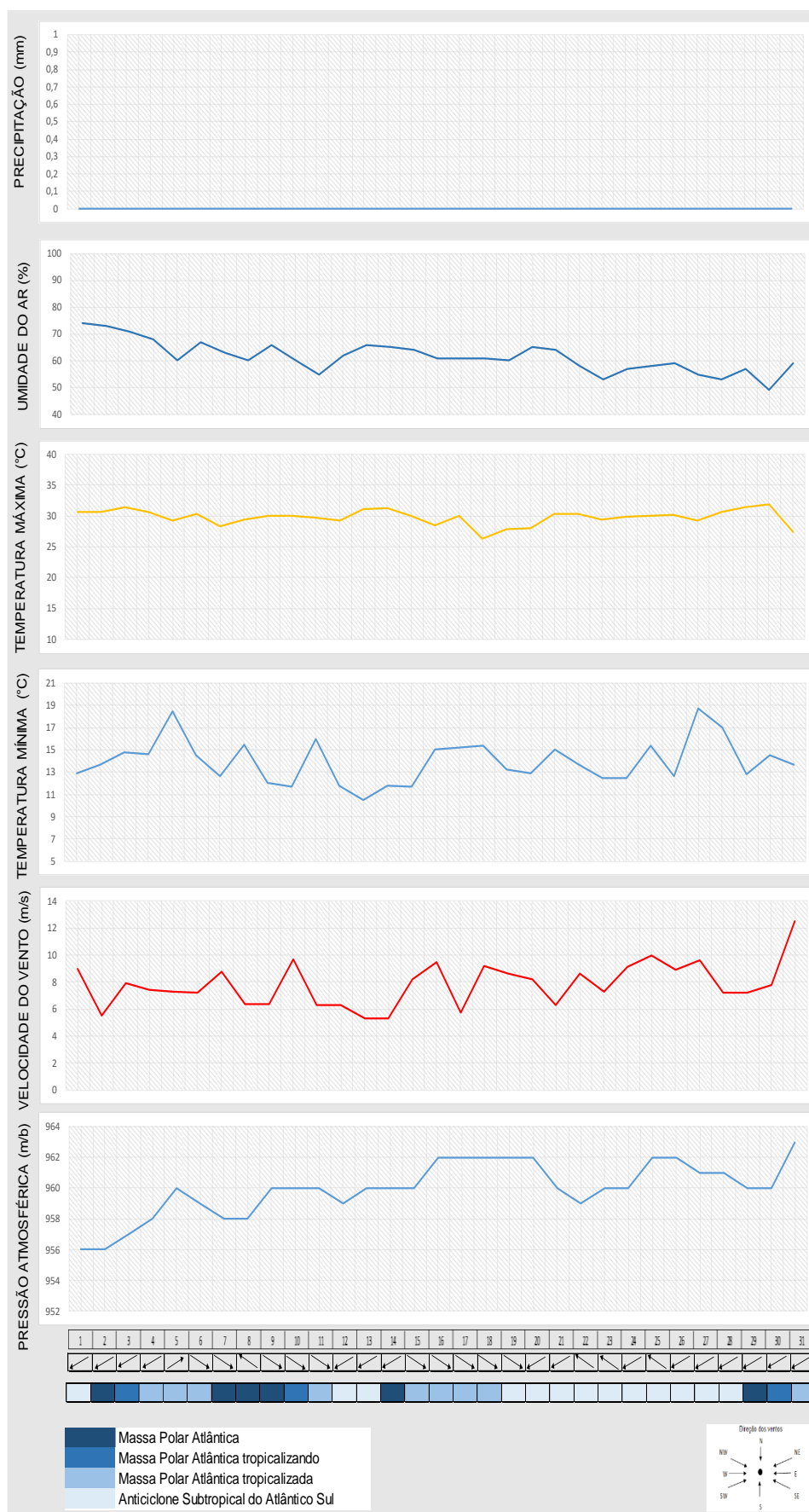
**Figura 119:** Gráfico de análise rítmica de Julho (2020) em Belo Horizonte - MG. Fonte dos dados: INMET 2020b. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



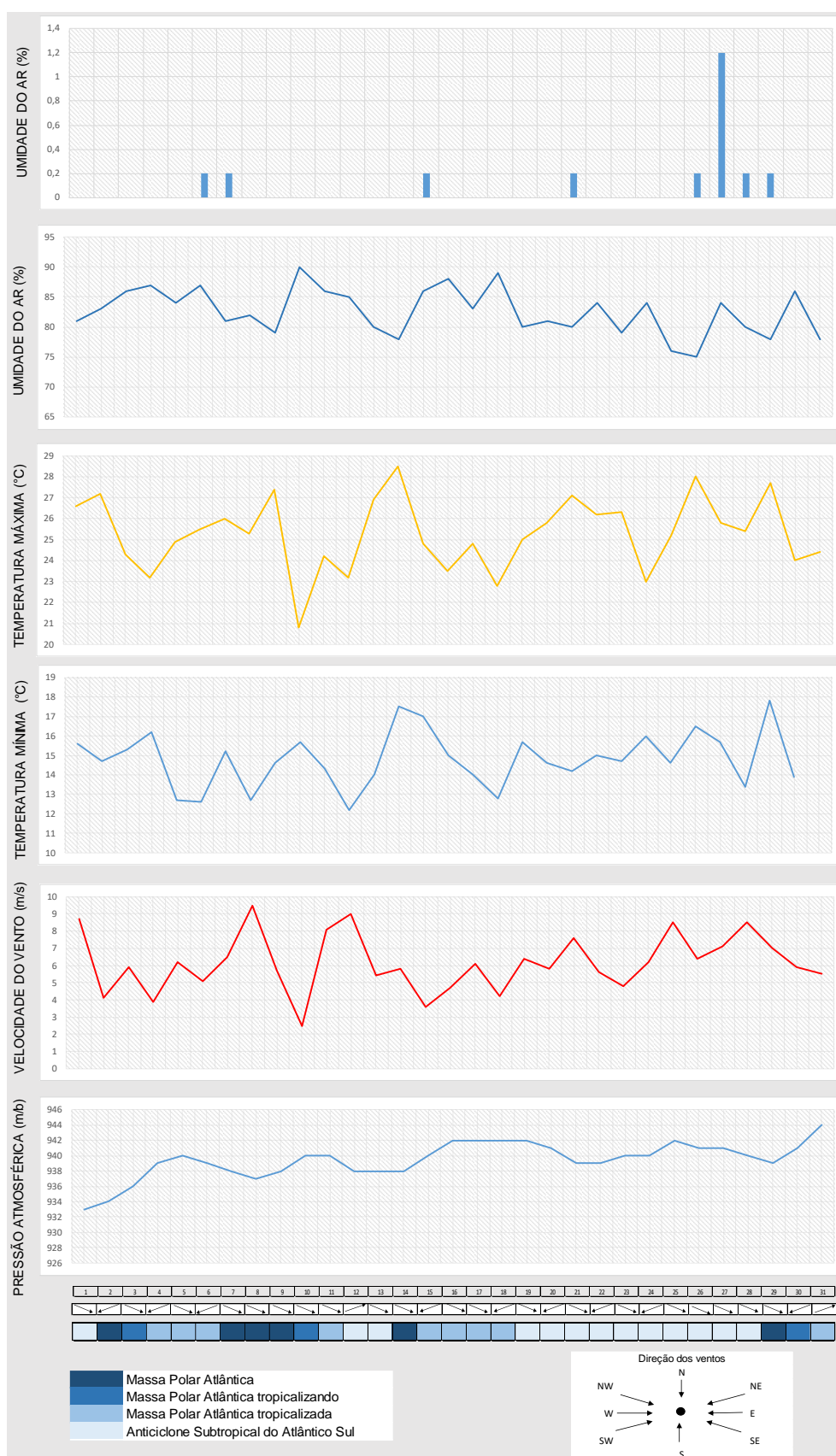
**Figura 120:** Gráfico de análise rítmica de Julho (2020) em Curvelo - MG. Fonte dos dados: INMET 2020b. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



**Figura 121:** Gráfico de análise rítmica de Julho (2020) em Diamantina - MG. Fonte dos dados: INMET 2020b. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



**Figura 122:** Gráfico de análise rítmica de Julho (2020) em Pirapora - MG. Fonte dos dados: INMET 2020b. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



**Figura 123:** Gráfico de análise rítmica de Julho (2020) em Viçosa - MG. Fonte dos dados: INMET 2020b. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Com relação ao mês de julho, de acordo com o INMET (2020b), na região Sudeste do país foram observados valores de chuvas entre 50 e 70 mm sobre o litoral paulista e meio norte do Espírito Santo. Nas demais áreas, os volumes de chuva foram baixos, muito comum para época do ano, inclusive com ausência de chuvas em alguns estados, onde os valores de armazenamento de água no solo ficaram abaixo de 20%.

Segundo o INMET (2020b) entre os dias 01 e 05 de julho as chuvas se concentraram na Região Sul, no norte da Região Norte além do Espírito Santo, sul da Bahia e litoral de Alagoas até a Paraíba. Na Região Sudeste, as chuvas se concentraram, mais significativamente, no sul de São Paulo e no Espírito Santo, com acumulados em torno de 20 mm.

A presença das massas de ar frio, derrubaram as temperaturas em vários estados do Brasil, principalmente na primeira quinzena do mês julho. As temperaturas mínimas permaneceram entre 10 e 14°C sobre o sul de Minas Gerais, leste de São Paulo e parte central do Paraná (INMET, 2020b).

A chegada de uma massa de ar frio (mPa) ocasionou declínio acentuado de temperatura nas Regiões Sul e Sudeste já a partir do dia 01 de julho. Houve registro de geada no sul de Minas Gerais e em diversos municípios da Região Sul entre os dias 01 e 04 de julho.

No dia 05 de julho de 2020 o sistema de alta pressão atmosférica ASAS permaneceu sobre o estado de Minas Gerais fazendo com que a nebulosidade se mantivesse baixa com presença de nuvens apenas na região leste do território mineiro fato que pode estar associado à participação orográfica (Serra do Espinhaço) na dinâmica climática do dia.

Na passagem e estabilização da Massa Polar do Atlântico Sul (mPa) durante os dias 07 e 09 de julho, as médias térmicas diminuíram consideravelmente em Belo Horizonte e Viçosa (3,6°C de queda na máxima para Belo Horizonte e 5,2°C em Viçosa).

Do dia 10 de julho em diante a mPa passou pela tropicalização fazendo com que os sistemas se alternassem no processo de tropicalização para tropicalizado, até o estabelecimento do ASAS a partir do dia 19. O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul trouxe condições de estabilidade atmosférica, baixa nebulosidade e maiores variações de temperatura devido ao aumento de pressão atmosférica entre os dias 19 e 21 de junho em todo o estado de Minas Gerais.

Entre os dias 29, 30 e 31 de julho o ASAS foi sucedido pela mPa, mPa em vias de tropicalização e mPa tropicalizada, finalizando o mês com quedas de temperatura e precipitação de baixo volume em Viçosa entre os dias 28 e 29.

### 5.5 Variações dos climas da área de estudo na escala local

Para a análise do clima da região analisada em escala local foram definidos quatro perfis geocológicos baseados nos critérios relevo, uso do solo e diferença latitudinal. Os perfis foram nomeados de acordo com a direção e orientação das estações meteorológicas, os quais são: Norte-Sul; Oeste Leste; Oeste-Nordeste; Sudeste-Norte. Estes perfis também foram usados para a classificação de tipos de tempo.

No perfil Norte-Sul estão as seguintes estações meteorológicas: Pirapora; Curvelo; Sete Lagoas; Ibirité e Barbacena, apresentando as respectivas altitudes: 509m; 668m; 732m; 814m e 1128m sendo analisadas na perspectiva de Pirapora em direção à Barbacena.

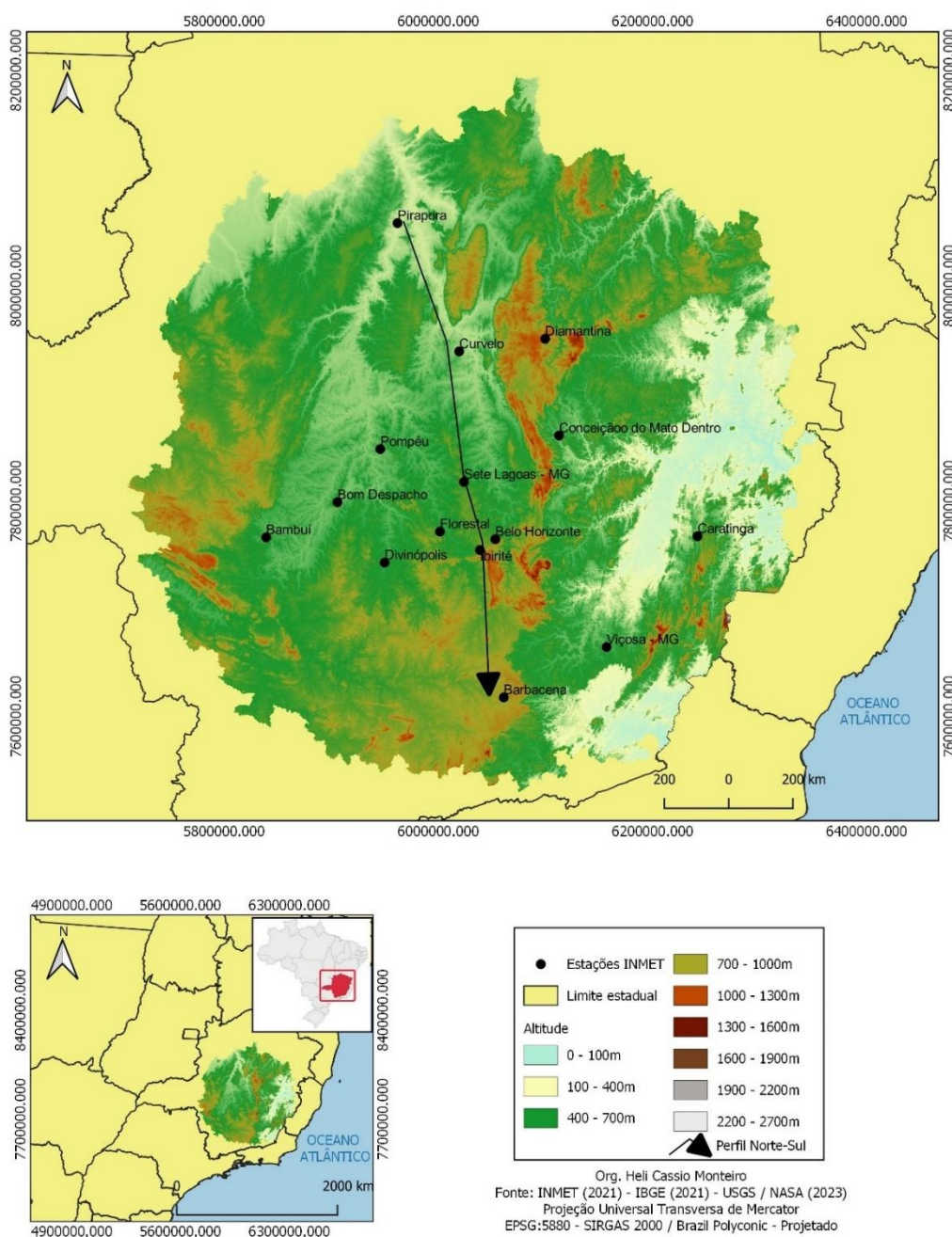
Para o perfil Oeste-Leste foram selecionadas as estações Bambuí, Divinópolis, Florestal, Ibirité, Belo Horizonte e Caratinga, definidas com as seguintes respectivas altitudes: 684m, 787m, 753m, 814m, 915m e 609m sendo analisadas na perspectiva de Bambuí até a estação de Caratinga.

Com relação ao perfil Oeste-Nordeste, as estações escolhidas foram Bambuí (684m); Curvelo (668m) e Diamantina (1318m). A análise foi realizada da estação de Bambuí em direção à Diamantina. O perfil Sudeste-Norte contém as estações meteorológicas de Viçosa (712m), Conceição do Mato Dentro (663m) e Diamantina (1318m), sendo analisadas na direção da estação de Viçosa para a estação de Diamantina.

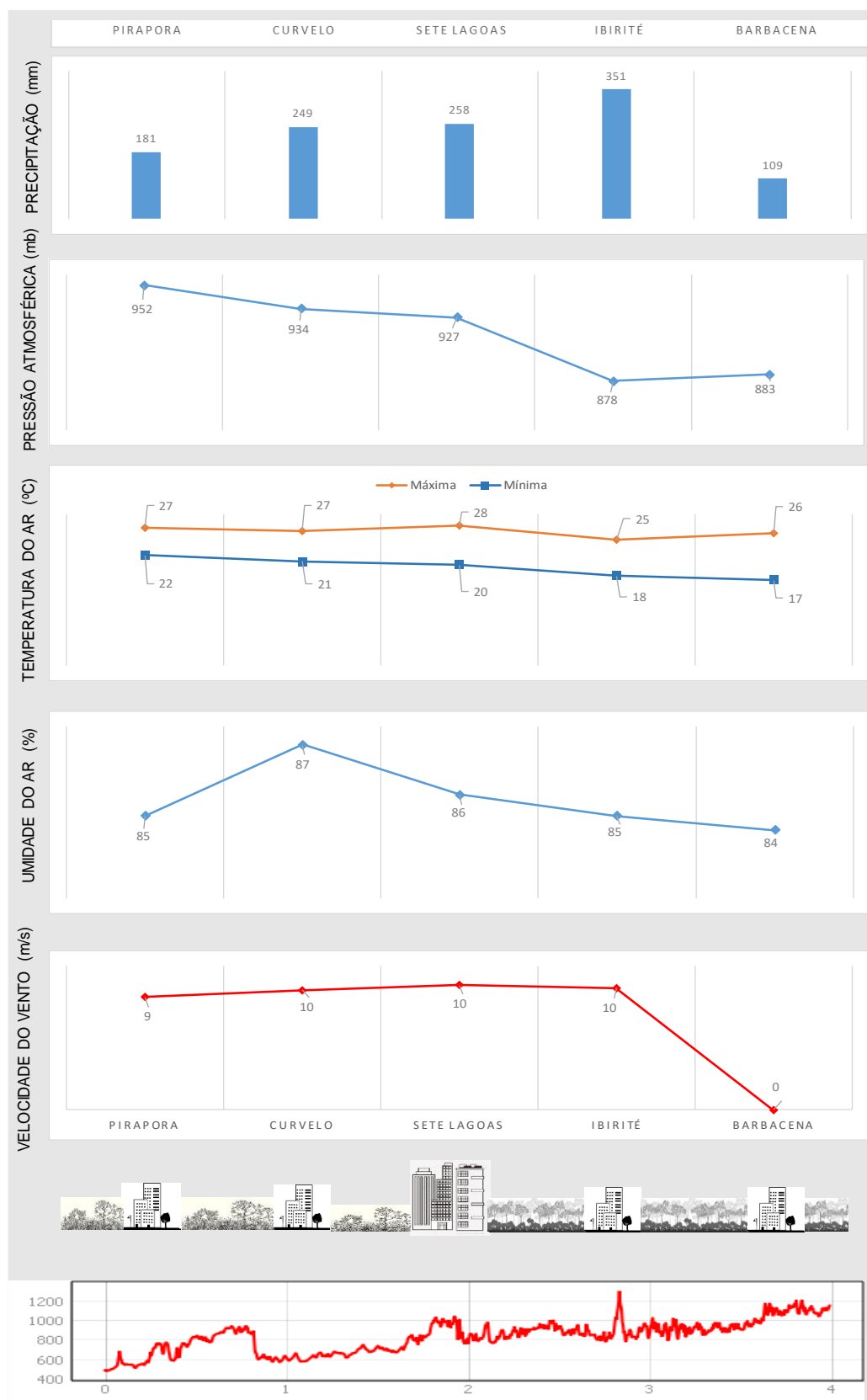
Para a geração do perfil geocológico e classificação dos tipos de tempo nas estações analisadas foram escolhidos dois períodos específicos, o primeiro em janeiro, entre os dias 21 a 28. Nestes dias houve atuação intensa da Zona de Convergência do Atlântico Sul no Sudeste brasileiro, trazendo chuvas volumosas para a região.

No segundo período analisado, foram utilizados os dados de Julho de 2020, entre os dias 21 e 28 de Julho. Nesta semana o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) atuou estabilizando a atmosfera, trazendo condições de aumento de

temperatura, queda de umidade e aumento de pressão. O perfil Norte-Sul (Figura 124) de Janeiro está acompanhado da apresentação dos dados (Figura 125) e seguido da análise da dinâmica climática das estações deste perfil.



**Figura 124:** Perfil Norte-Sul com as respectivas estações no mapa topográfico da área de estudo. Fonte dos dados: USGS / NASA (2023). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



**Figura 125:** Gráfico de análise rítmica dos dias 21 a 28 de janeiro de 2020 para o perfil Norte-Sul. Fonte dos dados: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

No perfil Norte-Sul para os dias 21 a 28 de janeiro de 2020 houve um acúmulo de chuvas considerável no período, resultado da estacionariedade do sistema ZCAS que elevou a precipitação para níveis históricos, pelo menos nos dados abarcados pelas estações meteorológicas.

O destaque positivo neste perfil fica por conta da estação meteorológica de Ibirité, com 351,2 mm de chuva em sete dias, o que representa 55% de precipitação para um mês inteiro de janeiro super úmido, recorde histórico de 626mm.

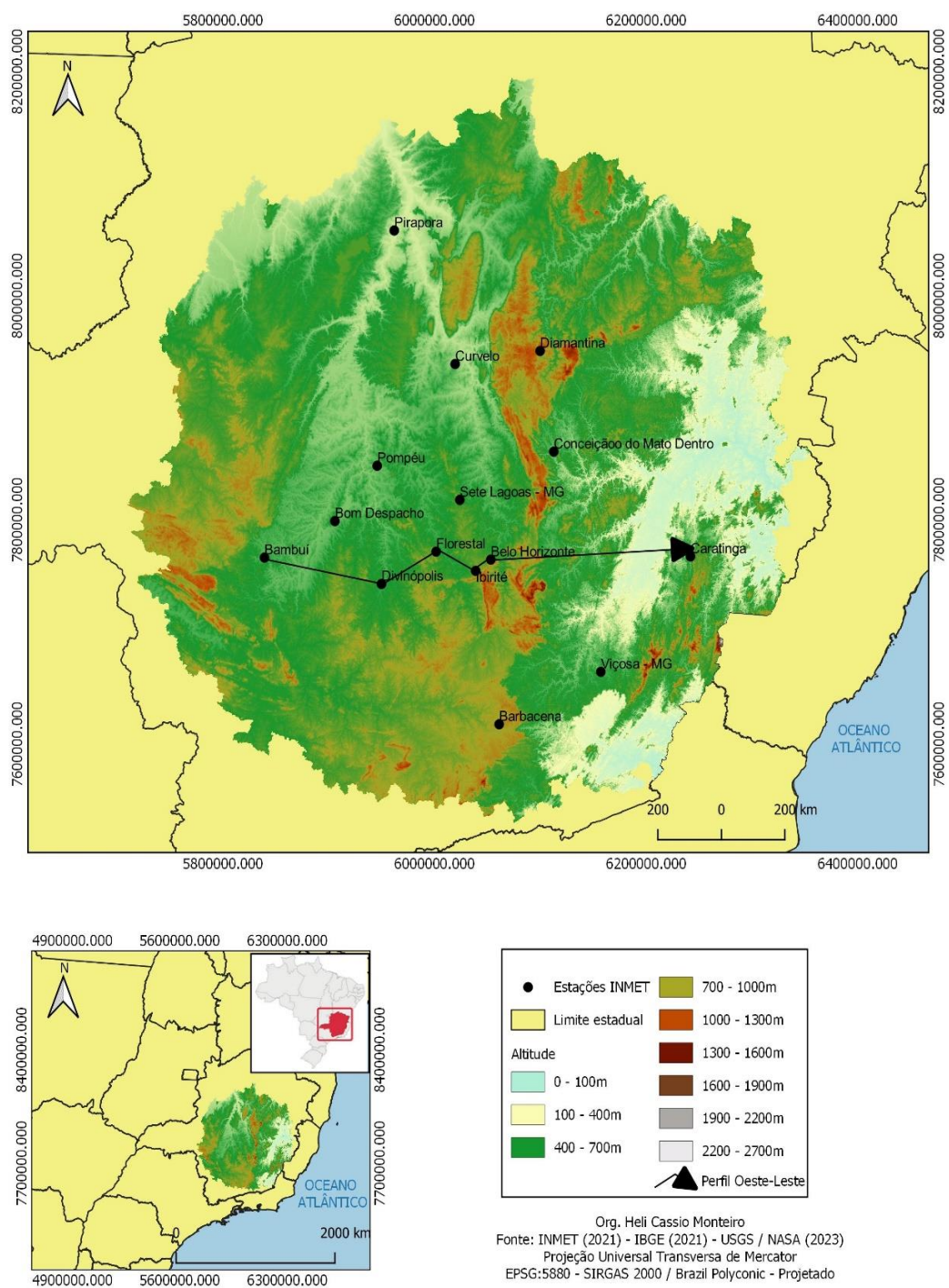
O fator climático relevo indica influência direta na composição climática dos dados de 21 a 28 de janeiro de 2020 e Ibirité, com 814m de altitude, aponta a interferência orográfica na queda de pressão atmosférica, temperatura e, conseqüentemente, precipitação.

A atuação do sistema ZCAS é diferenciada dentro do estado de Minas Gerais e na região analisada, pois a estação de Barbacena apresentou a menor precipitação entre as estações (109,2mm), apesar de sua posição latitudinal ( $21.23^{\circ}$  S) se comparada a Pirapora ( $17.34^{\circ}$  S), por exemplo.

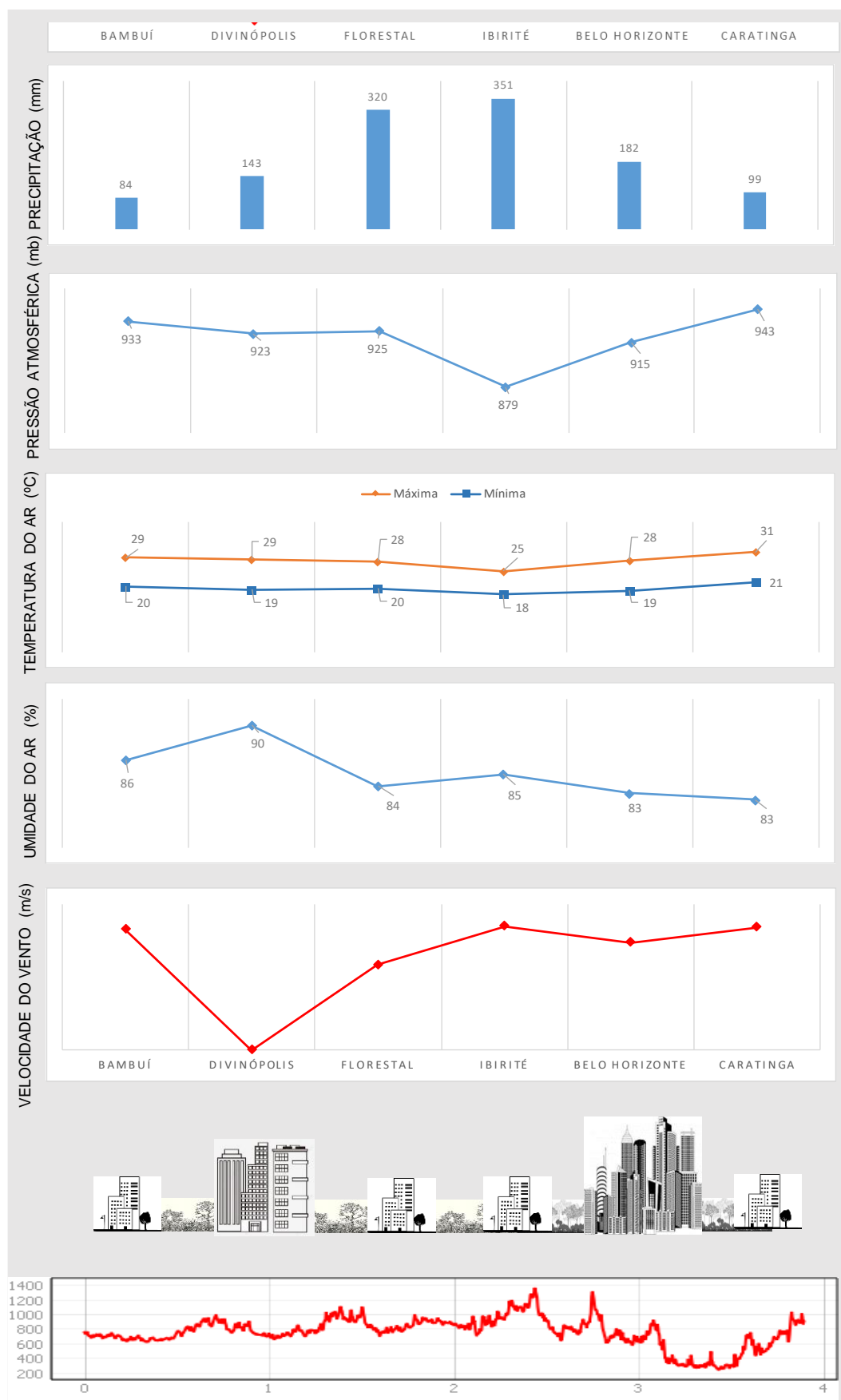
As maiores latitudes no Sudeste brasileiro estão sujeitas à entrada das frentes frias vindas do sul do país e são influenciadas por sistemas tropicalizados como o ASAS. O contato entre estes sistemas pode gerar chuvas volumosas, especialmente no verão.

No que diz respeito ao fator antrópico uso do solo, há destaque para a influência das condições urbanísticas no município de Sete Lagoas. A presença de equipamentos industriais e as consideráveis alterações de uso da terra nas últimas décadas apontam para a concentração de calor no município, com a maior temperatura entre as estações, de  $28^{\circ}\text{C}$ .

O perfil Oeste-Leste (Figura 126) está acompanhado da apresentação dos dados (Figura 127) e seguido da análise da dinâmica climática das estações deste perfil.



**Figura 126:** Perfil Oeste-Leste com as respectivas estações no mapa topográfico da área de estudo. Fonte dos dados: USGS / NASA (2023). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



**Figura 127:** Gráfico de análise rítmica dos dias 21 a 28 de janeiro de 2020 para o perfil Oeste-Leste. Fonte dos dados: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

No perfil Oeste-Leste, o grande acumulo de chuvas entre os dias 21 a 28 de janeiro nas estações analisadas segue a total influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul estacionada sobre o Sudeste brasileiro. A variação altimétrica considerável entre as estações determina a maior ou menor pluviosidade, como também a dinâmica térmica.

A maior pluviosidade de Ibirité (351mm) é acompanhada das chuvas volumosas na estação meteorológica no município de Florestal (320mm), ambas cidades da região metropolitana de Belo Horizonte (182mm) e localizadas nas seguintes respectivas altitudes: 814m, 753m e 915m.

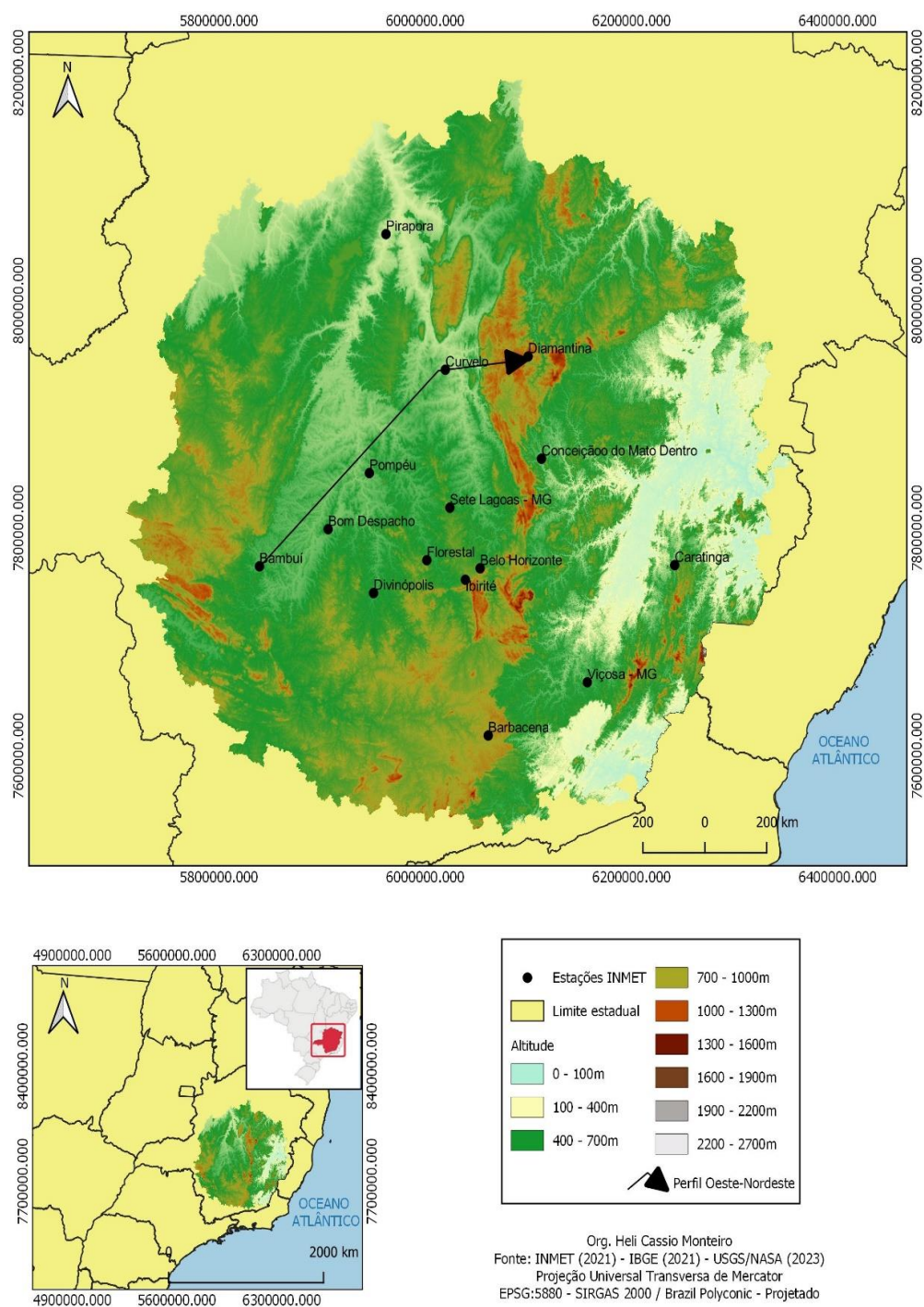
O volume de chuvas não é o único dado a ser analisado, ainda que somado às variações de temperatura e umidade. As condições de absorção social de cada município aos impactos gerados pelos eventos extremos como as chuvas da última semana do mês de janeiro de 2020, são bastante diversas.

Apesar do menor volume de chuva em Belo Horizonte se comparado à Ibirité e Florestal no período analisado, o elevado nível de impermeabilização do solo da capital mineira, os processos de ocupação desordenada no espaço urbano da cidade sofreram destruição ímpar nestes dias.

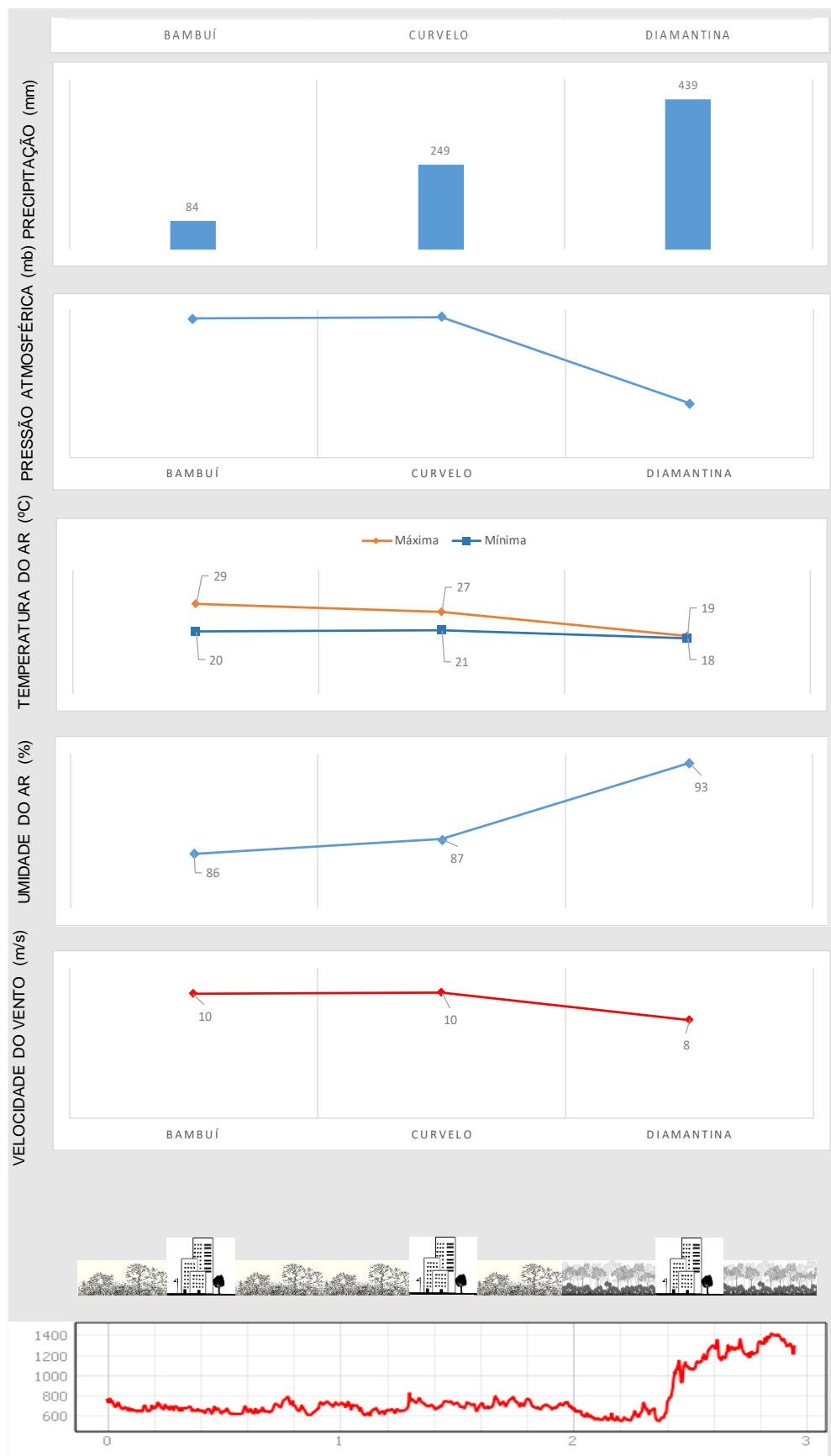
Este fato anuncia que os extremos de precipitação deveriam ser a base para qualquer planejamento de uso do espaço urbano ao invés de obras intervencionistas se basearem apenas na média dos dados de chuva ou se espelharem em construções de sucesso em países e regiões de latitude média.

As estações meteorológicas de Bambuí e Caratinga se destacam pela menor pluviosidade e relevo menos elevado se comparado às demais estações do perfil. O relativo confinamento do ar em áreas de vale favorece o aumento da temperatura, a exemplo de Caratinga com máxima de 31°C. Esse fator traz menor interferência na circulação dos ventos não se impondo para a queda de pressão, resfriamento do ar e aumento da precipitação.

O perfil Oeste-Nordeste (Figura 128) está acompanhado da apresentação dos dados (Figura 129) e seguido da análise da dinâmica climática das estações deste perfil.



**Figura 128:** Perfil Oeste-Nordeste com as respectivas estações no mapa topográfico da área de estudo. Fonte dos dados: USGS / NASA (2023). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



**Figura 129:** Gráfico de análise rítmica dos dias 21 a 28 de janeiro de 2020 para o perfil Oeste-Nordeste. Fonte dos dados: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

As estações de Bambuí, Curvelo e Diamantina sob a interferência do sistema de baixa pressão atmosférica e gerador de chuvas ZCAS apresentaram dinâmicas temporais distintas especialmente determinadas pelo fator orográfico.

A estação meteorológica do INMET no município de Bambuí foi a mais quente, menos chuvosa e menos úmida entre as três estações que compõem o perfil Oeste-Nordeste. Em Bambuí, a máxima durante os dias 21 a 28 de janeiro foi de 29°C, frente aos 19°C de Diamantina.

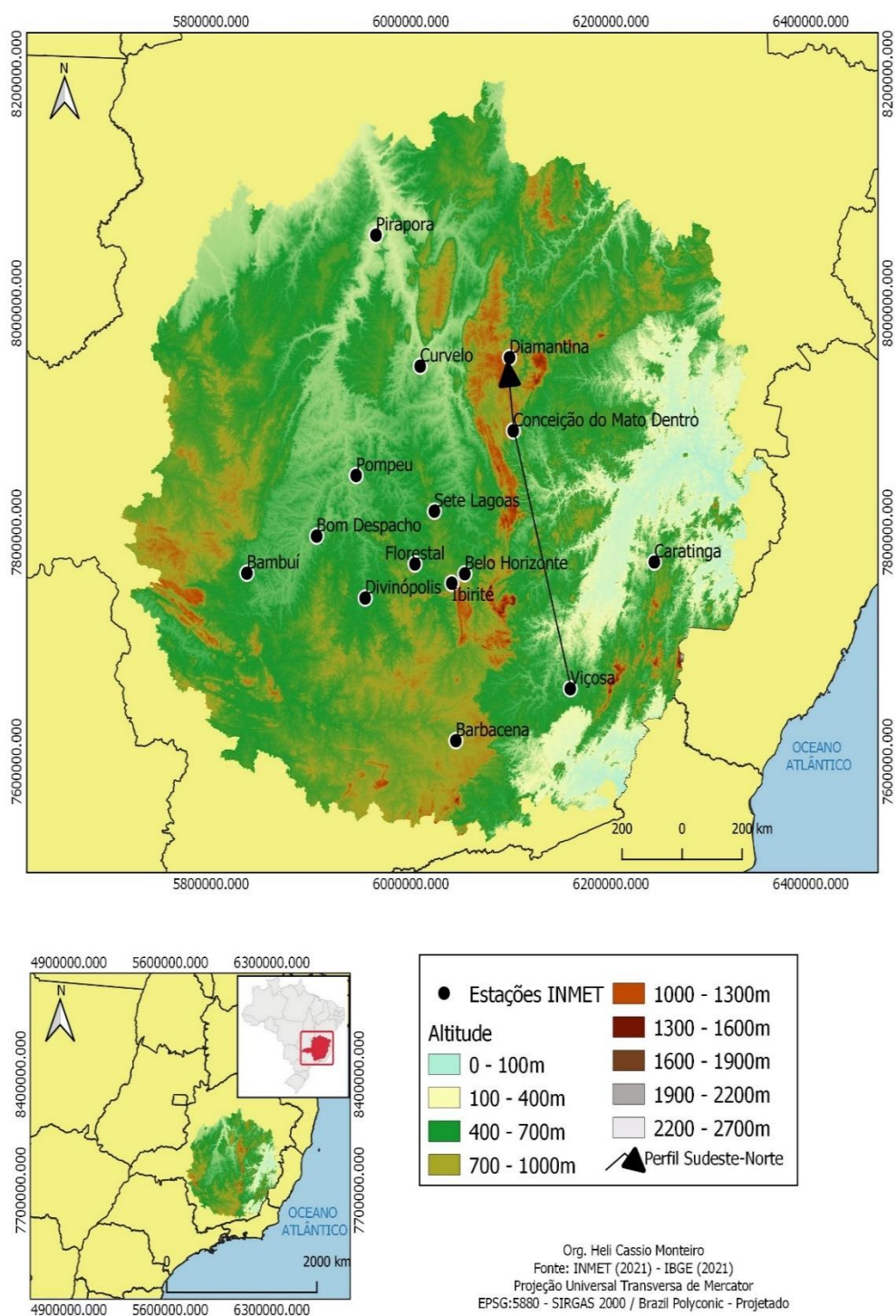
A localização da estação de Bambuí nas áreas mais baixas do interior estado implica em situações de confinamento e aquecimento diurno do ar na baixa troposfera. A falta de imposição do relevo e o fator continentalidade que afasta a região das influências dos ventos de Leste, dificultam ou impõe ritmo diferenciado em termos de ação das massas de ar.

A orografia da Serra do Espinhaço é uma atuação única do relevo como fator climático. A estação de Diamantina demonstra que mesmo em latitude baixa, 18,23° S, a altitude é um fator de primeira ordem. A menor temperatura e a maior umidade refletem em um quantitativo histórico de precipitação para uma semana de dados, de 439mm.

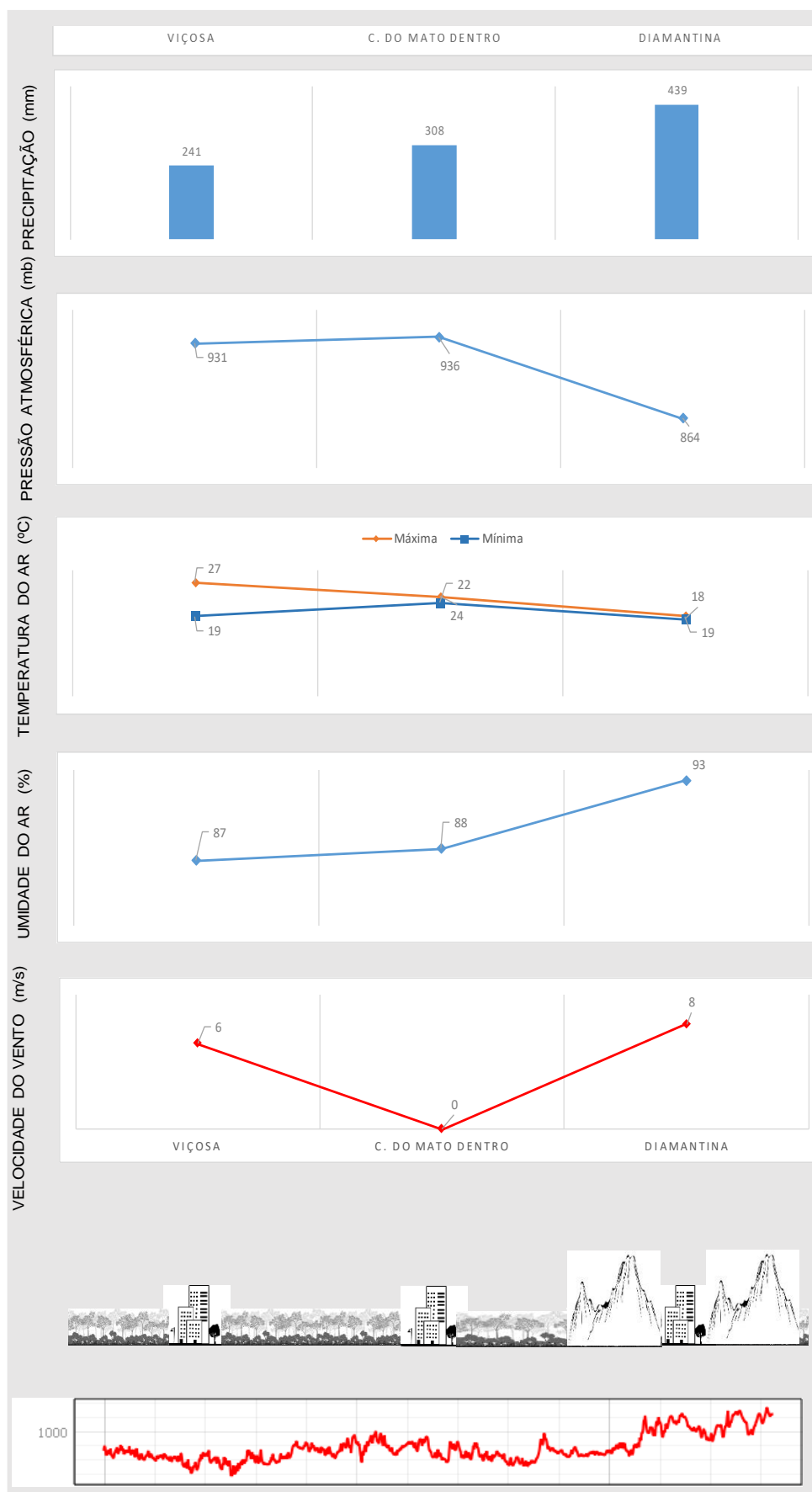
Em locais onde a umidade do ar é elevada, acompanhada de total de precipitação considerável, há uma generalização térmica. A máxima do período em Diamantina foi de 19°C, mas a mínima foi de 18°C, ou seja, a presença de água na atmosfera mostra o seu potencial de regulação térmica.

Este fato não pôde ser evidenciado nas outras estações, onde uma menor umidade do ar e precipitação foi responsável por maiores variações de máxima é mínima em Bambuí e Curvelo, 9° C e 6° C de amplitude térmica, respectivamente.

O perfil Sudeste-Norte (Figura 130) está acompanhado da apresentação dos dados (Figura 121) e seguido da análise da dinâmica climática das estações deste perfil.



**Figura 130:** Perfil Sudeste-Norte com as respectivas estações no mapa topográfico da área de estudo. Fonte dos dados: USGS / NASA (2023). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



**Figura 131:** Gráfico de análise rítmica dos dias 21 a 28 de janeiro de 2020 para o perfil Sudeste-Norte. Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Diante da total interferência da ZCAS na última semana do mês de janeiro, as estações de Viçosa, Conceição do Mato Dentro e Diamantina se apresentaram de modo distinto à tentativa de classificação do tempo atmosférico no perfil Sudeste-Norte da região pesquisada.

A estação meteorológica de Viçosa foi a mais quente entre os dias pesquisados, a menos chuvosa e menos úmida entre as três constituintes deste perfil. Sua posição latitudinal ( $20,76^{\circ}$  S) não condiz com tais condições, pois sugere menores temperaturas e maior umidade se comparada às demais, além de sua maior altitude em relação à Conceição do Mato Dentro, 712m / 663m respectivamente.

Neste caso, é preciso considerar, também, a dinâmica das massas de ar, que é essencialmente caótica, desorganizando totalmente qualquer padrão evidente. Como a disposição dos dados é mais curta, seria necessário relacionar com séries mais longas para definir a atuação das massas de ar.

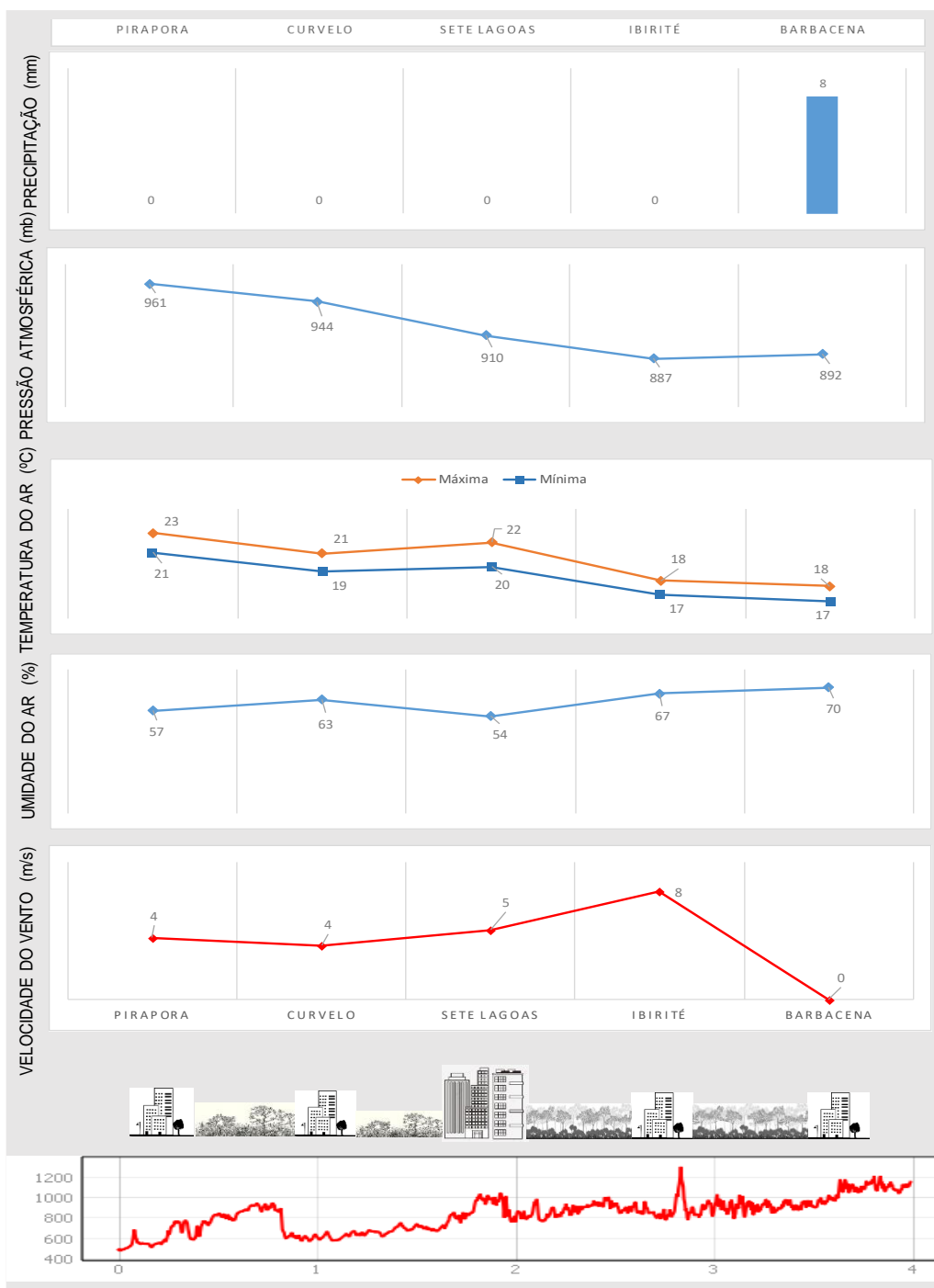
O fator antrópico uso do solo demonstra ser interferente nas condições de tipos de tempo em Viçosa, já que é a cidade mais populosa entre as três, com 79.388 habitantes segundo o IBGE (2022) e com alterações na ocupação do espaço urbano consideráveis nas últimas décadas, especialmente após a consolidação do campus universitário federal no município.

A localização do município de Conceição do Mato Dentro na borda leste da Cadeia do Espinhaço faz com que os ventos provenientes do oceano atlântico quando entram em contato com o contraforte da Serra gerem chuvas acentuadas o que pode ser verificado nos 249mm registrados.

Seguindo a tendência de outras análises, a estação meteorológica de Diamantina apresentou a maior precipitação, as menores temperaturas e a maior umidade, fruto da influência orográfica da Serra do Espinhaço na dinâmica climático do município.

O destaque neste caso vai para o acompanhamento mais próximo de Diamantina dos dados de Conceição do Mato Dentro. Este município está apresentando significativas alterações de uso do solo nos últimos anos devido a uma intensa atividade mineradora, especificamente em busca de riquezas auríferas. Estas condições ainda não conseguem evitar a influência dos ventos de leste na estação de Conceição do Mato Dentro.

O perfil Norte-Sul representado por meio dos dados de 21 a 28 de julho de 2020 (Figura 132) está seguido da análise da dinâmica temporal das estações deste perfil.



**Figura 132:** Gráfico de análise rítmica dos dias 21 a 28 de julho de 2020 para o perfil Norte-Sul. Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

No perfil Norte-Sul, as estações selecionadas de Pirapora, Curvelo, Sete Lagoas, Ibirité e Barbacena estiveram nos dias 21 a 28 de julho de 2020 sob a atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) que produz estabilidade

atmosférica, baixa nebulosidade, menor umidade relativa do ar e pouca probabilidade de chuvas nas regiões atuantes.

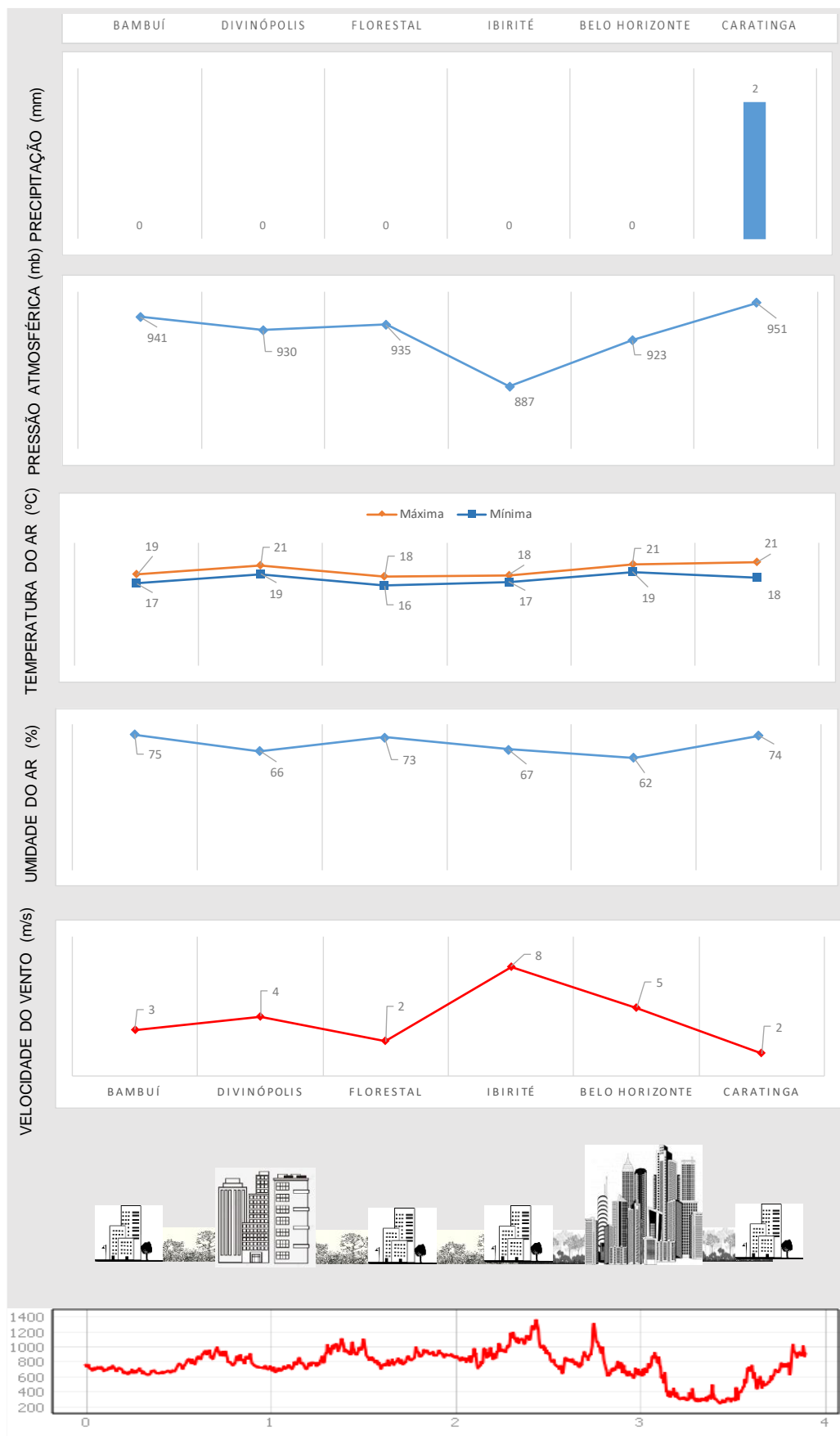
Houve precipitação considerável apenas na estação de Barbacena, com 6mm entre os dias 21 e 28 de julho de 2020. Nas demais estações, não houve precipitação, sendo acompanhado pela maior pressão atmosférica nas estações meteorológicas de Pirapora, Curvelo e Sete Lagoas – 961mb, 944mb, 910mb - respectivamente, evidenciando as condições temporais de estabilidade que marcam a estação de inverno no Sudeste brasileiro.

A posição latitudinal de Barbacena é capaz de trazer influência sobre a dinâmica atmosférica na região analisada, reduzindo neste caso a temperatura em comparação às demais estações deste perfil. A diferença latitudinal entre Pirapora (17,34° S) e Barbacena (21,23° S) e altimétrica, com 509,6m e 1128m, respectivamente, é responsável parcialmente pela diferença de 5°C no mesmo período, menor na estação meteorológica de Barbacena.

Com relação ao fator uso do solo como característica interventora na dinâmica hídrica e térmica das estações analisadas, há destaque para a estação de Sete Lagoas que apresentou temperatura próxima encontrada em Pirapora, 22°C e 23° C, respectivamente, apesar de sua posição latitudinal e altimétrica (732m – 19,46° S em Sete Lagoas, diante de 509,6 em Pirapora, 17,34° S) comparada à Pirapora.

Na dinâmica climática do perfil Norte-Sul para os dias 21 a 28 de julho de 2020, as estações meteorológicas apresentaram dados que confirmam a interferência da posição latitudinal, do relevo e do uso do solo no ritmo da precipitação, umidade e temperatura, especialmente na atuação de um sistema atmosférico produtor de condições de bom tempo como o ASAS que expõe as diferenças de dinâmica dos elementos climáticos com maior vigor.

O perfil Oeste-Leste apresentado por meio dos dados de 21 a 28 de julho de 2020 (Figura 133) está seguido da análise da dinâmica temporal das estações deste perfil.



**Figura 133:** Gráfico de análise rítmica dos dias 21 a 28 de julho de 2020 para o perfil Oeste-Leste. Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Diante da atuação do ASAS entre os dias 21 a 28 de janeiro de 2020 no Sudeste brasileiro, as estações presentes nos municípios de Bambuí, Divinópolis, Florestal, Ibirité, Belo Horizonte e Caratinga apresentaram dinâmicas de chuva, umidade e temperatura muito semelhantes com variações direcionadas especialmente pelo fator relevo.

O único volume de precipitação registrado foi na estação de Caratinga, com apenas 2mm, o que não é incomum para o mês de julho no qual as médias são sempre muito baixas para este componente. Nas demais estações deste perfil não houve eventos registrados de chuva.

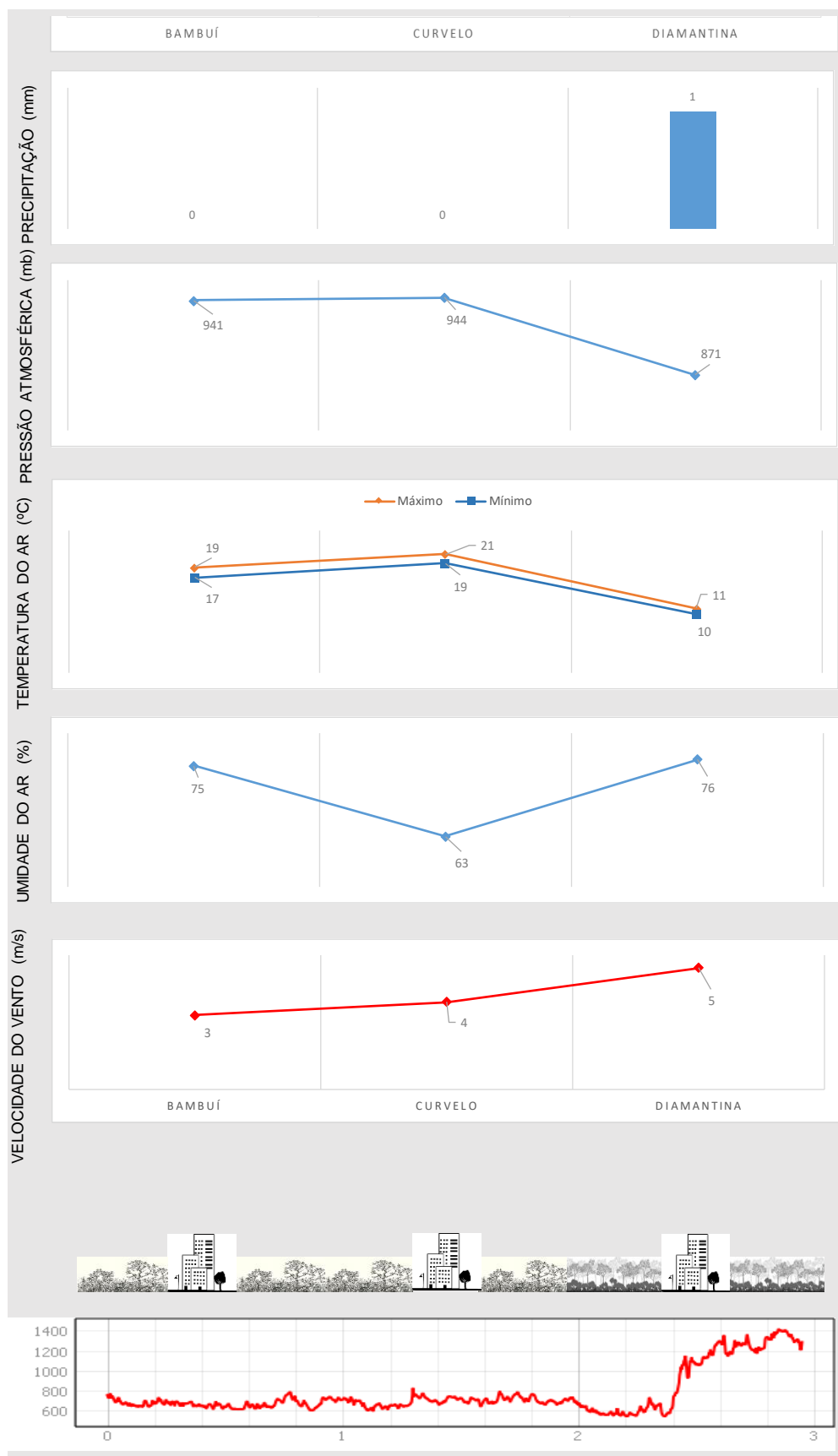
A pressão atmosférica foi menor no município de Ibirité, determinada neste caso pela altitude da estação, 814m, e sua maior disponibilidade à interferência dos ventos de vale que atuam durante o dia pelo aquecimento da superfície nas áreas depressionárias levando à perda de pressão do ar nos pontos elevados do relevo.

A maior velocidade do vento, 8m/s, na estação de Ibirité também aponta a participação de movimentos ascendentes de ar pelo aquecimento diurno das superfícies. Na cidade de Caratinga, sua posição altimétrica, 609m, menos exposta à ventos superiores e sujeita ao confinamento do ar atmosférico é demonstrada pela baixa velocidade do vento, 2m/s.

As estações de Ibirité e Florestal apresentaram as menores temperaturas máximas e mínimas, o que pode ser resultado do relevo e da posição altimétrica (753m e 814m, temperaturas máximas e mínimas de 18°C/18°C – 16°C/17°C, respectivamente), mas também influência de áreas vegetadas no entorno das estações.

A estação de Belo Horizonte que se encontra a 915m de altitude não seguiu a tendência das estações de Ibirité e Florestal, mesmo sendo de maior altitude do que estas. Este fato se dá pelo elevado nível de alteração do solo presente em Belo Horizonte e sua intensa área urbanizada, fatores que trazem influência direta para a dinâmica térmica da atmosfera sobre o município.

O perfil Oeste-Leste apresentado por meio dos dados de 21 a 28 de julho de 2020 (Figura 134) está seguido da análise da dinâmica temporal das estações deste perfil.



**Figura 134:** Gráfico de análise rítmica dos dias 21 a 28 de julho de 2020 para o perfil Oeste-Nordeste. Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

O perfil Oeste-Nordeste na região analisada esteve sob a atuação do sistema atmosférico ASAS entre os dias 21 e 28 de junho de 2020 e foram identificadas configurações de dinâmicas atmosféricas distintas nas estações meteorológicas dos municípios de Bambuí, Curvelo e Diamantina.

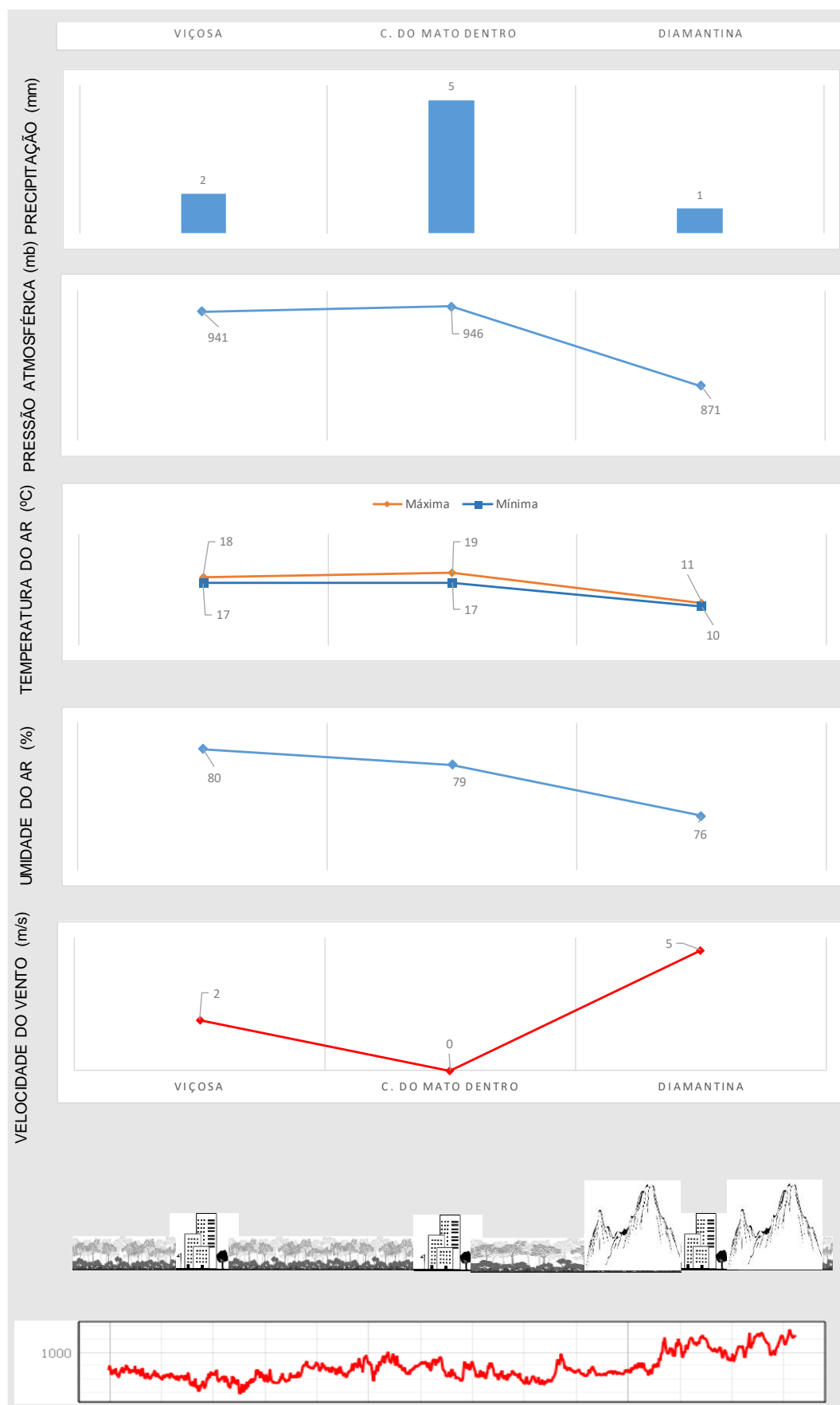
Houve registro de precipitação apenas no município de Diamantina durante os dias analisados. As condições de tempo impostas pelo ASAS impossibilitaram grandes medidas de pluviosidade nesta época do ano, devido à sua atuação estabilizadora da atmosfera. Os riscos de queimadas e tempo extremamente seco são iminentes no mês de julho no sudeste brasileiro.

O fator relevo se mostra predominante no ritmo dos componentes climáticos entre as três estações. A estação de Diamantina é a mais elevada entre as 15 estações analisadas nesta pesquisa. Os seus 1318m conseguem imprimir condições de chuva, ainda que pouco volumosa, mesmo em um mês habitualmente seco.

A orografia da Serra do Espinhaço é fundamental na expressão dos dados, que se tornam muito típicos para a região. Na estação de Diamantina a pressão ao ar é menor, devido à coluna de ar reduzida sobre o topo da Serra, favorecendo a precipitação ou mesmo a maior umidade do ar.

A temperatura também é bastante atenuada pelo fator relevo. A diferença de temperatura máxima da estação de Diamantina para a estação de Curvelo é de 10°C e da mínima é de 9°C a menos a favor de Diamantina. As duas estações possuem posição latitudinal semelhante, Curvelo, 18,74° S e Diamantina, 18, 23° S, fato que não consegue se sobrepor a influência do relevo sobre os componentes climáticos medidos.

O perfil Sudeste-Norte apresentado por meio dos dados de 21 a 28 de julho de 2020 (Figura 135) está seguido da análise da dinâmica temporal das estações deste perfil.



**Figura 135:** Gráfico de análise rítmica dos dias 21 a 28 de julho de 2020 para o perfil Sudeste-Nordeste. Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

Nos dias 21 a 28 de julho de 2020 atuou sobre o sudeste brasileiro o sistema atmosférico Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). Este sistema favorece as condições de estabilidade atmosférica pois atua por meio de seu centro de alta pressão atmosférica descendente em superfície, expulsando a nebulosidade.

O aquecimento dinâmico do ar por compressão adiabática dificulta a formação de nebulosidade. Esse mesmo aquecimento aumenta o potencial evaporativo do ar, fazendo a umidade relativa diminuir. Essa redução da UR é relativa, pois a quantidade de água continua a mesma. O que realmente se modificou foi o potencial evaporativo do ar ou a capacidade do ar de abrigar água que aumentou em função da elevação da temperatura do ar, distanciando-o da saturação.

O volume de chuvas é extremamente reduzido nesta época do ano no sudeste brasileiro, mas os registros ainda podem ser realizados como evidenciado entre as três estações meteorológicas do perfil Sudeste-Norte, Viçosa, Conceição do Mato Dentro e Diamantina.

A maior pluviosidade, ainda que reduzida, entre as três estações foi verificada na estação de Conceição do Mato Dentro (5mm) frente aos 2mm e 1mm de Viçosa e Diamantina, respectivamente. O município de Conceição do Mato Dentro se encontra na vertente leste da Serra do Espinhaço, uma cadeia de elevações que influencia diretamente na queda de pressão e chuvas (efeito orográfico).

O ASAS atua no sentido anti-horário do sudeste brasileiro, levando os ventos úmidos do Atlântico em direção ao continente sendo barrado em parte pela cadeia do Espinhaço e resultante em precipitações consideráveis na borda leste da Serra, como é o caso do município de Conceição do Mato Dentro.

A condição mais elevada da estação meteorológica do INMET no município de Diamantina (1318m), frente aos 663m de Conceição do Mato Dentro e os 712m de Viçosa, apresentou no caso do perfil Oeste-Norte uma maior influência na dinâmica térmica da estação se comparada a interferência na pluviosidade.

A estação de Diamantina foi, entre os dias analisados, 8°C mais fria em relação à máxima de Conceição do Mato Dentro e 7°C em relação à Viçosa. A temperatura mínima de Diamantina foi 7°C menor do que as mínimas registradas em Conceição do Mato Dentro. A menor pressão do ar à suscetibilidade de influência de ventos de nível superior tornou o ar mais frio na estação de Diamantina neste período.

As condições locais de topografia em Diamantina e a atuação dos ASAS pode ter provocado as acentuadas diferenças de temperatura entre esta estação e as

estações de Conceição do Mato Dentro e Viçosa. Em medidas horárias-diárias dos componentes climáticos é possível identificar variações significativas de temperatura e umidade em áreas próximas. Este fator, estações distantes como as mencionadas, pode ser intensificado devido às condições locais de topografia a atuação de massas de ar.

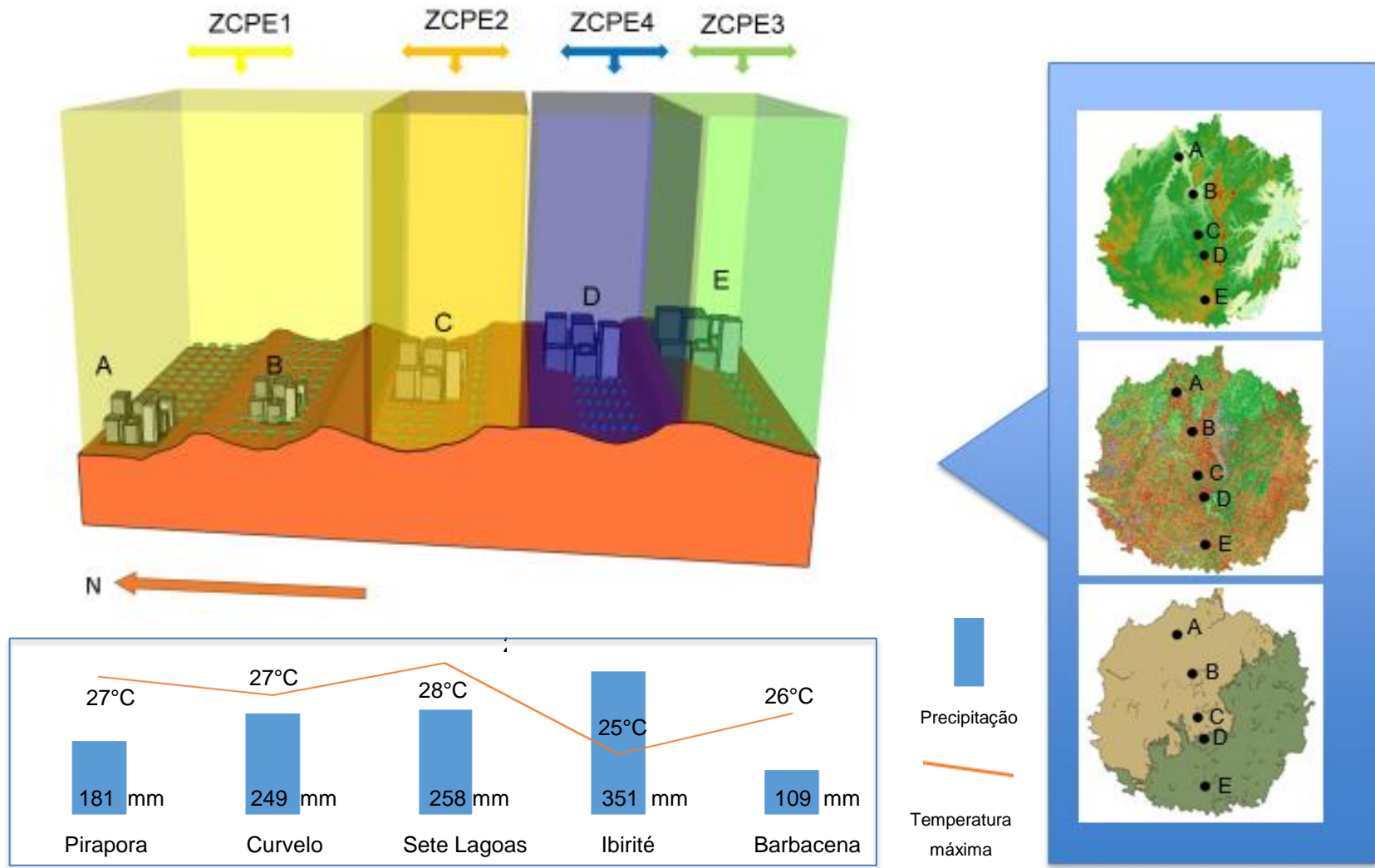
#### 5.5.1 Perfis Geoecológicos de tipos de tempo

Para classificar os variados tipos de tempo presentes na área de estudo, foram gerados os perfis geoecológicos com ênfase nos tipos de tempo por meio da análise de fatores regionais e locais na dinâmica atmosférica das estações selecionadas.

Para a melhor compreensão dos tipos de tempo presentes na área estudo com os respectivos perfis definidores foi realizada a inserção de parâmetros naturais e antrópicos junto ao perfil. Estes parâmetros são o mapa topográfico base utilizado na pesquisa, o mapa de uso e ocupação do solo, além da carta de formações vegetais no estado de Minas Gerais.

Os perfis com os tipos de tempo estão acompanhados dos fatores geográficos regionais/locais como relevo, uso do solo e vegetação que ajudaram a definir os tipos de tempo. As cores utilizadas representaram maior ou menor temperatura, sendo gradativas crescentes (amarelo, laranja, verde e azul)

O perfil Norte-Sul definido a partir dos dados dos 21 a 28 de janeiro de 2020 (Figura 136) está acompanhado da descrição dos tipos de tempo presentes neste mês (Quadro 1) e para o mês de julho de 2020, o perfil Norte Sul (Figura 137) está acompanhado da descrição dos tipos de tempo (Quadro2). Nesta mesma sequência está o perfil Oeste-Leste (Figura 138); (Quadro 3) / (Figura 139); (Quadro 4); o perfil Oeste Nordeste (Figura 140); (Quadro 5) / (Figura 141); (Quadro 6) e o perfil Sudeste-Norte (Figura 142); (Quadro 7) / (Figura 143); (Quadro 8).

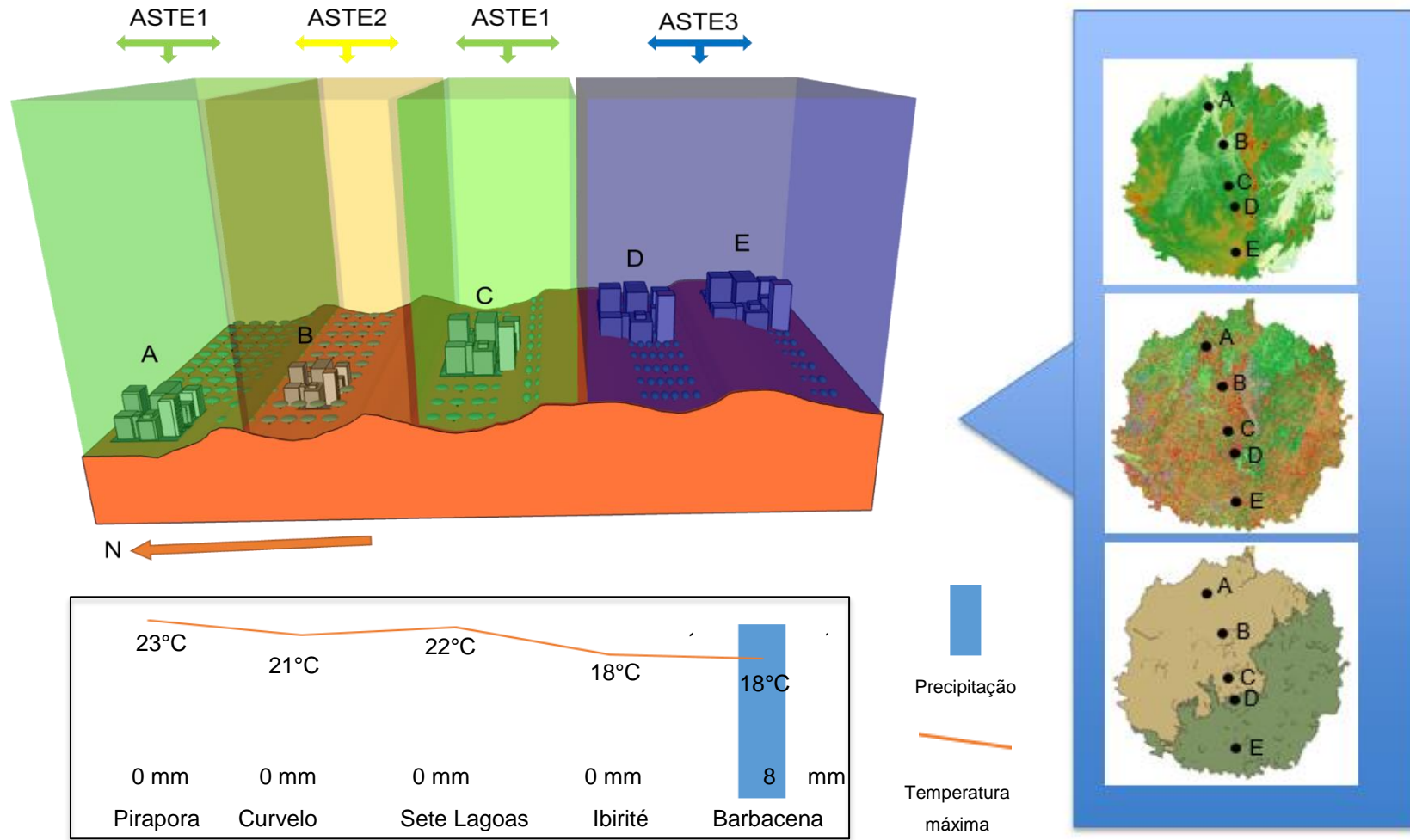


**Figura 136:** Perfil geocológico com os tipos de tempo entre os dias 21 a 28 de janeiro no perfil Norte-Sul. Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

**Quadro 1:** Classificação e descrição dos tipos de tempo no perfil Norte-Sul durante os dias 21 a 28 de janeiro de 2020.

	Estação	Tipos de tempo
A	Pirapora	ZCPE 1– Zona de Convergência com Precipitação Elevada 1. Tipo de tempo marcado por Chuvas intensas acompanhadas de temperaturas máximas acima dos 25° C e mínimas acima dos 20°C. A umidade do ar é superior aos 80% e ventos com rajadas entre 8 e 10 m/s. A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul estacionária nas condições de tempo é predominante.
B	Curvelo	ZCPE1– Zona de Convergência com Precipitação Elevada 1. Tipo de tempo marcado por Chuvas intensas acompanhadas de temperaturas máximas acima dos 25° C e mínimas acima dos 20°C. A umidade do ar é superior aos 80% e ventos com rajadas entre 8 e 10 m/s. A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul estacionária nas condições de tempo é predominante.
C	Sete Lagoas	ZCPE2 – Zona de Convergência com Precipitação Elevada 2. Tipo de tempo marcado por chuvas intensas acompanhadas de temperaturas máximas acima dos 27°C e mínimas acima dos 20°C. A umidade do ar é superior aos 80% e a velocidade dos ventos é igual ou superior aos 10m/s. A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul estacionária nas condições de tempo é predominante.
D	Ibirité	ZCPE3 - Zona de Convergência com Precipitação Elevada 3 – Tipo de tempo marcado por chuvas intensas acompanhadas de temperaturas máximas iguais ou abaixo dos 25°C e mínima abaixo dos 20° C. A umidade do ar é superior aos 80% e a velocidade de ventos é igual aos 10 m/s. A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul estacionária nas condições de tempo é predominante.
E	Barbacena	ZCPE4 - Zona de Convergência com Precipitação Elevada 4. Tipo de tempo marcado por chuvas intensas acompanhadas de temperaturas máximas acima dos 25° C e mínimas acima dos 17°C. A umidade do ar é superior aos 80% e velocidade dos ventos abaixo dos 10m/s. A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul estacionária nas condições de tempo é predominante.

Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

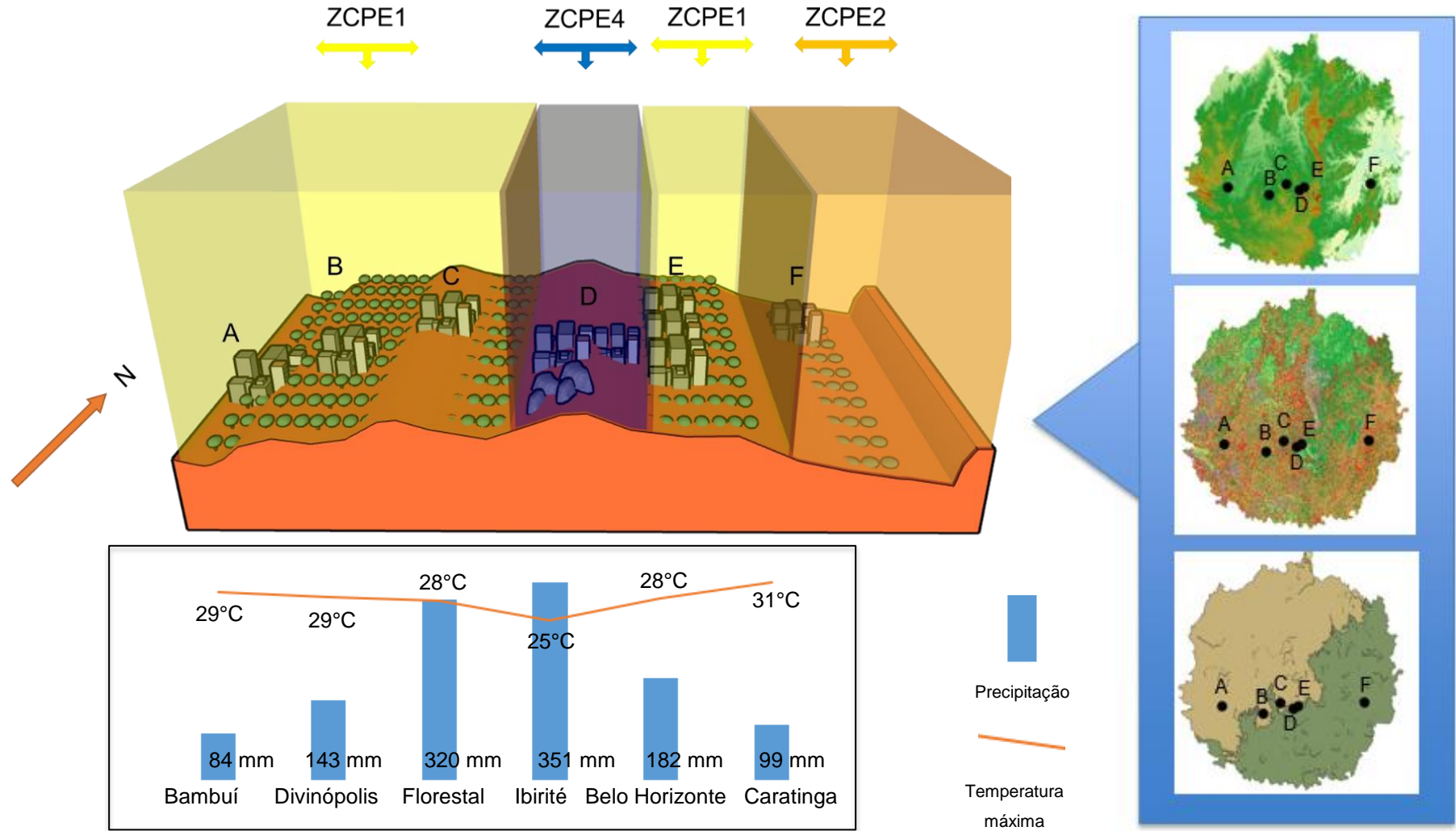


**Figura 137:** Perfil geocológico com os tipos de tempo entre os dias 21 a 28 de julho no perfil Norte-Sul. Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

**Quadro 2:** Classificação e descrição dos tipos de tempo no perfil Norte-Sul durante os dias 21 a 28 de julho de 2020.

	Estação	Tipos de tempo
A	Pirapora	ASTE1 = Anticiclone Subtropical com Tempo Estável 1. Tipo de tempo estável com pouca nebulosidade e precipitação baixa ou nula acompanhado de temperaturas máximas acima dos 20° C e mínimas iguais ou menores que 20°C. A umidade do ar é inferior aos 60% e os ventos apresentam rajadas abaixo dos 5 m/s. A influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é predominante.
B	Curvelo	ASTE2 = Anticiclone Subtropical com Tempo Estável 2. Tipo de tempo estável com pouca nebulosidade e precipitação baixa ou nula acompanhado de temperaturas máximas acima dos 20° C e mínimas menores que 20°C. A umidade do ar é superior aos 60% e os ventos apresentam rajadas abaixo dos 5 m/s. A influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é predominante.
C	Sete Lagoas	ASTE1 = Anticiclone Subtropical com Tempo Estável 1. Tipo de tempo estável com pouca nebulosidade e precipitação baixa ou nula acompanhado de temperaturas máximas acima dos 20° C e mínimas iguais ou menores que 20°C. A umidade do ar é inferior aos 60% e os ventos apresentam rajadas abaixo dos 5 m/s. A influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é predominante.
D	Ibirité	ASTE3 = Anticiclone Subtropical com Tempo Estável 3. Tipo de tempo estável com pouca nebulosidade e precipitação baixa ou nula acompanhado de temperaturas máximas abaixo dos 20° C e mínimas menores que 18°C. A umidade do ar é superior aos 65% e os ventos apresentam rajadas acima de 5 m/s. A influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é predominante.
E	Barbacena	ASTE3 = Anticiclone Subtropical com Tempo Estável 3. Tipo de tempo estável com pouca nebulosidade e precipitação baixa ou nula acompanhado de temperaturas máximas abaixo dos 20° C e mínimas menores que 18°C. A umidade do ar é superior aos 65% e os ventos apresentam rajadas acima de 5 m/s. A influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é predominante.

Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

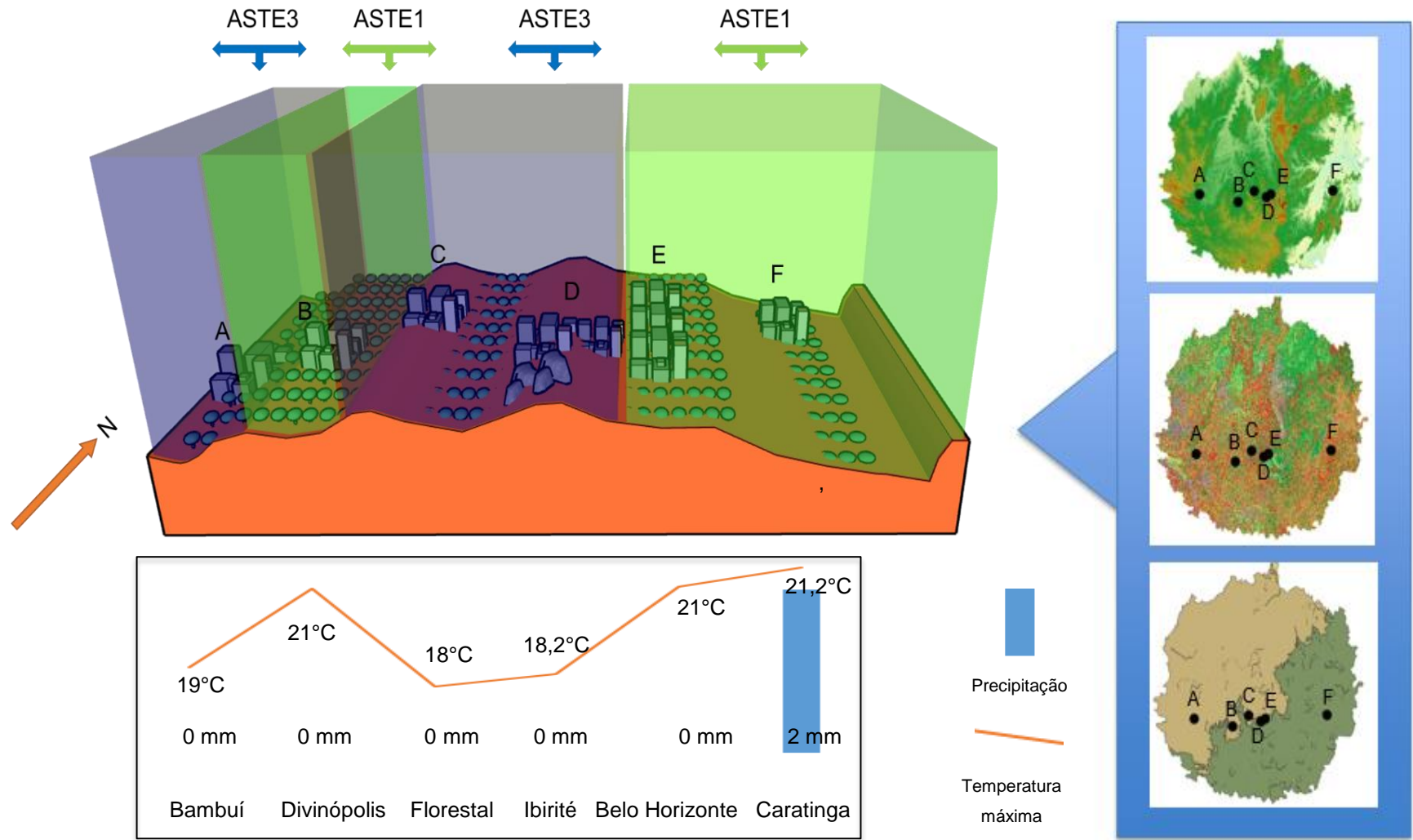


**Figura 138:** Perfil geocológico com os tipos de tempo entre os dias 21 a 28 de janeiro no perfil Oeste-Leste. Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

**Quadro 3:** Classificação e descrição dos tipos de tempo no perfil Oeste-Leste durante os dias 21 a 28 de janeiro de 2020.

	Estação	Tipos de tempo
A	BambuÍ	ZCPE1 – Zona de Convergência com Precipitação Elevada 1. Tipo de tempo marcado por Chuvas intensas acompanhadas de temperaturas máximas acima dos 25° C e mínimas acima dos 20°C. A umidade do ar é superior aos 80% e ventos com rajadas entre 8 e 10 m/s. A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul estacionária nas condições de tempo é predominante.
B	Divinópolis	ZCPE1 – Zona de Convergência com Precipitação Elevada 1. Tipo de tempo marcado por Chuvas intensas acompanhadas de temperaturas máximas acima dos 25° C e mínimas acima dos 20°C. A umidade do ar é superior aos 80% e ventos com rajadas entre 8 e 10 m/s. A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul estacionária nas condições de tempo é predominante.
C	Florestal	ZCPE1 – Zona de Convergência com Precipitação Elevada 1. Tipo de tempo marcado por Chuvas intensas acompanhadas de temperaturas máximas acima dos 25° C e mínimas acima dos 20°C. A umidade do ar é superior aos 80% e ventos com rajadas entre 8 e 10 m/s. A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul estacionária nas condições de tempo é predominante
D	Ibirité	ZCPE4 - Zona de Convergência com Precipitação Elevada 4. Tipo de tempo marcado por chuvas intensas acompanhadas de temperaturas máximas acima dos 25° C e mínimas acima dos 17°C. A umidade do ar é superior aos 80% e velocidade dos ventos abaixo dos 10m/s. A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul estacionária nas condições de tempo é predominante.
E	Belo Horizonte	ZCPE1 – Zona de Convergência com Precipitação Elevada 1. Tipo de tempo marcado por Chuvas intensas acompanhadas de temperaturas máximas acima dos 25° C e mínimas acima dos 20°C. A umidade do ar é superior aos 80% e ventos com rajadas entre 8 e 10 m/s. A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul estacionária nas condições de tempo é predominante.
F	Caratinga	ZCPE2 – Zona de Convergência com Precipitação Elevada 2. Tipo de tempo marcado por chuvas intensas acompanhadas de temperaturas máximas acima dos 27°C e mínimas acima dos 20°C. A umidade do ar é superior aos 80% e a velocidade dos ventos é igual ou superior aos 10m/s. A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul estacionária nas condições de tempo é predominante.

Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

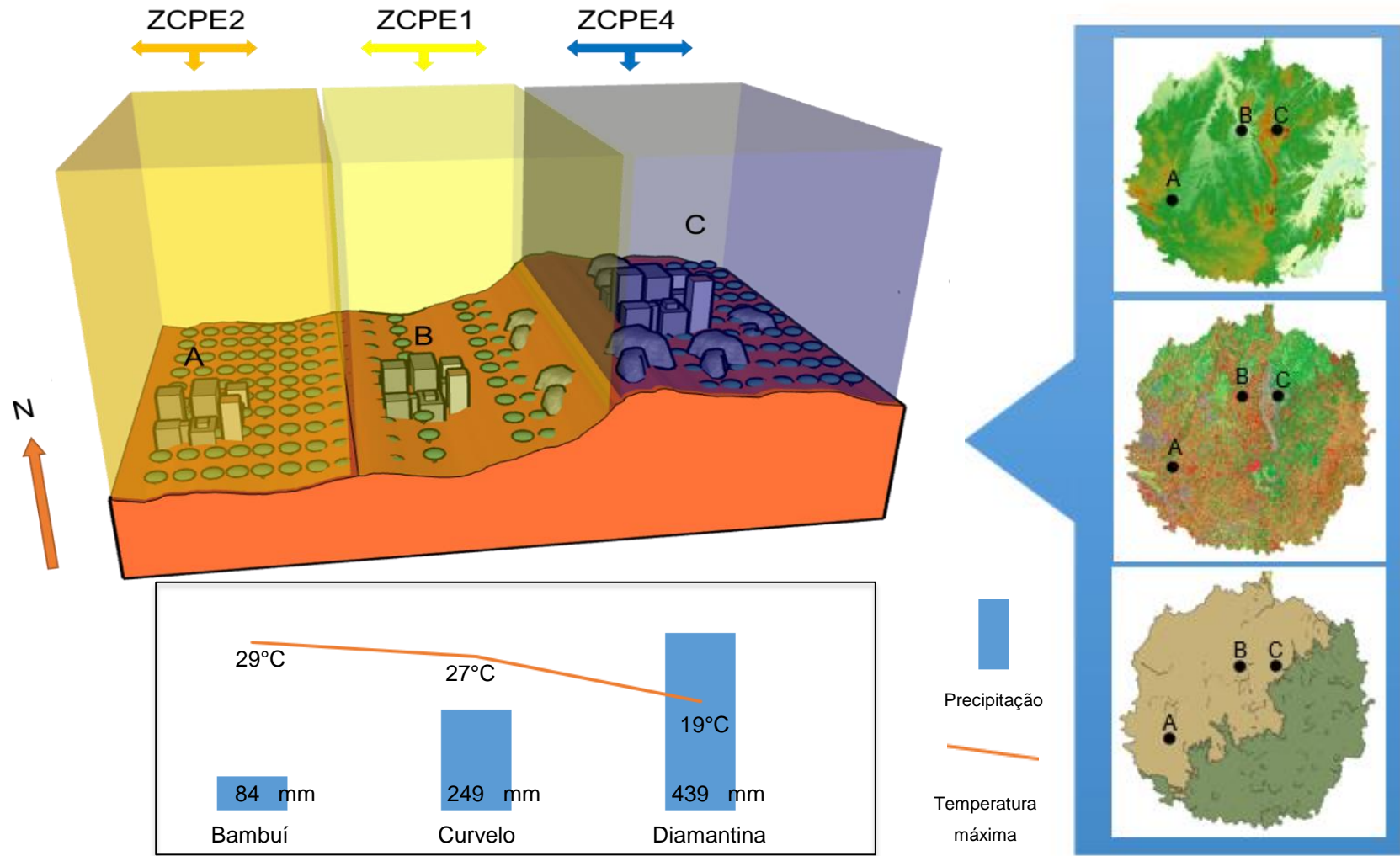


**Figura 139.** Perfil geocológico com os tipos de tempo entre os dias 21 a 28 de julho no perfil Oeste-Leste. Fonte: INMET 2022

**Quadro 4:** Classificação e descrição dos tipos de tempo no perfil Oeste-Leste durante os dias 21 a 28 de julho de 2020.

	Estação	Tipos de tempo
A	BambuÍ	ASTE3 = Anticiclone Subtropical com Tempo Estável 3. Tipo de tempo estável com pouca nebulosidade e precipitação baixa ou nula acompanhado de temperaturas máxima abaixo dos 20° C e mínimas menores que 18°C. A umidade do ar é superior aos 65% e os ventos apresentam rajadas acima dos 5 m/s. A influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é predominante.
B	Divinópolis	ASTE1 = Anticiclone Subtropical com Tempo Estável 1. Tipo de tempo estável com pouca nebulosidade e precipitação baixa ou nula acompanhado de temperaturas máxima acima dos 20° C e mínimas iguais ou menores que 20°C. A umidade do ar é inferior aos 60% e os ventos apresentam rajadas abaixo dos 5 m/s. A influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é predominante.
C	Florestal	ASTE3 = Anticiclone Subtropical com Tempo Estável 3. Tipo de tempo estável com pouca nebulosidade e precipitação baixa ou nula acompanhado de temperaturas máxima abaixo dos 20° C e mínimas menores que 18°C. A umidade do ar é superior aos 65% e os ventos apresentam rajadas acima dos 5 m/s. A influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é predominante.
D	Ibirité	ASTE3 = Anticiclone Subtropical com Tempo Estável 3. Tipo de tempo estável com pouca nebulosidade e precipitação baixa ou nula acompanhado de temperaturas máxima abaixo dos 20° C e mínimas menores que 18°C. A umidade do ar é superior aos 65% e os ventos apresentam rajadas acima dos 5 m/s. A influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é predominante.
E	Belo Horizonte	ASTE1 = Anticiclone Subtropical com Tempo Estável 1. Tipo de tempo estável com pouca nebulosidade e precipitação baixa ou nula acompanhado de temperaturas máxima acima dos 20° C e mínimas iguais ou menores que 20°C. A umidade do ar é inferior aos 60% e os ventos apresentam rajadas abaixo dos 5 m/s. A influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é predominante.
F	Caratinga	ASTE1 = Anticiclone Subtropical com Tempo Estável 1. Tipo de tempo estável com pouca nebulosidade e precipitação baixa ou nula acompanhado de temperaturas máxima acima dos 20° C e mínimas iguais ou menores que 20°C. A umidade do ar é inferior aos 60% e os ventos apresentam rajadas abaixo dos 5 m/s. A influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é predominante.

Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

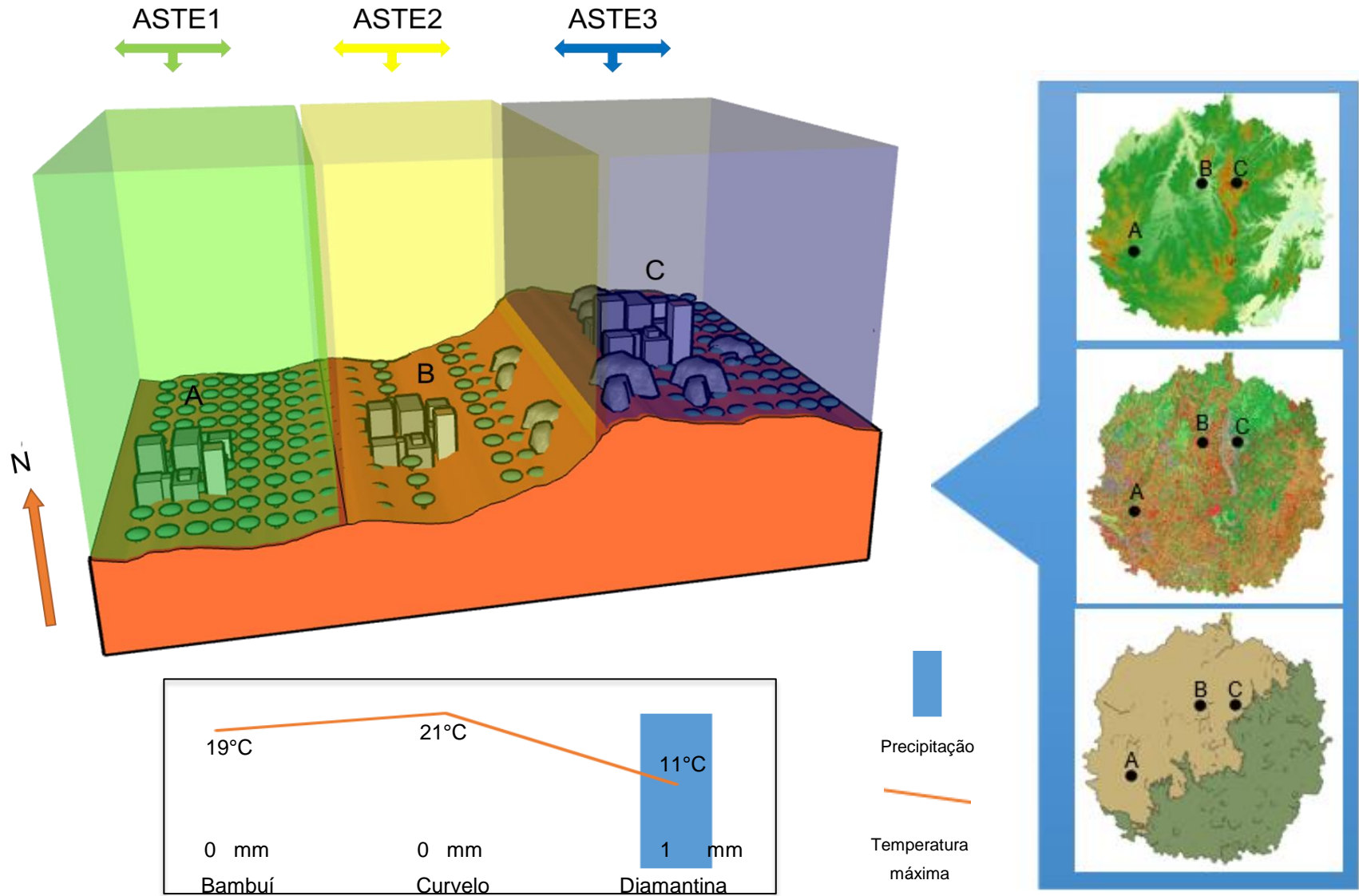


**Figura 140:** Perfil geocológico com os tipos de tempo entre os dias 21 a 28 de janeiro no perfil Oeste-Nordeste . Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

**Quadro 5:** Classificação e descrição dos tipos de tempo no perfil Oeste-Nordeste durante os dias 21 a 28 de janeiro de 2020.

	Estação	Tipos de tempo
A	BambuÍ	ZCPE2 – Zona de Convergência com Precipitação Elevada 2. Tipo de tempo marcado por chuvas intensas acompanhadas de temperaturas máximas acima dos 27°C e mínimas acima dos 20°C. A umidade do ar é superior aos 80% e a velocidade dos ventos é igual ou superior aos 10m/s. A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul estacionária nas condições de tempo é predominante.
B	Curvelo	ZCPE1 – Zona de Convergência com Precipitação Elevada 1. Tipo de tempo marcado por Chuvas intensas acompanhadas de temperaturas máximas acima dos 25° C e mínimas acima dos 20°C. A umidade do ar é superior aos 80% e ventos com rajadas entre 8 e 10 m/s. A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul estacionária nas condições de tempo é predominante.
C	Diamantina	ZCPE4 - Zona de Convergência com Precipitação Elevada 4. Tipo de tempo marcado por chuvas intensas acompanhadas de temperaturas máximas acima dos 25° C e mínimas acima dos 17°C. A umidade do ar é superior aos 80% e velocidade dos ventos abaixo dos 10m/s. A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul estacionária nas condições de tempo é predominante.

Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

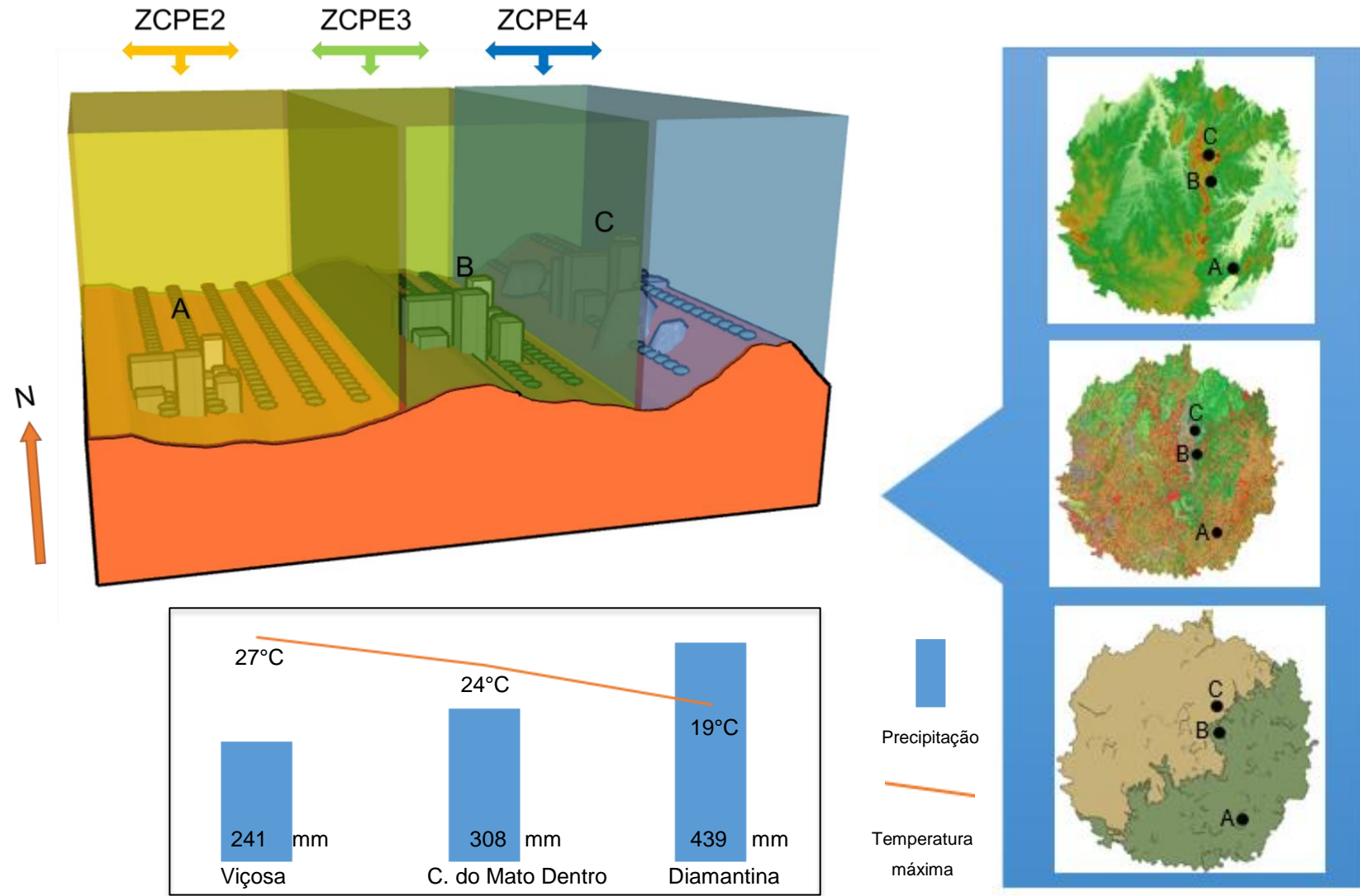


**Figura 141:** Perfil geocológico com os tipos de tempo entre os dias 21 a 28 de julho no perfil Oeste-Nordeste . Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

**Quadro 6:** Classificação e descrição dos tipos de tempo no perfil Oeste-Nordeste durante os dias 21 a 28 de julho de 2020.

	Estação	Tipos de tempo
A	Bambuí	ASTE1 = Anticiclone Subtropical com Tempo Estável 1. Tipo de tempo estável com pouca nebulosidade e precipitação baixa ou nula acompanhado de temperaturas máxima acima dos 20° C e mínimas iguais ou menores que 20°C. A umidade do ar é inferior aos 60% e os ventos apresentam rajadas abaixo dos 5 m/s. A influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é predominante.
B	Curvelo	ASTE2 = Anticiclone Subtropical com Tempo Estável 2. Tipo de tempo estável com pouca nebulosidade e precipitação baixa ou nula acompanhado de temperaturas máximas acima dos 20° C e mínimas menores que 20°C. A umidade do ar é superior aos 60% e os ventos apresentam rajadas abaixo dos 5 m/s. A influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é predominante.
C	Diamantina	ASTE3 = Anticiclone Subtropical com Tempo Estável 3. Tipo de tempo estável com pouca nebulosidade e precipitação baixa ou nula acompanhado de temperaturas máxima abaixo dos 20° C e mínimas menores que 18°C. A umidade do ar é superior aos 65% e os ventos apresentam rajadas acima dos 5 m/s. A influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é predominante.

Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

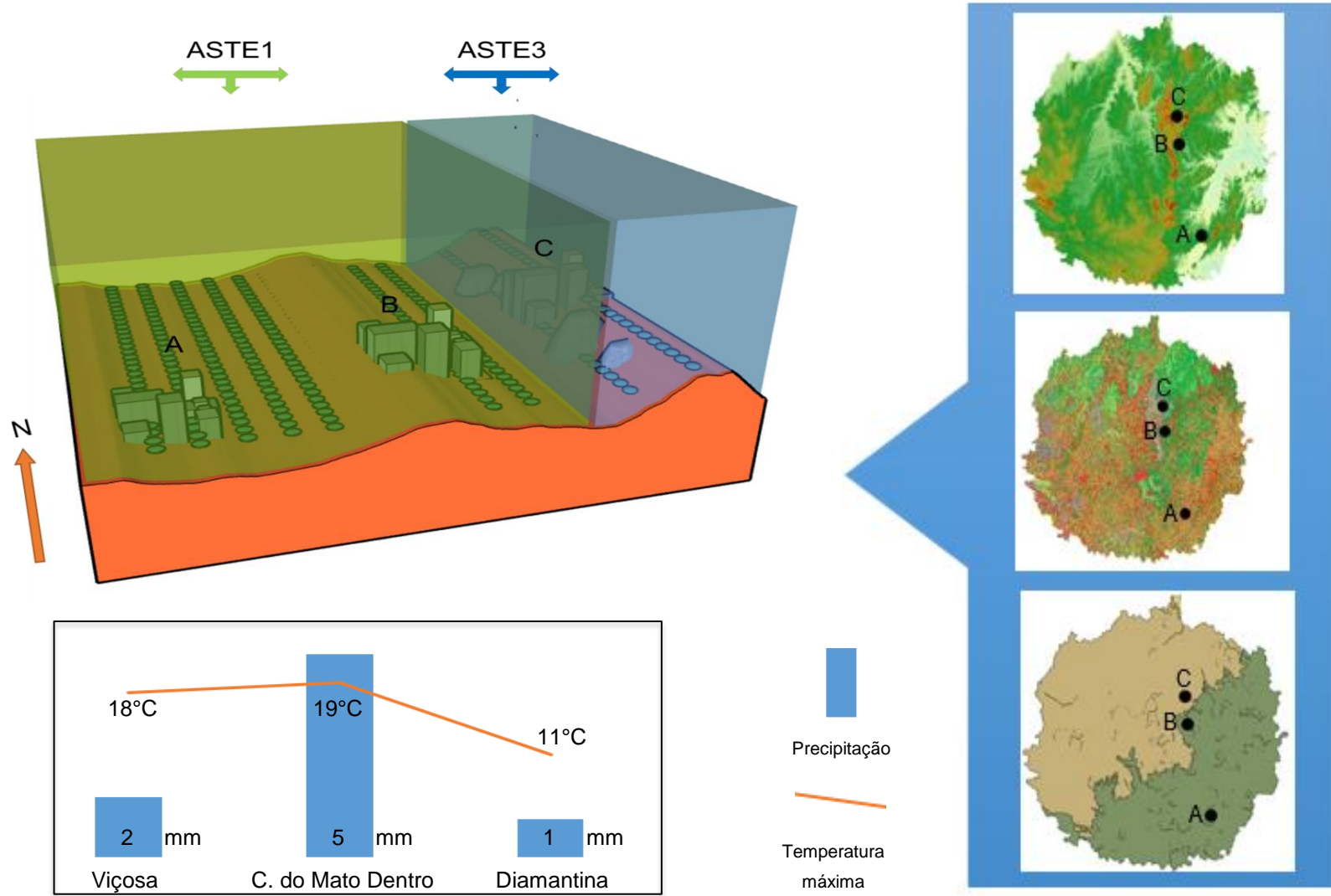


**Figura 142:** Perfil geocológico com os tipos de tempo entre os dias 21 a 28 de janeiro no perfil Sudeste-Norte . Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

**Quadro 7:** Classificação e descrição dos tipos de tempo no perfil Sudeste-Norte durante os dias 21 a 28 de janeiro de 2020.

	Estação	Tipos de tempo
A	Viçosa	ZCPE2 – Zona de Convergência com Precipitação Elevada 2. Tipo de tempo marcado por chuvas intensas acompanhadas de temperaturas máximas acima dos 27°C e mínimas acima dos 20°C. A umidade do ar é superior aos 80% e a velocidade dos ventos é igual ou superior aos 10m/s. A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul estacionária nas condições de tempo é predominante.
B	Conceição do Mato Dentro	. ZCPE3 - Zona de Convergência com Precipitação Elevada 3 – Tipo de tempo marcado por chuvas intensas acompanhadas de temperaturas máximas iguais ou abaixo dos 25°C e mínima abaixo dos 20° C. A umidade do ar é superior aos 80% e a velocidade de ventos é igual aos 10 m/s. A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul estacionária nas condições de tempo é predominante.
C	Diamantina	ZCPE4 - Zona de Convergência com Precipitação Elevada 4. Tipo de tempo marcado por chuvas intensas acompanhadas de temperaturas máximas acima dos 25° C e mínimas acima dos 17°C. A umidade do ar é superior aos 80% e velocidade dos ventos abaixo dos 10m/s. A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul estacionária nas condições de tempo é predominante.

Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



**Figura 143:** Perfil geocológico com os tipos de tempo entre os dias 21 a 28 de julho no perfil Sudeste-Norte. Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

**Quadro 8:** Classificação e descrição dos tipos de tempo no perfil Sudeste-Norte durante os dias 21 a 28 de julho de 2020.

	Estação	Tipos de tempo
A	Viçosa	ASTE1 = Anticiclone Subtropical com Tempo Estável 1. Tipo de tempo estável com pouca nebulosidade e precipitação baixa ou nula acompanhado de temperaturas máximas acima dos 20° C e mínimas iguais ou menores que 20°C. A umidade do ar é inferior aos 60% e os ventos apresentam rajadas abaixo dos 5 m/s. A influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é predominante.
B	Conceição do Mato Dentro	ASTE1 = Anticiclone Subtropical com Tempo Estável 1. Tipo de tempo estável com pouca nebulosidade e precipitação baixa ou nula acompanhado de temperaturas máximas acima dos 20° C e mínimas iguais ou menores que 20°C. A umidade do ar é inferior aos 60% e os ventos apresentam rajadas abaixo dos 5 m/s. A influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é predominante.
C	Diamantina	ASTE3 = Anticiclone Subtropical com Tempo Estável 3. Tipo de tempo estável com pouca nebulosidade e precipitação baixa ou nula acompanhado de temperaturas máximas abaixo dos 20° C e mínimas menores que 18°C. A umidade do ar é superior aos 65% e os ventos apresentam rajadas acima dos 5 m/s. A influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é predominante.

Fonte: INMET 2022. Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O clima é, sobretudo, o mais intrigante, dinâmico e complexo dos sistemas ambientais. Todas as concepções humanas sobre os processos naturais terão que um dia perpassarem sobre a atmosfera e sua participação intrínseca à vida no planeta Terra. Mesmo sendo um objeto de estudo que se incrementou de técnicas diversas, o tempo cronológico trará avanços cada vez maiores para a análise do clima.

As premissas da presente pesquisa foram confirmadas, a saber: o uso do solo e a topografia atuam como fatores climáticos de importância fundamental na caracterização do clima local no médio-alto vale dos rios Paraopeba e Velhas no estado do Minas Gerais, estes fatores formam tipos de tempo de acordo com a atuação dos sistemas atmosféricos na América do Sul.

As diversas superfícies do planeta absorvem os impactos das variações dos elementos climáticos de forma diferenciada. O conhecimento e a preparação da sociedade são fundamentais para se organizar frente aos efeitos produzidos. Essas respostas também são dinâmicas e variam no tempo e no espaço e estão relacionadas às pesquisas acadêmicas, investimentos públicos/privados e a valorização de trabalhos prognósticos na preparação e mitigação de impactos.

A atuação regional das massas de ar pode produzir situações de relativa homogeneidade em termos de variação dos atributos climáticos para um amplo espaço geográfico. Os controles locais de superfície podem atenuar ou intensificar certos efeitos. Nas áreas elevadas a tendência é a queda da temperatura e o aumento da umidade relativa do ar ainda que em latitudes baixas.

Regiões localizadas em áreas de vale estão dispostas ao confinamento do ar e seu aquecimento mesmo em situações sinóticas de resfriamento. No entanto, se a área estiver sob latitude elevada, este fator climático apontará maior influência na dinâmica térmica, diminuindo a temperatura com maior intensidade se comparada à localidades em latitude inferior.

A continentalidade e a maritimidade são fatores influentes sob a atuação dos sistemas atmosféricos, mas dependem da topografia geral do ponto de observação até o mar. A interferência maior deste fator está no incremento da umidade relativa do ar para estações que estão mais próximos ao oceano.

A presença de equipamentos urbanos e o elevado adensamento populacional transforma parte da área dos municípios em localidades profundamente alteradas. Sob a égide dos sistemas atmosféricos, estes espaços conseguem definir tipos de tempo específicos e composições atmosféricas que intensificam certas situações sinóticas, mas ainda muito correlatas à dinâmica dos níveis superiores da atmosfera.

Não é uma tarefa tranquila distinguir uma escala de influência em termos de participação dos diferentes controles no desencadeamento de um evento climático, mas ao que tudo indica esta escala está próxima dos níveis regional e local do clima. São nestes níveis que o todas as imposições dos sistemas zonais/regionais alteram e são modificados pela submissão limitada (capacidade de gerar tipos de tempo) dos fatores dos sistemas regionais/locais, a saber: o relevo, o uso do solo, a continentalidade/maritimidade e a latitude.

O ritmo climático, grande herança dos estudos de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, é um método de análise completo dos componentes climáticos. Contudo, o grande trunfo da análise rítmica é contribuir para estudos em escala espacial e temporal reduzidos, trazendo uma visão aprofundada sobre a dinâmica do clima em sua ordem de grandeza local.

Na escala talvez se exemplifique a maior contribuição da climatologia geográfica para a discussão das aclamadas e midiáticas “mudanças climáticas globais” ou “aquecimento global”<sup>9</sup>. Os impactos sociais na composição da atmosfera são reais e na pesquisa se puderam ser identificados nas alterações de uso e ocupação do solo em todos os municípios onde as 15 estações estão presentes.

Estes impactos obedecem uma hierarquia escalar pela qual a atmosfera não abre mão: os níveis superiores em direção aos inferiores, a escala zonal se sobrepõe a regional que se impõe sobre a local, topoclimática e microclimática. A sociedade imprime no clima, por meio de suas realizações estruturais, uma interferência sobretudo local que flui para as escalas inferiores.

Como proposta de intervenção, propõe-se aqui o uso do termo mudança climática local pois nesta escala foram identificadas mudanças significativas, em

---

<sup>9</sup> O uso das aspas se faz pela necessidade de se discutir a seriedade do assunto mudanças climáticas com geógrafos e climatólogos e extrair deles informações que possam contribuir com a análise sobre o tema. A climatologia geográfica é, sem demagogia, o aparato científico mais certo na abordagem do assunto, isso pode ser reforçado por três aspectos: a busca por dados climáticos históricos; a consideração fundamental das mudanças de uso do solo e, por fim, o caráter integrador das análises.

especial com as expansões urbanas de municípios como Belo Horizonte e Ibirité. As temperaturas mínimas comprovam sua eficiência na determinação das alterações de uso e cobertura do solo, mudanças de albedo e balanço térmico na atmosfera urbana. O aumento significativo da temperatura mínima indica que a sociedade interfere na baixa troposfera, localmente.

A organização dos climas analisados na pesquisa é controlada primeiramente pelos fatores climáticos de grande escala. Os fenômenos climáticos de escala zonal considerados na pesquisa foram associados à eventos de El Niño e La Niña e interligados à variações positivas e negativas da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) respectivamente.

A década onde a atuação do La Niña foi mais frequente, a temperatura se manteve menos elevada, fato contrário identificado nos anos predominado pelo El Niño. No Sudeste do Brasil não é possível identificar mudanças nas dinâmicas de chuva relacionadas a estes fenômenos de ordem zonal, mas termicamente a resposta foi visível e respeitou as fases quentes e frias da ODP, com maior e menor calor, respectivamente.

A topografia local das estações diz muito sobre sua dinâmica climática, fator identificado entre dados de estações latitudinalmente semelhantes e próximas, como em Curvelo e Diamantina. Os 1318m da estação diamantinense e sua posição à barlavento da Serra do Espinhaço derrubaram suas médias térmicas. A configuração topográfica do estado de Minas Gerais contribui para a influência do relevo e topografia na dinâmica climática de suas várias regiões.

A disposição latitudinal associada à topografia são dois dos principais alicerces de definição de tipos de tempo e também na classificação climática da região central de Minas Gerais. A concomitância entre a tropicalidade e a transitoriedade de climas no estado mineiro, em especial na sua porção central, apresenta tipos climáticos quentes e chuvosos no verão e com consideráveis variações de temperatura no inverno, geralmente mais frio e seco.

Apresentar as mudanças de uso do solo entre 1985 e 2021 foi proveitoso na identificação dos papéis que a sociedade pode imprimir sua participação na dinâmica atmosférica por meio da constante troca de elementos da superfície planetária. A retirada ou a ampliação das áreas verdes, dos recursos hídricos, áreas de preservação, agricultura e pastagem são responsáveis pela diferente capacidade de absorção da água da chuva e refletividade da irradiação solar.

O clima urbano é um sistema real na área de estudo, mas se circunscreve com louvor nos grandes centros especialmente em Belo Horizonte e região metropolitana devido à intensa malha de equipamentos acumuladores de energia, como exemplo asfalto, concreto e cerâmicos. Mas não apenas estes equipamentos, a constituição química do ar interfere em maiores temperaturas, além de fontes antrópicas de calor.

Devido às elevadas temperaturas em Belo Horizonte e do entorno, a conclusão é que a poluição proveniente da queima de combustíveis fósseis favorece o espalhamento da irradiação e intensifica o calor. Este aquecimento está associado ao próprio funcionamento dos motores à combustão; aos aparelhos condicionadores de ar nos grandes prédios e às atividades industriais.

A Serra do Espinhaço é a principal unidade de relevo da região central do estado de Minas Gerais e consegue interferir diretamente nas condições climáticas e tipos de tempo no estado, a exemplo dos dados observados em Diamantina (1318m) com a menor média de temperatura máxima (24,1°C) entre as estações. Assim como em altitude o ar tende a se resfriar, nos vales ocorre o contrário, como em Pirapora (509m) e média histórica da temperatura máxima de 31,1°C.

O efeito da maritimidade e da continentalidade na caracterização climática da área de estudo é evidente, especialmente nas estações de Caratinga e Divinópolis com dados históricos de umidade relativa do ar, 77% e 66%, respectivamente. A maior proximidade de Caratinga em relação ao Oceano Atlântico favorece uma atmosfera com maior umidade do ar.

O confinamento do ar nas regiões de vale, próximas aos grandes rios e em áreas de planície acabam por manter as temperaturas elevadas devido à deficiente troca de calor pela circulação atmosférica. A maior permanência de parcelas de ar nestes ambientes pode levar a um aquecimento progressivo da temperatura ao longo de escalas temporais horário-diárias até semanais, a exemplo de Pirapora.

O ângulo de incidência da irradiação solar para as estações pesquisadas se torna mais intensos e influentes na estação do verão, quando são perpendiculares no Trópico de Capricórnio. Esta maior disponibilidade de energia significa que há maior evaporação, formação e passagem de sistemas atmosféricos geradores de chuva na área pesquisada no verão.

Nas latitudes mais afastadas da Linha Equador há uma maior interação com os sistemas de origem polar que atuam no Brasil. A chegada do ar polar em condições de tropicalização e suas conseqüentes chuvas de características frontais no verão e

a imposição do resfriamento no inverno, é traduzida nos menores resultados para as temperaturas mínimas e máximas.

O regime pluviométrico entre as 15 estações analisadas mantém a seguinte distribuição, as chuvas com volumes significativos ocorrem entre os meses de outubro a março, sendo que entre estes meses existem variações consideráveis para cada estação. O período seco do ano é evidente nos meses de abril a setembro, que pode se estender de acordo com a menor latitude e a proximidade com climas secos como em Pirapora.

A análise rítmica aplicada aos meses de Janeiro e Julho de 2020 apresentou o predomínio da atuação dos sistemas ZCAS, ZCOU, LI e ASAS na dinâmica dos elementos no período quente e da atuação do ASAS na estação fria. As chuvas de Janeiro de 2020 foram muito significativas na região estudada e trouxe diversos impactos socioambientais para os municípios nela contidos.

O ASAS é um sistema atmosférico bastante atuante no estado de Minas Gerais, sua posição como sistema de atuação regional/local e conexões com o ENOS faz com que este sistema se torne fundamental na composição climática da região central do estado mineiro. Como sistema anticiclônico, no inverno contribui para o ar seco, mas no verão induz as LI e a ZCAS/ZCOU por se tornar a frente quente das interações.

A estacionariedade da ZCAS sobre o Sudeste brasileiro é importantíssima para a recarga hídrica dos reservatórios, a irrigação dos cultivos e o arrefecimento do ar na estação do verão. No entanto, a absorção das sociedades aos impactos meteóricos tem se mostrado extremamente frágil pois ainda não conseguiu criar estruturas que possam diminuir o grau de destruição das chuvas nas grandes cidades brasileiras.

A sequência LI, ZCOU, ZCAS imprimiu um ritmo de chuvas volumosas entre os dias 16 e 28 de Janeiro de 2020 nas estações Belo Horizonte, Curvelo, Diamantina, Pirapora e Viçosa. Na passagem destes sistemas nota-se uma expansão dos sistemas de chuva em virtude na formação da ZCAS que é a responsável pelos maiores quantitativos de precipitação quando se torna estacionária.

A classificação dos tipos de tempo para a área de estudo é um método de análise eficaz se tratando de técnicas de leitura dos tipos de tempo locais. Os fatores de superfície (relevo e uso do solo) considerando a imposição hierárquica dos sistemas regionais se submetem e ao mesmo tempo geram estados atmosféricos de alcance local.

Quando a classificação é realizada nota-se que há um somatório e ao mesmo a conjugação dos fatores, onde os sistemas regionais controlam, mas localmente os tipos de tempo poderão variar consideravelmente. O uso do solo, o relevo e a topografia interferem diretamente na dinâmica do ar na baixa troposfera das estações analisadas.

A leitura integradora dos sistemas ambientais e da participação antrópica na constituição dos climas e dos tipos de tempo é uma busca, uma procura; não termina, se aprimora; não apenas conclui, mas aponta caminhos e traça planos. O recurso natural mais importante de todos, a atmosfera, não pode ser visto isoladamente, sua interação com a superfície e sua espacialização é um passo além do funcionamento atmosférico.

O trabalho realizado até aqui trouxe perspectivas ainda não levantadas nesta escala sobre a dinâmica climática e os tipos de tempo na região central do estado de Minas Gerais, mas é um ponto de partida para pesquisas de maior volume e área de abrangência. O futuro desta pesquisa pode, muito provavelmente, se direcionar a todo o estado e considerar a decomposição escalar do clima com um método a ser aplicado a toda Minas Gerais.

A maior parte do percurso metodológico da pesquisa foi, acima de tudo, um novo caminho trilhado, mas as bases teóricas e mesmo metodológicas são semelhantes a de outros trabalhos e mostram-se aplicáveis a outros estudos de climatologia geográfica. Há um profundo desejo de continuação do trabalho realizado, não há como descobrir dinâmicas climáticas como as que foram aqui apresentadas e cessar tal pesquisa. Em momento oportuno este trabalho continuará.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DA MINERAÇÃO - ANM (2022). Mineração em números. Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/mineracao-em-numeros>>. Acesso: 28 janeiro 2023.
- ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AYOADE, J. O. *Introdução a Climatologia para os Trópicos*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1988.
- ARYA, P. S. *Introduction to micrometeorology*. Elsevier, Volume 79, 2001, p. 1-10
- ASSIS, W. L. Os climas naturais do município de Belo Horizonte-MG. *Acta Geográfica*, v. 6, 2012.
- ASSIS, W. L. *O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva têmporo-espacial*. 2010, 299 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.
- ARMANI, G. *Interações entre a atmosfera e a superfície terrestre: variações da temperatura e umidade na bacia B do Núcleo Cunha (IF)-SP*. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- ARMANI, G. Análise topo e microclimática tridimensional em uma microbacia hidrográfica de clima tropical úmido de altitude. *São Paulo, USP*, 2009.
- AZEVEDO, T. R.; TARIFA, J. R. Os Climas na cidade de São Paulo: Teoria e prática. *São Paulo: Pró-reitoria*, 2001.
- BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. *Atmosfera, tempo e clima*. 9ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 512p.
- BEATO, D. A. C; MONSORES, A. L.M.; BERTACHINI, A. C. Potencial Aquífero nos Metassedimentos do Quadrilátero ferrífero–região da Apa Sul RMBH-MG. *Águas Subterrâneas*, 2006.
- BRAGA, S.; GONTIJO, . M.; AZEVEDO, Ú. R. de; MALTA, . A. P.; GONÇALVES, . F. As chancelas da Unesco como alternativas de gestão para os patrimônios culturais e naturais da Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. *Revista Espinhaço* , [S. l.], v. 6, n. 1, 2017. DOI: 10.5281/zenodo.3956622. Disponível em: <<https://revistas.ufvjm.edu.br/revista-espinhaco/article/view/97>>. Acesso em: 8 ago. 2023.
- BRAGA, S. de S., GONTIJO, B. M., MALTA, G. A. P., & BARBOSA, M. F. P. (2015). Aplicação da análise complexa em estudos geográficos: proposta de regionalização da Serra do Cipó. *Revista Espinhaço*, 1(4). Disponível em: <<https://doi.org/10.5281/zenodo.3964582>>. Acesso em: junho 2023.

CARACRISTI, Isorlanda. *A Natureza Complexa da poiésis climática: contribuições teóricas ao estudo geográfico do clima*. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CAVALCANTI, I. F.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A.; DIAS, M. A. F. S. (Org.). *Tempo e clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 463p

CHOU, S. C. Condições atmosféricas durante ocorrência do vento zonda–o foehn da América do Sul. In: *Congresso Brasileiro de Meteorologia*. Brasília, DF. 1998.

CONTI, José Bueno. Geografia e Climatologia. *GEOUSP Espaço e Tempo*, v. 5, n. 1, p. 91-95, 2001.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN) 2022 – Marinha do Brasil. Cartas Sinóticas disponíveis em: <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>>. Acesso em: 18 janeiro 2023.

DINIZ, J. M. F. S.; REIS, A. A. D., JUNIOR, F. W.A., & GOMIDE, L. R. Detecção da expansão da área minerada no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais, no período de 1985 a 2011 através de técnicas de sensoriamento remoto. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 20, p. 683-700, 2014.

DIVISÃO DE SATÉLITES E SISTEMAS AMBIENTAIS (DAS) - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) – 2022. –Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes16.formulario.logic;jsessionid=2F5A092325829D43AA97539D0396895B>>. Acesso: 30 janeiro 2023.

DREW, D. *Processos interativos: homem-meio ambiente*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1989.

EASTERBROOK, S. M.; JOHNS, T. C. Engineering the software for understanding climate change. *Computing in science & engineering*, v. 11, n. 6, p. 65-74, 2009.

FIALHO, E. S. *Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Um caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira*. 2009. São Paulo, 1v. Tese (Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2009.

GALVANI, E.; LIMA, N. G. B. DE; ALVES, R. R. Variabilidade E Tendência Das Precipitações No Litoral Sul De São Paulo. *Revista Geonorte*, v. 3, n. 8, p. 1163 – 1176–1163 – 1176, 2012.

GALVANI, E.; LUCHIARI, A. Critérios para classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido. *Climatologia aplicada: resgate aos estudos de caso*. 1ed. Curitiba: CRV, 2012.

GEIGER, R. *Manual de microclimatologia: o clima da camada de ar junto ao solo*. 2ª ed. Lisboa: Calouste Gulbenkian, 1990.

GOOGLE EARTH (2022). Imagens 3D disponíveis em: <<https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/about/>>. Acesso em: janeiro 2023.

HATHAWAY, D.H. "The Solar Cycle", *Living Rev. Solar Phys*, 7:1, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Censo demográfico de 2022*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <[ftp: https://censo2022.ibge.gov.br/](https://censo2022.ibge.gov.br/)>. Acesso em: janeiro de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Base cartográfica digital em formato shapefile contendo os limites municipais e estaduais*. Escala 1:250.000. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?edicao=24048&t=sobre>>. Acesso em: janeiro de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Censo demográfico de 2010*. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo\\_Demografico\\_2010](ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010)>. Acesso em: janeiro de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira. *Séries Manuais Técnicas em Geociências. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*, p. 94, 1992.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra do Cipó, Brasília, 2009.

INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS (IDE) - SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (SISEMA) 2022. Disponível em: <<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>>. Acesso em: janeiro 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET (2022) - BANCO DE DADOS METEOROLÓGICOS PARA ENSINO E PESQUISA – BDMEP. Instituto Nacional de Meteorologia e Previsão do Tempo (INMET). Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/#>>. Acesso em: janeiro de 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET (2021a): *Normais Climatológicas Provisórias* - Brasil de 1981 a 2010. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária – Departamento Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso em: fevereiro 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET (2021b): *Normais Climatológicas Provisórias* - Brasil de 1961 a 1990. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária – Departamento Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso em: fevereiro 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET (2020a). Boletim Agroclimatológico de fevereiro de 2020. P. 1-15. Brasília, DF. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/boletinsagro#>>. Acesso em: março 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET (2020b). Boletim Agroclimatológico de Agosto de 2020. P. 1-15. Brasília, DF. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/boletinsagro#>>. Acesso em: março 2023.

JARDIM, C. H.; Galvani, E., Silva, M. R., & Garcia, R. A. O clima em áreas limítrofes ao planalto meridional do Espinhaço: Belo Horizonte, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais-Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 25, 2019.

JARDIM, C. H.; GALVANI, E. Uso da terra e variações da temperatura do ar no interior e áreas limítrofes ao Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. *Revista do Departamento de Geografia*, p. 162-173, 2018. JARDIM, C. H.; Aspectos teórico-metodológicos relativos à dimensão temporal e espacial do clima. *Revista Geografias*, p. 82-95, 2018.

JARDIM, C. H. Aspectos multiescalares e sistêmicos da análise climatológica. *Revista Geografias*, p. 40-52, 2015.

JARDIM, C. H. *Proposta de síntese climática a partir do comportamento térmico e higrométrico do ar em áreas urbanas*. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade de Campinas, 2007. 338p

JESUS, Emanuel Fernando Reis de . Algumas reflexões teóricoconceituais na climatologia geográfica em mesoescala: uma proposta de investigação. *GeoTextos*, v. 4, 2008.

JIN, X. GUO, R. XIA, W. Distribution of Actual Evapotranspiration over Qaidam Basin, an Arid Area in China. *Remote Sensing*.p. 6976-6996, 2013.

JÚNIOR, J. C. U.; AMORIM, M. C. C. T. Reflexões acerca do sistema clima urbano e sua aplicabilidade: pressupostos teórico-metodológicos e inovações técnicas. *Revista do Departamento de Geografia*, p. 160-174, 2016.

KARMANN, I. Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica. *Decifrando a terra*, v. 2, p. 191-214, 2000.

KIDRON, G. J., VONSHAK, A., Dor, I., BARINOVA, S., & ABELIOVICH, A.. Properties and spatial distribution of microbiotic crusts in the Negev Desert, Israel. *Catena*, v. 82, n. 2, p. 92-101, 2000.

LANDSBERG, H. E. The urban heat island. The urban climate. *New York: Academic Press*, v.28,, 275p; 1981.

LEÃO, M. S. *Diagnostico climático e estudos das variações termohigrométricas do Município de Sete Lagoas – MG*. 2008. 150 f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. Belo Horizonte – 2008.

LEIVAS, J., FONTANA, D., BERLATO, M., & CARDOSO, L. (2007). Variação diária do albedo sobre uma superfície vegetada e sobre um lago na estação experimental da UFRGS-RS. In *Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*. 2007, p. 1-5.

LEVIGHIN, S. C.; VIADANA, A. G. Perfis-ecológicos como técnica para estudo das condições ambientais. *Sociedade & Natureza*, v. 14, p. 15, 2003.

LILLY, D. K.; ZIPSER, E. J. The front range windstorm of 11 January 1972 a meteorological narrative. *Weatherwise*, v. 25, n. 2, p. 56-63, 1972.

LOMBARDO, M. A. *Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec, 1985.

MA, R.; FENG, S.; JIN, S.; SUN, J.; FU, S.; SUN, S.; HAN, H. Statistical Characteristics and Environmental Conditions of the Warm-Season Severe Convective Events over North China. *Atmosphere* 2021, 12, 52.

MACHADO, L. A.; ASSIS, W. L. Implicações da verticalização na circulação atmosférica local: estudo de caso no município de Nova Lima (MG). In: Charlei Aparecido da Silva, Edson Soares Fialho, Ercília Torres Steinke. (Org.). *Experimentos em Climatologia Geográfica*. 1ed. Dourados: UFGD, 2015, v. 1, p. 145-163.

MACHADO, Lilian Aline; ASSIS, Wellington Lopes. Impactos da expansão urbana na porção norte do município de Nova Lima (MG) sobre o clima. *Revista do Departamento de Geografia*, p. 115-132, 2016.

MANTUA, N. J., HARE, S. R., ZHANG, Y., WALLACE, J. M., & FRANCIS, R. C. (1997). A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bulletin of the American Meteorological Society*, p. 1069- 1079, 1997.

MAPBIOMAS; *Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil*. 2022. Disponível em: < <https://mapbiomas.org/>>. Acesso: dezembro 2022.

MAPBIOMAS; *Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil*. 2023. Disponível em: < <https://mapbiomas.org/>>. Acesso: janeiro 2023.

MENDONÇA, F. A. *Clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: proposição metodológica para estudo e sua aplicação a cidade de Londrina/Pr*. 1995. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995. Disponível em: < <https://repositorio.usp.br/item/000745020>>. Acesso em: junho 2022.

MENDONÇA, F. A. MONTEIRO, C.A.F. *Clima Urbano*. São Paulo: Contexto, 2003.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. Oficina de textos, 2007.

MINUZZI, R. B., SEDIYAMA, G. C., BARBOSA, E. D. M., & MELO JÚNIOR, J. C. F. D. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 22, p. 338-344, 2007.

MOLION, Luiz Carlos Baldicero. Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. *Revista Climanalise*, v. 3, n. 1, p. 1-5, 2005.

MONTEIRO, C. A. F. Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação. *RA'EGA, Paraná*, n. 5, p. 197-226, 2001.

MONTEIRO, C. A. F. *Geossistemas: a história de uma procura*. São Paulo: Contexto, 2000. 127 p.

MONTEIRO, C. A. F. *Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico*. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 1991.

MONTEIRO, C. A. F. *A geografia no Brasil (1934 – 1977): avaliação e tendências*. São Paulo: Instituto de Geografia/ Universidade de São Paulo, 1980.

MONTEIRO, C. A. F. Derivações Antropogenéticas dos Geossistemas no Brasil e Alterações Climáticas. Perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação. In: SIMPÓSIO ACADEMIA DE CIÊNCIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. São Paulo. A Comunidade Vegetal como unidade biológica, turística e econômica. *Anais...* São Paulo: Aciesp, 1978, p.43-76.

MONTEIRO, C. A. F. *Teoria e clima urbano*. São Paulo: IG06-USP, 1976. (Série Teses e Monografias n. 25). 181p

MONTEIRO, C. A. F. Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. *São Paulo, Série Climatologia Dinâmica I, USP-IG*, 1971, 21p.

MONTEIRO, C. A. de F. *A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil (Contribuição Metodológica à Análise Rítmica dos Tipos de Tempo no Brasil)*. São Paulo: Universidade de São Paulo/Instituto de Geografia, 1969. 68 p. (Série Teses e Monografias n° 1).

MONTEIRO, H. C. *Uso da terra e variações de temperatura e umidade relativa do ar na bacia do córrego Marinheiro, Sete Lagoas - MG*. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia – Instituto de Geociências – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. 138 p.

MONTEIRO, H. C. *Unidades Climáticas na Estação Ecológica da UFMG: o episódio de Abril e Maio de 2013*. 2013. Belo Horizonte. 70 f.1v. Monografia de Graduação. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL PREDICTION (NCEP) / NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA) 2021. Disponível em: <[https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php)>. Acesso em: janeiro 2022.

NETO, J.L.S. Decálogo da climatologia do Sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Climatologia*, vol.1, n° 1, 2005, p. 4160.

NETO, J. L. S. Da complexidade física do universo ao cotidiano da sociedade: mudança, variabilidade e ritmo climático. *Terra Livre*, São Paulo, vol. 1, ano 19, n° 20, p. 51-63, jan-jul, 2003.

NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 421p

NIMER, E. Um modelo metodológico da classificação de climas. *Revista Brasileira de Geografia* - IBGE, Rio de Janeiro, n. 4, ano 41, p. 59-89, 1979.

NOGUEIRA, M. *Sete Lagoas: a dinâmica funcional de um lugar na rede urbana de Minas Gerais*. 2003. Rio de Janeiro. 1v. 291p. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

OKE, T. R. *Boundary layer climates*. London: Methuen & Co. LTD, 1978. 372p.

OLIVEIRA, I. J.; ROMÃO, P. A.; *As escalas da geografia: pontes entre os conceitos de escala cartográfica e escala geográfica*. *Boletim Goiano de Geografia*, Goiânia, v. 41, n. 1, 2021.

OLIVEIRA, T. A., TAVARES, C. de M. G., SANCHES, F., & FERREIRA, C. de C. M. (2021). *Variabilidade pluviométrica no município de Juiz de Fora - MG no período de 1910-2018: Investigação a partir da técnica Do Box Plot*. *Revista Brasileira De Climatologia*, 26. Disponível em: <<https://doi.org/10.5380/abclima.v26i0.70194>>. Acesso em: Janeiro 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU) 2023. *46% da população global vive sem acesso a saneamento básico*. Reportagem disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2023/03/1811712>> Acesso: 30 março 2023.

PALLOTTA, M.; NAKAZATO, R. Y; Caracterização de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Zona de Convergência de umidade (ZCOU) em janeiro e fevereiro de 2010. In: *Congresso Brasileiro de Meteorologia*. 2010.

PIRES, J. S. R; SANTOS, J. E; DEL PRETTE, M. E; A utilização do conceito de Bacia Hidrográfica para a conservação dos Recursos Naturais. In:\_\_\_\_\_ *Conceitos de Bacias Hidrográficas: teorias e aplicações*, p. 17-36. Schiavetti, A; Camargo, A. F. M. Ihéus, Bahia: Editus, 2002. 293p.

PIXABAY (2021). Disponível em <<https://pixabay.com/pt/photos/belo-horizonte-minas-gerais-brasil-1118337/>>. Acesso em: 11 novembro de 2021.

RIBEIRO, A.G.R. As escalas do clima. *Boletim de Geografia Teorética*. Uberlândia, n° 23, p. 288-294, 1993.

RIBEIRO, C. M. Aspectos dos microclimas de áreas reflorestadas com eucaliptos. 93 p. Dissertação (mestrado) - *Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Campus de Rio Claro)*, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. 1981.

ROE, G. In defense of Milankovitch. *Geophysical Research Letters*, v. 33, n. 24, 2006.

ROLDÃO, A. F.; SANTOS, Juliana Gonçalves; DE OLIVEIRA, Luiz Antônio. Correlação entre as variáveis climáticas (altitude, temperatura e precipitação) na mesorregião Sul e Sudoeste de Minas Gerais–MG. *Revista Geonorte*, v. 3, n. 8, p. 515–525-515–525, 2012.

SAADI, A. A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens, p. 41 a 63, *Geonomos*, 1995.

SANTOS, M. *Por uma geografia nova: da crítica da geografia a uma geografia crítica*. São Paulo: Hucitec. 1996.

SANTOS, D. F.; REBOITA, Michelle Simões. Jatos de baixos níveis a leste dos andes: comparação entre duas reanálises. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 22, 2018.

SILVA, G. A. M.; AMBRIZZI, T.; MARENGO, J. A. Observational evidences on the modulation of the South American Low Level Jet east of the Andes according the ENSO variability. *Annales Geophysicae*, v. 27, p. 645–657, 2009.

SILVA, G. A. M.; AMBRIZZI, T. Inter-EI Niño variability and its impact on the South American low-level jet east of the Andes during austral summer - two case studies. *Advances in Geosciences*, v. 6, p. 283-287, 2006.

SILVA, M. R.; MOURA, F. P.; JARDIM, C. H. 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*, v. 10, n. 1, p. 023-040, 2017.

SORRE, M. Objeto e Método da Climatologia. In: \_\_\_\_\_ *Traité de Climatologie Biologique et Médicale*. Vol.1, p. 1-9 Tradução de José Bueno Conti. Paris: M. Piery Massos et Cie Éditeurs, 1934.

STEINKE, E. T. *Considerações sobre variabilidade e mudança climática no Distrito Federal, suas repercussões nos recursos hídricos e informação ao grande público*. 2004. xviii, 201 f., il. Tese (Doutorado em Ecologia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

TARIFA, J. R.; ARMANI, G. As Unidades Climáticas Urbanas da Cidade de São Paulo. In: José Roberto Tarifa. (Org.). *Atlas Ambiental do Município de São Paulo*. São Paulo: 2000.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. de O.; *Introdução à Climatologia* – Ubá: Ed. Geographica, 2008.

TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (PNUD). Índice de Desenvolvimento Humano por Município (2013). Disponível em: <<https://www.undp.org/pt/brazil/idhm-munic%C3%ADpios-2010>>. Acesso em: junho 2023.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (PNUD). Relatório do Desenvolvimento humano (2022). Disponível em: <https://www.undp.org/pt/angola/publications/relatorio-do-desenvolvimento-humano-2021/2022>. Acesso em: fevereiro 2023.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS) / NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA) 2023. Imagens para a produção do Modelo Digital de Elevação: Disponível em: <https://urs.earthdata.nasa.gov/> – Earth Explorer e <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso: janeiro de 2023.

VASCONCELOS, V. V.; JUNIOR, P. P. M. Ciência da Informação e Aptidão Agrícola: abordagens interescares para planejamento de uso da terra. *Revista Internacional Interdisciplinar INTERthesis*, v. 12, n. 2, p. 221-245, 2015.

ZHANG, Q.; HUANG, R. *Water vapor Exchange between soil and the atmosphere over a Gobi surface near an oasis in the summer*. *Journal of Applied Meteorology*, v. 43, p. 1917-1928, 2004.

## ANEXO A – Dados complementares de ODP e EN/LN

Tabela 1. Variações da Oscilação Decadal do Pacífico entre 1961 e 2021

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1961	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2
1962	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4
1963	-0.4	-0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.3
1964	1.1	0.6	0.1	-0.3	-0.6	-0.6	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
1965	-0.6	-0.3	-0.1	0.2	0.5	0.8	1.2	1.5	1.9	2.0	2.0	1.7
1966	1.4	1.2	1.0	0.7	0.4	0.2	0.2	0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3
1967	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.2	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.3	-0.4
1968	-0.6	-0.7	-0.6	-0.4	0.0	0.3	0.6	0.5	0.4	0.5	0.7	1.0
1969	1.1	1.1	0.9	0.8	0.6	0.4	0.4	0.5	0.8	0.9	0.8	0.6
1970	0.5	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.7	-0.9	-1.1
1971	-1.4	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-1.0	-0.9
1972	-0.7	-0.4	0.1	0.4	0.7	0.9	1.1	1.4	1.6	1.8	2.1	2.1
1973	1.8	1.2	0.5	-0.1	-0.5	-0.9	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7	-1.9	-2.0
1974	-1.8	-1.6	-1.2	-1.0	-0.9	-0.8	-0.5	-0.4	-0.4	-0.6	-0.8	-0.6
1975	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.8	-1.0	-1.1	-1.2	-1.4	-1.4	-1.6	-1.7
1976	-1.6	-1.2	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	0.8
1977	0.7	0.6	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.6	0.7	0.8	0.8
1978	0.7	0.4	0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	0.0
1979	0.0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	0.5	0.6
1980	0.6	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5	0.3	0.0	-0.1	0.0	0.1	0.0
1981	-0.3	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1
1982	0.0	0.1	0.2	0.5	0.7	0.7	0.8	1.1	1.6	2.0	2.2	2.2
1983	2.2	1.9	1.5	1.3	1.1	0.7	0.3	-0.1	-0.5	-0.8	-1.0	-0.9
1984	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.6	-0.9	-1.1
1985	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4
1986	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.2
1987	1.2	1.2	1.1	0.9	1.0	1.2	1.5	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1
1988	0.8	0.5	0.1	-0.3	-0.9	-1.3	-1.3	-1.1	-1.2	-1.5	-1.8	-1.8
1989	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1
1990	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4
1991	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6	0.8	1.2	1.5
1992	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.7	0.4	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1
1993	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	0.6	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	1.0	1.1
1995	1.0	0.7	0.5	0.3	0.1	0.0	-0.2	-0.5	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0
1996	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	0.8	1.2	1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.4
1998	2.2	1.9	1.4	1.0	0.5	-0.1	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6
1999	-1.5	-1.3	-1.1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1	-1.2	-1.3	-1.5	-1.7
2000	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7
2001	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3

2002	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>	<b>0.9</b>	<b>1.0</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	<b>1.1</b>
2003	<b>0.9</b>	<b>0.6</b>	0.4	0.0	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	<b>0.5</b>	<b>0.6</b>	<b>0.7</b>	<b>0.7</b>	<b>0.7</b>	<b>0.7</b>
2005	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	<b>-0.6</b>	<b>-0.8</b>
2006	<b>-0.9</b>	<b>-0.8</b>	<b>-0.6</b>	-0.4	-0.1	0.0	0.1	0.3	<b>0.5</b>	<b>0.8</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>
2007	<b>0.7</b>	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	<b>-0.5</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.8</b>	<b>-1.1</b>	<b>-1.3</b>	<b>-1.5</b>	<b>-1.6</b>
2008	<b>-1.6</b>	<b>-1.5</b>	<b>-1.3</b>	<b>-1.0</b>	<b>-0.8</b>	<b>-0.6</b>	-0.4	-0.2	-0.2	-0.4	<b>-0.6</b>	<b>-0.7</b>
2009	<b>-0.8</b>	<b>-0.8</b>	<b>-0.6</b>	-0.3	0.0	0.3	<b>0.5</b>	<b>0.6</b>	<b>0.7</b>	<b>1.0</b>	<b>1.4</b>	<b>1.6</b>
2010	<b>1.5</b>	<b>1.2</b>	<b>0.8</b>	0.4	-0.2	<b>-0.7</b>	<b>-1.0</b>	<b>-1.3</b>	<b>-1.6</b>	<b>-1.6</b>	<b>-1.6</b>	<b>-1.6</b>
2011	<b>-1.4</b>	<b>-1.2</b>	<b>-0.9</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.6</b>	-0.4	<b>-0.5</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.8</b>	<b>-1.0</b>	<b>-1.1</b>	<b>-1.0</b>
2012	<b>-0.9</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.5</b>	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	<b>0.5</b>	<b>0.6</b>	<b>0.7</b>
2015	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>0.7</b>	<b>0.9</b>	<b>1.2</b>	<b>1.5</b>	<b>1.9</b>	<b>2.2</b>	<b>2.4</b>	<b>2.6</b>	<b>2.6</b>
2016	<b>2.5</b>	<b>2.1</b>	<b>1.6</b>	<b>0.9</b>	0.4	-0.1	-0.4	<b>-0.5</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.6</b>
2017	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	-0.1	-0.4	<b>-0.7</b>	<b>-0.8</b>	<b>-1.0</b>
2018	<b>-0.9</b>	<b>-0.9</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.5</b>	-0.2	0.0	0.1	0.2	<b>0.5</b>	<b>0.8</b>	<b>0.9</b>	<b>0.8</b>
2019	<b>0.7</b>	<b>0.7</b>	<b>0.7</b>	<b>0.7</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	0.3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	<b>-0.6</b>	<b>-0.9</b>	<b>-1.2</b>	<b>-1.3</b>	<b>-1.2</b>
2021	<b>-1.0</b>	<b>-0.9</b>	<b>-0.8</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.5</b>	-0.4	-0.4	<b>-0.5</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.8</b>	<b>-1.0</b>	<b>-1.0</b>

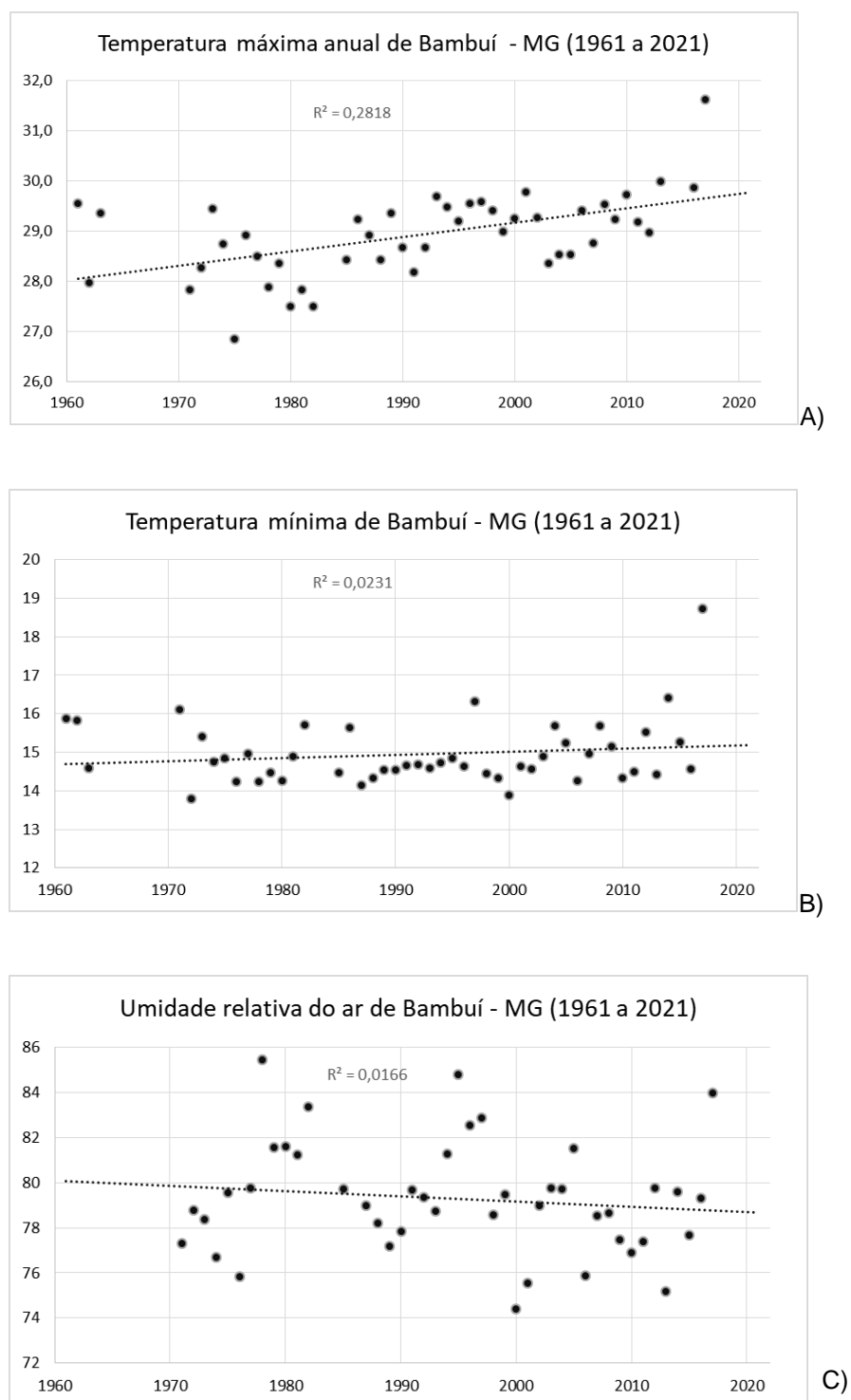
Fonte: NCEP/NOAA (2021). Org.: Heli Cassio Monteiro.

**Tabela 2.** Ocorrências de El Niño e La Niña entre 1961 e 2021

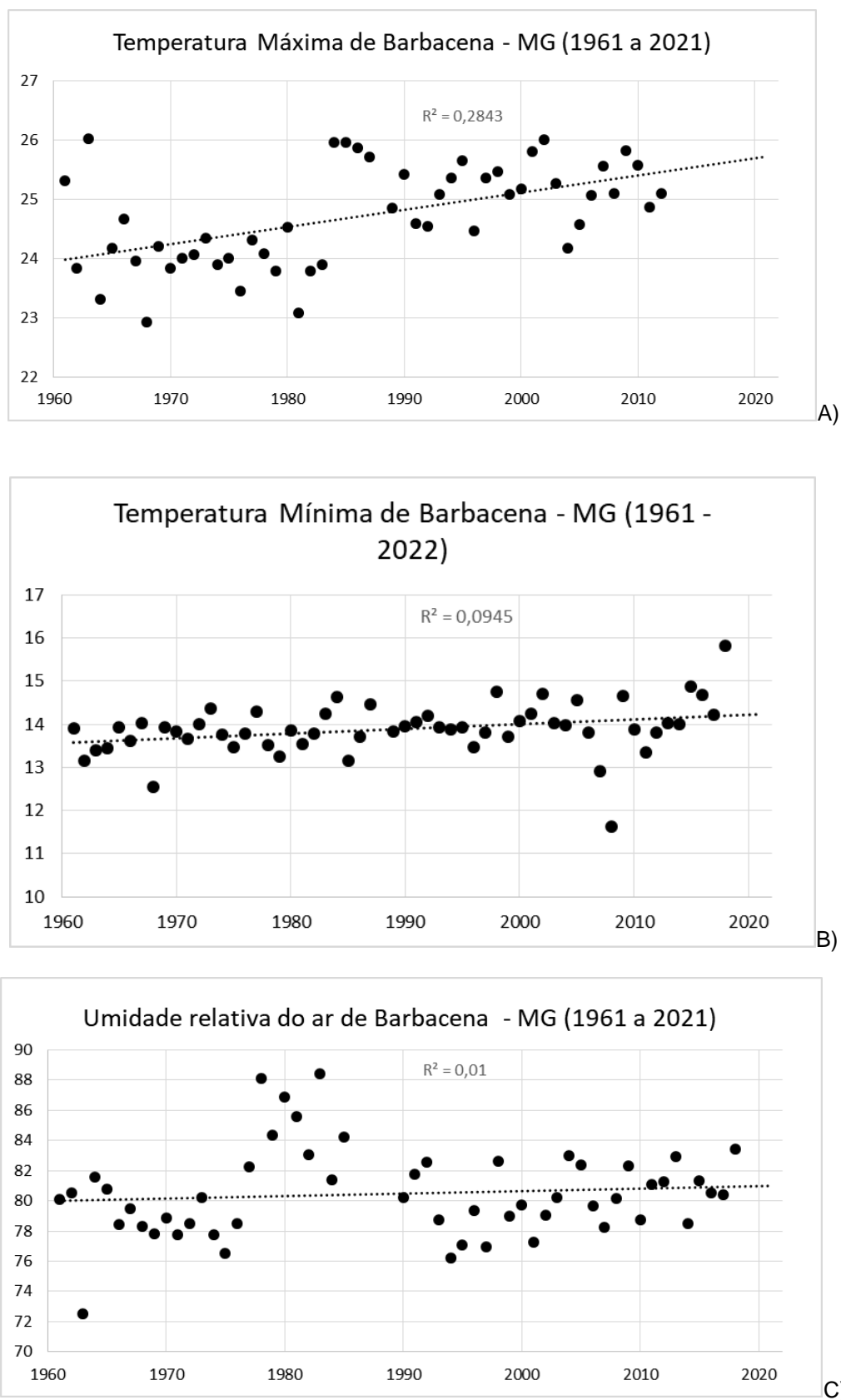
Ano	El Niño	La Niña	Ano	El Niño	La Niña	Ano	El Niño	La Niña
1961			1981			2001		-0,7
1962			1982	2		2002	1,1	
1963	1,4		1983	2,2		2003	0,9	
1964		-0,8	1984		-1,1	2004	0,7	
1965	2		1985		-1	2005		-0,8
1966			1986		-1,2	2006	0,9	
1967			1987		-1,7	2007		-1,6
1968	1		1988		-1,8	2008		-1,6
1969	1,1		1989		-1,7	2009		-1,6
1970		-1,1	1990			2010		-1,6
1971		-1,4	1991		-1,5	2011		-1,4
1972	2,1		1992		-1,7	2012		-0,9
1973		-2	1993			2013		
1974		-1,8	1994	1		2014	0,7	
1975		-1,7	1995		-1	2015	2,6	
1976		-1,6	1996		-0,9	2016	2,5	
1977	0,8		1997	2,4		2017		-1
1978	0,7		1998	2,2		2018		-0,9
1979	0,6		1999		-1,7	2019	0,7	
1980	0,6		2000		-1,7	2020		-1,2
						2021		-1

Fonte: NCEP/NOAA (2021). Org.: Heli Cassio Monteiro.

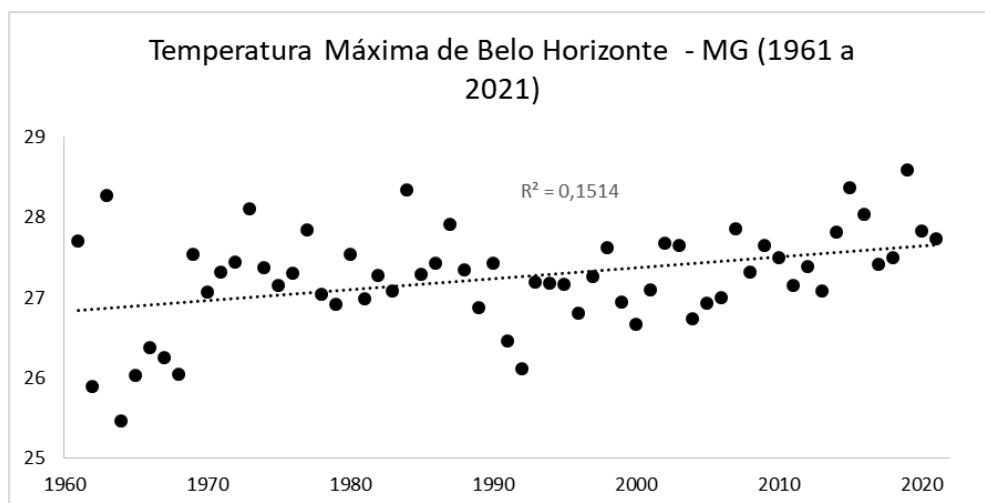
## APÊNDICE A – Complementos gráficos de dispersão e Box Plot



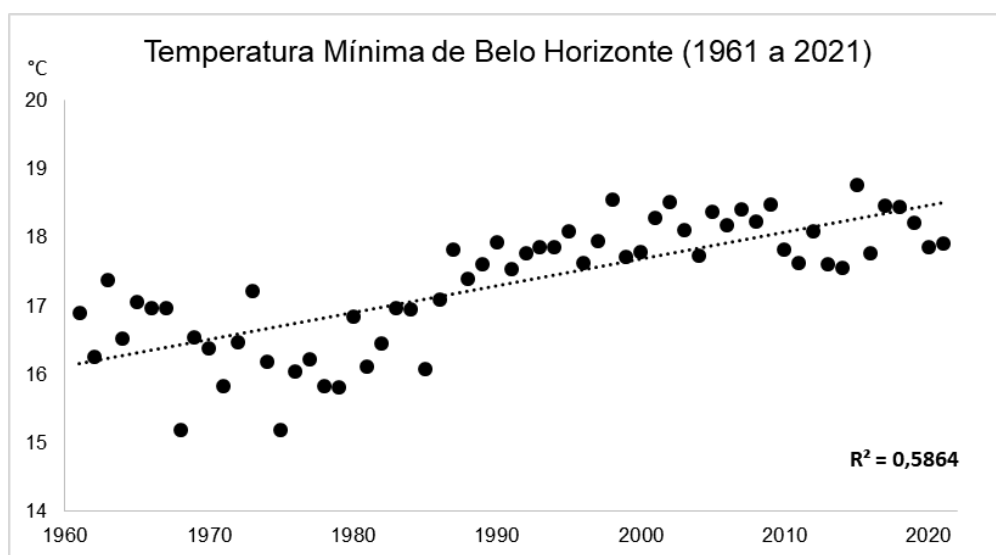
**Figura 1:** Gráfico de Dispersão de temperatura máxima (A); Temperatura Mínima (B); – Umidade Relativa do ar (C) de Bambuí - MG. Fonte: INMET (2022) Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



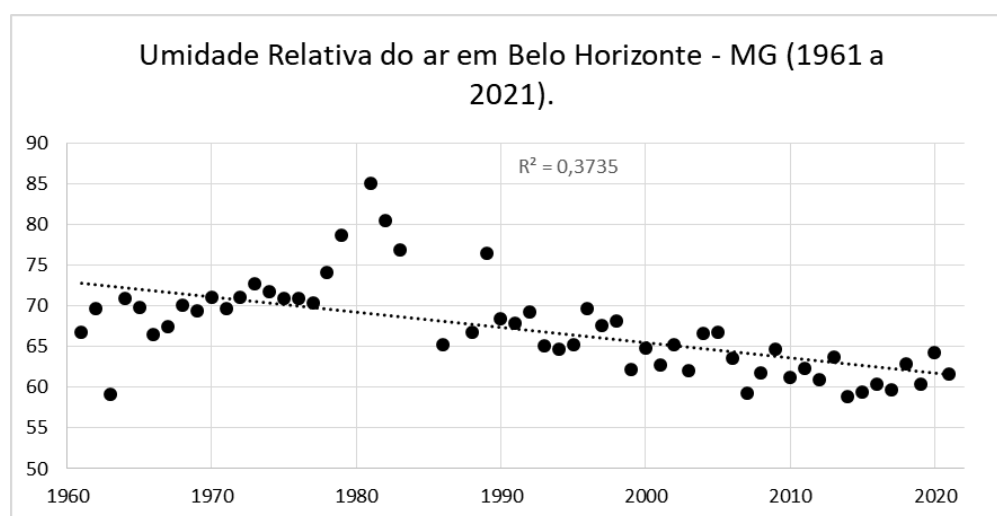
**Figura 2:** Gráfico de Dispersão de temperatura máxima (A); Temperatura Mínima (B); – Umidade Relativa do ar (C) de Barbacena - MG. Fonte: INMET (2022) Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



A)

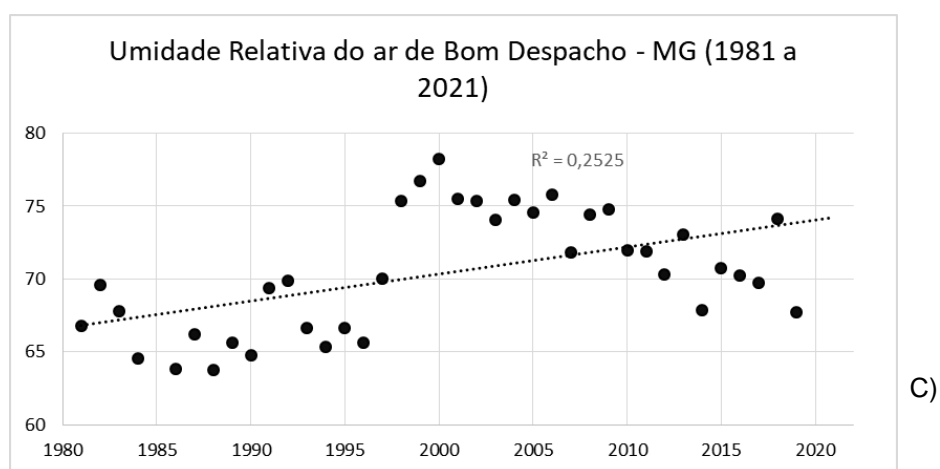
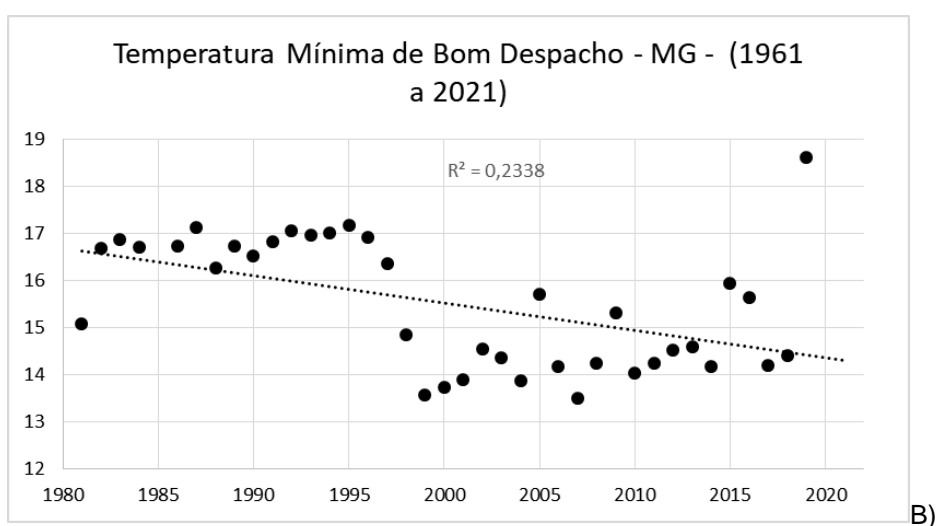
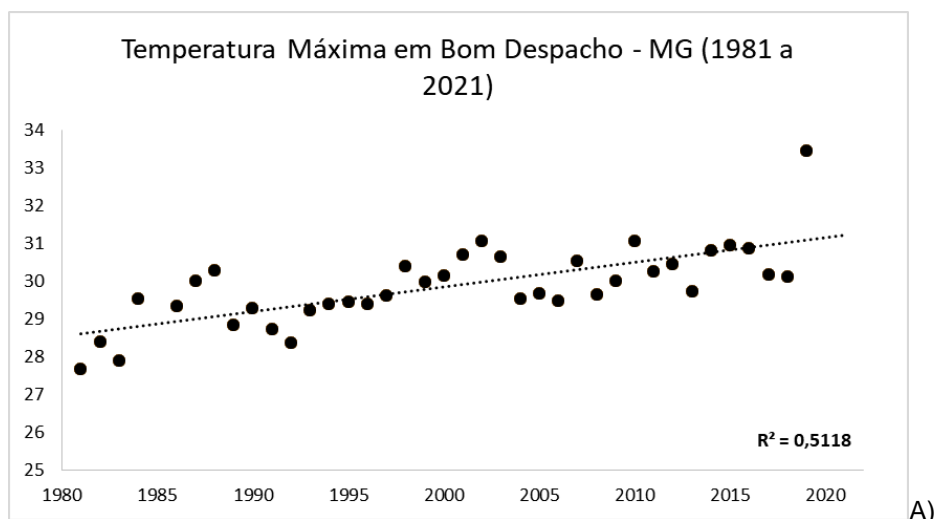


B)

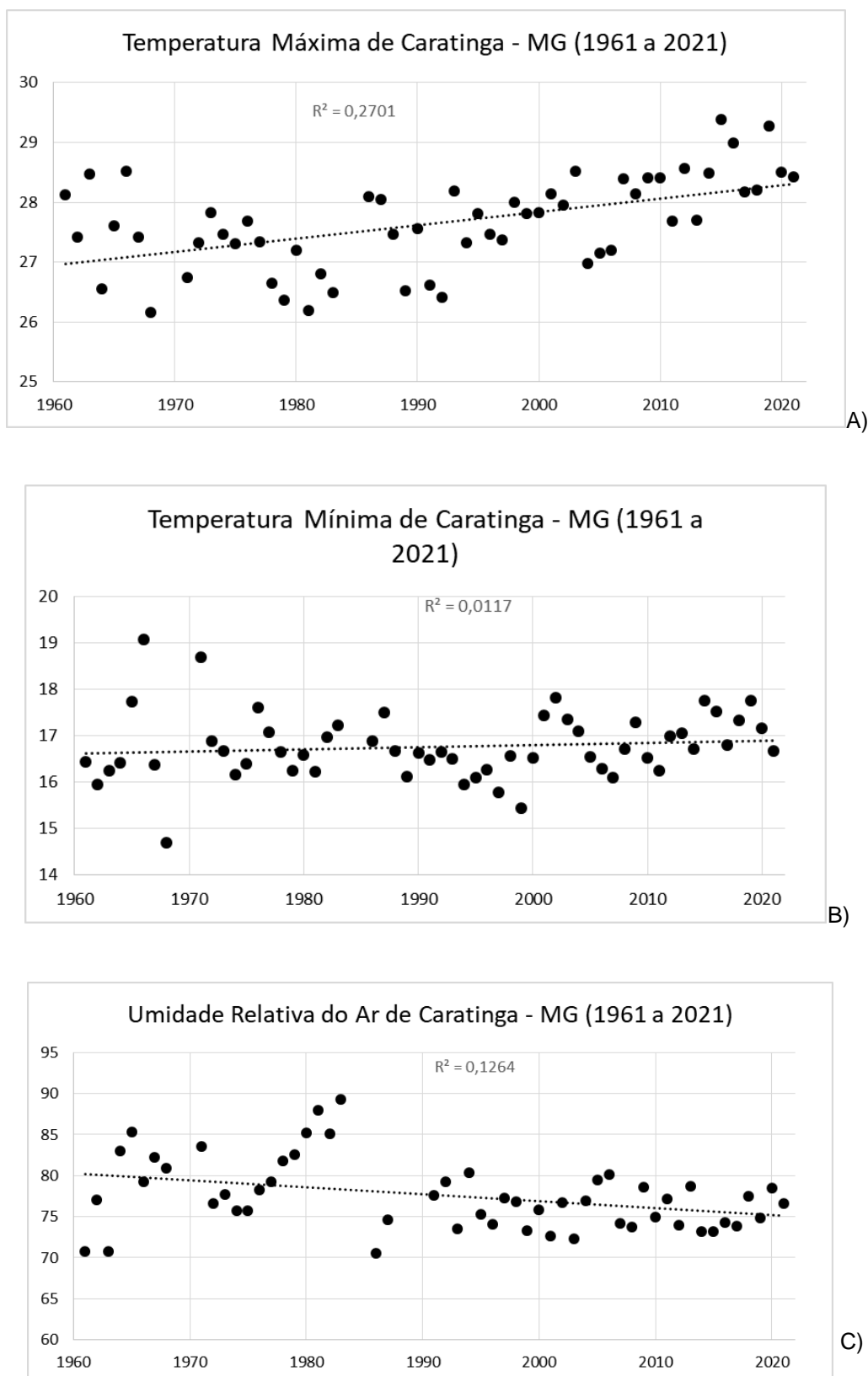


C)

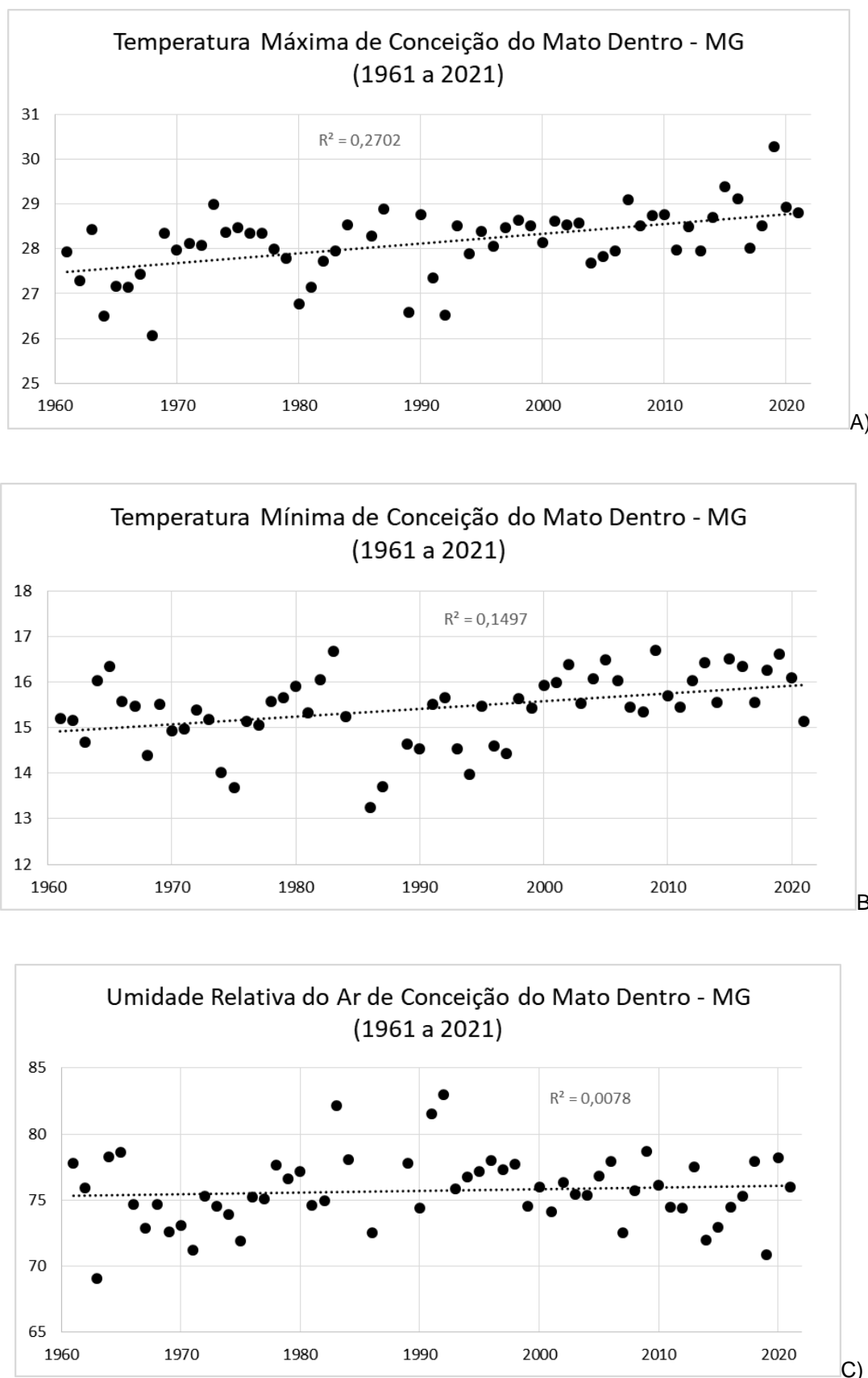
**Figura 3:** Gráfico de Dispersão de temperatura máxima (A); Temperatura Mínima (B); – Umidade Relativa do ar (C) de Belo Horizonte - MG. Fonte: INMET (2022) Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



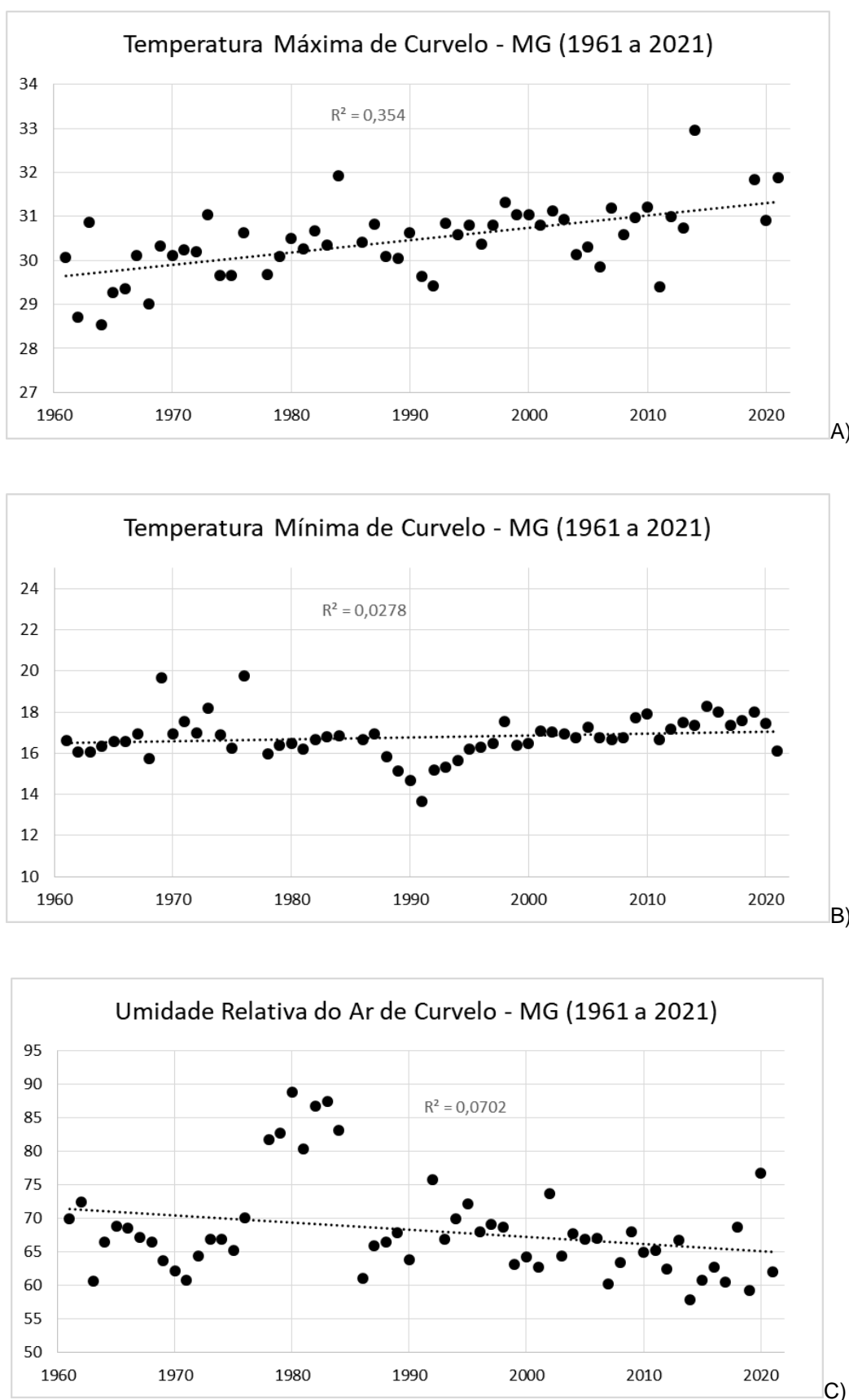
**Figura 4:** Gráfico de Dispersão de temperatura máxima (A); Temperatura Mínima (B); – Umidade Relativa do ar (C) de Bom Despacho - MG. Fonte: INMET (2022) Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



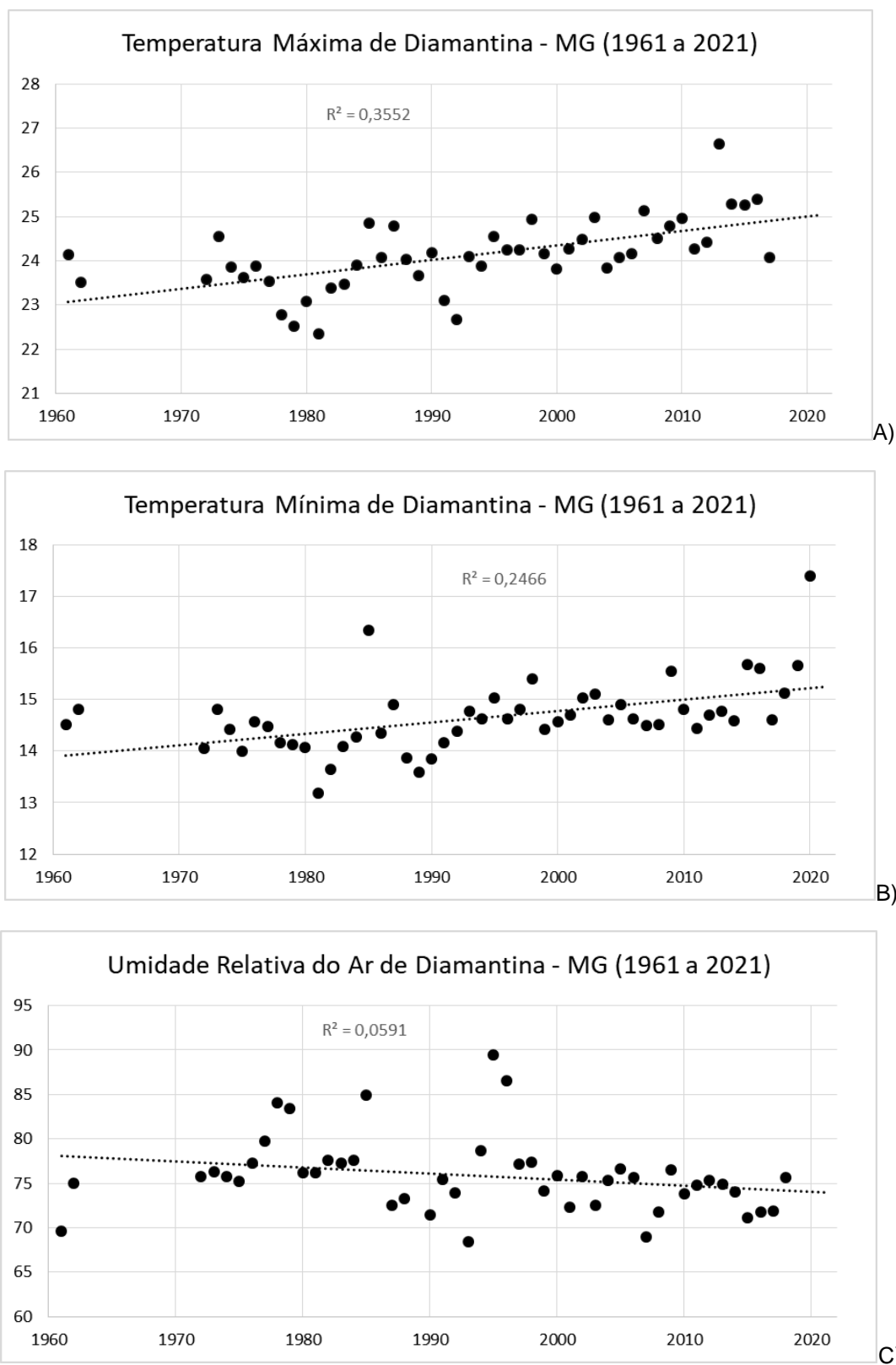
**Figura 5:** Gráfico de Dispersão de temperatura máxima (A); Temperatura Mínima (B); – Umidade Relativa do ar (C) de Caratinga - MG. Fonte: INMET (2022) Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



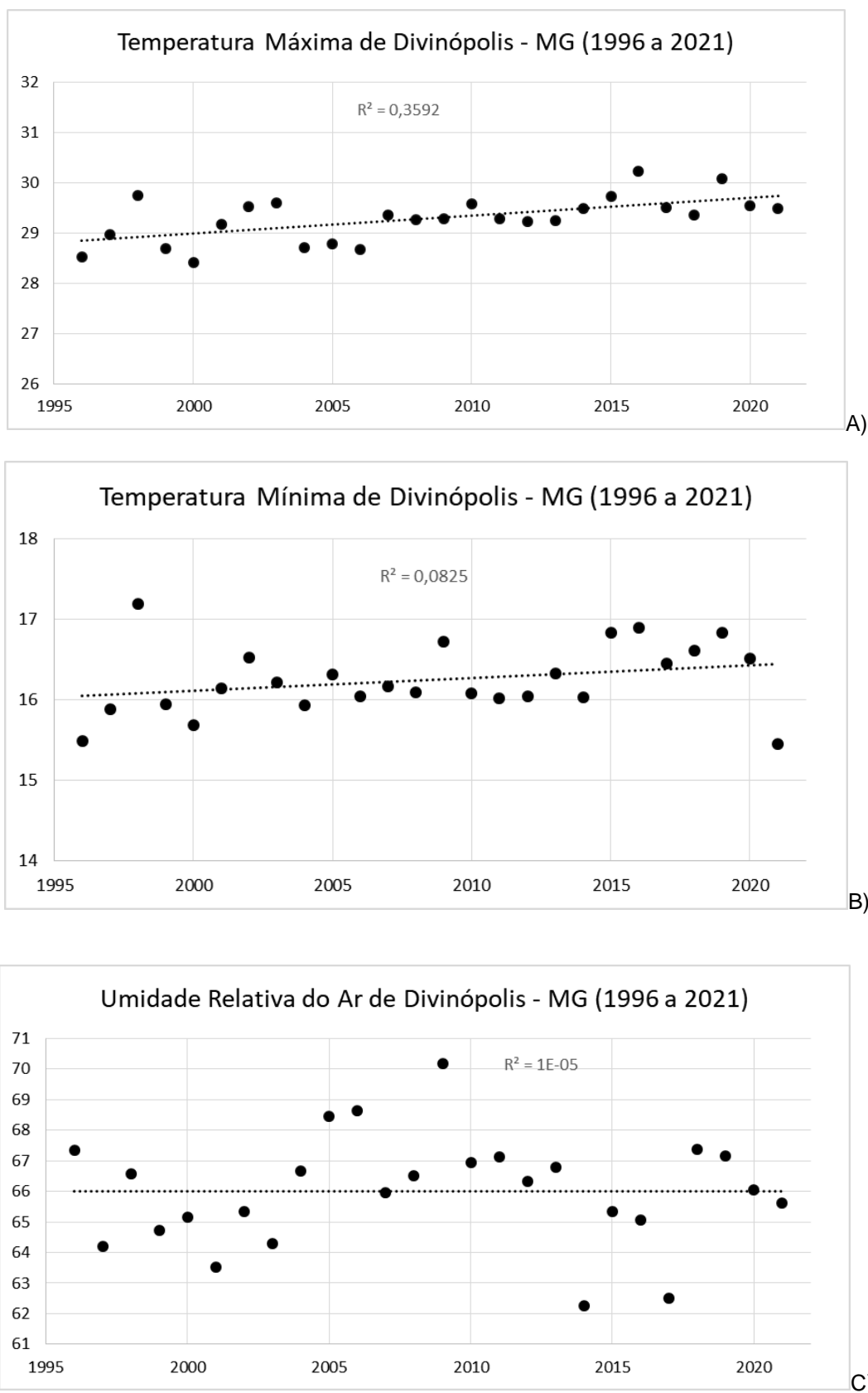
**Figura 6:** Gráfico de Dispersão de temperatura máxima (A); Temperatura Mínima (B); – Umidade Relativa do ar (C) de Conceição do Mato Dentro - MG. Fonte: INMET (2022) Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



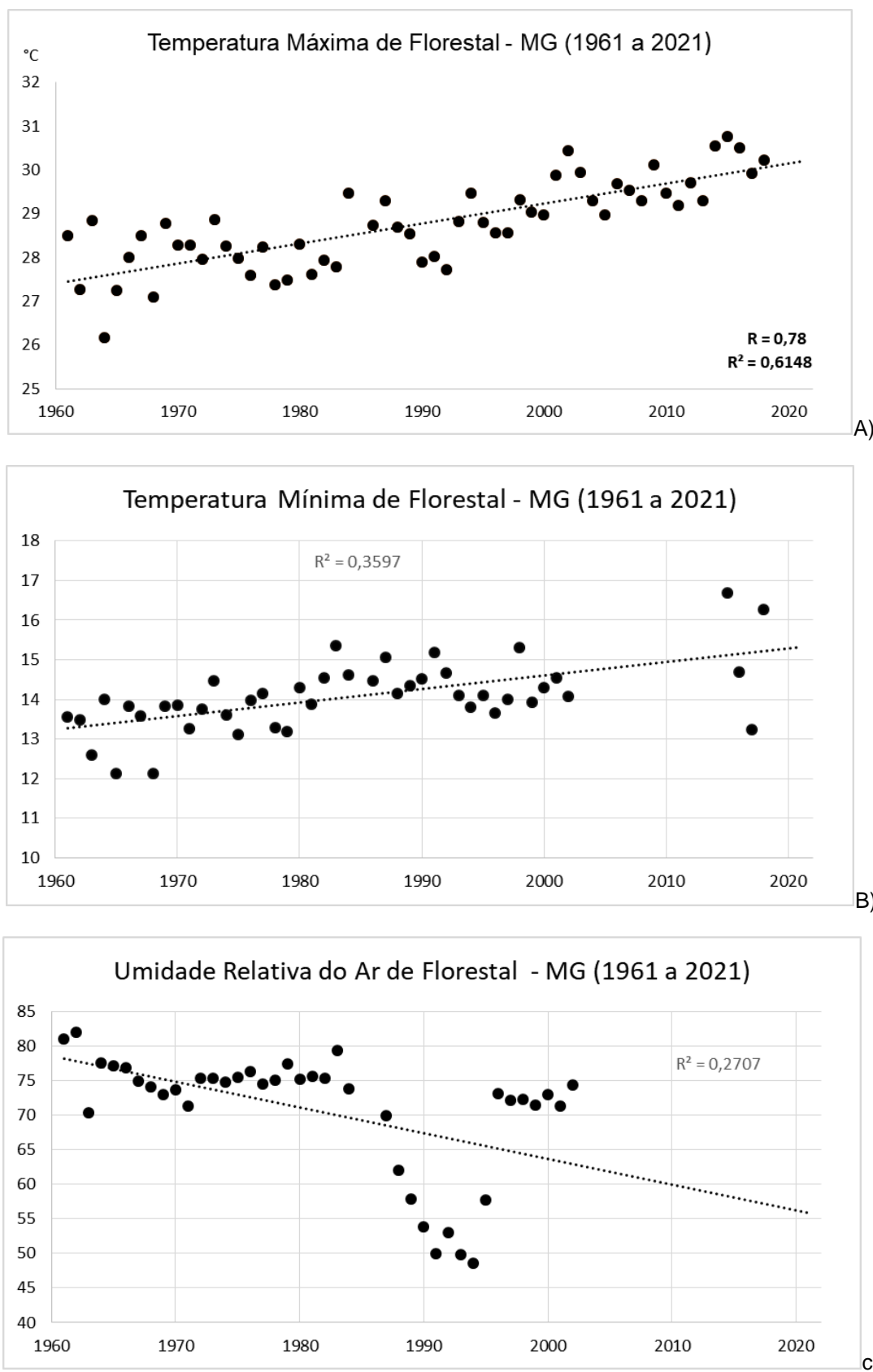
**Figura 7:** Gráfico de Dispersão de temperatura máxima (A); Temperatura Mínima (B); – Umidade Relativa do ar (C) de Curvelo - MG. Fonte: INMET (2022) Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



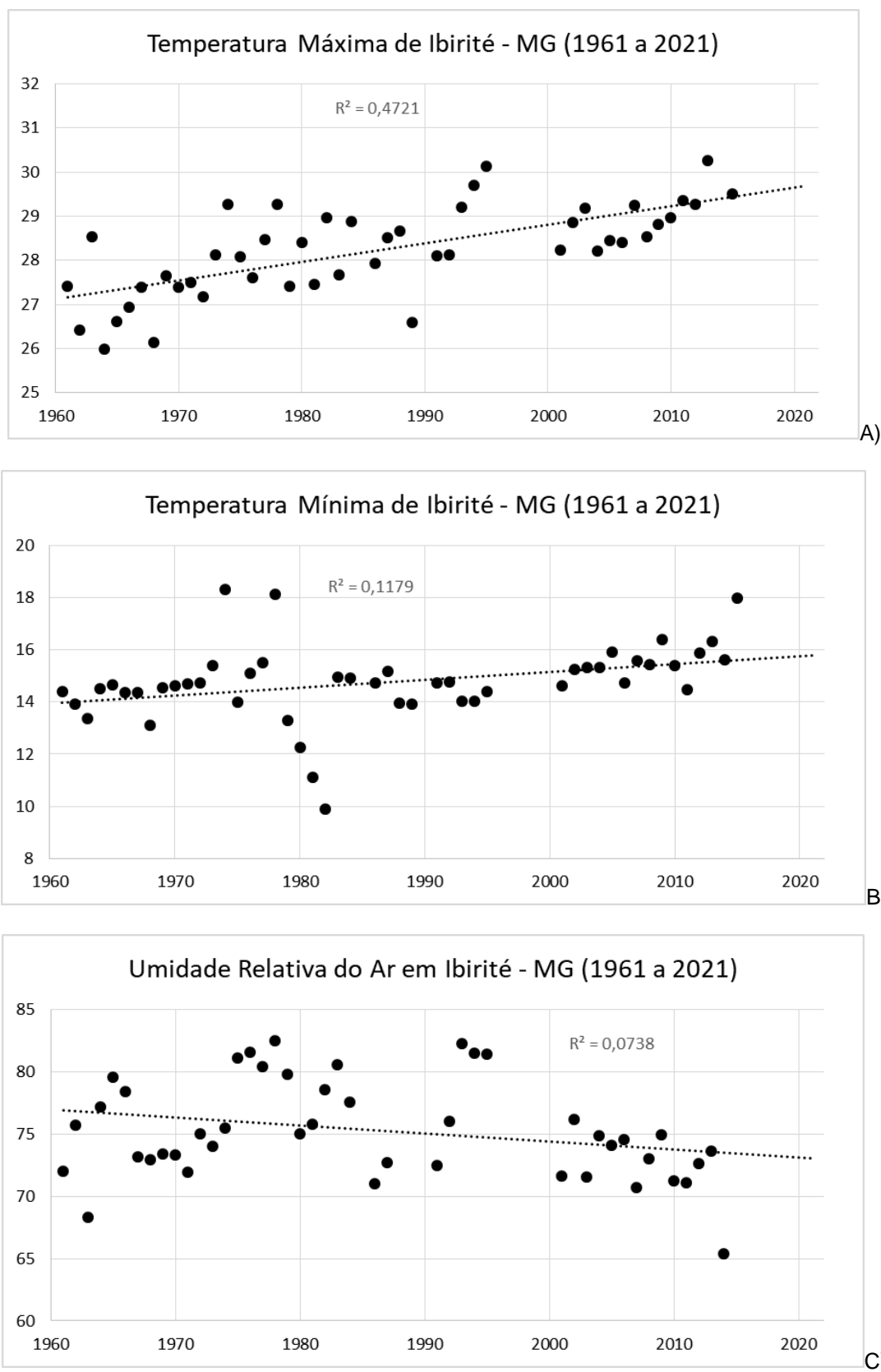
**Figura 8:** Gráfico de Dispersão de temperatura máxima (A); Temperatura Mínima (B); – Umidade Relativa do ar (C) de Diamantina - MG. Fonte: INMET (2022) Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



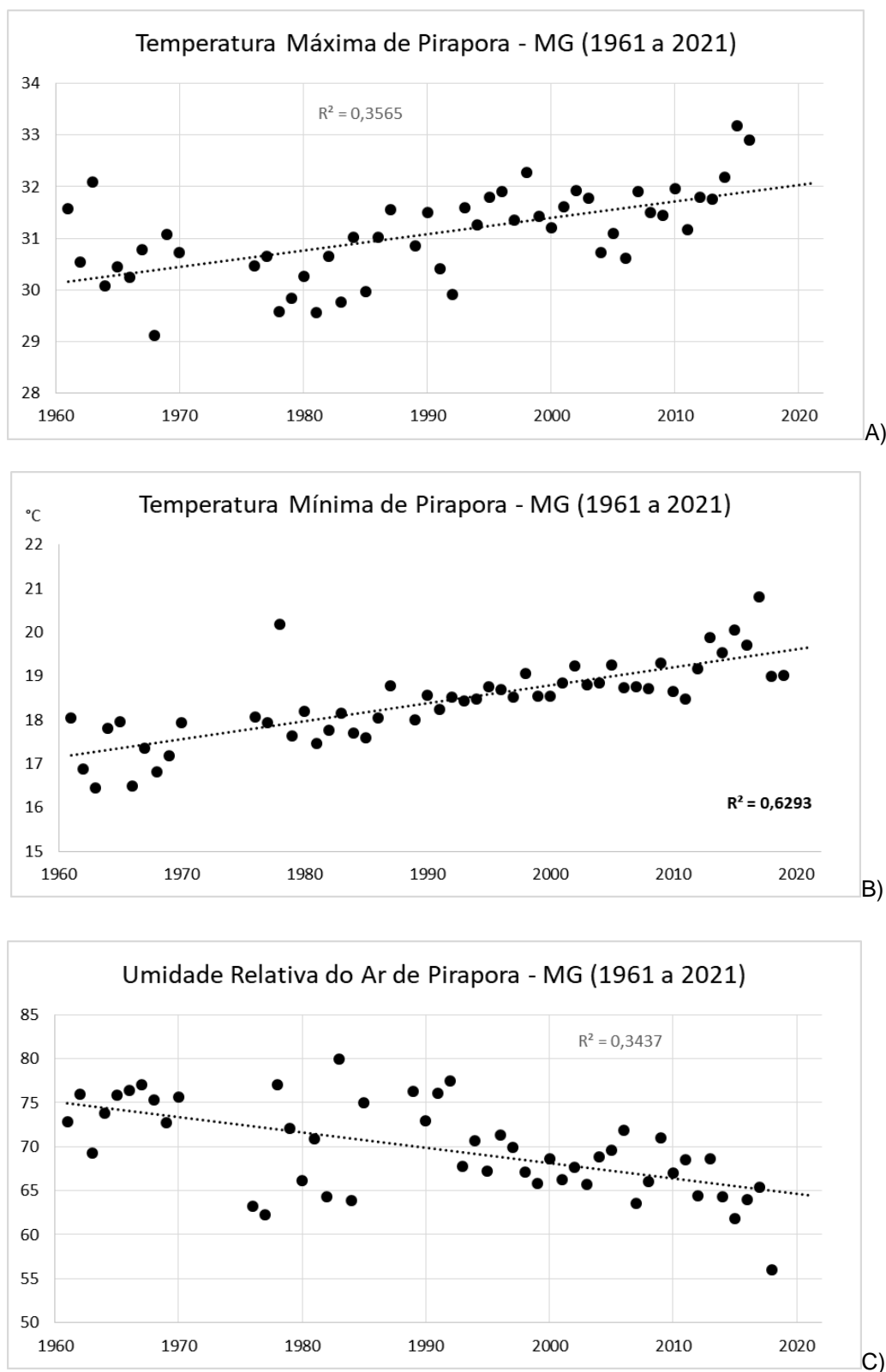
**Figura 9:** Gráfico de Dispersão de temperatura máxima (A); Temperatura Mínima (B); – Umidade Relativa do ar (C) de Divinópolis - MG. Fonte: INMET (2022) Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



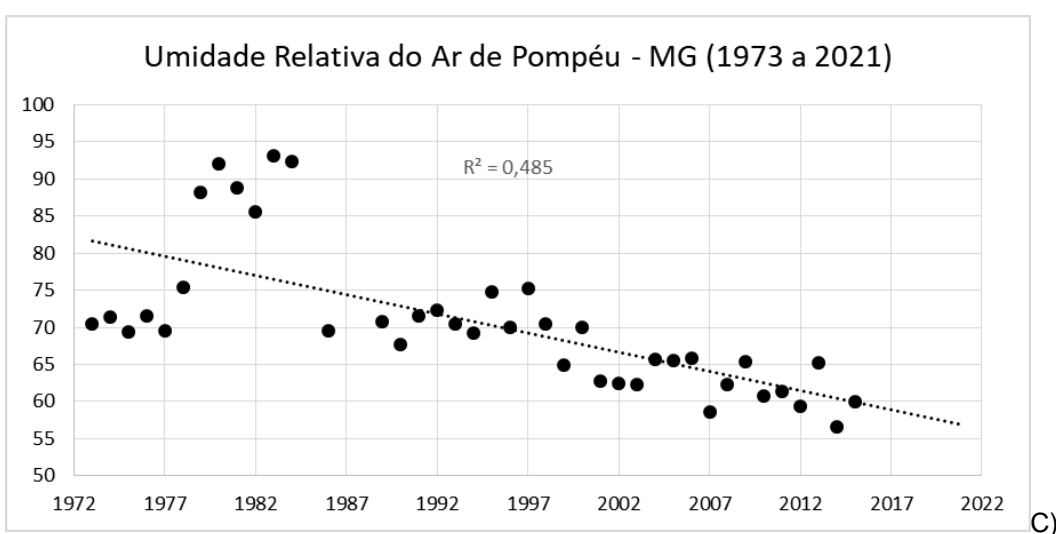
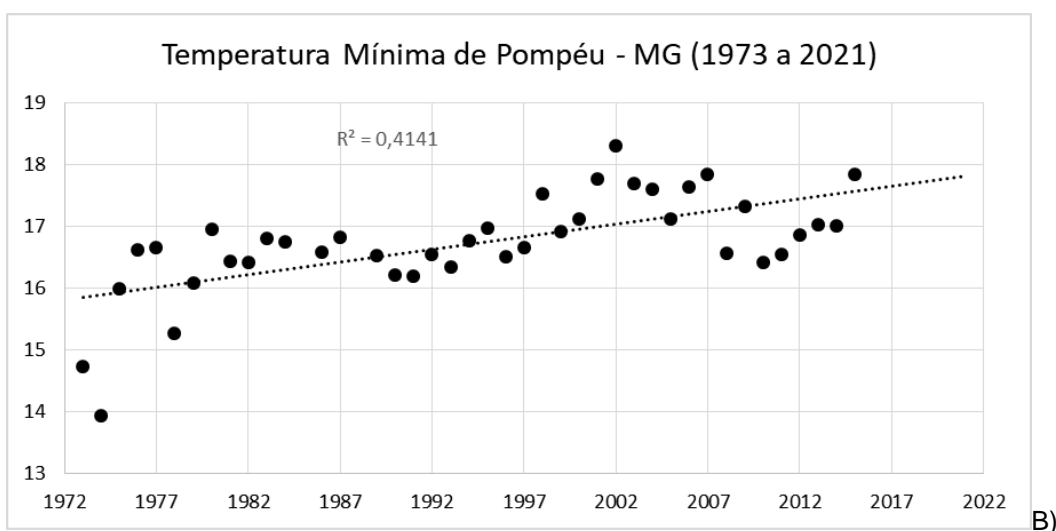
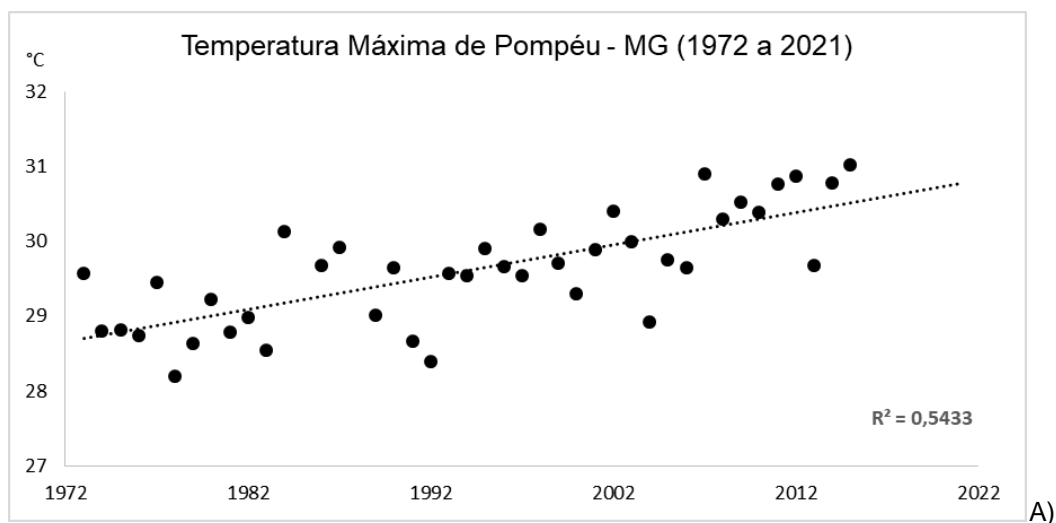
**Figura 10:** Gráfico de Dispersão de temperatura máxima (A); Temperatura Mínima (B); – Umidade Relativa do ar (C) de Florestal - MG. Fonte: INMET (2022) Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



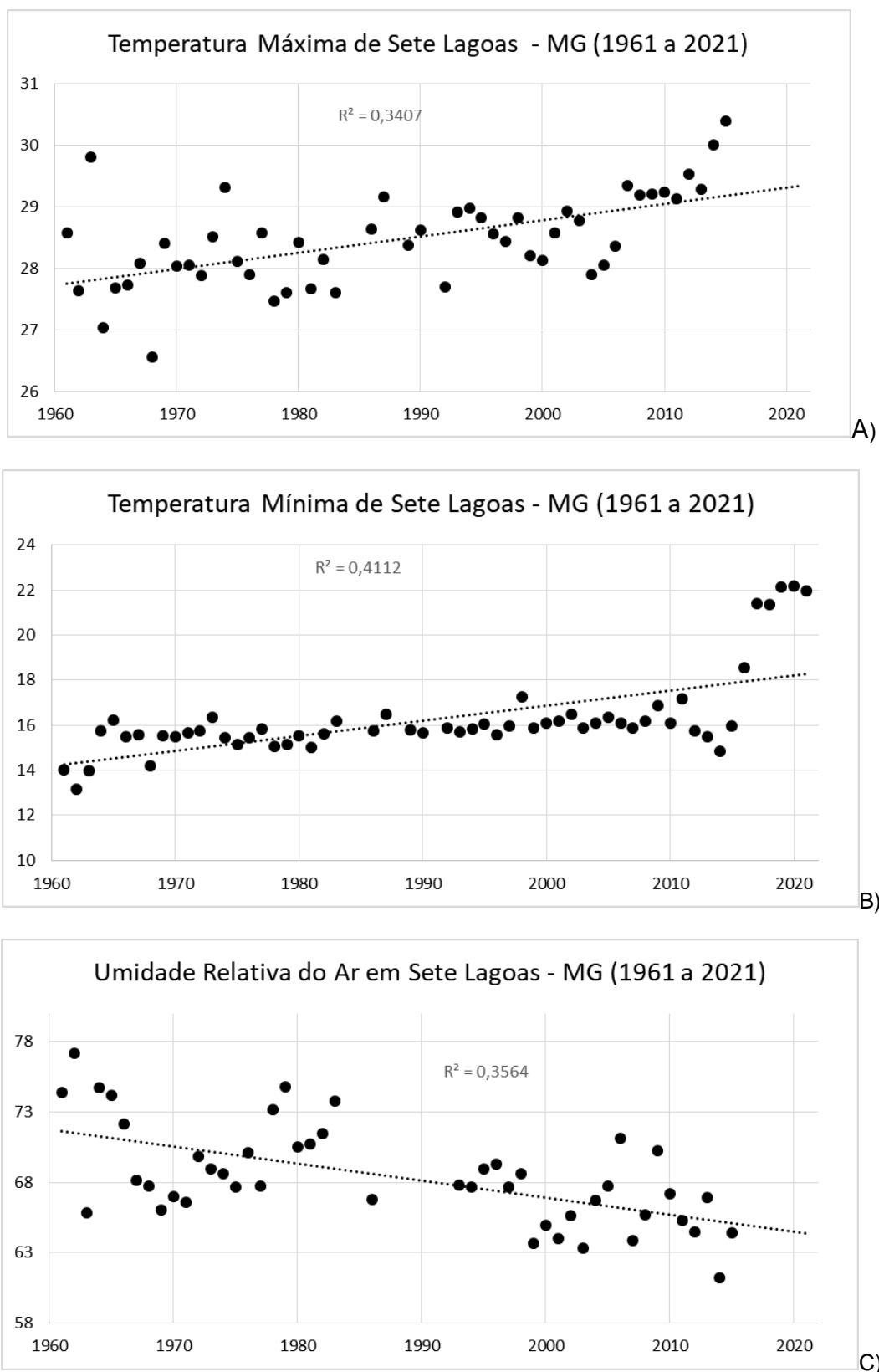
**Figura 11:** Gráficos de Dispersão de temperatura máxima (A); Temperatura Mínima (B); – Umidade Relativa do ar (C) de Ibitiré - MG. Fonte: INMET (2022) Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



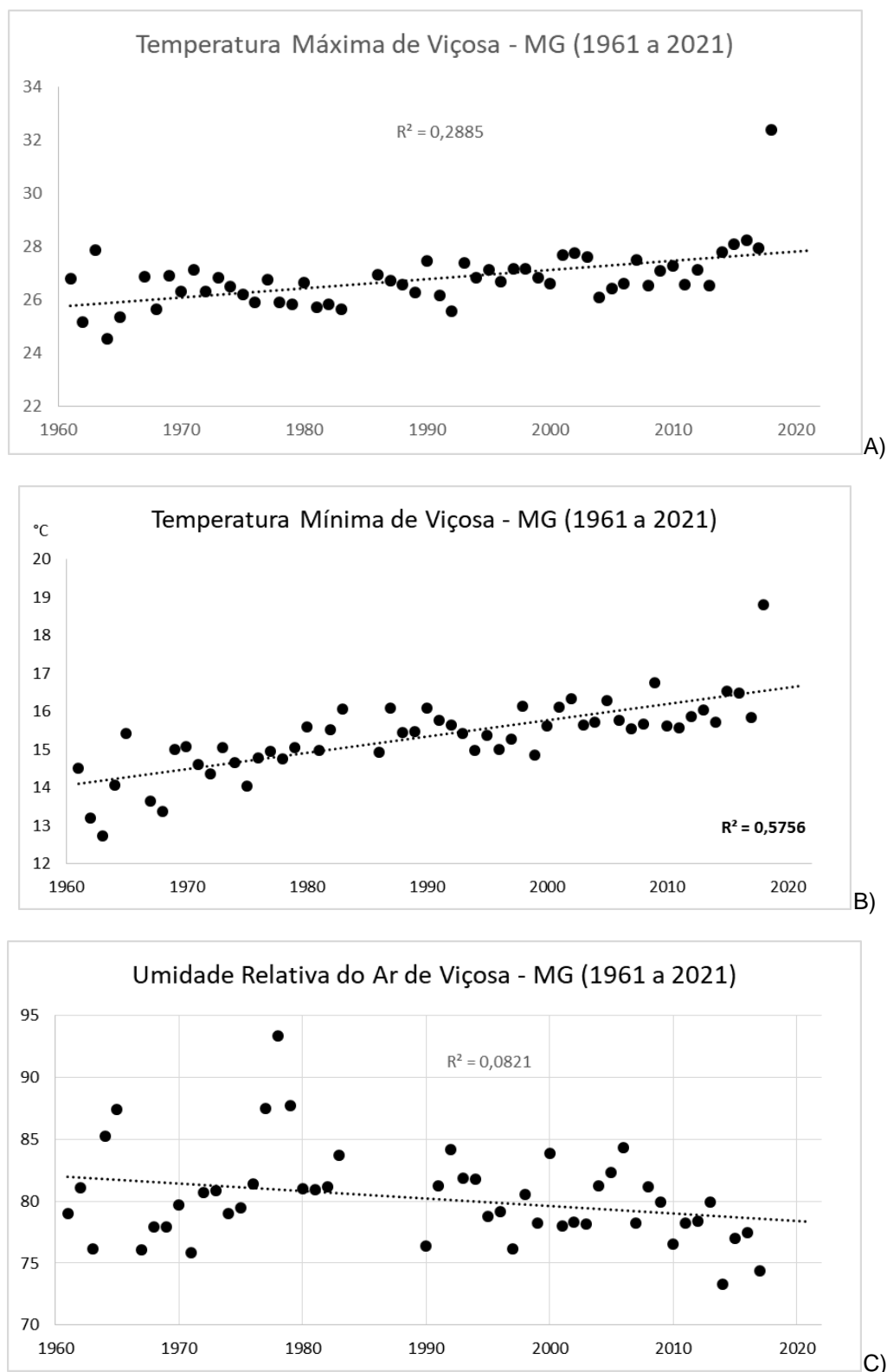
**Figura 12:** Gráfico de Dispersão de temperatura máxima (A); Temperatura Mínima (B); – Umidade Relativa do ar (C) de Pirapora - MG. Fonte: INMET (2022) Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



**Figura 13:** Gráfico de Dispersão de temperatura máxima (A); Temperatura Mínima (B); – Umidade Relativa do ar (C) de Pompéu - MG. Fonte: INMET (2022) Elaboração: Heli Cassio Monteiro.



**Figura 14:** Gráfico de Dispersão de temperatura máxima (A); Temperatura Mínima (B); – Umidade Relativa do ar (C) de Sete Lagoas - MG. Fonte: INMET (2022) Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

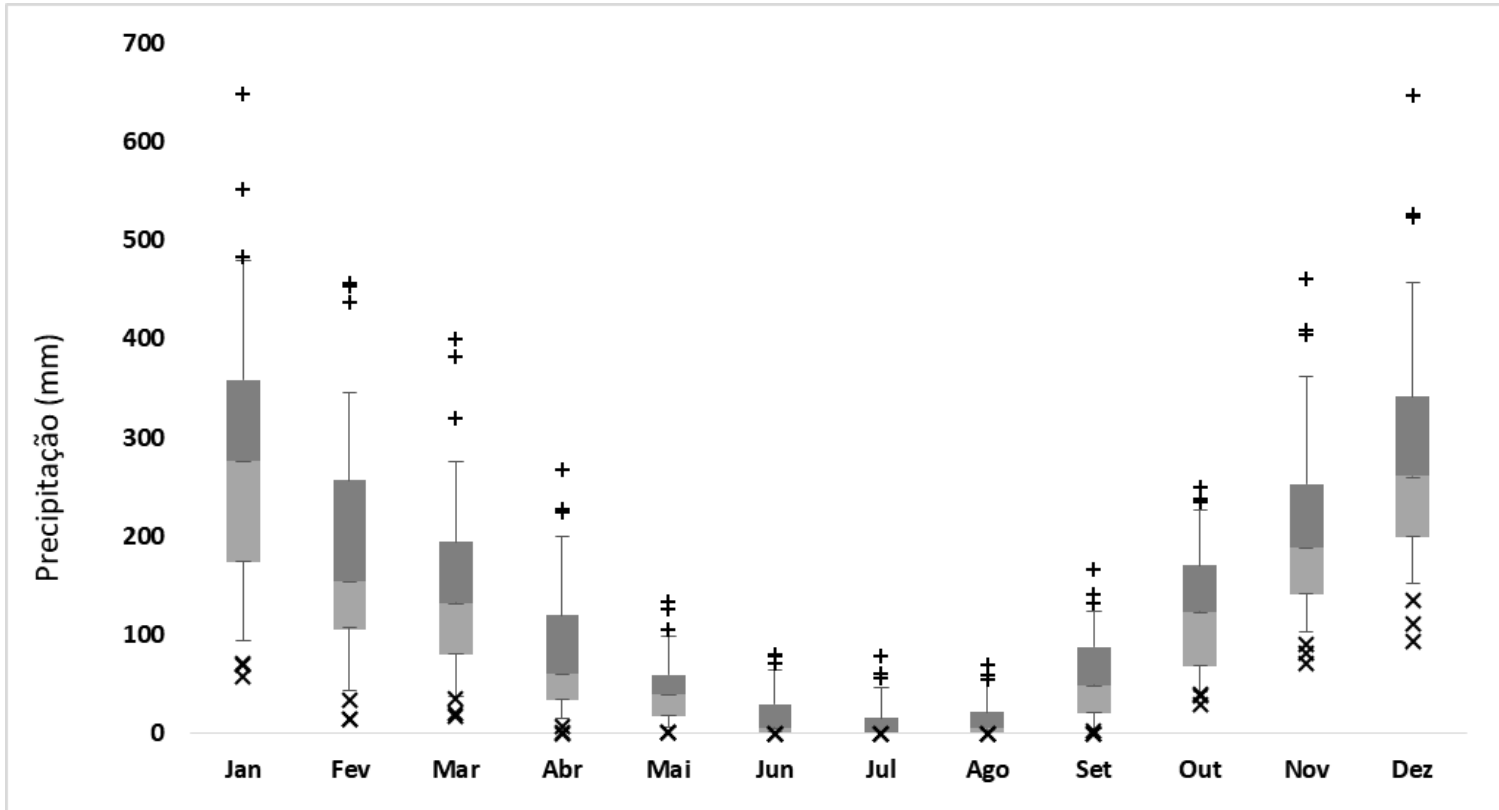


**Figura 15:** Gráfico de Dispersão de temperatura máxima (A); Temperatura Mínima (B); – Umidade Relativa do ar (C) de Viçosa - MG. Fonte: INMET (2022) Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

**Tabela 1.** Dados de precipitação utilizados para a confecção do diagrama Box Plot de Bambuí – MG (1961 a 2021).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínimo valor não outliers	93,9	43,8	38,1	15,8	6,4	0	0	0	4,3	41,5	103,2	152
Quartil 1	173,175	106	80,15	33,35	17	0,4	0	0	20,1	68,375	141,425	199,2
Mediana	275,95	154,4	132,6	60,6	39,9	6,2	1,8	5,05	49,5	123,65	188,5	260,8
Quartil 3	358,3	256,45	193,9	119,85	60	30,275	15,95	21,8	87,575	170,225	252,975	341,4
Máximo valor não outliers	479,9	345,6	275,2	199,6	98,7	64,6	47	53,4	124,5	227,1	361,1	457,4
Mínimo	79,275	62,2	42,05	17,55	10,6	0,4	0	0	15,8	26,875	38,225	47,2
Quartil 1	173,175	106	80,15	33,35	17	0,4	0	0	20,1	68,375	141,425	199,2
Mediana	102,775	48,4	52,45	27,25	22,9	5,8	1,8	5,05	29,4	55,275	47,075	61,6
Quartil 3	82,35	102,05	61,3	59,25	20,1	24,075	14,15	16,75	38,075	46,575	64,475	80,6
Máximo	121,6	89,15	81,3	79,75	38,7	34,325	31,05	31,6	36,925	56,875	108,125	116
Outliers inferiores												
1	58	14,6	17,4	0	1,7	0	0	0	0,2	28,9	70,6	94,1
2	69,9	15,4	20,9	1	1,8	0	0	0	0,5	38,4	82	111,8
3	71,1	34	35,2	7	1,9	0	0	0	2,6	40,3	91,1	135,3
Outliers superiores												
1	483,2	436,2	319,3	224,9	106	71,2	56,2	54,9	132	234,4	403,6	522,6
2	551,8	452,8	381,5	227,1	126,4	79,3	61,2	59,6	140,6	237	408,1	526,1
3	648,4	456,8	399,3	267,9	133,4	79,9	78	69,1	166	250,3	460,8	646

Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro.

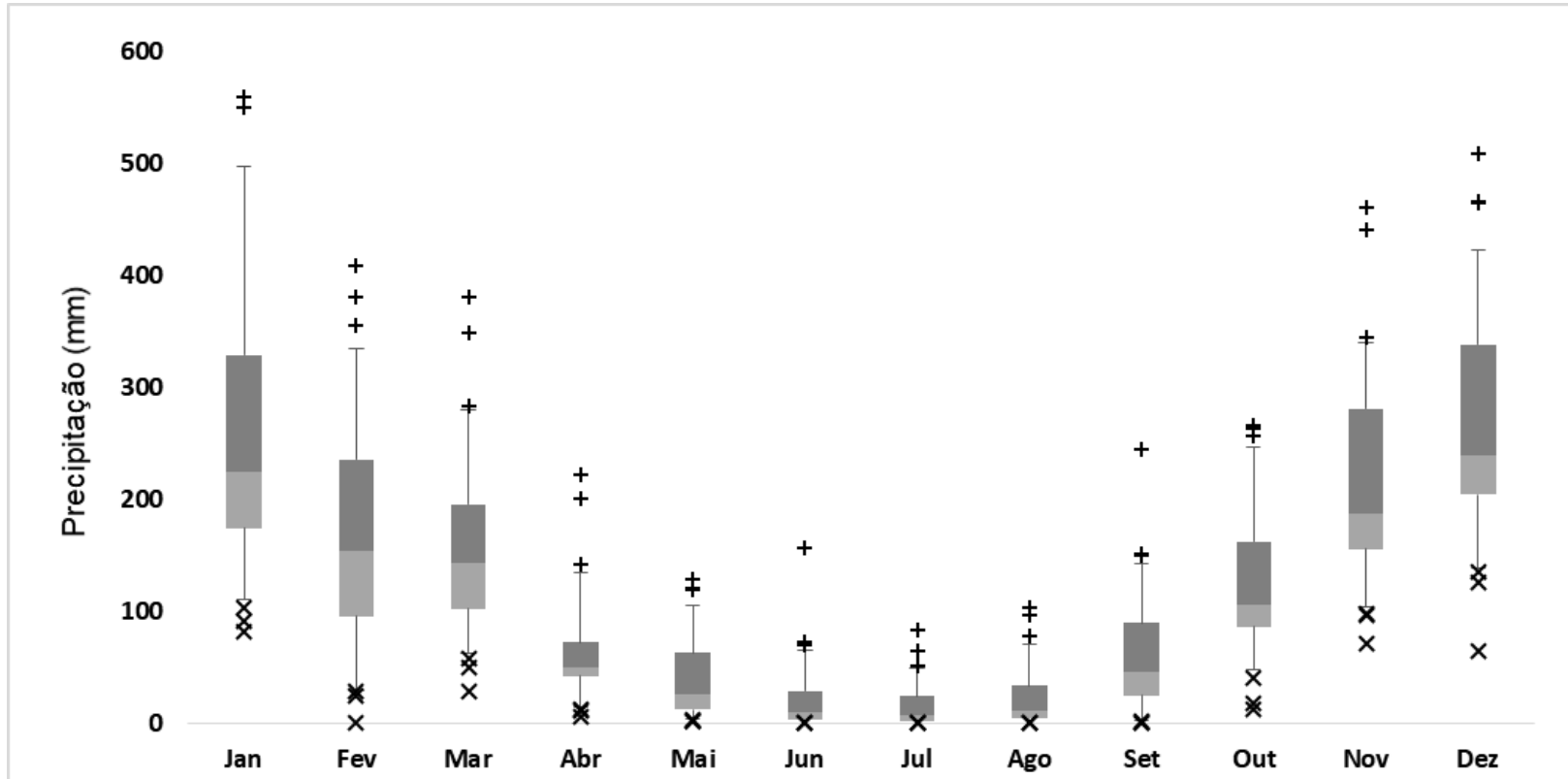


**Figura 16:** Diagrama de Box Plot para a estação de Bambuí –MG entre 1961 a 2021. Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

**Tabela 2.** Dados de precipitação utilizados para a confecção do diagrama Box Plot de Barbacena – MG (1961 a 2021).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínimo valor não outliers	109,7	28,1	61,5	13,7	4	0	0	0	2	46,8	104	137,6
Quartil 1	173,475	95,275	102	41,85	12	2,325	1	3,625	24,3	85,8	155,25	203,475
Mediana	224,6	153,3	142,5	49,7	25,1	9,7	6,8	10,8	45,2	105,6	186,5	239,1
Quartil 3	328,525	235,275	195,4	71,55	62,2	28,475	23,6	33,3	88,8	161,5	280,2	337,875
Máximo valor não outliers	497,3	334	280	134,2	105	65,2	49,1	69,7	142,3	246,6	338,9	421,8
Mínimo	63,775	67,175	40,5	28,15	8	2,325	1	3,625	22,3	39	51,25	65,875
Quartil 1	173,475	95,275	102	41,85	12	2,325	1	3,625	24,3	85,8	155,25	203,475
Mediana	51,125	58,025	40,5	7,85	13,1	7,375	5,8	7,175	20,9	19,8	31,25	35,625
Quartil 3	103,925	81,975	52,9	21,85	37,1	18,775	16,8	22,5	43,6	55,9	93,7	98,775
Máximo	168,775	98,725	84,6	62,65	42,8	36,725	25,5	36,4	53,5	85,1	58,7	83,925
Outliers inferiores												
1	81,2	0,3	28,4	5,6	1,6	0	0	0	0,6	11,9	70,9	63,6
2	91,2	24,7	49,7	11,2	2	0	0	0	0,7	17,6	95,8	125,3
3	102,7	27,6	56,9	12,1	2,2	0	0	0	1,6	40,7	97,5	135,3
Outliers superiores												
1	549,3	355,3	283,2	141	118,6	69,3	50,8	78	149,8	255,6	344,2	464
2	549,4	380	347,5	200,7	120,3	72,2	64,5	95,7	151	262,6	440,1	466
3	558,9	408,2	380,2	220,9	127,9	156,2	82,6	103	243,5	265,1	460,4	507,7

Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

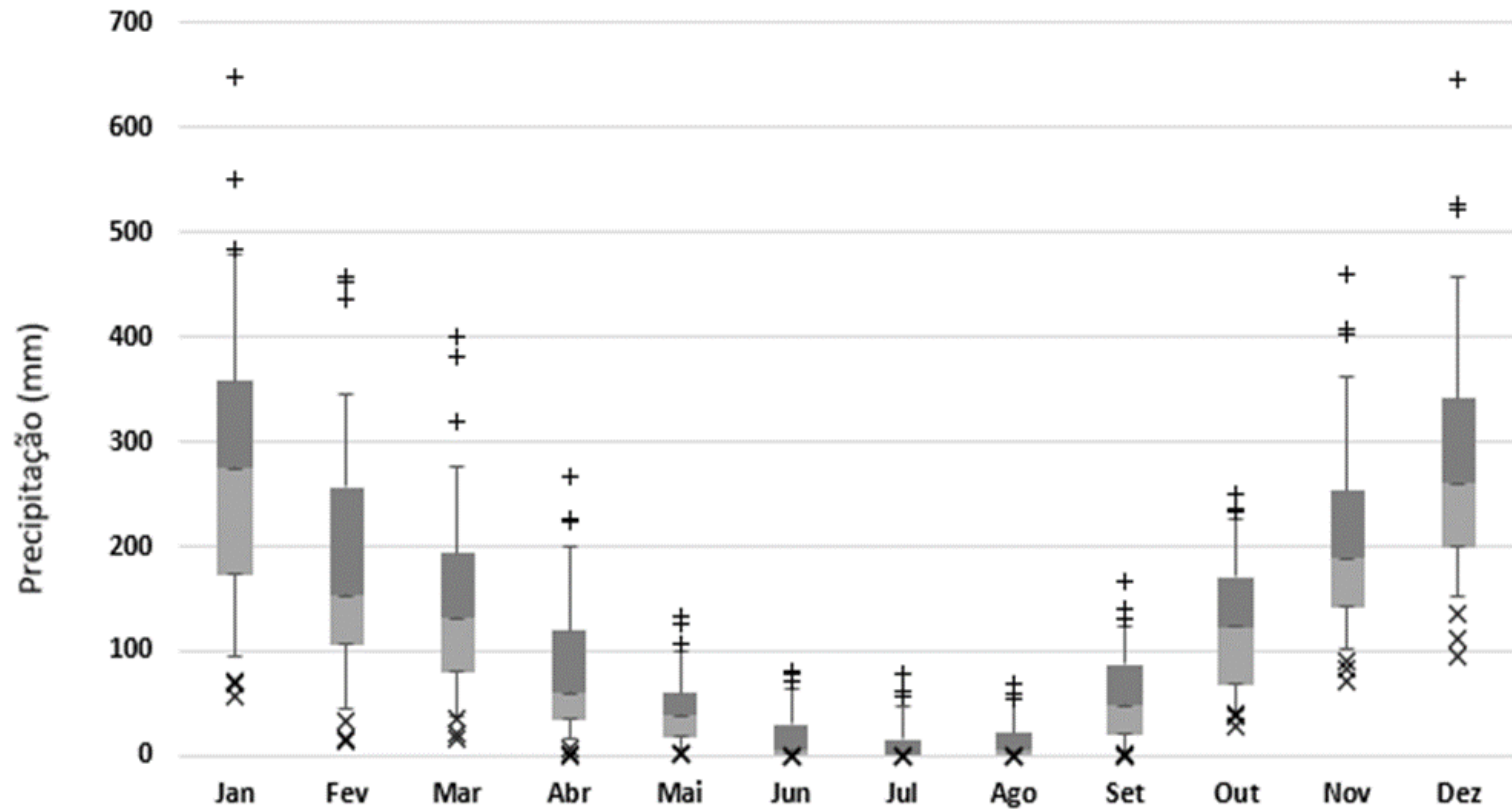


**Figura 17:** Diagrama de Box Plot para a estação de Barbacena –MG entre 1961 a 2021. Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

**Tabela 3.** Dados de precipitação utilizados para a confecção do diagrama Box Plot de Belo Horizonte – MG (1961 a 2021).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínimo valor não outliers	62,9	34,3	54,9	6,1	0,2	0	0	0	0	32,5	105,2	129,3
Quartil 1	166,5	96,2	103,4	38,6	9,875	0,5	0	0	12,1	53,2	182,375	234,2
Mediana	241	159,5	135,9	55,4	20,2	3	0,5	1,6	37,4	84	215,5	286,6
Quartil 3	423,4	242,8	246,4	97,9	42,15	19,8	10,9	21,7	66,5	162,9	289,7	411,3
Máximo valor não outliers	651,2	398,2	375,1	174	71,9	53,6	47,8	43,2	103,1	267,6	386,2	564,1
Mínimo	103,6	61,9	48,5	32,5	9,675	0,5	0	0	12,1	20,7	77,175	104,9
Quartil 1	166,5	96,2	103,4	38,6	9,875	0,5	0	0	12,1	53,2	182,375	234,2
Mediana	74,5	63,3	32,5	16,8	10,325	2,5	0,5	1,6	25,3	30,8	33,125	52,4
Quartil 3	182,4	83,3	110,5	42,5	21,95	16,8	10,4	20,1	29,1	78,9	74,2	124,7
Máximo	227,8	155,4	128,7	76,1	29,75	33,8	36,9	21,5	36,6	104,7	96,5	152,8
Outliers inferiores												
1	52,2	4	7	5,2	0	0	0	0	0	3,2	80,4	86,6
2	60,4	11,9	12,7	5,2	0	0	0	0	0	22	84,8	110,7
3	61,3	22,9	13,3	6	0	0	0	0	0	32,1	90,1	114,1
Outliers superiores												
1	781,6	443,2	384,6	184,9	78,2	55	48,1	47,1	105,2	275	396,6	601,3
2	850,3	487,3	391,3	223,1	79,4	68,5	54,8	54,8	126	322,7	452,2	644,4
3	934,7	528,8	412	235,8	96,7	75,3	54,9	74,6	127,2	344,3	528,9	720

Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

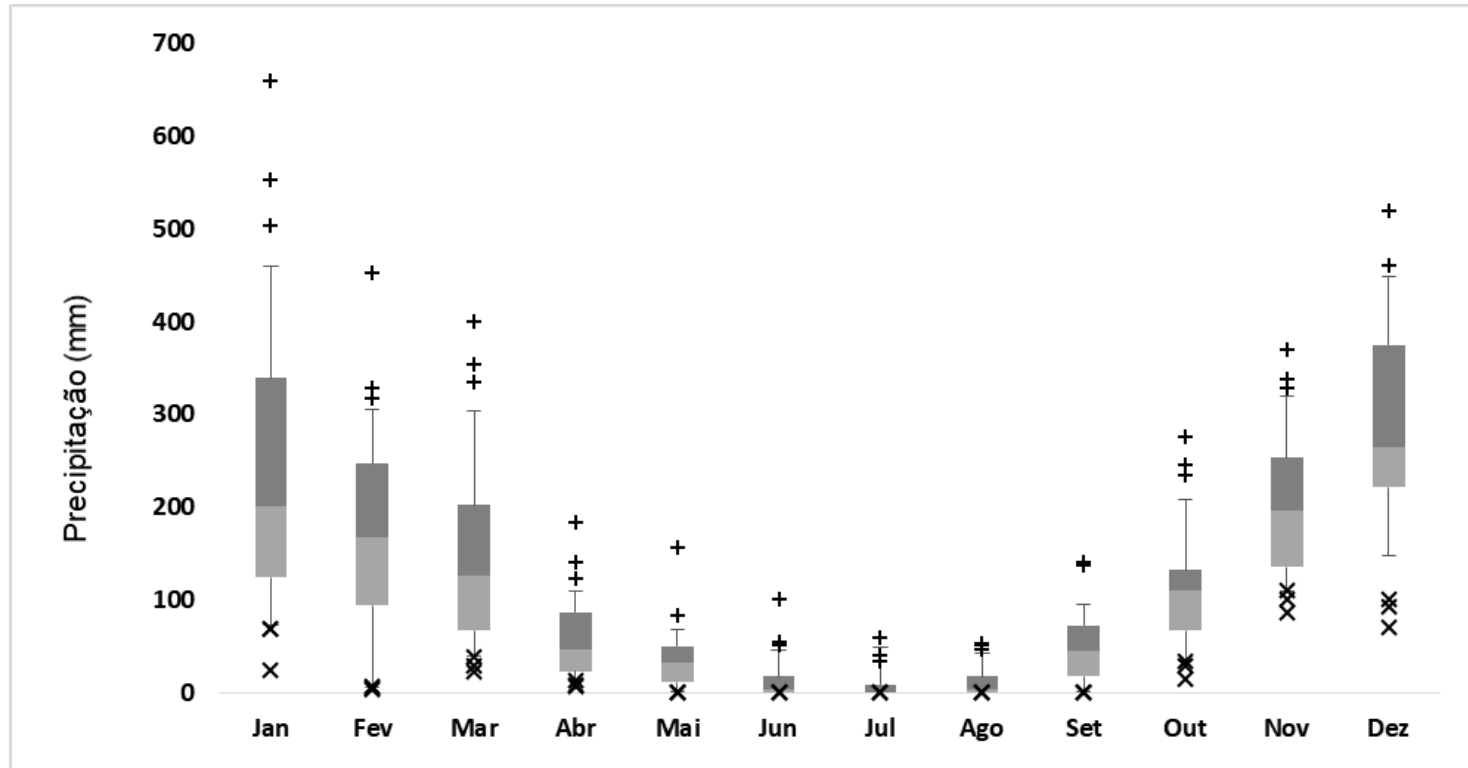


**Figura 18:** Diagrama de Box Plot para a estação de Belo Horizonte –MG entre 1961 a 2021. Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

**Tabela 4.** Dados de precipitação utilizados para a confecção do diagrama Box Plot de Bom Despacho – MG (1961 a 2021).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínimo valor não outliers	72	6,2	40	13,8	1	0	0	0	0,8	35	110	147,8
Quartil 1	124,225	93,425	66,4	23,25	10,6	0,25	0	0	17	66,675	134,95	221,05
Mediana	201,4	167,45	126,8	46,8	32,8	4	0,1	4	44,95	110,55	196,25	264,5
Quartil 3	339,275	246,475	202,4	86,85	50,15	17,45	8,875	17,4	72,35	132,375	252,725	374,8
Máximo valor não outliers	460,3	304,6	303,7	109,1	68,2	45,6	49,1	42,6	95,4	208,6	319	448,6
Mínimo	52,225	87,225	26,4	9,45	9,6	0,25	0	0	16,2	31,675	24,95	73,25
Quartil 1	124,225	93,425	66,4	23,25	10,6	0,25	0	0	17	66,675	134,95	221,05
Mediana	77,175	74,025	60,4	23,55	22,2	3,75	0,1	4	27,95	43,875	61,3	43,45
Quartil 3	137,875	79,025	75,6	40,05	17,35	13,45	8,775	13,4	27,4	21,825	56,475	110,3
Máximo	121,025	58,125	101,3	22,25	18,05	28,15	40,225	25,2	23,05	76,225	66,275	73,8
Outliers inferiores												
1	23,4	3,8	22	6,1	0	0	0	0	0	13,8	87	71
2	68,8	4,2	28,1	7,4	0	0	0	0	0	29,4	100,6	92,4
3	69,4	6	37,9	13	0,4	0	0	0	0	34	109,4	100,8
Outliers superiores												
1	503,1	317,9	335,2	122,6	82,5	51,6	33,7	46,8	137,7	234,4	328,4	460
2	552,8	328,5	353,9	140,4	82,8	55	39,7	50,4	139,7	245,6	338,4	460,7
3	659,3	452,8	399,7	183,8	157,1	100,5	58,8	52	140	276,3	370,2	519

Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

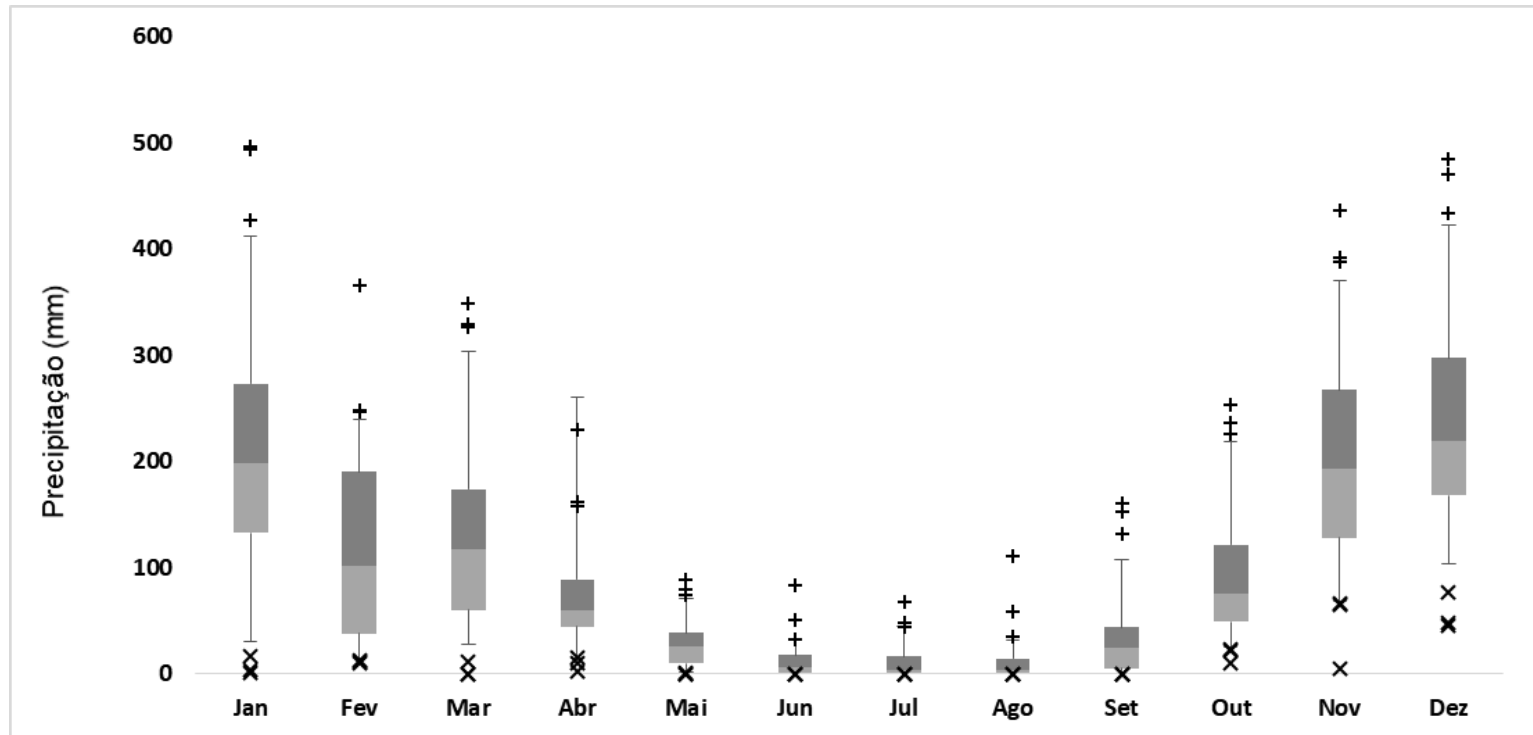


**Figura 19:** Diagrama de Box Plot para a estação de Belo Horizonte –MG entre 1961 a 2021. Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

**Tabela 5.** Dados de precipitação utilizados para a confecção do diagrama Box Plot de Caratinga – MG (1961 a 2021).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínimo valor não outliers	29,8	14,6	28,2	15,1	2,2	0	0	0	0	24,9	68,6	103,2
Quartil 1	132,475	37,875	59,85	44,65	9,9	1,35	0,95	0,5	5,35	49,025	128,075	167,625
Mediana	198,9	101,55	116,8	59,8	26	6,9	4	3,3	24,9	75,25	193,65	218,95
Quartil 3	272,85	190,375	173,85	88,625	38,3	17,825	16,35	14,6	43,85	121,225	266,975	297,4
Máximo valor não outliers	411,9	239,8	303,7	260,4	70,9	31,9	44,5	32,1	108,1	218,1	370,6	422,3
Mínimo	102,675	23,275	31,65	29,55	7,7	1,35	0,95	0,5	5,35	24,125	59,475	64,425
Quartil 1	132,475	37,875	59,85	44,65	9,9	1,35	0,95	0,5	5,35	49,025	128,075	167,625
Mediana	66,425	63,675	56,95	15,15	16,1	5,55	3,05	2,8	19,55	26,225	65,575	51,325
Quartil 3	73,95	88,825	57,05	28,825	12,3	10,925	12,35	11,3	18,95	45,975	73,325	78,45
Máximo	139,05	49,425	129,85	171,775	32,6	14,075	28,15	17,5	64,25	96,875	103,625	124,9
Outliers inferiores												
1	1,6	10,1	0	2,6	0	0	0	0	0	9,7	5	45,5
2	3,4	12	0	10,8	0	0	0	0	0	22,4	65,5	48,2
3	16,7	13,3	12,1	14,9	1,5	0	0	0	0	23,2	66,8	76,2
Outliers superiores												
1	427,5	246,9	326,5	157,6	74,8	32	44,8	34,5	131,4	225,6	387,4	434
2	493,4	248	328,9	161,6	79,4	50,9	47,7	58,3	152,3	236	392,1	469,9
3	496,1	365,7	349,1	230,2	88	83,9	67,6	111,4	160,9	253	435,6	483,8

Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

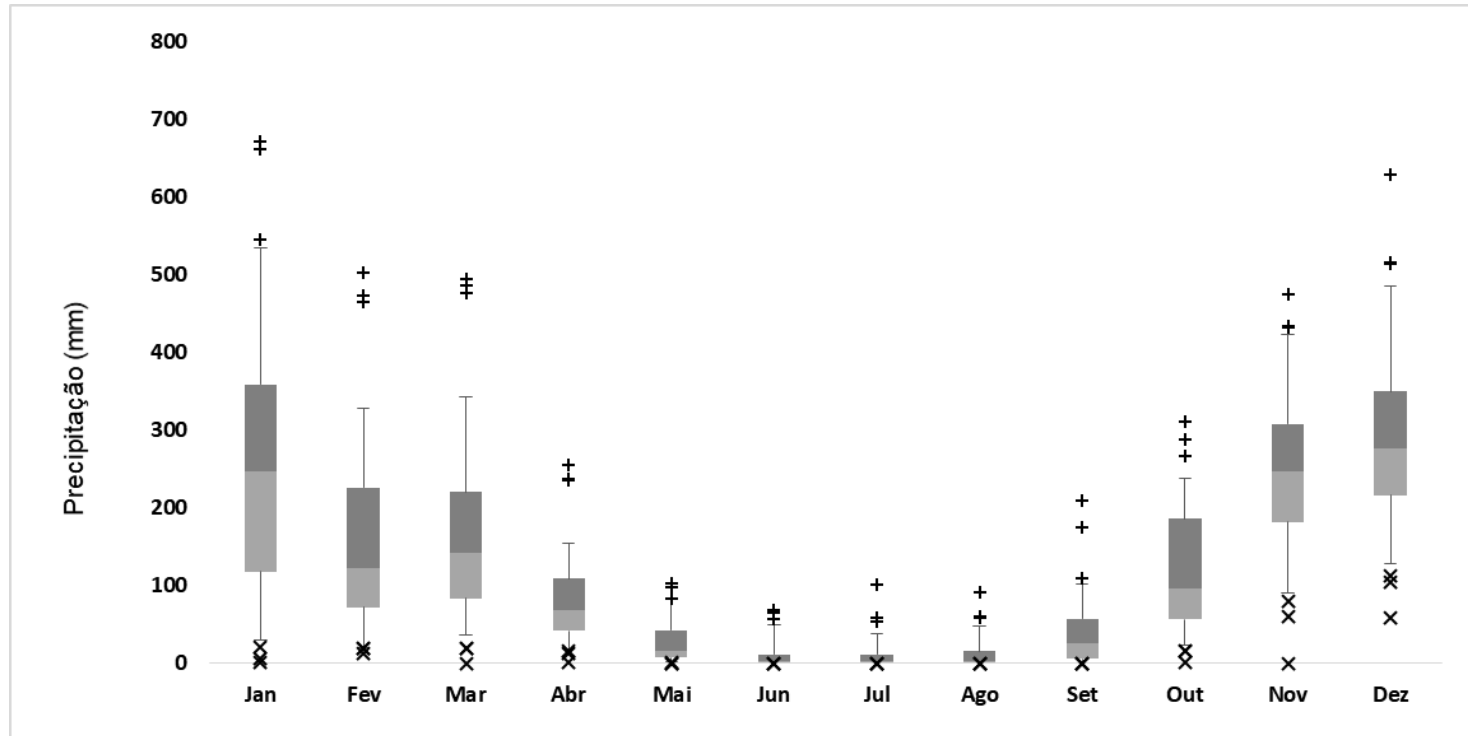


**Figura 20:** Diagrama de Box Plot para a estação de Caratinga – MG entre 1961 a 2021. Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

**Tabela 6.** Dados de precipitação utilizados para a confecção do diagrama Box Plot de Conceição do Mato Dentro– MG (1961 a 2021).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínimo valor não outliers	30,2	20,5	37,3	18,5	1,7	0	0	0	0,5	22,8	90,7	128,4
Quartil 1	118,5	72,6	84,15	42,35	7,425	0,875	0,9	0,7	6,1	56,725	182,5	216,7
Mediana	246,5	122,3	142,5	69,3	15,65	3,85	3,75	3,35	26,65	96,2	247,4	277,5
Quartil 3	359,3	226,3	220,65	109,35	43	11,8	11,625	16,175	57,325	186,025	308	350,4
Máximo valor não outliers	534,5	327,6	343,2	154,5	82,8	49,3	38,8	47,4	102,8	238,8	423,9	485,6
Mínimo	88,3	52,1	46,85	23,85	5,725	0,875	0,9	0,7	5,6	33,925	91,8	88,3
Quartil 1	118,5	72,6	84,15	42,35	7,425	0,875	0,9	0,7	6,1	56,725	182,5	216,7
Mediana	128	49,7	58,35	26,95	8,225	2,975	2,85	2,65	20,55	39,475	64,9	60,8
Quartil 3	112,8	104	78,15	40,05	27,35	7,95	7,875	12,825	30,675	89,825	60,6	72,9
Máximo	175,2	101,3	122,55	45,15	39,8	37,5	27,175	31,225	45,475	52,775	115,9	135,2
Outliers inferiores												
1	1	12,5	0	1,4	0	0	0	0	0	1	0	58,9
2	6,3	19,5	19,5	13,2	0,6	0	0	0	0	15,8	60,2	103,9
3	21,3	19,6	19,7	15,5	0,9	0	0	0	0	16,4	80,8	113,5
Outliers superiores												
1	545	465,1	477,2	236,3	83,9	56,7	53,4	59,4	109,6	266,3	432,4	514,1
2	661,2	474,1	486,3	238	97,9	64,8	59,1	59,7	175,5	287,8	433,4	516,6
3	672,5	502,6	495	255,3	102,4	67,8	101,6	91,7	208,9	311,5	475,4	629,9

Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

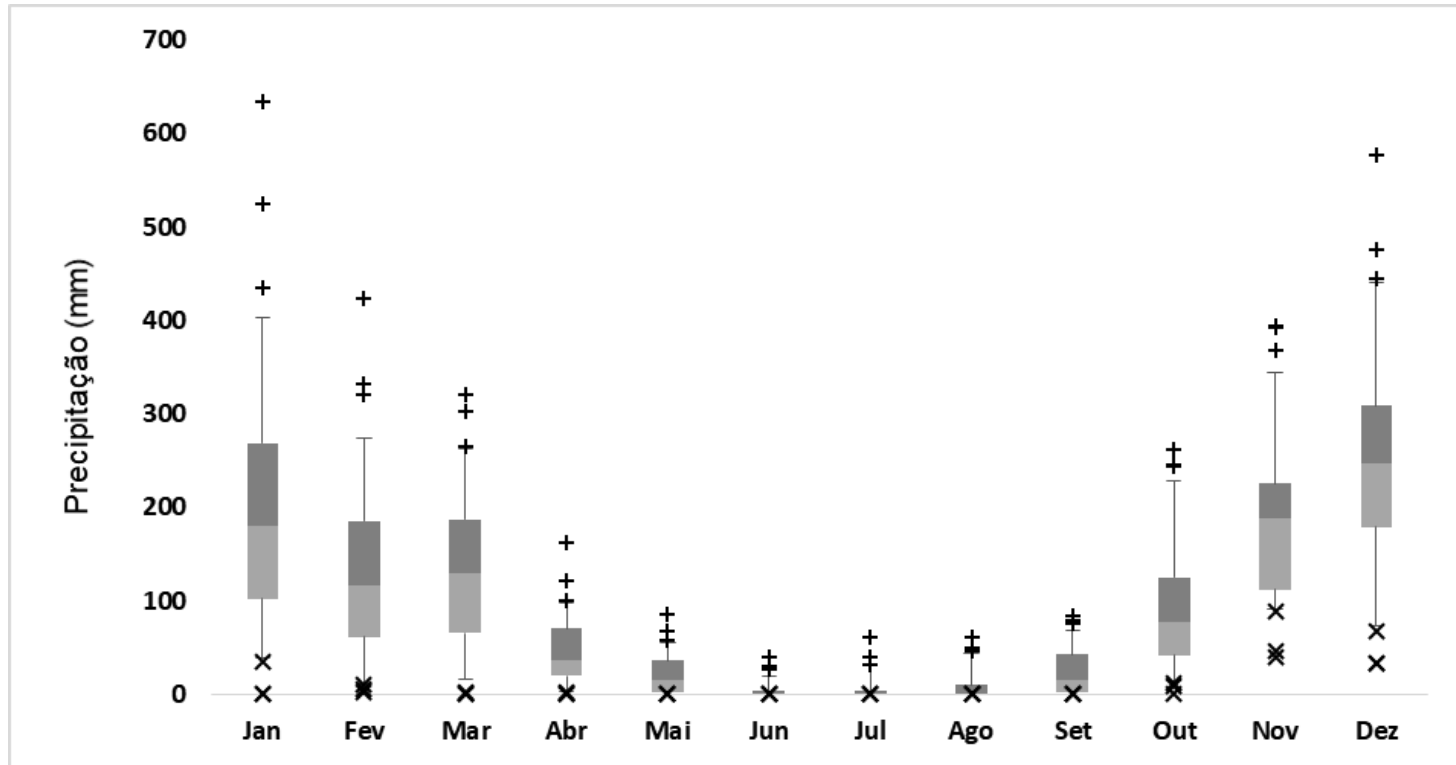


**Figura 21:** Diagrama de Box Plot para a estação de Conceição do Mato Dentro – MG entre 1961 a 2021. Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

**Tabela 7.** Dados de precipitação utilizados para a confecção do diagrama Box Plot de Curvelo – MG (1961 a 2021).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínimo valor não outliers	39	12	15,4	3,5	0	0	0	0	0	14,2	91	74
Quartil 1	102,35	61,7	65,2	19,7	3	0	0	0	1,6	41,675	112,15	179,15
Mediana	180,9	116,4	129,3	36,1	14,9	0,05	0	0,6	15,5	77,5	189	246,9
Quartil 3	268,65	185,225	187,3	70,675	35,925	3,375	3,7	10,1	42,5	125,225	225,95	308,625
Máximo valor não outliers	403	274,2	262,6	97	54,6	19	30,8	43,2	69,2	228,8	344	440,9
Mínimo	63,35	49,7	49,8	16,2	3	0	0	0	1,6	27,475	21,15	105,15
Quartil 1	102,35	61,7	65,2	19,7	3	0	0	0	1,6	41,675	112,15	179,15
Mediana	78,55	54,7	64,1	16,4	11,9	0,05	0	0,6	13,9	35,825	76,85	67,75
Quartil 3	87,75	68,825	58	34,575	21,025	3,325	3,7	9,5	27	47,725	36,95	61,725
Máximo	134,35	88,975	75,3	26,325	18,675	15,625	27,1	33,1	26,7	103,575	118,05	132,275
Outliers inferiores												
1	0	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0	40,6	33,1
2	0	6	0,3	0	0	0	0	0	0	8,4	46,6	34
3	34,5	11	2	1,6	0	0	0	0	0	11,4	88,8	67
Outliers superiores												
1	434,9	321,3	264,7	101	58,3	27	31,6	47,1	75,6	243,5	368,8	444
2	524	331,6	302	121,6	67	29,4	40	50,4	79	245,7	392,2	476
3	633,8	423,6	320	162	86	40	61,6	61	84,1	261,7	393,8	577,3

Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

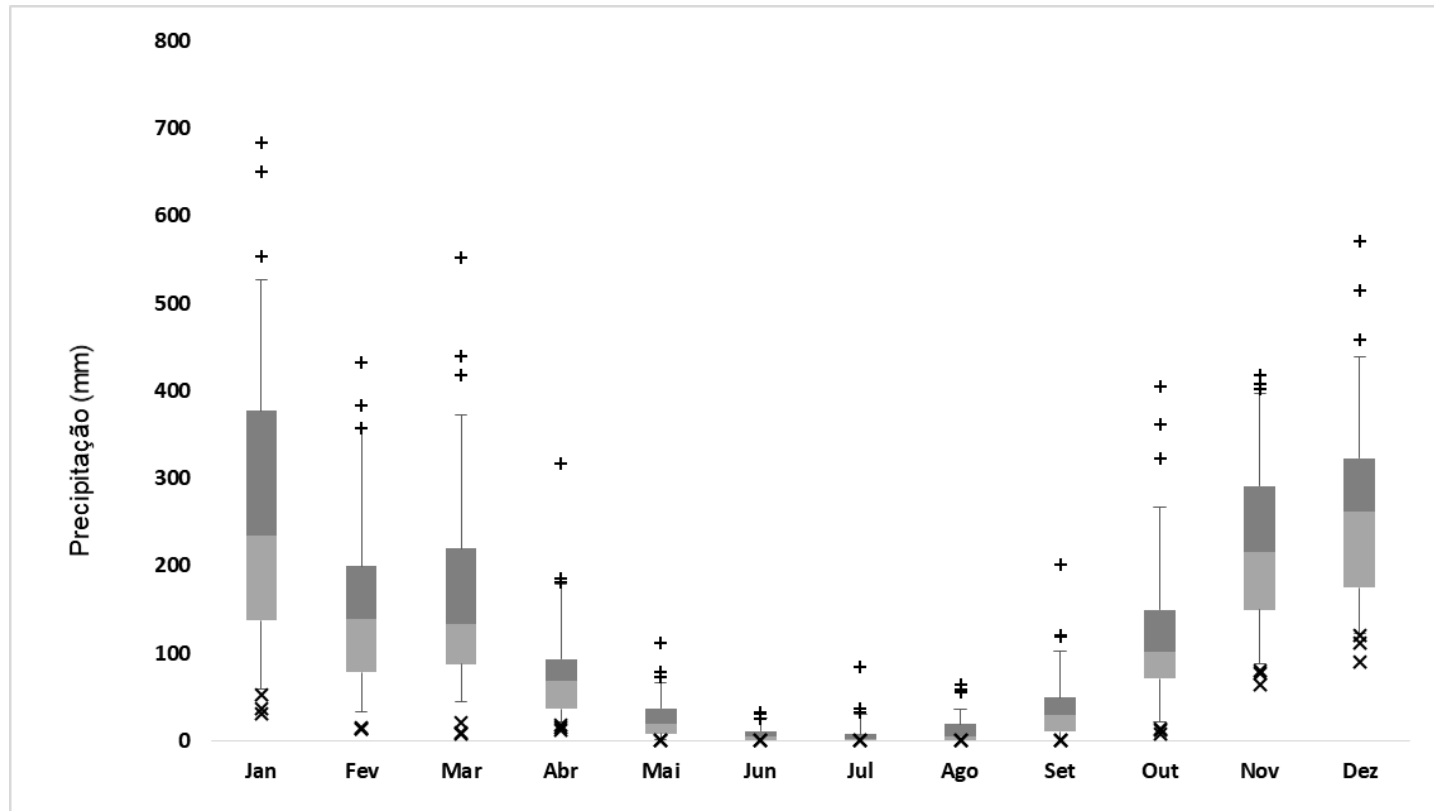


**Figura 22:** Diagrama de Box Plot para a estação de Curvelo – MG entre 1961 a 2021. Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

**Tabela 8.** Dados de precipitação utilizados para a confecção do diagrama Box Plot de Diamantina – MG (1961 a 2021).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Mínimo valor não outliers	58,6	33	44,8	22,1	1,4	0	0	0	0	22,2	88,6
Quartil 1	137,625	78,3	87,4	36,475	8,55	0,8	0,5	0,7	10,175	71	149,9
Mediana	234,6	139,1	133,8	68,45	20,1	4,8	2,5	4,3	30	101,6	215,9
Quartil 3	376,975	199,45	219,5	93,125	37,4	11,05	7,25	19	49,675	149,7	291,325
Máximo valor não outliers	527,3	356,2	371,9	179	66,3	25,6	30,5	35,6	101,9	266,9	396,7
Mínimo	79,025	45,3	42,6	14,375	7,15	0,8	0,5	0,7	10,175	48,8	61,3
Quartil 1	137,625	78,3	87,4	36,475	8,55	0,8	0,5	0,7	10,175	71	149,9
Mediana	96,975	60,8	46,4	31,975	11,55	4	2	3,6	19,825	30,6	66
Quartil 3	142,375	60,35	85,7	24,675	17,3	6,25	4,75	14,7	19,675	48,1	75,425
Máximo	150,325	156,75	152,4	85,875	28,9	14,55	23,25	16,6	52,225	117,2	105,375
Outliers inferiores											
1	31,1	13,4	8,4	12,4	0,5	0	0	0	0	8,2	64
2	37,3	13,7	10	14,4	1	0	0	0	0	12,8	77,8
3	52,8	14,4	21,1	18,2	1	0	0	0	0	13,4	80,3
Outliers superiores											
1	553,1	357	418,4	180,6	72,9	25,8	31,7	55,1	119,3	322,9	401,8
2	650,4	383,3	439,6	185,2	79,3	30,6	36,3	57,7	121	361,7	408,3
3	683,7	432	552,7	316,4	112,5	31,9	83,7	64,2	201,8	405,2	417,3

Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

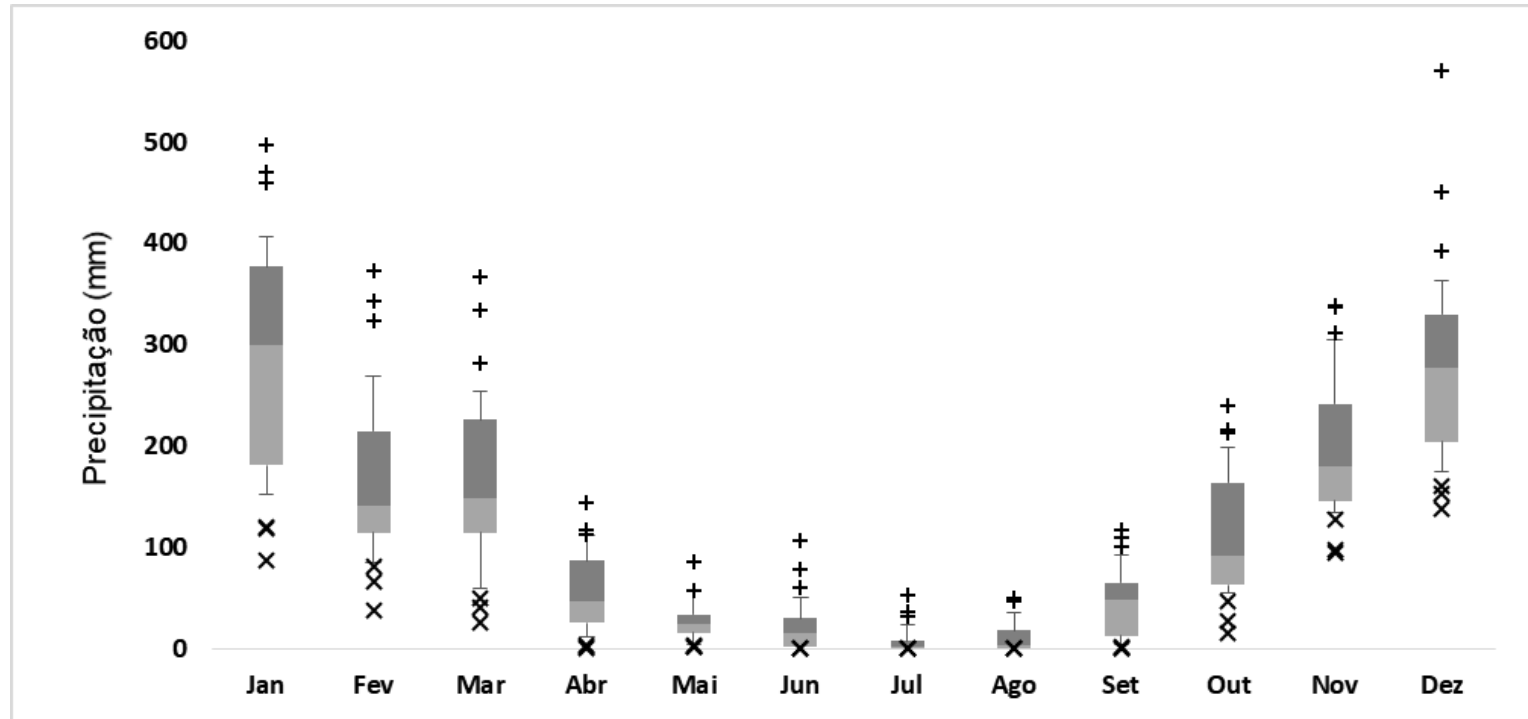


**Figura 23:** Diagrama de Box Plot para a estação de Diamantina – MG entre 1961 a 2021. Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

**Tabela 9.** Dados de precipitação utilizados para a confecção do diagrama Box Plot de Divinópolis – MG (1961 a 2021).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínimo valor não outliers	152,8	84,1	58,9	11,3	4,2	0	0	0	4,6	55,1	134,5	174,9
Quartil 1	180,95	114,575	114,65	25,05	15,325	1,025	0	0	12,3	62,75	145,6	204,2
Mediana	299,45	140,45	148,55	46,2	23,65	15,25	1,2	3,45	47,9	90,8	180,15	277,2
Quartil 3	377,275	214,95	226,15	86,45	33,725	30,075	7,175	18,075	64,8	163,55	241,825	330,05
Máximo valor não outliers	405,8	269,1	253,2	111,9	56	50,4	23,9	35,5	92,6	198,8	304,7	362,5
Mínimo	28,15	30,475	55,75	13,75	11,125	1,025	0	0	7,7	7,65	11,1	29,3
Quartil 1	180,95	114,575	114,65	25,05	15,325	1,025	0	0	12,3	62,75	145,6	204,2
Mediana	118,5	25,875	33,9	21,15	8,325	14,225	1,2	3,45	35,6	28,05	34,55	73
Quartil 3	77,825	74,5	77,6	40,25	10,075	14,825	5,975	14,625	16,9	72,75	61,675	52,85
Máximo	28,525	54,15	27,05	25,45	22,275	20,325	16,725	17,425	27,8	35,25	62,875	32,45
Outliers inferiores												
1	86,6	38	25,2	0	1,8	0	0	0	0	14,6	94,7	137,4
2	118,2	66	40,9	1,3	2,2	0	0	0	0	27,1	97	153,2
3	120,6	80,9	49,6	3	2,8	0	0	0	1,1	47,1	127,5	159,8
Outliers superiores												
1	459,9	323,1	280,9	111,9	57,3	60,1	31,9	46,1	99,9	212,6	311,1	391,9
2	470,1	342,3	334,1	117,2	85,6	77,9	35,4	48	109,1	215,8	337,3	451,2
3	497,1	373,2	367	144,4	86,1	106,8	52,8	49	116,4	239	337,9	571

Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

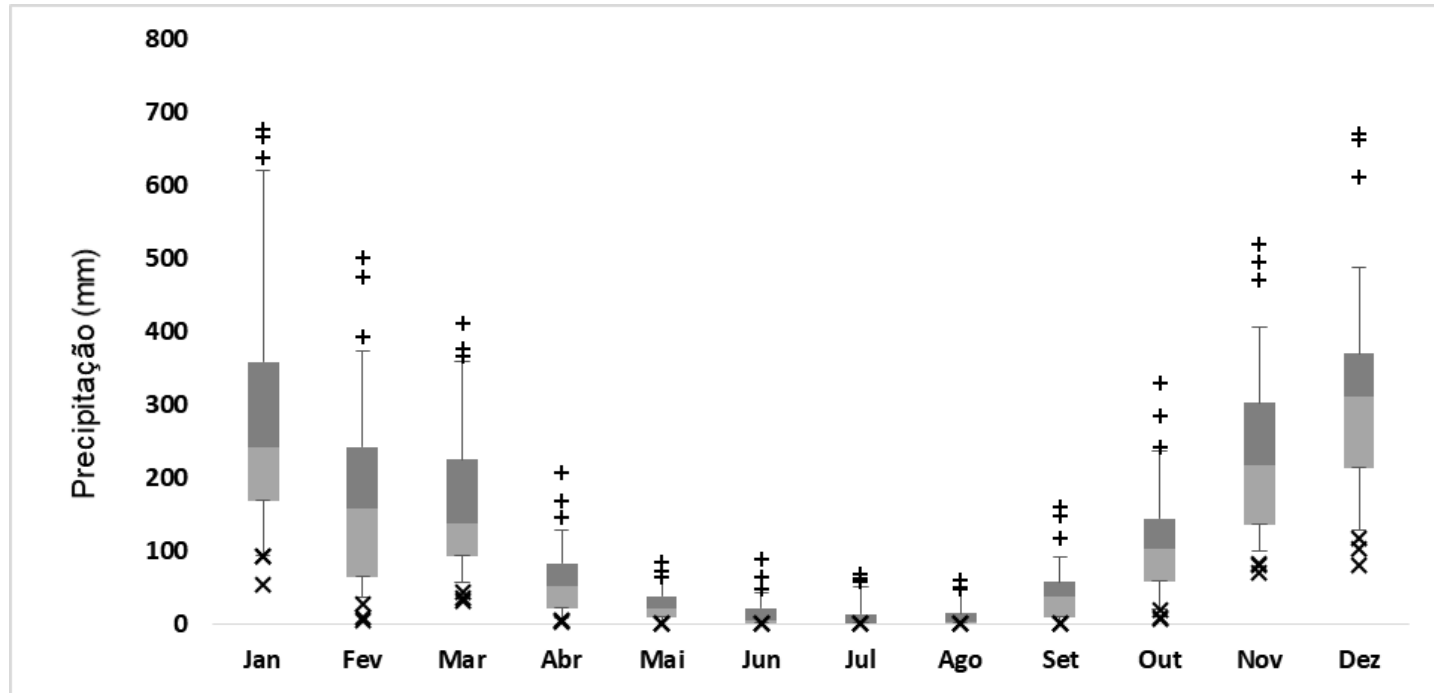


**Figura 24:** Diagrama de Box Plot para a estação de Divinópolis – MG entre 1961 a 2021. Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

**Tabela 10.** Dados de precipitação utilizados para a confecção do diagrama Box Plot de Florestal – MG (1961 a 2021).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínimo valor não outliers	93,6	36,6	56,3	7,4	0	0	0	0	0	20,8	100	128
Quartil 1	168,55	63,575	91,825	21,3	9,65	0	0	0	8,6	57,95	135,95	212,375
Mediana	242,6	158,1	137,5	51,4	21,4	4,45	1,4	3,1	37,8	101,75	217,7	311,1
Quartil 3	359,2	241,825	224,9	82,4	38,175	21,05	13	14,575	57,6	144,475	302,3	369,8
Máximo valor não outliers	621,2	374,4	359,7	127,4	63,2	42,1	51,4	46,1	90,9	237	406,8	487,2
Mínimo	74,95	26,975	35,525	13,9	9,65	0	0	0	8,6	37,15	35,95	84,375
Quartil 1	168,55	63,575	91,825	21,3	9,65	0	0	0	8,6	57,95	135,95	212,375
Mediana	74,05	94,525	45,675	30,1	11,75	4,45	1,4	3,1	29,2	43,8	81,75	98,725
Quartil 3	116,6	83,725	87,4	31	16,775	16,6	11,6	11,475	19,8	42,725	84,6	58,7
Máximo	262	132,575	134,8	45	25,025	21,05	38,4	31,525	33,3	92,525	104,5	117,4
Outliers inferiores												
1	52,8	4	30,7	3,1	0	0	0	0	0	5,7	70,5	80,4
2	91,6	9	35,3	3,8	0	0	0	0	0	9,2	80	102,7
3	92,2	27,8	43,6	5,5	0	0	0	0	0	18,8	81,7	117,2
Outliers superiores												
1	639	393,4	365,6	146,1	63,3	46,8	58,6	46,8	116,2	242,3	471,3	610,9
2	666,3	473,9	376	168,7	71,4	63,8	61,3	48,8	148,1	285,5	495,3	662,8
3	677,3	501,8	411,4	207,8	84,4	87,7	68,8	58,8	159,8	330	519,1	671,6

Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

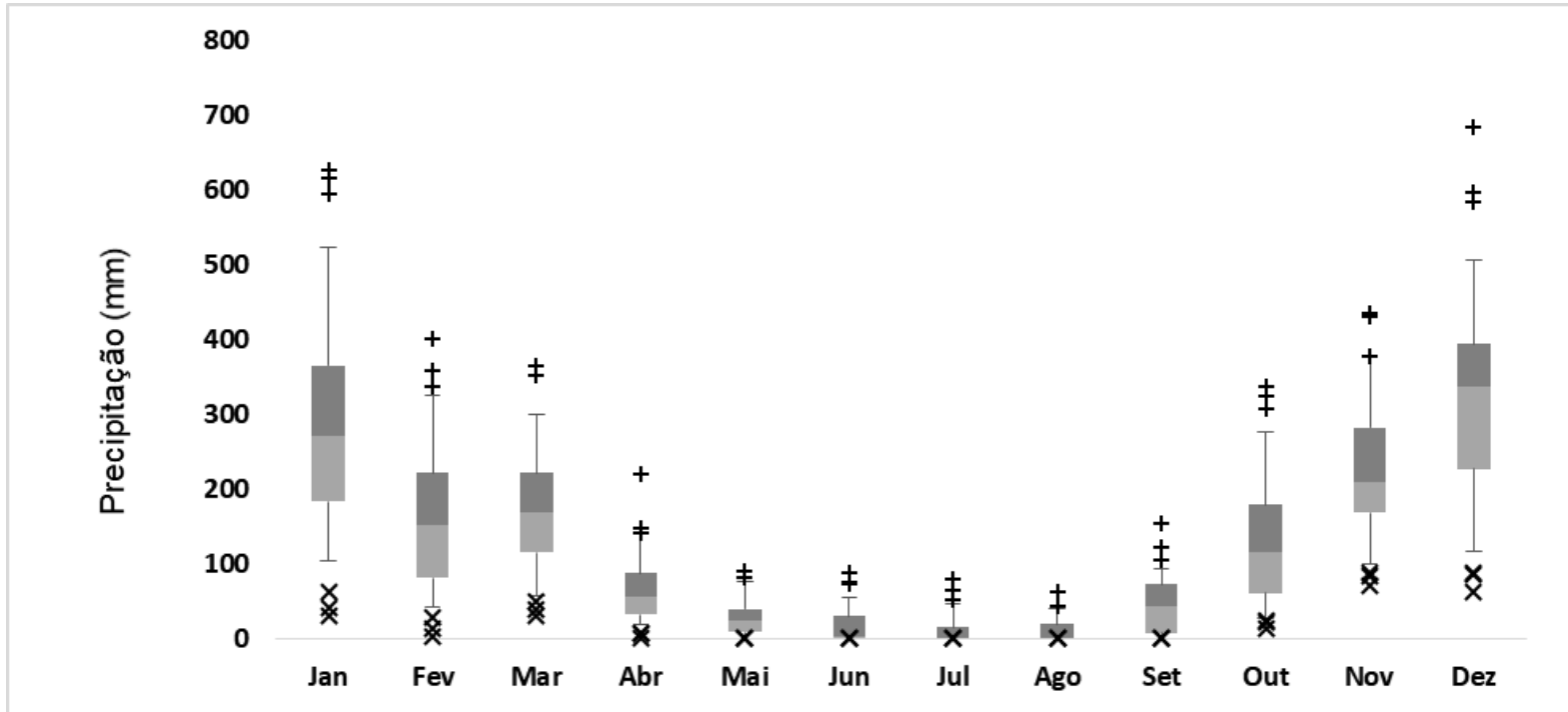


**Figura 25:** Diagrama de Box Plot para a estação de Florestal – MG entre 1961 a 2021. Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

**Tabela 11.** Dados de precipitação utilizados para a confecção do diagrama Box Plot de Ibirité – MG (1961 a 2021).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínimo valor não outliers	103,7	43,2	56,3	19,6	0,1	0	0	0	0	27,6	99,3	117,4
Quartil 1	183,1	80,9	115,25	32,35	9,15	0,7	0	0	8	61	167,9	226,975
Mediana	271,2	151,3	168,7	56	23,9	3,5	1,7	1,35	42,8	116,2	209,2	337,1
Quartil 3	365,35	222,1	222,2	87,9	39,25	29,9	14,55	19,2	72,55	179,4	282,8	394,025
Máximo valor não outliers	524,7	325,8	300,6	140,8	76,9	54	45,4	39,4	92,6	276	377,2	506,5
Mínimo	79,4	37,7	58,95	12,75	9,05	0,7	0	0	8	33,4	68,6	109,575
Quartil 1	183,1	80,9	115,25	32,35	9,15	0,7	0	0	8	61	167,9	226,975
Mediana	88,1	70,4	53,45	23,65	14,75	2,8	1,7	1,35	34,8	55,2	41,3	110,125
Quartil 3	94,15	70,8	53,5	31,9	15,35	26,4	12,85	17,85	29,75	63,2	73,6	56,925
Máximo	159,35	103,7	78,4	52,9	37,65	24,1	30,85	20,2	20,05	96,6	94,4	112,475
Outliers inferiores												
1	29,8	3,2	30,1	1,6	0	0	0	0	0	12,8	70,9	62,7
2	41,7	14	39,1	6,3	0	0	0	0	0	22,4	84,1	86,7
3	62,4	29,3	49,9	7,2	0	0	0	0	0	23,7	87,6	87,5
Outliers superiores												
1	594,3	336,2	352	141,4	82	72,8	52,3	43,2	104,1	307,5	378	585
2	615,3	359,5	352,5	147,6	82,6	74,5	64,2	43,5	122	323,8	431,5	597,8
3	626,2	400,6	365,8	220,8	90	88,1	79,1	61,4	153,1	336,7	434,9	685,1

Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

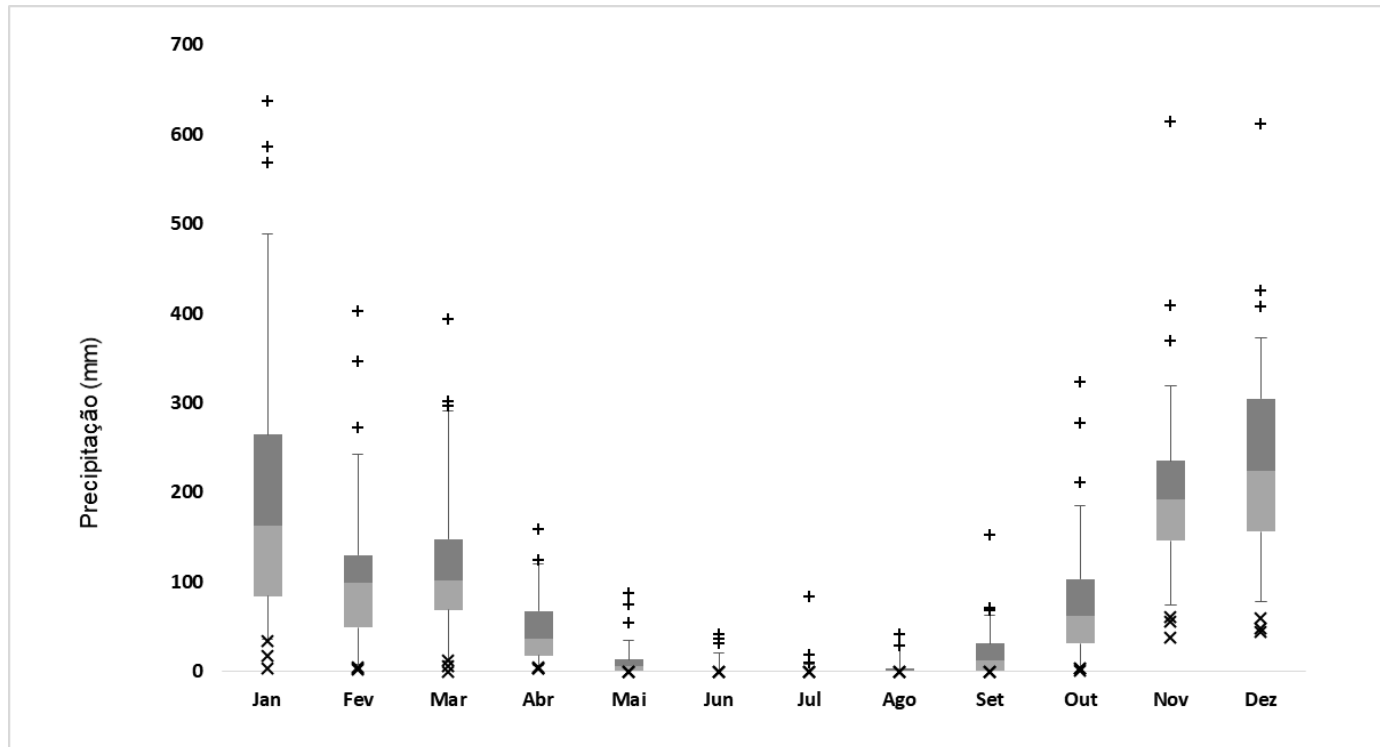


**Figura 26:** Diagrama de Box Plot para a estação de Ibité – MG entre 1961 a 2021. Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

**Tabela 12.** Dados de precipitação utilizados para a confecção do diagrama Box Plot de Pirapora – MG (1961 a 2021).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínimo valor não outliers	36,5	8,2	12	7	0	0	0	0	0	5	74,8	78,4
Quartil 1	83,85	48,9	68,6	17,95	0,625	0	0	0	1,3	31,1	145,9	156,1
Mediana	162,8	99,25	101,65	36,4	6,4	0	0	0	11,9	62,2	192,3	224,2
Quartil 3	264,6	130,3	148,025	67,25	13,675	0,9	1	3	31,1	103,425	234,95	304,5
Máximo valor não outliers	488,3	242,8	291,6	119,5	34,4	20,4	7,6	29,2	62,4	185,1	318,6	373
Mínimo	47,35	40,7	56,6	10,95	0,625	0	0	0	1,3	26,1	71,1	77,7
Quartil 1	83,85	48,9	68,6	17,95	0,625	0	0	0	1,3	31,1	145,9	156,1
Mediana	78,95	50,35	33,05	18,45	5,775	0	0	0	10,6	31,1	46,4	68,1
Quartil 3	101,8	31,05	46,375	30,85	7,275	0,9	1	3	19,2	41,225	42,65	80,3
Máximo	223,7	112,5	143,575	52,25	20,725	19,5	6,6	26,2	31,3	81,675	83,65	68,5
Outliers inferiores												
1	4	2,5	0	2,9	0	0	0	0	0	0,4	37,9	44
2	18	3,2	5,5	3,3	0	0	0	0	0	3,1	55,5	47,7
3	34	4,3	12	5,3	0	0	0	0	0	3,6	61,3	59
Outliers superiores												
1	567,9	272,1	296,8	124	54,7	30,9	9,5	29,6	68,1	210,7	369,4	407,8
2	586,1	346,7	301,2	125	75,1	37,2	18,6	41,2	71	277,2	408,7	425,3
3	637,6	402,2	394,1	159,6	87,8	41,7	83,2	41,5	152,7	324	613,8	611,2

Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro



**Figura 27:** Diagrama de Box Plot para a estação de Pirapora – MG entre 1961 a 2021. Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

**Tabela 13.** Dados de precipitação utilizados para a confecção do diagrama Box Plot de Pompéu – MG (1961 a 2021).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínimo valor não outliers	94,4	18,6	26	8	1	0	0	0	0	18,2	88,8	126,6
Quartil 1	153,95	68,3	79,75	34,1	6,2	0,1	0	0	10,6	39,375	106,55	191,575
Mediana	219,8	143,1	123	46,8	19,8	3,25	0,5	3	31,35	70,05	195,8	239,95
Quartil 3	361,675	192	219,35	80,2	48,4	12,475	9,6	17,5	44	97,1	240,725	291,175
Máximo valor não outliers	404,6	283,4	278	117,4	66,4	44,2	44	32,3	71,4	177	305,6	426
Mínimo	59,55	49,7	53,75	26,1	5,2	0,1	0	0	10,6	21,175	17,75	64,975
Quartil 1	153,95	68,3	79,75	34,1	6,2	0,1	0	0	10,6	39,375	106,55	191,575
Mediana	65,85	74,8	43,25	12,7	13,6	3,15	0,5	3	20,75	30,675	89,25	48,375
Quartil 3	141,875	48,9	96,35	33,4	28,6	9,225	9,1	14,5	12,65	27,05	44,925	51,225
Máximo	42,925	91,4	58,65	37,2	18	31,725	34,4	14,8	27,4	79,9	64,875	134,825
Outliers inferiores												
1	45,4	1,1	8,9	0	0	0	0	0	0	2,8	46,4	36
2	83,6	6	9	4,4	0,2	0	0	0	0	8,8	47,4	95
3	86,9	10,7	23	7,8	0,3	0	0	0	0	16,4	87,9	97
Outliers superiores												
1	429,5	294,5	328,3	119,5	77	47,1	51,2	34,5	87,5	186,7	314,7	450,2
2	454	359,3	332,9	128	88	48,8	63,5	39	114,3	216	333,2	461,2
3	470,7	369,5	437	179,5	123,4	52	71,5	64,2	131	222,6	359,6	504,1

Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

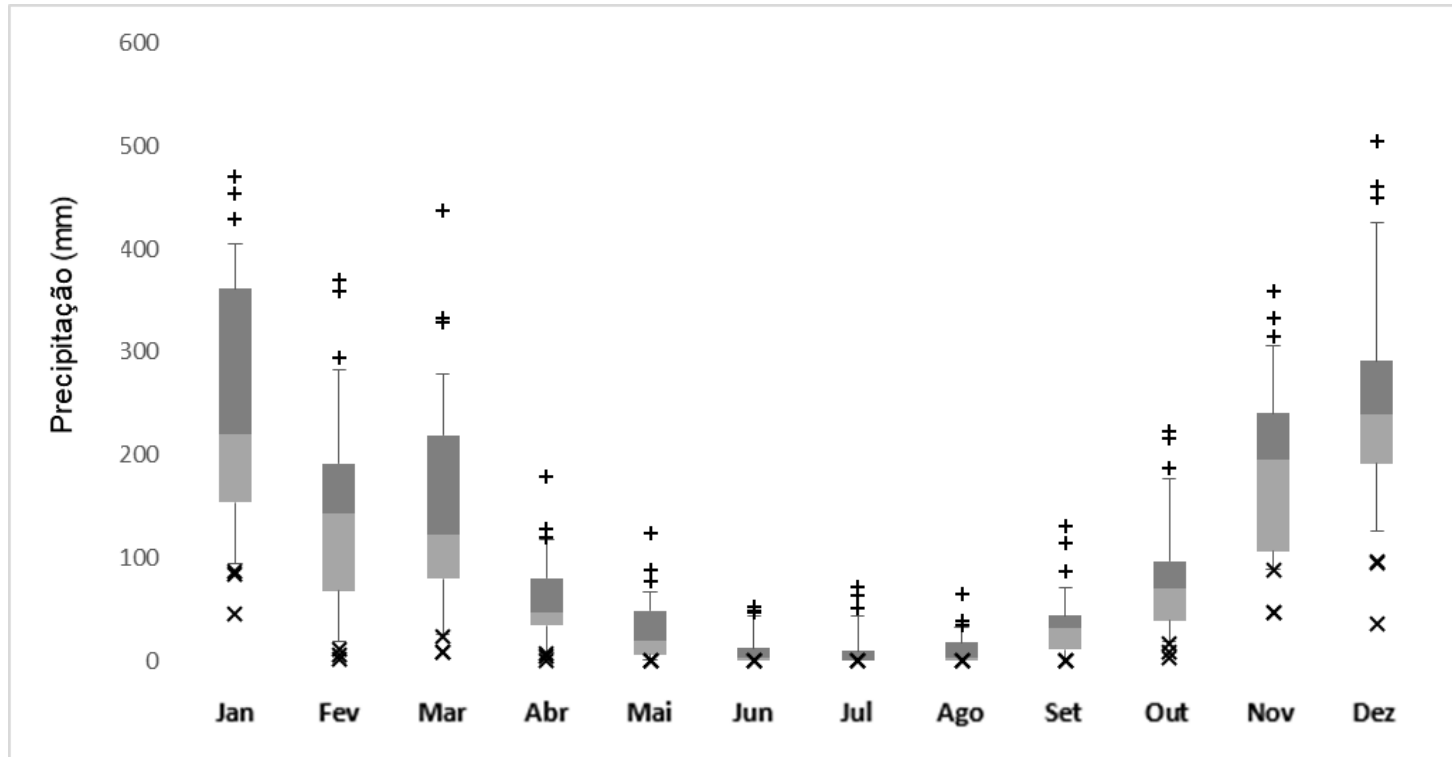
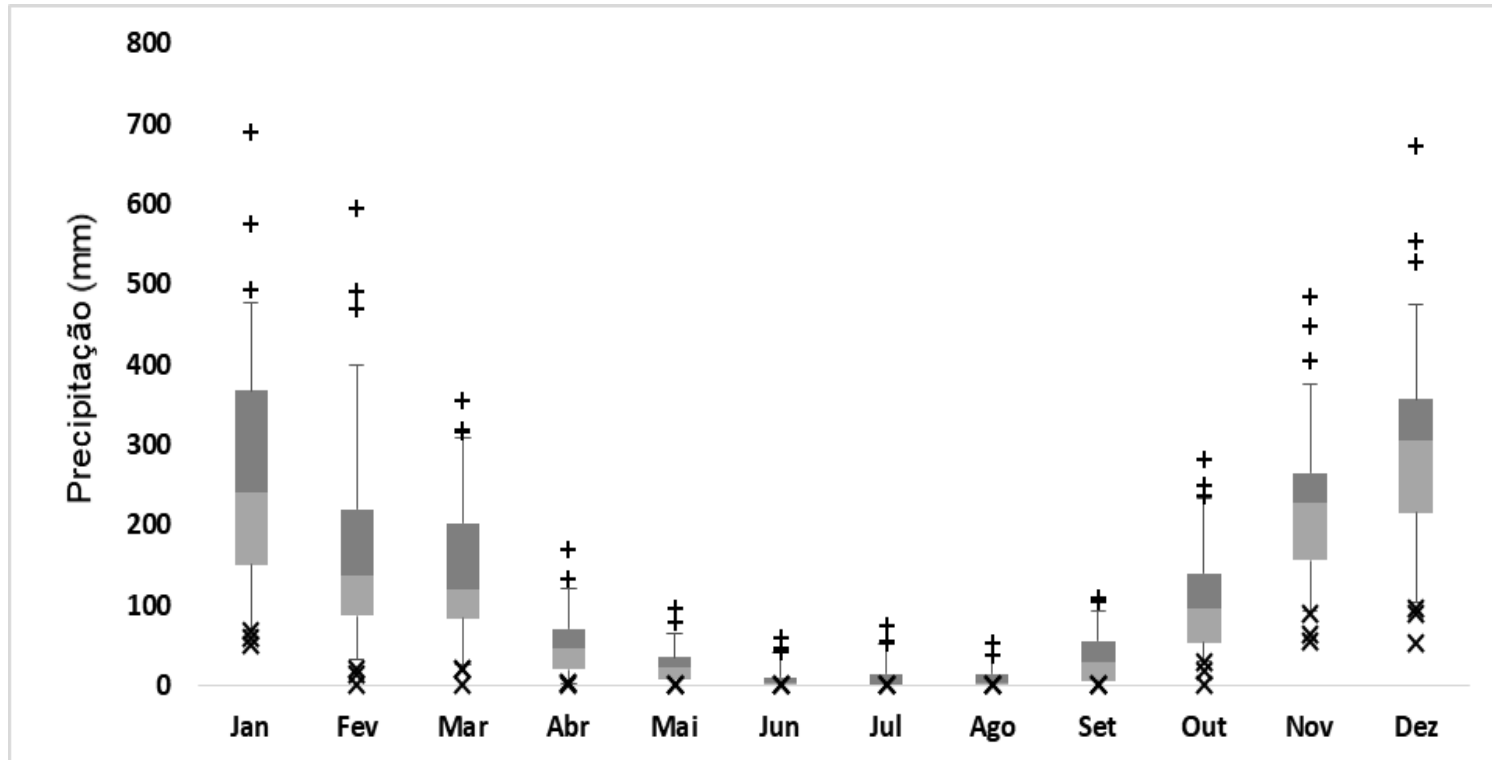


Figura 28: Diagrama de Box Plot para a estação de Pompéu – MG entre 1961 a 2021. Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

**Tabela 14.** Dados de precipitação utilizados para a confecção do diagrama Box Plot de Sete Lagoas – MG (1961 a 2021).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínimo valor não outliers	69,6	31,8	25,7	2,6	0,3	0	0	0	0	29,1	92,8	104,2
Quartil 1	149,8	86,4	82,9	19,3	6,6	0,2	0	0	5,2	53,5	155,25	215,25
Mediana	239,8	137,75	119,1	45,5	21,5	1,9	0,95	3,4	29,2	95,2	227	305,6
Quartil 3	366,75	219,6	201,85	69,85	34,8	9,75	14,275	14,675	54,9	139,55	264,75	356,4
Máximo valor não outliers	477	399,4	308,9	119,5	63,6	40,3	51	36,4	92,6	233,5	374,2	475,5
Mínimo	80,2	54,6	57,2	16,7	6,3	0,2	0	0	5,2	24,4	62,45	111,05
Quartil 1	149,8	86,4	82,9	19,3	6,6	0,2	0	0	5,2	53,5	155,25	215,25
Mediana	90	51,35	36,2	26,2	14,9	1,7	0,95	3,4	24	41,7	71,75	90,35
Quartil 3	126,95	81,85	82,75	24,35	13,3	7,85	13,325	11,275	25,7	44,35	37,75	50,8
Máximo	110,25	179,8	107,05	49,65	28,8	30,55	36,725	21,725	37,7	93,95	109,45	119,1
Outliers inferiores												
1	50,7	0,4	0	0,5	0	0	0	0	0	0,3	54	52,2
2	59,4	14,1	20,4	1,8	0	0	0	0	0	18,5	62,4	89,1
3	68,6	20,7	21,1	2,4	0,2	0	0	0	0	27,8	88,3	96,2
Outliers superiores												
1	492	470	315,7	131,4	79	40,6	51,7	37,3	105,2	236,6	403,6	528,4
2	574,9	490,1	317,1	169,1	95,9	45,3	54,4	38,3	108,2	249,3	447,2	552,6
3	688,8	595	354,6	169,8	96,6	58,7	74,2	53,4	108,2	282,1	484,5	673,1

Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

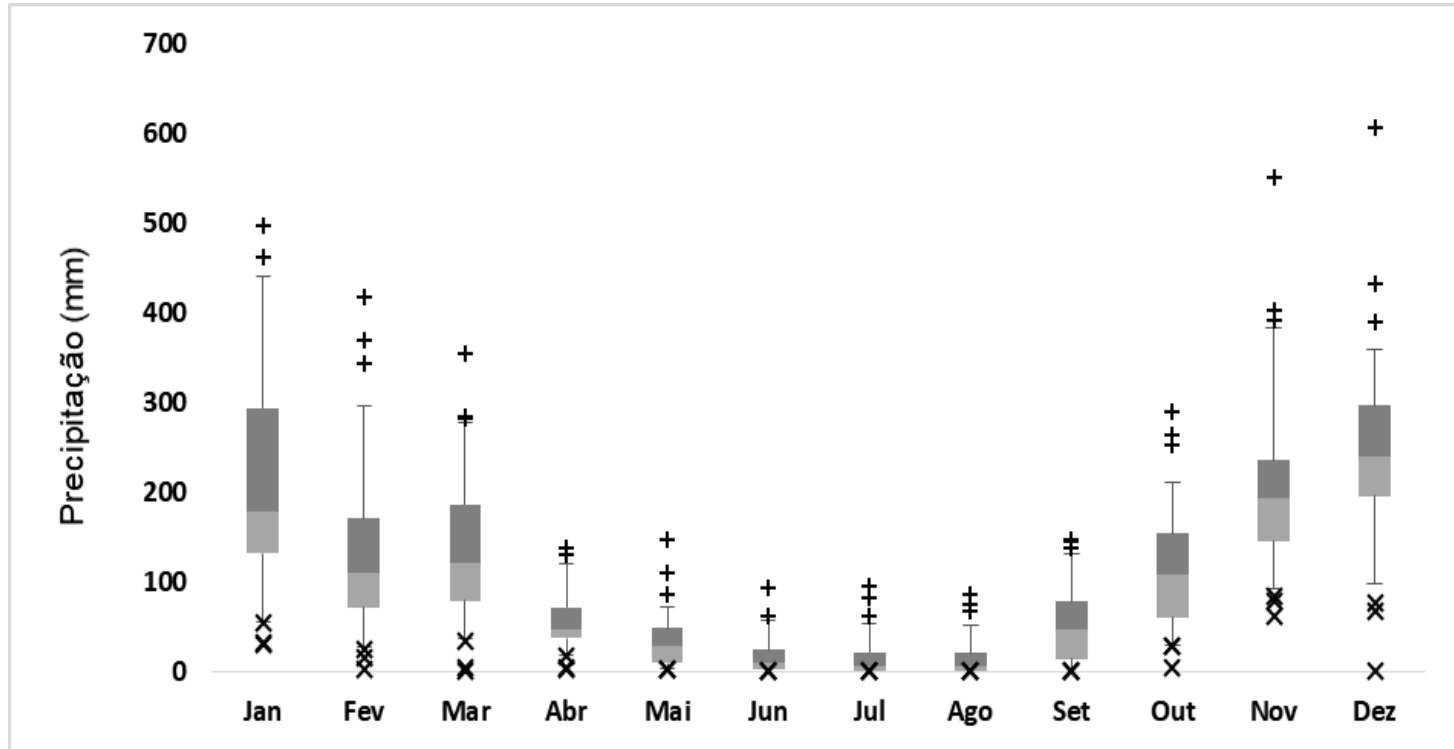


**Figura 29:** Diagrama de Box Plot para a estação de Sete Lagoas – MG entre 1961 a 2021. Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

**Tabela 15.** Dados de precipitação utilizados para a confecção do diagrama Box Plot de Viçosa – MG (1961 a 2021).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínimo valor não outliers	54,8	27,9	36,1	18,3	2,6	0,2	0	0	0	30	92	98,2
Quartil 1	131,4	71,6	78,475	37,025	8,85	2,6	0,65	0,65	13,9	59,8	145,1	195,05
Mediana	179,05	109,6	121,5	46,75	27,45	10,1	6,2	6,7	46,9	107,6	192,4	238,9
Quartil 3	292,95	170,3	185,975	71,675	47,95	24	21,475	20,25	77,5	153,2	235,4	296,25
Máximo valor não outliers	440,3	296,3	276,9	120,2	72,5	56,6	52,5	51,9	131,4	210,4	381,8	359
Mínimo	76,6	43,7	42,375	18,725	6,25	2,4	0,65	0,65	13,9	29,8	53,1	96,85
Quartil 1	131,4	71,6	78,475	37,025	8,85	2,6	0,65	0,65	13,9	59,8	145,1	195,05
Mediana	47,65	38	43,025	9,725	18,6	7,5	5,55	6,05	33	47,8	47,3	43,85
Quartil 3	113,9	60,7	64,475	24,925	20,5	13,9	15,275	13,55	30,6	45,6	43	57,35
Máximo	147,35	126	90,925	48,525	24,55	32,6	31,025	31,65	53,9	57,2	146,4	62,75
Outliers inferiores												
1	30,6	2	0	1,8	2	0	0	0	0	3,8	62,2	0
2	32,3	15,7	3,8	4,6	2	0,1	0	0	0	27,7	77,6	66,9
3	53,9	23,8	33,6	16,6	2,1	0,2	0	0	0	28,2	82,9	76,6
Outliers superiores												
1	460,7	343,2	282,3	129,7	86,5	61,8	62	66,4	137,4	253	391,3	389,6
2	496	368,4	284,4	136,7	110,2	62,1	81,2	75,3	144,3	263,9	402,7	432,5
3	496,8	416,8	353,2	138,2	146,8	92,1	94,4	85,6	147,4	289,4	550,8	605,7

Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro



**Figura 30:** Diagrama de Box Plot para a estação de Viçosa – MG entre 1961 a 2021. Fonte: INMET (2022). Elaboração: Heli Cassio Monteiro

