

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Geociências
Programa de pós-graduação em Geografia

Ana Paula Minelli Moreira

**INFLUÊNCIA DA TOPOGRAFIA E USO DA TERRA NAS VARIAÇÕES DE
TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR EM VESPASIANO - MG**

Belo Horizonte
2023

Ana Paula Minelli Moreira

**INFLUÊNCIA DA TOPOGRAFIA E USO DA TERRA NAS VARIAÇÕES DE
TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR EM VESPASIANO - MG**

Versão final

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Geografia Física

Orientador: Professor Doutor Carlos Henrique Jardim

Belo Horizonte

2023

M838i
2023

Moreira, Ana Paula Minelli.

Influência da topografia e uso da terra nas variações de temperatura e umidade relativa do ar em Vespasiano - MG [manuscrito] / Ana Paula Minelli Moreira. – 2023.

182 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.

Bibliografia: f. 147-151.

Inclui apêndices.

1. Topografia – Teses. 2. Solo – Uso – Vespasiano (MG) – Teses. 3. Temperatura – Teses. 4. Umidade – Vespasiano (MG) – Teses. I. Jardim, Carlos Henrique. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 528(815.1):551.8



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

FOLHA DE APROVAÇÃO

"INFLUÊNCIA DA TOPOGRAFIA E USO DA TERRA NAS VARIAÇÕES DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR EM VESPASIANO - MG"

ANA PAULA MINELLI MOREIRA

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia 28 de abril de 2023, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, constituída pelos seguintes professores:

Carlos Henrique Jardim

IGC/UFMG

Wellington Lopes Assis

IGC/UFMG

Taíza de Pinho Barroso Lucas

CEFET-MG

Belo Horizonte, 28 de abril de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Taíza de Pinho Barroso Lucas, Usuário Externo**, em 28/04/2023, às 18:51, 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 28/04/2023, às 21:24, 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 **Wellington Lopes Assis, Professor do Magistério Superior**, em 29/04/2023, às 10:16, 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?](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[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 **2264804** e o código CRC **07F3EDFD**.

Referência: Processo nº 23072.222873/2023-28 SEI nº 2264804

Aos meus pais, Lorena e Ângelo, e aos meus irmãos, Janaina, Juliana e Vinicius.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a UFMG, ao corpo docente e funcionários no geral, pelas inúmeras oportunidades de crescimento ao longo de todo meu percurso acadêmico.

Ao professor Doutor Carlos Henrique Jardim, pela paciência e por acreditar no meu potencial, além de sempre estar disposto a me ouvir e dar sugestões de melhoras.

A CAPES pelo recurso que permitiu a dedicação durante um longo período da minha pesquisa.

Aos membros da banca examinadora, a Profa Dra. Taíza de Pinho Barroso Lucas e o Prof. Dr. Wellington Lopes Assis pela disponibilidade e ajuda com sugestões.

A Maria Lúcia Coelho da Conceição, Maíra Chaves, Maria Vanilda Lopes, Julia Bittencourt Marcucci da Silveira e Felipe Fernandes Ladislau que fizeram este trabalho acontecer gentilmente cedendo espaços em suas casas para a instalação dos abrigos meteorológicos.

Agradeço também aos meus pais Lorena Carla Minelli Moreira e Ângelo de Castro Moreira, minhas irmãs Janaina Minelli Moreira e Juliana Minelli Moreira, ao meu irmão Vinicius Minelli Moreira e ao meu cunhado Eberton Cesar Coelho, por me apoiarem nessa jornada.

Ao meu companheiro Luis Felipe dos Santos Melo, por sempre me apoiar e não me deixar desistir.

Aos meus amigos e colegas da pós-graduação e de trabalho, que durante todo esse percurso me ajudaram a seguir em frente.

RESUMO

O crescimento demográfico, intensificação da urbanização e as práticas econômicas do mundo atual criaram demandas socioambientais como uso d'água, uso da terra e recursos naturais, o que muitas vezes resulta em degradação ambiental, tornando o conhecimento acerca das características de um determinado lugar uma importante ferramenta de planejamento de gestão. Visando avaliar essas modificações, o objetivo desta pesquisa foi analisar a variação da temperatura e umidade relativa do ar a partir de pontos amostrais distribuídos em áreas com diferentes características de topografia e uso da terra no município de Vespasiano-MG. Os dados foram obtidos a partir de registradores automáticos de temperatura e umidade relativa do ar, utilizando como parâmetro de aferição e controle das variáveis locais a estação meteorológica automática A521-Pampulha (Belo Horizonte) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A análise foi pautada na comparação e decomposição temporal dos dados obtidos em dois períodos, de 17/09 a 16/12/2020 (período chuvoso) e 24/05 a 13/08/2021 (período seco), permitindo relacionar a ação das massas de ar com as variáveis atmosféricas, sucessão dos tipos de tempo e fatores ambientais (topografia e uso da terra). A análise dos dados apresentados nesta pesquisa, constatou que o comportamento térmico e higrométrico dos dados aferidos em campo é influenciado pelos diferentes tipos de configurações relevo, assim como os diversos usos da terra. De forma conjunta a dinâmica atmosférica atuante pode influir na alteração dos elementos climáticos aumentando ou minimizando as diferenças entre os locais amostrados, e em algumas circunstâncias assumindo comportamentos quase isotérmicos.

Palavras-chave: temperatura; umidade relativa do ar; uso da terra; topografia; Vespasiano.

ABSTRACT

The demographic growth, intensification of urbanization, and economic practices in the modern world have created socio-environmental demands over natural resources such as water and land use, often leading to environmental degradation. Therefore, insights about the characteristics of a specific location have become an important tool for planning and management. Aiming to assess these changes, the goal of this research was to analyze the variation in temperature and relative humidity from sampling points distributed across areas with different topographical and land use characteristics in the municipality of Vespasiano, Minas Gerais, Brazil. Data were collected using automatic temperature and relative humidity recorders, and the local variables were monitored and controlled using data from the A521-Pampulha automatic weather station in Belo Horizonte, operated by the National Institute of Meteorology (INMET). The analysis was based on the temporal comparison of data from two periods: from September 17 to December 16, 2020 (rainy season), and from May 24 to August 13, 2021 (dry season). This allowed for the correlation of the movements of air masses with atmospheric variables, weather patterns, and environmental factors (i.e., topography and land use). The data analysis presented in this research found that the thermal and hygrometric behavior of the field-collected data is influenced by the different topographical configurations as well as the various land uses. The atmospheric dynamics can influence changes in climatic elements, either increasing or minimizing differences between the sampled locations, and under certain circumstances, assuming almost isothermal behaviors.

Keywords: temperature; relative humidity; land use; topography; Vespasiano.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Esboço de uma definição teórica de geossistemas elaborado por Bertrand	24
Figura 2: Representação do esquema GTP	25
Figura 3: Perfil geoecológico de Vespasiano e camadas que compõem a atmosfera urbana.....	33
Figura 4: Hierarquia funcional simplificada do Sistema Clima Urbano	35
Figura 5: Esquema e análise de interpretação dos dados climáticos	37
Figura 6: Esquema do fluxo de energia de uma superfície rural	40
Figura 7: Esquema de fluxo de energia de um volume de ar no meio urbano	44
Figura 8: Localização de Vespasiano na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH)	47
Figura 9: Uso e cobertura do solo do município de Vespasiano	50
Figura 10: Gráfico de proporção do uso e cobertura do solo em 2019 no município de Vespasiano	51
Figura 11: Mapa de altimetria de Vespasiano	53
Figura 12: Mapa de declividade de Vespasiano	54
Figura 13: Balanço hídrico em Vespasiano (1981 a 2010)	57
Figura 14: Fluxograma da pesquisa.....	62
Figura 15: Sequência de imagens do mini-abrigo com isolamento em PVC e perfil esquemático (a) aspecto geral e o registrador automático utilizado (Datalogger modelo Icel HT 4000); (b-c) visão a partir da porção inferior; (d) visão superior (teto); representação esquemática da porção interna do mini-abrigo a partir de corte longitudinal: (1) teto, (2) lâmina de isopor, (3) tubo PVC (parede externa), (4) tubo PVC (parede interna), (5) calço de madeira para manter o afastamento e fixar as paredes externa e interna, (6) parafuso unindo os dois abrigos e o suporte do sensor, (7) suporte do registrador, (8) parafuso da haste que prende o abrigo ao teto, (9) parafuso de união dos dois abrigos (parede externa e interna), (10) lâmina de EVA, (11) registrador, (12) alça externa, (13) arame, (14) lâmina de EVA superposta ao isopor, (15) haste de metal unindo teto e corpo do abrigo.	64
Figura 16: Mapa de localização das estações meteorológicas amostrais	65
Figura 17: Estação amostral 01 (EA01) inserida no bairro Boa vista	66
Figura 18: Estação amostral 02 (EA02) instalada no bairro Pouso Alegre	67

Figura 19: Estação amostral 03 (EA03) alocada no bairro Angicos -----	68
Figura 20: Estação amostral 04 (EA04) instalada no bairro Caieiras -----	69
Figura 21: Estação amostral 05 (EA05) situada no bairro Vista Alegre -----	70
Figura 22: Interpoladores testados -----	72
Figura 23: Gráfico de temperaturas médias diárias do dia 17 de setembro a 18 de dezembro de 2020 (Campo 01) -----	77
Figura 24: Gráfico de temperaturas mínimas absolutas diárias do dia 17 de setembro a 18 de dezembro de 2020 (Campo 01) -----	82
Figura 25: Gráfico de temperaturas máximas absolutas diárias do dia 17 de setembro a 18 de dezembro de 2020 (Campo 01) -----	83
Figura 26: Gráfico de valores médios diários de umidade relativa do ar entre os dias 17 de setembro e 18 de dezembro de 2020 (Campo 01) -----	87
Figura 27: Gráfico de valores máximos absolutos diários de UR entre os dias 17 de setembro e 18 de dezembro de 2020 (Campo 01) -----	88
Figura 28: Gráfico de valores mínimos absolutos diários de UR entre os dias 17 de setembro e 18 de dezembro de 2020 (Campo 01) -----	89
Figura 29: Valores de temperaturas máximos, mínimos e médios interpolados – Campo 01 -----	93
Figura 30: Valores de umidade relativa do ar máximos, mínimos e médios interpolados – Campo 01 -----	94
Figura 31: Gráfico de análise rítmica do período entre 01 e 08 de outubro de 2020	96
Figura 32: Imagens de satélite e cartas sinóticas dos dias 03, 04 e 05 de outubro de 2020 -----	98
Figura 33: Gráfico da variação de temperatura nas Estações Amostrais Boa Vista e Angicos. -----	100
Figura 34: Imagem de satélite com panorama local da Estação Amostrai 03- Angicos -----	102
Figura 35: Perfil de elevação da Estação Amostrai Boa Vista -----	102
Figura 36: - Imagem de satélite com panorama local da Estação Amostrai 02 – Pouso Alegre -----	104
Figura 37: Imagem de satélite com panorama local da Estação Amostrai 05 – Vista Alegre -----	105
Figura 38: Localização da Estação Amostrais Caieiras (EA04) no contexto de uma vertente da microbacia do Ribeirão da MataFonte: Google Earth Pro, 2022. -----	106

Figura 39: Gráfico do ritmo horário nos dias 21 a 23 de setembro de 2020 -----	108
Figura 40: Imagens de satélite e cartas sinóticas dos dias 21, 22 e 23 de setembro de 2020 -----	109
Figura 41: Gráfico de médias de temperatura diárias dos dias 25 de maio a 17 de agosto de 2021 (Campo 02) -----	112
Figura 42: Gráfico de temperaturas mínimas absolutas entre os dias 25 de maio a 17 de agosto de 2021 (Campo 02) -----	115
Figura 43: Gráfico das temperaturas máximas absolutas entre os dias 25 de maio a 17 de agosto de 2021 (Campo 02) -----	116
Figura 44: Gráfico de valores médios diários de umidade relativa do ar entre os dias 25 de maio e 17 de agosto de 2021 (Campo 02) -----	119
Figura 45: Gráfico de valores máximos absolutos diários de UR entre os dias 25 de maio e 17 de agosto de 2021 (Campo 02) -----	120
Figura 46: Gráfico de valores mínimos absolutos diários de UR entre os dias 25 de maio e 17 de agosto de 2021 (Campo 02) -----	121
Figura 47: Valores de temperaturas máximos, mínimos e médios interpolados – Campo 02 -----	124
Figura 48: Valores de umidade relativa do ar máximos, mínimos e médios interpolados – Campo 02 -----	125
Figura 49: Gráfico de análise rítmica do período entre 04 e 13 de outubro de 2021 -----	127
Figura 50: Imagens de satélite e cartas sinóticas dos dias 05,06 e 07 de julho de 2021 -----	128
Figura 51: Gráfico do ritmo horário nos dias 14 a 16 de agosto de 2021 -----	132
Figura 52: Imagens de satélite e cartas sinóticas dos dias 14 a 16 de agosto de 2021 -----	133
Figura 53: Proposta de unidades meso e topoclimáticas - Campo 01 -----	137
Figura 54: Proposta de unidades meso e topoclimáticas - Campo 02 -----	141

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Canais de percepção: Termodinâmico, Físico-Químico, Hidrometeorológico .	27
Tabela 2: Organização das escalas espaço-temporais do clima.....	30
Tabela 3: Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o Clima Urbano.....	34
Tabela 4: Emissividade de superfícies naturais e urbanas.....	40
Tabela 5: Albedos de superfícies naturais e urbanas	41
Tabela 6: Valores balanço hídrico de Vespasiano (1981 a 2010):	57
Tabela 7: Médias gerais de temperatura e umidade relativa do ar nas estações amostrais no Campo 01(17 de setembro a 18 de dezembro de 2020)	76
Tabela 8: Valores médios e absolutos das temperaturas mínimas e máximas nas estações amostrais no Campo 01(17 de setembro a 18 de dezembro de 2020)	81
Tabela 9: Análise estatística dos valores de umidade relativa nas estações amostrais no Campo 01(17 de setembro a 18 de dezembro de 2020).....	90
Tabela 10: Médias gerais de temperatura nas estações amostrais no campo 02 (25 de maio a 17 de agosto de 2021).....	111
Tabela 11: Valores médios e absolutos das temperaturas mínimas e máximas nas estações amostrais no Campo 02 (25 de maio a 17 de agosto de 2021)	114
Tabela 12: Análise estatística dos valores de umidade relativa nas estações amostrais no Campo 02 (25 de maio a 17 de agosto de 2021)	118
Tabela 13: Síntese das características das unidades meso e topoclimáticas do município de Vespasiano para o Campo 01.....	136
Tabela 14: Síntese das características das unidades meso e topoclimáticas do município de Vespasiano para o Campo 02.....	140

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas

ASAS - Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul

CCM - Complexos Convectivos de Mesoescala

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

CPTEC - Centro de Previsão do tempo de Estudos Climáticos

CT - Convecção tropical

EA - Estação amostral

EVA - Acetato-vinilo

FPA - Frente Polar Atlântica

GPT - Grupo de Previsão do Tempo

GTP- Geossistema, Território e Paisagem

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística

ICAL - Indústria de Calcinação S/A

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LI - Linha de Instabilidade

LVAd15 - Latossolo Vermelho-amarelo

LVd8 - Latossolo Vermelho

MG - Minas Gerais

mPa - massa Polar atlântica

OMM Organização Meteorológica Mundial

PVAd8 - Argissolo Vermelho-amarelo

PVC - Policloreto de vinilo

Q* - Balanço de radiação

Q_E - Calor latente

Q_F - Densidade de fluxo de calor antropogênico

Q_G - Densidade de fluxo de calor do solo

Q_H - Calor sensível

RMBH - Região Metropolitana de Belo Horizonte

SCM - Sistemas Convectivos de Mesoescala

SCU - Sistema Clima Urbano

SEB - Fluxo de energia da superfície terrestre

SIG - Sistema de Informações Geográficas

UBL - Camada Limite Urbana

UCL - Camada de Cobertura Urbana

UTE - Unidade Territorial Estratégica

ZC - Zonas de Convergência

ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZCIT- Zona de Convergência Intertropical

ZCOU - Zona de Convergência de Umidade

ΔQA - Total de energia adicionada e subtraída pela ação do vento

ΔQS - Total de calor armazenado por todos os materiais presentes na cidade

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	18
CAPÍTULO 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E BASES CONCEITUAIS	22
1.1 Abordagem geossistêmica e Sistema Clima urbano	22
1.2 Escalas e hierarquias do clima e sistema clima urbano	28
1.3 Unidades temporais do clima	35
1.4 Balanço de energia na atmosfera e superfície	38
1.5 Análise rítmica.....	45
CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS SOCIOAMBIENTAIS DO MUNICÍPIO DE VESPASIANO (MG)	46
2.1 Contextualização social e formação histórica.....	46
2.2 Fatores geoecológicos do sítio urbano.....	51
2.3 Características climáticas regionais	56
2.4 Sistemas atmosféricos atuantes.....	58
CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E MÉTODO	61
3.1 Seleção e caracterização das estações amostrais.....	63
3.2 Análise dos dados	71
3.3 Testes de Interpolação	72
3.4 Mapas síntese	74
CAPÍTULO 4 – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	76

4.1 Período chuvoso	76
4.1.1 Análise das médias gerais.....	76
4.1.2 Condições atmosféricas e análise horária dos dados das estações amostrais	95
4.2 Período seco	111
4.2.1 Análise das médias gerais.....	111
4.2.2 Condições atmosféricas e análise horária dos dados das estações amostrais	126
4.3 Unidades climáticas: propostas com base na evolução temporal dos atributos climáticos.....	135
4.3.1 Unidades climáticas - Período chuvoso.....	135
4.3.2 Unidades climáticas - Período seco	140
CONSIDERAÇÕES FINAIS	144
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	147
APÊNDICES	152
APÊNDICE A – Valores máximos de temperaturas absolutas diários – Campo 1 ..	153
APÊNDICE B – Valores médios diários de temperatura – Campo 1	156
APÊNDICE C – Valores mínimos de temperatura absolutos diários – Campo 1	159
APÊNDICE D – Valores máximos absolutos diários de umidade relativa do ar – Campo 1	162
APÊNDICE E – Valores médios diários de umidade relativa do ar – Campo 1	165
APÊNDICE F – Valores mínimos absolutos diários umidade relativa do ar – Campo 1	168

APÊNDICE G – Valores máximos de temperaturas absolutas diários – Campo 2..	171
APÊNDICE H Valores médios diários de temperatura– Campo 2.....	173
APÊNDICE I – Valores mínimos de temperatura absolutos diários– Campo 2.....	175
APÊNDICE J – Valores máximos absolutos diários de umidade relativa do ar – Campo2.....	177
APÊNDICE K - Valores médios diários de umidade relativa do ar – Campo2	179
APÊNDICE L - Valores mínimos absolutos diários umidade relativa do ar	181

INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico, intensificação da urbanização e as práticas econômicas do mundo atual criaram demandas socioambientais como uso d'água, uso da terra e recursos naturais, o que muitas vezes resulta em degradação ambiental. Desta forma, o conhecimento sobre as características de um determinado ambiente, se torna uma poderosa ferramenta de planejamento e gestão ambiental na busca do desenvolvimento de estratégias e medidas a fim de mitigar ou adaptar-se aos impactos gerados a partir dessas mudanças.

No que toca a questão climática, quando se atenta a compreender a importância dos elementos meteorológicos partindo de um pressuposto geográfico, verificam-se variações destes elementos num determinado espaço ao longo do tempo, bem como a influência que estes exercem sobre os organismos vivos e a sociedade, ponto de vista defendido por Sorre (2006). A cidade como sendo o lugar de mais próxima interação entre o ser humano e a natureza, necessita de estudos aprofundados sobre seu clima e a sua relação com os demais componentes do ambiente para responder aos diversos questionamentos sobre possíveis impactos dessas conexões. Desta forma, o clima urbano, vinculado às áreas rurais e naturais, constitui-se em um objeto cada vez mais importante a ser analisado, estudado e compreendido.

Tanto no meio acadêmico quanto nas definições de políticas públicas, questões relacionadas à qualidade ambiental em contexto urbano e rural, assim como as pressões exercidas sobre remanescentes naturais, ganham cada vez mais destaque. O aumento da demanda de exploração de recursos naturais resultante do crescimento populacional e econômico, frente à necessidade de conservação do meio ambiente, resulta em discussões sobre os crescentes impactos gerados pelas atividades antrópicas ao meio ambiente e a conseqüente alteração dos indicadores climáticos de qualidade ambiental (temperatura, umidade relativa do ar e balanço de radiação). Diante disso, a climatologia é uma ciência que explica essas relações ambientais, fornecendo indicadores de alteração, indispensáveis para composição do ordenamento territorial.

Esse ponto de vista foi defendido por Tarifa (1994) a partir da proposta de regionalização climática do território brasileiro, confrontando componentes do quadro natural (atmosfera, relevo, vegetação etc.) com a ocupação humana, destacando o papel da vegetação na Amazônia e a desaceleração do movimento da água nesse meio, da irregularidade na ocorrência das chuvas, baixa capacidade hídrica dos solos e a importância de se estabelecer critérios de exploração de água em outros reservatórios naturais no caso do semiárido nordestino e os impactos ligados ao avanço da agropecuária e urbanização no centro-sul do Brasil com problemas próprios associados a esses subsistemas. Para cada uma dessas situações o autor seleciona impactos ambientais e discute sua relação com o clima. Essa mesma linha de discussão também está presente nas obras de Monteiro (2000 e 2003) que enfatiza a adoção da unidade espacial centrada nos geossistemas e se tratando do clima das cidades e do sistema clima urbano.

Muitas cidades, principalmente as de médio e pequeno porte, possuem poucas ou nenhuma pesquisa na área climática que não seja apoiada na classificação de Köppen¹. Um exemplo disso, é o município de Vespasiano que embora esteja localizado na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), não apresenta pesquisas aprofundadas na área da climatologia. Ressalta-se que a falta de estações meteorológicas oficiais em tais cidades, dificulta as caracterizações climáticas locais.

Diante disso, um diagnóstico climático de Vespasiano, é de extrema importância já que neste município existem indústrias principalmente dos ramos de cimento e siderurgia, voltadas para a exploração de calcário, e que além disso, decorrente do processo de urbanização, sucederam modificações de diversos componentes naturais (topografia, vegetação, solo etc.). A alteração dos componentes de superfície resulta em alterações dos processos naturais (evolução dos solos, relevo, vegetação etc.), cujo somatório também traz reflexos na variação dos atributos atmosféricos, produzindo situações desfavoráveis à organização humana e ecológica, como concentração de poluentes, formação de núcleos de aquecimento em áreas urbanas, proliferação de pontos de alagamentos etc.

¹ A classificação de Köppen é um modelo analítico que separa as unidades climáticas de acordo com os valores de temperatura e precipitação, ajustando os limites de acordo com a distribuição dos diversos tipos de vegetação ao longo do globo terrestre.

Conforme foi indicado, as modificações no uso e cobertura da terra podem trazer diversas implicações na dinâmica climática em microescala e local, afetando diretamente a vida humana, na medida em que pode produzir impactos negativos que afetam a sociedade, economia e meio ambiente. Desta forma se fazem necessários estudos que visam compreender as relações entre o ser humano e meio ambiente para que seja possível a realização de planejamento na ocupação do espaço. Esta abordagem foi sustentada por Monteiro (2000), enfatizando a necessidade de tratar o clima relacionado aos demais componentes do meio (topografia e uso da terra, principalmente), Machado e Jardim (2014) em estudo diagnóstico de clima urbano em trecho do Aglomerado da Serra na cidade de Belo Horizonte e Silva (2018) em pesquisa sobre a relação do uso da terra e topografia nas variações de temperatura e umidade relativa do ar em Belo Horizonte, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro.

Tendo em vista a discussão aqui apresentada, esta pesquisa tem como objetivo geral realizar um diagnóstico a partir da compreensão do quadro climático local de Vespasiano e sua relação com formas de organização micro e topoclimáticas em área urbana e periurbana.

Objetivos específicos: (1) analisar as variações de temperatura e umidade relativa do ar, a partir de pontos amostrais situados no município de Vespasiano e (2) mapear as unidades climáticas considerando os mecanismos de causa e características de variação dos elementos climáticos em interação com a dinâmica atmosférica, topografia e uso da terra.

Considerando que Vespasiano se encontra em área com diversos usos da terra (pastagens, urbanização, formação florestal, áreas de solo exposto, mineração, etc.) e embora não seja o único processo físico envolvido nas variações de temperatura e umidade relativa do ar, as alterações das características de uso da terra podem acarretar mudanças no balanço de radiação e, conseqüentemente, nas variações de temperatura e umidade relativa do ar. A partir do que foi discutido consideraram-se as seguintes premissas na condução da pesquisa:

(1) Vespasiano se encontra em área com diferentes tipos de uso e cobertura da terra, compartilhando simultaneamente características urbanas, periurbanas e rurais. Essas áreas, sob determinadas circunstâncias na sucessão do tempo meteorológico, podem

exibir perfis típicos de variação da temperatura e umidade relativa do ar, decorrente das alterações do balanço de radiação ao nível de superfície caracterizadas como “Clima Urbano”, dando margem para o desenvolvimento de processos característicos desse sistema, com marcada influência antrópica.

(2) As variações dos atributos climáticos, necessariamente, precisam ser compreendidas no interior de um quadro hierárquico de interações (escala de influência dos fatores climáticos) podendo ser intensificados pela ação antrópica e/ou suplantados por processos naturais.

CAPÍTULO 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E BASES CONCEITUAIS

1.1 Abordagem Geossistêmica e Sistema Clima Urbano

Segundo Vicente e Perez Filho (2003), do século V ao século XV, tem-se a ciência baseada em dogmas religiosos, onde as explicações para fenômenos da natureza eram pautadas em manifestações divinas. Mesmo com indícios de mudanças nessas concepções anteriormente, é com o iluminismo no século XVIII que a preocupação passa de ser majoritariamente Deus-homem a ser Homem-natureza. No século XVII o mecanicismo do pensamento cartesiano, assim como o empirismo lógico de Bacon convergem com Isaac Newton para que toda a corroboração físico-matemática necessária para que se pensasse o funcionamento do universo como uma máquina. Neste contexto, René Descartes fornece o método racional dedutivo, onde qualquer fenômeno pode ser estudado a partir dos seus elementos, ou seja, os fenômenos são como uma máquina a qual estuda-se seus objetos de forma fragmentada para que se possa entender o todo.

A mudança conceitual, baseada na idéia do Universo mecânico, ou seja, estanque, linear e previsível, pode ser resumida em dois grandes vértices, principalmente entre os séculos XVI e XIX: o do arcabouço técnico-científico e o da estrutura sócio cultural. (...) Ambos os vértices, são intrinsecamente relacionados e frutos de uma nova relação com o ambiente, onde a ciência proposta pelos pensadores desse período, avança numa concepção de compreensão para predição e conseqüente dominação do ambiente (VICENTE; PEREZ FILHO, 2003, p. 327).

Os autores ressaltam também que Marx, em uma crítica ao mecanicismo, argumenta que o ser humano vive na natureza, portanto influencia e é influenciado por ela. Ou seja, esse pensamento traz consigo um dos primeiros indícios da mudança sistêmica. As problemáticas que concernem a humanidade, como a degradação ambiental ou os interesses geopolíticos e econômicos, só conseguem ser compreendidos de formas satisfatórias quando é admitido suas inter-relações.

Mesmo que em diversos momentos da história da ciência, surgiram questões que são impossibilitadas de serem respondidas de acordo com a lógica cartesiana, é a partir do século XIX que aparecem os primeiros trabalhos na busca de uma compreensão sistêmica. Compreende-se que analisando a paisagem de forma fragmentada dificilmente a entenderemos como um todo e a partir dessa premissa surge a necessidade de uma abordagem sistêmica na pesquisa, visando entender não só a

gênese dos processos ocorrentes no planeta, mas também suas dinâmicas e consequências.

De acordo com o período histórico e científico vivido, é comum que o ser humano mude suas visões sobre o mundo e suas dinâmicas, e que haja a necessidade de mudanças de paradigmas para elucidar questões que já não são mais explicadas pela ciência daquele determinado momento.

Quando esse conjunto de ideias, conceitos e valores não mais é suficiente para explicar as várias faces de uma realidade sempre dinâmica, é que ocorrem transformações fundamentais, suscitando crises estruturais e a revisão de paradigmas (VICENTE e PEREZ FILHO, 2003, p. 325).

O livro "Teoria Geral dos Sistemas" de Ludwig Von Bertalanffy, surge no período pós-guerra onde o ambiente é de transformações políticas, sociais, econômicas e culturais. Com esta proposta Bertalanffy, que já havia sido abordada anteriormente, Bertalanffy diz que:

É necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferente quando estudado isoladamente e quando tratado no todo (BERTALLANFY, 2010, p.55).

Bertalanffy faz referência a uma ideia geral e básica que permeia a todos os tipos de sistemas, portanto, é o primeiro passo para a compreensão geral dos sistemas. Sobre sistemas Christofolletti (1999), de forma preliminar diz que:

(...) os geossistemas, também designados como sistemas ambientais físicos, representam a organização espacial resultante da interação dos elementos físicos e biológicos da natureza (clima, topografia, geologia, águas, vegetação, animais, solos) (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 37).

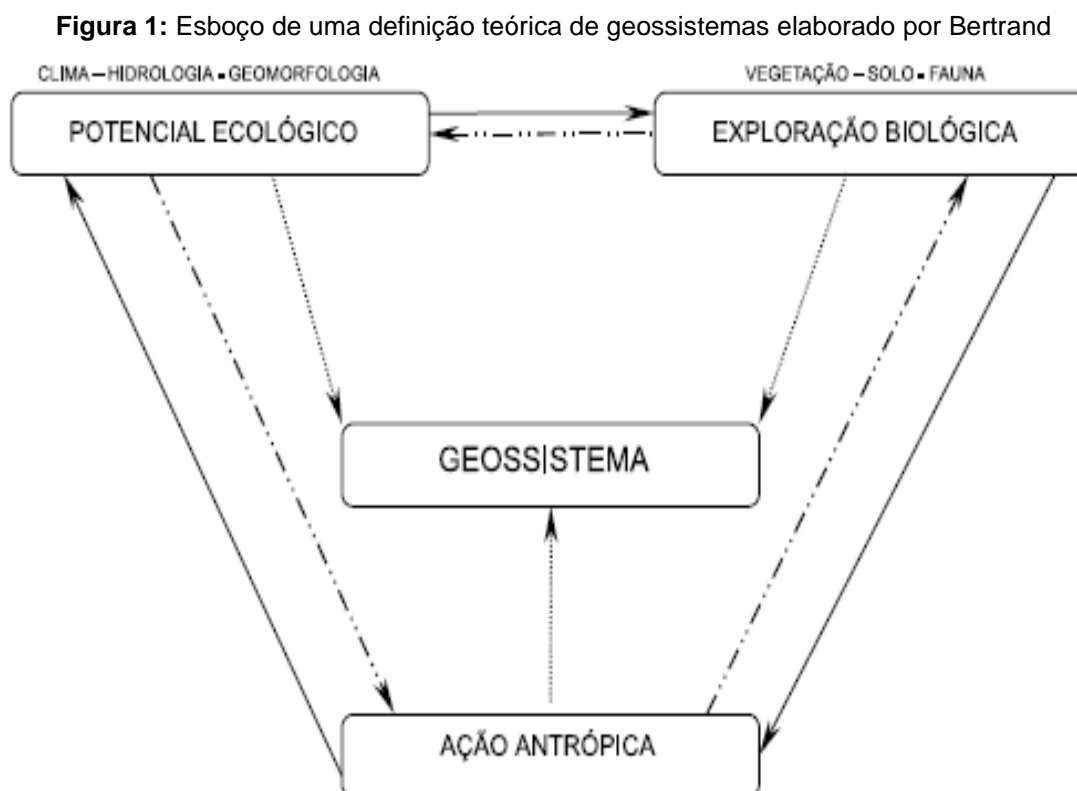
Para o autor esses sistemas funcionam através da interação dos fluxos de matérias entre seus componentes e que, por meio da ocupação e atividades, os seres humanos usufruem desse meio e modificam esses sistemas. Christofolletti (1999) explicita a importância de abordagens holísticas, que se traduz em referencial básico e que segundo ele:

As proposições também não se restringem apenas ao estudo dos componentes do sistema ambiental, mas procuram também tratar das interações entre os sistemas ambientais e os sistemas sociais e econômicos, em busca da compreensão do sistema de organização espacial e bases para as propostas de planejamento e desenvolvimento sustentável (CHRISTOFOLETTI, 1999, p.45).

Para Georges Bertrand, em seu trabalho intitulado em português, “Paisagem e geografia física global: Esboço metodológico”², a paisagem:

É em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 2004, p. 141).

Bertrand entende que a escala é um fator essencial na compreensão das dinâmicas das paisagens e a partir disso fez uma síntese onde foi possível a classificação espacial em Zona, Domínio, Região, Geossistemas, Geofaces e geótopos, essas três últimas sendo compatíveis com a escala humana de atuação. A figura 1 exibe o esquema elaborado pelo autor que simplifica a ideia do mesmo sobre o que se refere o geossistema.



Fonte: BERTRAND, 2004, p. 146.

O autor representa o geossistema como resultado do potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica, em um determinado espaço, desta forma, o geossistema seria a dinâmica do ambiente entre si e do ser humano com esse ambiente. As

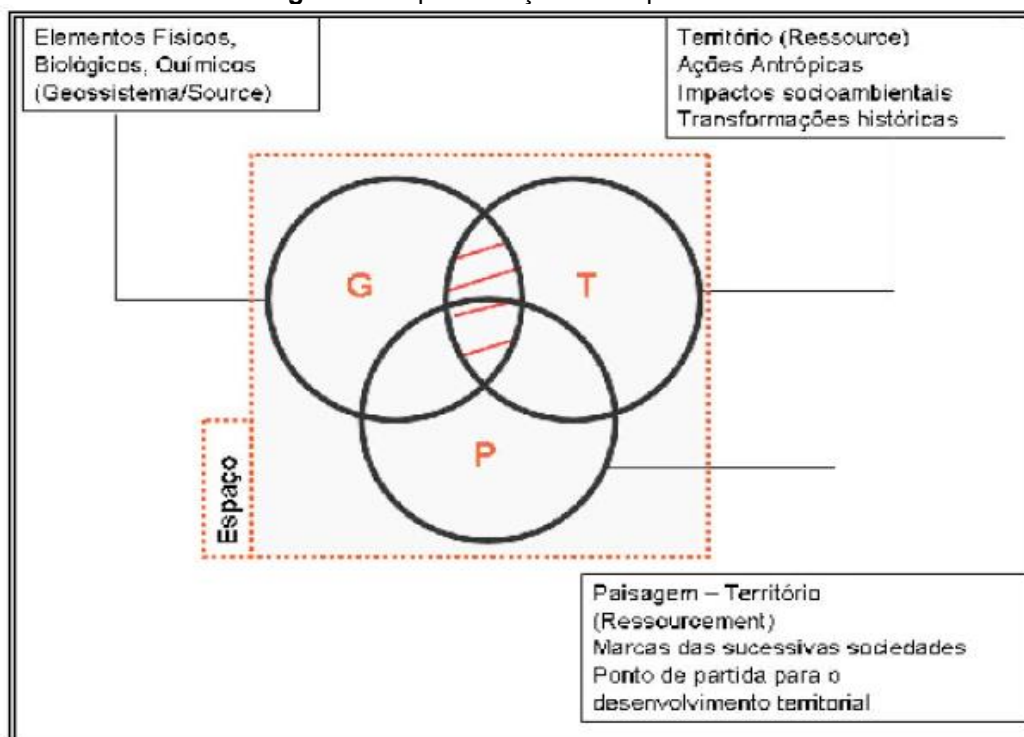
² Foi utilizada nesta pesquisa a obra traduzida para português e publicada pela revista Raega - O Espaço Geográfico em Análise em 2004, entretanto o trabalho original de Bertrand intitulado “*Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique*”, foi publicado em 1968.

limitações dessa abordagem se dão, quando a ação antrópica é apresentada como mera exploradora do ambiente e não as concebe em suas significativas relações socioeconômicas e políticas, desta forma a utilização deste modelo é inviável em ambientes muito urbanizados. Sabendo das limitações de sua proposta, Bertrand apresentou o sistema GTP, que segundo Souza (2009):

(...) vem ao encontro dos novos desafios diante das rápidas transformações econômicas, políticas e culturais, desdobradas em uma estimulante questão socioambiental, apresentando grande complexidade e inviabilidade para ser analisada por meio de paradigmas unilaterais (SOUZA, 2009, p. 99).

Nesse modelo o Geossistema (G) é a fonte para a análise da estrutura e funcionamento do espaço físico; o Território (T) é o ambiente geográfico onde estão inseridos os processos antrópicos, como organizações sociais e econômicas; a Paisagem (P) é o meio onde se tem a organização ou desorganização socioambiental (Souza, 2009). A figura 2 mostra uma representação do sistema GTP adaptado por Souza (2009):

Figura 2: Representação do esquema GTP



Fonte: SOUZA, 2009, p. 105.

Anteriormente Viktor Borisovich Sochava (1977) já dizia que o geossistema embora seja uma formação natural, é influenciado por fatores econômicos e sociais.

O estudo de geossistemas, em relação a muitos de seus aspectos, faz apelo direto à colaboração do homem com a natureza, sobretudo no tocante àqueles referentes à dinâmica dos geossistemas, suas peculiaridades

funcionais, potencial de recursos e outros problemas (SOCHAVA, 1977, p. 44).

Nesta perspectiva, não é efetiva a visão hierárquica entre a análise dos componentes de um determinado ambiente, bem como suas escalas de abordagem, sendo necessária uma abordagem que abarque o ambiente como um todo e não de forma fragmentada. Deste modo, Vicente; Perez e Filho (2003) salientam que a abordagem geossistêmica:

Trata-se do próprio delineamento de uma proposta de cunho multidisciplinar que transcende o ambiente físico-químico ou sócio-cultural stricto sensu, buscando a complexidade do ambiente percebido pelo Homem como o verdadeiro espaço para a necessária interação entre aplicação/compreensão, onde o ambiente e sua complexidade nos re-ensina a apreendê-lo como um todo, abrangendo relações físicas, químicas, biológicas, e sócio-culturais (VICENTE e PEREZ FILHO, 2003, p. 331).

Para Monteiro (2011) a Teoria dos Sistemas é base teórica fundamental para os trabalhos sobre clima urbano, sendo capaz de transparecer a complexidade de um fenômeno e todos os componentes que envolvem a natureza urbana. O que define um sistema é a que ele se objetiva, desta forma, o autor propõe o estudo do sistema clima urbano (S.C.U.), o qual pode-se dizer que é “o sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização” (MONTEIRO, 2011, p. 19)³. A atmosfera é o operador que age sobre os diversos elementos que envolvem a superfície urbana, que juntos, incluindo as complexas relações socioeconômicas, integram o S.C.U.

Esse sistema aberto que além de receber energia, também a gera, pode apresentar um novo microclima a partir de qualquer alteração na superfície, portanto é primordial a compreensão do modo de transmissão, entrada e fluxos de energia para além dos dados gerados em campo.

O S.C.U. é uma organização que possui vários graus de hierarquia funcional, revestido no que Monteiro (2011) nomeia como “Canais de percepção”, os quais estabelecem relações sistêmicas entre si e entregam o clima urbano, sendo o canal 1 “Termodinâmico”, canal 2 “Físico-Químico” e o 3 “Hidrometeorológico” (TAB. 1).

³ Monteiro aborda este conceito originalmente em sua tese “Teoria e clima urbano” de 1976.

Tabela 1: Canais de percepção: Termodinâmico, Físico-Químico, Hidrometeorológico

Caracterização/ Subsistemas Canais	I Termodinâmico Conforto térmico	II Físico-Químico Qualidade do ar	III Hidrometeorológico Impacto meteórico
Fonte	Atmosfera, radiação, circulação horizontal	Atividade urbana, veículos automotores, qualidade do ar	Atmosfera, estados especiais (desvios rítmicos)
Trânsito no sistema	Intercâmbio de operador e operando	De operando ao operador	Do operador ao operando
Mecanismos de ação	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração do sistema
Projeção	Interação núcleo e ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódio (eventual)
Observação	Meteorológica especial (T. de campo)	Sanitária e meteorológica	Meteorológica hidrológica (T. de campo)
Correlações disciplinares tecnológicas	Bioclimatologia, Arquitetura e urbanismo	Engenharia sanitária	Engenharia sanitária e infraestrutura urbana
Produtos	“Ilhas de Calor”, Ventilação, aumento da precipitação	Poluição do ar	Ataque à integridade urbana
Efeitos diretos	Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas sanitários, Doenças respiratórias, oftalmológicas, etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle de uso do solo, Tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infraestrutura urbana e regularização fluvial. Uso do solo
Responsabilidade	Natureza e homem	Homem	Natureza

Fonte: Monteiro (2011, p. 42).

O canal termodinâmico implica diretamente no conforto térmico urbano, já que “(...) atravessa toda sua estrutura, pois que é o insumo básico, é transformado na cidade e

pressupõe uma produção fundamental no balanço de energia líquida atuante no sistema” (MONTEIRO, 2011, p. 44), sendo assim, esse componente é um dos principais quando se trata do sistema clima urbano. O canal físico-químico diz respeito a qualidade do ar sendo, portanto, vinculada aos graus de poluição atmosférica no meio urbano. O canal hidrometeorológico trata dos impactos meteorológicos causados pelas chuvas nas cidades, principalmente em locais onde não há a infraestrutura necessária para mitigar os efeitos negativos.

1.2 Escalas e hierarquias do clima e sistema clima urbano

Conceito base para análises geográficas, as escalas são indispensáveis na pesquisa em climatologia, onde Ribeiro (1993, p.1) ressalta que “Os estudos dos fenômenos relacionados com o comportamento da atmosfera são orientados no sentido da compreensão de sua extensão (espaço) e de sua duração (tempo)”. Desta forma, é importante salientar a necessidade de adequação dos métodos utilizados na pesquisa de acordo com a escala estudada.

Ainda de acordo com Ribeiro (1993), em primeira análise, as escalas são divididas em nível zonal, nível regional e nível microclimático. O primeiro está relacionado às amplas áreas do globo e os movimentos da Terra em larga escala. O segundo diz respeito a interação da energia disponível e o meio terrestre, enquanto o nível microclimático abarca o clima de áreas pequenas, próxima a superfície.

De acordo com o autor supracitado, tendo como base os níveis espaciais apresentados anteriormente, é possível definir ordens de grandeza para o fenômeno climático, sendo elas o clima zonal; clima regional; mesoclima ou clima local; topoclima e o microclima.

Ribeiro (2003) ressalta que o clima zonal é reproduzido pela distribuição latitudinal da radiação solar, com relação a translação da Terra que influencia diretamente na distribuição espacial da quantidade de energia solar recebida pela superfície e pela atmosfera, resultando as estações do ano e nos climas globais. Nesta escala espacial, podemos destacar a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e o fenômeno do *El Niño*, que estão relacionadas com a circulação geral da atmosfera e abrangem um grande espaço no globo, mas não ele como um todo. Por exemplo, a Zona de

Convergência de Alísios (em que os ventos originados das regiões subtropicais convergem para a zona equatorial) influencia as regiões subtropicais e tropicais.

Sobre o clima regional, o autor diz que é o clima médio que apresenta extensão horizontal entre 150 e 2500 quilômetros e são verticalmente limitados pelos fenômenos ocorrentes abaixo da troposfera. Para compreender o clima regional, é necessário estabelecer o ritmo da variação anual, sazonal e mensal dos elementos climáticos. As dinâmicas das massas de ar ocorrem nessa escala do clima, influenciando diretamente as escalas inferiores da atmosfera (RIBEIRO, 2003).

Sobre o mesoclima ou clima local, que tem uma extensão de atuação entre 15 a 150 Km, destaca-se a influência do relevo, uma vez que ao criar situações de barlavento e sotavento, interfere na circulação da superfície, ao mesmo tempo que gera chuvas orográficas na porção de atuação (barlavento) e ressecamento na área do sotavento (RIBEIRO, 1993). O autor ainda salienta que:

(...) apesar da influência dos fatores fisiográficos e antrópicos na construção do mesoclima, quem comanda sua gênese, é a sucessão habitual de sistemas e subsistemas atmosféricos, configurados pela variação diária dos elementos climáticos, o que resulta na definição dos tipos de tempo que, por sua vez, possuem duração mínima de 12 horas (RIBEIRO, 1993, p. 4).

Ribeiro (1993) diz que o topoclima, é uma variação do clima local que considera as variações do relevo, já que estas resultam em diferentes níveis de absorção da energia solar ao longo do dia.

A extensão horizontal dos topoclimas restringe-se à forma do relevo ou ao tamanho da vertente que lhe dá origem, podendo variar entre 0,5 e 5 quilômetros e interferir na estrutura vertical da atmosfera em até 50 a 100 metros de altura, coincidindo com a camada Limite Superficial, limite até onde a energia calorífica gerada na superfície pode atingir pelo processo de condução e onde a força do atrito supera a força de Coriolis no direcionamento dos ventos da superfície (RIBEIRO, 1993, p.5).

O microclima define-se por meio das trocas gasosas e energéticas entre os elementos e estruturas localizadas ao longo da superfície terrestre, em áreas pequenas de no máximo 100 metros de extensão. Por exemplo, a microrugosidade, a cor, a textura das superfícies, bem como seus locais junto ao solo, edificações e vegetação que formam esses elementos promovedores da variação da magnitude dessas trocas energéticas e gasosas e alterar o comportamento do ar circundante (RIBEIRO, 2003).

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) declaram que as escalas espaciais do clima são divididas em: Macroclimática (Subdividida em Clima Zonal e Regional); Mesoclimática (Subdivida em Clima regional, local e Topoclima) e a escala Microclimática (TAB. 2).

Tabela 2: Organização das escalas espaço-temporais do clima

Ordem de grandeza	Subdivisões	Escala horizontal	Escala Vertical	Temporalidade das variações mais representativas	Exemplificação espacial
Macroclima	Clima zonal	> 2.000 km	3 a 12 km	Algumas semanas a vários decênios	O globo, um hemisfério, oceano, continente, os mares, etc.
Mesoclima	Clima regional, clima local e topoclima	2.000 km a 10 km	12 km a 100 m	Várias horas a alguns dias	Região natural, montanha, região metropolitana, cidade, etc.
Microclima		10 km a alguns metros	Abaixo de 100 m	De minutos ao dia	Bosque, uma rua, uma edificação/casa, etc.

Fonte: Mendonça e Danni-Oliveira, 2007, p. 23.

A escala macroclimática tem uma abrangência que vai desde o Planeta Terra (global), passa por faixas zonais do clima (zonal) até regiões (regional). Nessa escala as influências maiores ao clima se dão pela circulação geral da atmosfera, fatores astronômicos, fatores geográficos de grande escala (grandes divisões de relevo, oceanos e continentes) e variação da distribuição de energia solar no Planeta. A segunda escala, a mesoclimática, seria uma escala intermediária entre a macro e a micro, não tendo uma área bem definida. Bons exemplos de lugares nessa escala são as regiões naturais que se localizam no interior dos continentes como grandes florestas e desertos. Nesta grandeza se encontram os climas locais e o topoclima, sendo o primeiro definido por aspectos característicos de determinados locais (como uma grande cidade e uma área agrícola) e o segundo é definido pelo relevo. E por fim, a escala microclimática, que por sua vez é a menor no quesito extensão em comparação com as demais. Nessa grandeza os fatores que a definem são o movimento turbulento do ar na superfície e o uso da terra (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Conti (1995) chama atenção para a necessidade de hierarquização do fator climático, uma vez que os materiais e métodos necessitam estar em conformidade às escalas espaciais e temporais do fenômeno. O autor apresenta cinco grandezas taxonômicas do clima, os níveis zonal, regional, local, topoclimático e microclimático.

O Nível Zonal, tem como principais fatores impactantes no clima a latitude, altitude, continentalidade e o movimento de rotação da Terra. As metodologias envolvem observações e análises de grandes períodos, geralmente trinta anos recomendados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). O Nível Regional, por sua vez, tem a exposição e orientação do relevo como fator determinante, sendo necessários 5 a 10 anos de dados mensais para a análise do comportamento dos atributos climáticos (CONTI, 1995).

A partir do Nível Local já é possível observar as influências do ser humano no clima, onde as pesquisas são pautadas na variação diária dos atributos, delimitando os tipos de tempo atmosférico. O topoclima considera que as particularidades topográficas (declividade, exposição e forma do terreno), agem diretamente na variação dos elementos do clima. Por fim, o Microclima, que corresponde aos climas a aproximadamente dois metros da superfície terrestre, onde predominam os estudos baseados no balanço de energia. (CONTI, 1995).

Sobre topoclima, Fialho (2021) destaca que além da relação com o clima a ser moldado pela declividade, posição e elevação de uma vertente, tendo como base sua origem etimológica, o topoclima é um sinônimo do clima de um determinado lugar.

Com base na discussão aqui apresentada, cabe ressaltar que mesmo havendo esforço aparentemente hierárquico e quantitativo de se classificar as escalas climáticas, as áreas de transição e os “limites” das camadas não são rígidos, sendo, portanto, limites artificiais que são acometidos pela dinâmica atmosférica que é fluida e indivisível.

O S.C.U abrange tanto os fenômenos de mesoescala (massas de ar, zonas de convergência, fenômenos como *El Niño* e *La Niña*), quanto os aspectos de clima local. De acordo com Monteiro (2011):

Por causa da abrangência do climático e do urbano, a noção de espaço necessariamente incluirá o espaço concreto e tridimensional (planos

horizontal e vertical) onde age a atmosfera e os espaços relativos necessários à compreensão do fenômeno urbano (MONTEIRO, 2011, p. 20).

Pensando no efeito que a superfície terrestre causa na movimentação do ar, Varejão-Silva divide a atmosfera em duas regiões, embora ressalte que não existem limites físicos entre as camadas, que são determinadas de acordo com suas propriedades, que mudam de forma gradual:

- a camada-limite planetária, justaposta à superfície terrestre, cuja rugosidade natural (provocando atrito) afeta profundamente o escoamento do ar;
- atmosfera livre, mais acima, onde se admite que o escoamento não sofre a influência direta da presença da superfície (escoamento sem atrito) (VAREJÃO-SILVA, 2006, p. 273)

A camada limite planetária foi dividida por OKE (1987), que buscava auxiliar a compreensão das escalas da influência urbana no clima, em dois estratos principais, *Urban Canopy Layer* ou Camada de Cobertura Urbana (UCL) e *Urban Boundary Layer* ou Camada Limite Urbana (UBL).

UBL localiza-se acima da UCL até a camada limite planetária⁴, sendo caracterizada por um fenômeno de mesoescala, com aspectos subjugados à superfície urbana do local onde se insere. Já a UCL, que se encontra desde o solo até os limites das construções urbanas, produzida por vários microclimas, que são afetados diretamente pelas particularidades do seu entorno (OKE, 1987).

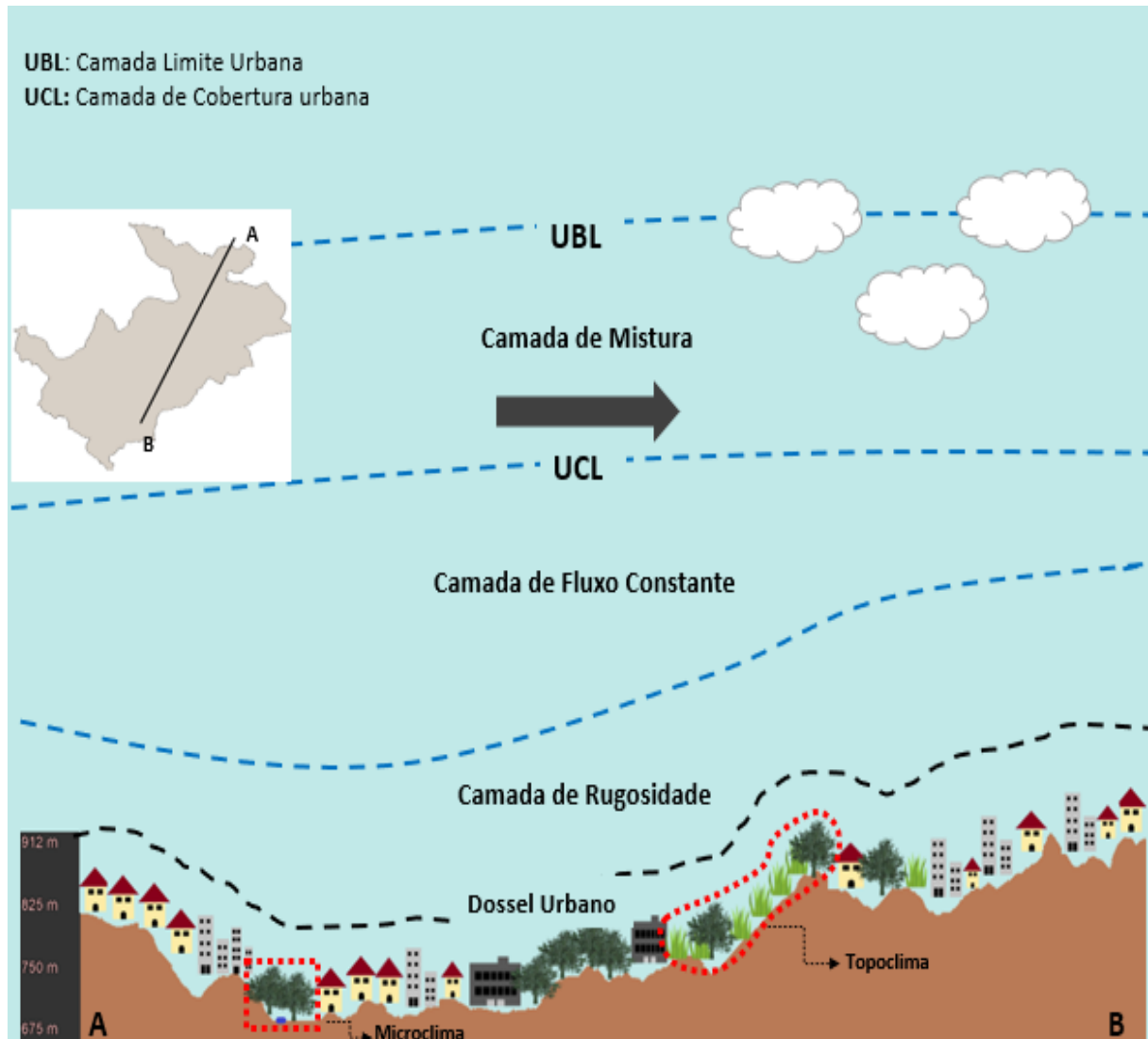
Segundo Vecchia *et al.* (2020) a UBL divide-se em Camada de mistura e Camada de superfície, que por sua vez se desdobra em Camada de rugosidade e fluxo constante. A extensão da camada limite está diretamente relacionada ao fluxo de aquecimento e resfriamento da atmosfera durante o dia. Os poluentes emitidos na atmosfera de cidades de grande e médio porte, fica suspensa na camada de mistura até que sejam transportados horizontalmente pela ação os ventos, das chuvas, sedimentação ou podem ser transformados quimicamente. Na camada de rugosidade o escoamento é diretamente dependente da superfície urbana.

No limite da camada de mistura ocorre “uma inversão de nivelamento que interrompe o transporte ascendente dos efeitos da superfície” (VECCHIA *et al.* 2020 p. 118) sendo assim, o dossel urbano sofre interferências tanto da superfície horizontal quanto a

⁴ Camada limite planetária é a região da atmosfera diretamente afetada pelas particularidades da superfície terrestre como fricção, aquecimento e resfriamento, que geram turbulências e se misturam até certa altura que possibilita uma inversão térmica e limita a troca do ar (VECCHIA *et al.*, 2020).

vertical. A figura 3 ressalta os aspectos da UCL e UCB em Vespasiano, *locus* de estudo dessa pesquisa, exemplificando os aspectos topo e microclimáticos na região:

Figura 3: Perfil geocológico de Vespasiano e camadas que compõem a atmosfera urbana



Fonte: Adaptado de Oke (1987) e Vecchia et al (2020). Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2021.

Monteiro (2011), adaptou trabalhos anteriores de Tricart e Cailleux (1956)⁵ e compôs um quadro relacionando as unidades climáticas com as ordens de grandeza taxonômica e com as intensidades de urbanização (TAB. 3).

⁵ Estudo intitulado Le problème de la classification des faits géomorphologiques, 1956.

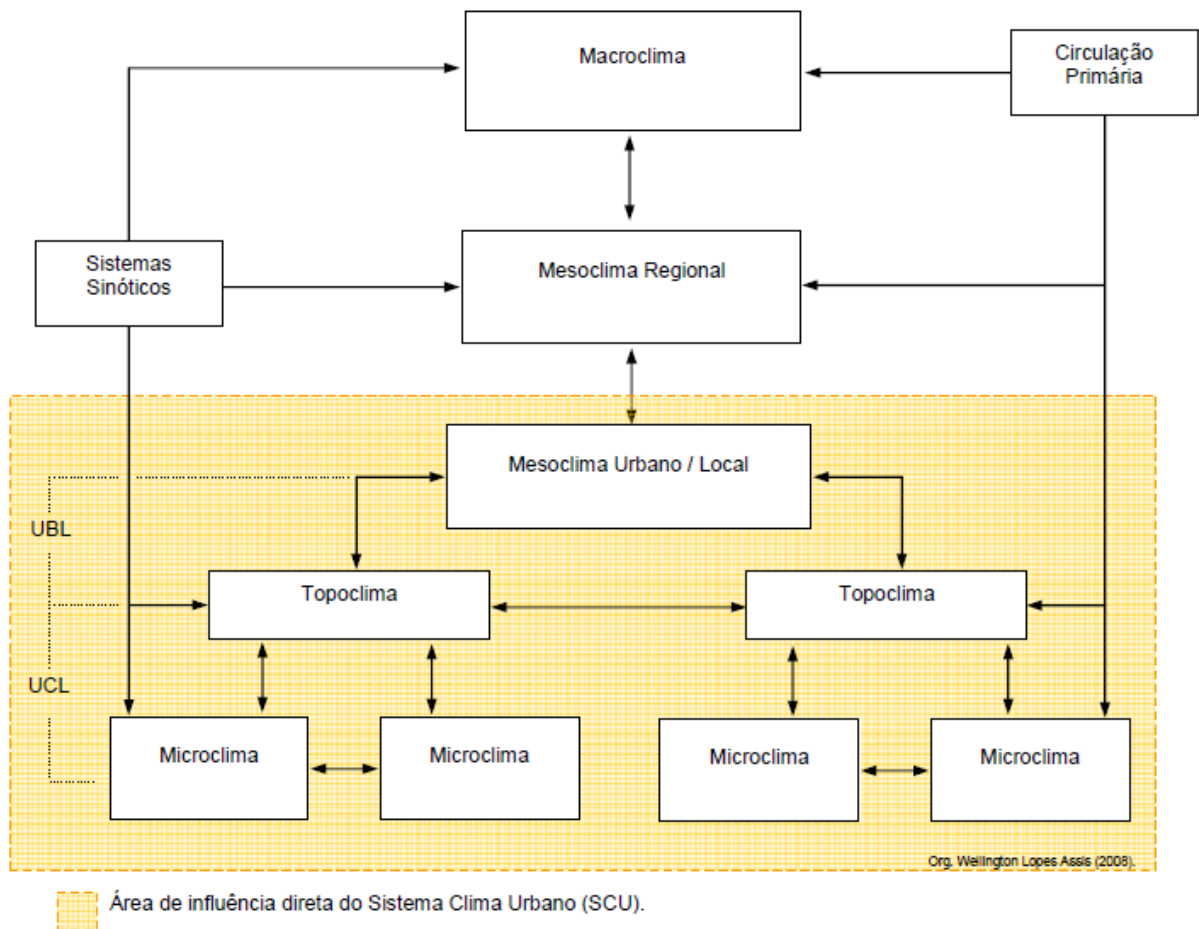
Tabela 3: Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o Clima Urbano

Ordem de grandeza (Cailleux & Tricart)	Unidades de superfície	Espaços climáticos	Espaços urbanos	Estratégias de abordagem		
				Meios de observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
II	(milhões de KM)	Zonal	-	Satélites; Nefanálises	Latitude; Centros de ação atmosférica	Caracterização geral comparativa
III	(milhões de KM)	Regional	-	Cartas sinóticas; Sondagens aerológicas	Sistemas meteorológicos (Circulação secundária)	Redes transectos
IV	(centenas de km)	Sub-regional (fáceis)	Megalópole; Grande área metropolitana	Rede meteorológica de superfície	Fatores geográficos	Mapeamento Sistemático
V	(dezenas de km)	Local	Área metropolitana; Metrópole	Posto meteorológico; Rede complementar	Integração geológica; Ação antrópica	Análise espacial
VI	(centenas de km)	Mesoclima	Cidade grande bairro ou subúrbio de metrópole	Registros móveis (Episódicos)	Urbanismo	Especiais
-	Dezenas de metros	Topoclima	Pequena cidade; Fácies de bairro/subúrbio de cidade	(Detalhe)	Arquitetura	Especiais
-	Metros	Microclima	Grande edificação; Habitação; Setor de habitação	Baterias de instrumentos especiais	Habitação	Especiais

Fonte: Adaptado de Monteiro (2011), p. 29.

O autor evidencia que sua intenção com sua proposta do quadro síntese foi elucidar o escalonamento das unidades entre si, ou seja, o que está inserido e onde, e dispor em escalas as unidades de urbanização desde microescalas até a região urbana como um todo (MONTEIRO, 2011).

Assis (2010), organizou fluxograma a fim de ilustrar as relações entre as escalas de análise e sua hierarquia funcional, sendo as setas representantes da troca contínua de energia e massa entre as camadas (FIG. 4).

Figura 4: Hierarquia funcional simplificada do Sistema Clima Urbano

Fonte: Assis, 2010, p. 18.

A abordagem sistêmica no clima urbano nos permite perceber que existem vários graus de hierarquia funcional e níveis de resolução, deste modo há diversos mesoclimas e topoclimas que entre si, apresentam padrões térmicos e hídricos semelhantes, resultado dos múltiplos microclimas que compõem o meio urbano (ASSIS, 2010).

1.3 Unidades temporais do clima

As representações cartográficas consistem em importantes meios de reprodução do que é real, possibilitando de forma didática a compreensão do meio com auxílio das formas gráficas.

Tarifa e Armani (2001) fizeram análise das unidades “naturais” e urbanas do clima de São Paulo⁶, aplicando análise integrada dos mapas de pluviosidade média (anual e diária) e dos controles climáticos (altitude, declividade, bacias de drenagem), tendo como base o conhecimento empírico que estes possuíam da região:

Abstrair as alterações e interações decorrentes do processo de urbanização-industrialização, como um meio de simplificar momentaneamente a realidade urbana, foi possível através da busca de uma identidade climática simplificada, nascida da correlação entre os atributos e os controles climáticos (oceano, relevo, altitude, declividade, orientação e ventos), procurando definir limites no espaço (TARIFA e ARMANI, 2001, p.34).

Os autores destacam que as unidades “naturais” do clima têm relação com os fenômenos e ritmos urbanos, mas em alguns momentos os ritmos dos ciclones extratropicais ou brisas oceânicas se impõem.

Buscando classificar os climas naturais e urbanos de Belo Horizonte, Assis (2010) elaborou carta de unidades climáticas a partir da associação dos valores de temperatura média compensada, umidade relativa do ar, temperatura máxima média e temperatura mínima média do município em um único modelo. Para tanto, foi realizada a sobreposição de diversas camadas, sendo elas: uso e cobertura predominante do solo, interpolação dos dados climáticos, densidade demográfica e o modelo digital de elevação.

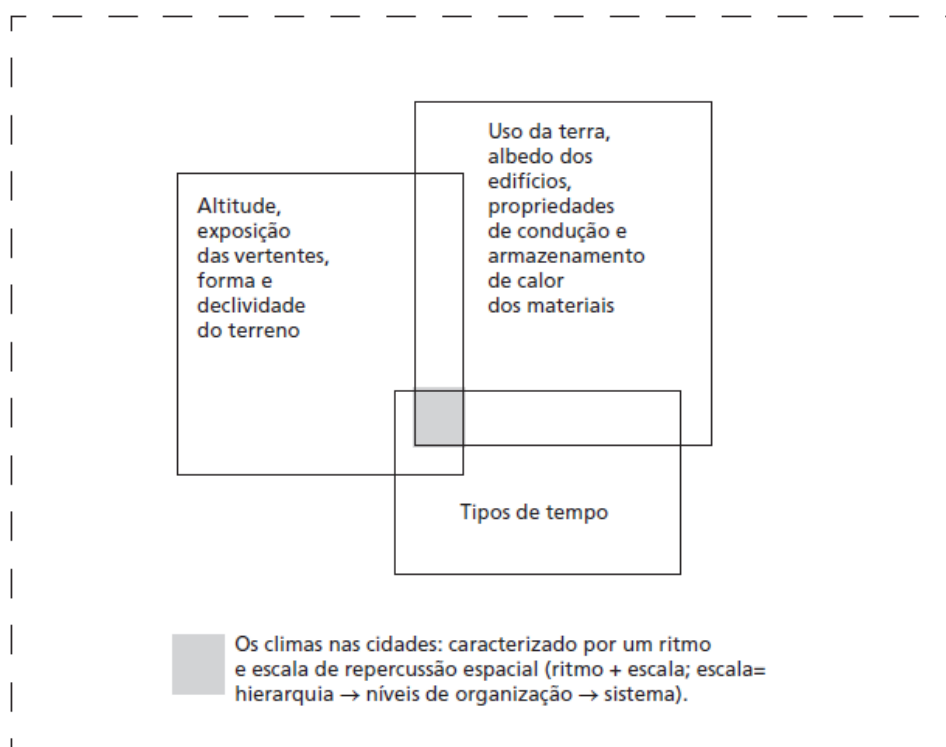
Algo semelhante foi feito por Machado (2016) que usando Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) compilou cartas de uso da terra, modelo digital de elevação, interpolação dos dados de temperatura média e umidade relativa do ar média mensurados em períodos secos e úmidos de Teófilo Otoni, MG.

As diferenças momentâneas sinóticas, convertem-se em diferentes condições atmosféricas ou tipos de tempo, que por sua vez, resulta em múltiplas respostas dos atributos climáticos a depender dos fatores de cada superfície. Sendo assim, a melhor maneira de representar essas variações, consiste na elaboração de diferentes mapas a depender do tipo de tempo atuante (JARDIM, 2010).

⁶ Os autores enfatizam que a ideia clima “natural” no município de São Paulo foi tida como ponto de partida para a pesquisa, “um artifício analítico”, já que esta cidade não possui climas naturais (TARIFA e ARMANI, 2001, p.34).

Jardim (2010) demonstrou a relação entre os tipos de tempo e controles de superfície na Bacia Hidrográfica do Rio Aricanduva, em São Paulo. Usando isolinha como base, o autor classificou as unidades temporais do clima, a partir dos dados climáticos interpolados (temperatura e umidade relativa do ar), relevo e uso e ocupação da terra revelando os espaços probabilísticos, isto é, “as chances de se encontrarem determinados valores em determinados espaços” (JARDIM, 2010, p. 268) (FIG. 5).

Figura 5: Esquema e análise de interpretação dos dados climáticos



Fonte: Adaptado de Jardim, 2010, p. 142.

É importante evidenciar a importância da compreensão dos eventos climáticos em suas devidas escalas de atuação, tendo como ponto de partida uma visão geossistêmica do meio. Posto isso, há diferentes respostas ao mesmo tipo de tempo em diferentes superfícies, possibilitando a confecção de várias cartas de unidades climáticas, cada uma associada a divergentes condições atmosféricas (JARDIM, 2010).

1.4 Balanço de energia na atmosfera e superfície

A atmosfera como um sistema aberto apresenta fluxos de energia, os quais têm como principal fonte a radiação solar. A energia do Sol é proveniente das reações nucleares que ocorrem no interior, no qual a altos valores de pressão e temperatura, os núcleos de hidrogênio se unem formando núcleos de hélio, provocando reações nucleares de fusão que, por sua vez, desprendem energia (VIDE, 1999). Essa energia que se desprende é caracterizada por espectros de ondas eletromagnéticas em inúmeros comprimentos de onda, que são propagados na velocidade da luz no vácuo, 300.000 km/s (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A absorção da radiação eletromagnética pela atmosfera se dá principalmente na faixa do visível e infravermelho, exceto pelo intervalo denominado janela atmosférica, caracterizada por faixa do espectro visível em que não ocorrem processos de absorção de radiações significativos (VIDE, 1999). Conforme expressa a Lei de Wien, a radiação estipula que o comprimento de onda a que um corpo negro transmite sua máxima energia é inversamente proporcional à sua temperatura, ou seja, quanto mais elevada for a temperatura, menor será o comprimento de onda.

A distribuição de radiação na superfície terrestre depende do ângulo de incidência, latitude e intensidade, podendo esta ser absorvida ou difundida na atmosfera ou refletida ao espaço. A absorção é realizada pelos constituintes da atmosfera, dentre eles o Vapor d'água, Dióxido de carbono, Metano, Óxido Nitroso, Ozônio e clorofluorcarbonetos (BARRY e CHORLEY, 2013). A radiação solar que chega na superfície é chamada de insolação, que consiste no número de horas que a luz solar incide diretamente na área em questão.

Parte dessa radiação é refletida de volta ao espaço pela ação das nuvens e da superfície terrestre, uma vez que “a superfície absorve quase a metade da energia incidente disponível no topo da atmosfera e a irradia novamente como ondas longas (infravermelhas) de comprimento maior que 3 μm ” (BARRY e CHORLEY, 2013, p. 48).

Salienta-se que existem alguns fatores que determinam se uma determinada superfície terá albedo⁷ alto ou baixo, como o ângulo de incidência da radiação, as características de tons e cores dos componentes das superfícies e a época do ano, já

⁷ “Radiação Solar Incidente que é devolvida ao espaço” (VIDE, 1999, p.35)

que no inverno, por exemplo, as reflexões são maiores devido a maior obliquidade dos raios solares. A difusão, por sua vez, é o espalhamento ou dispersão da radiação solar, por meio dos gases atmosféricos e aerossóis. Sobre isso, Barry e Chorley (2013) relatam que:

Em média, sob condições de céu claro, a razão entre a radiação solar difusa e a total (ou global) é de aproximadamente 0,15 – 0,20 na superfície. Para a nebulosidade média, a razão é de 0,5 na superfície, diminuindo a cerca de 0,1 a 4 km, como resultado da redução em gotículas de nuvens e aerossóis com a altitude (BARRY e CHORLEY, 2013, p. 48).

Devido a inclinação de seu eixo, a terra recebe diferentes níveis de radiação ao longo de sua atmosfera e por isso, a convecção atua como um importante mecanismo na busca pelo equilíbrio nas variações dessa radiação. O transporte energético se dá por meio do calor sensível (Q_H)⁸ e calor latente (Q_E)⁹, uma vez que o solo quando se aquece transfere calor sensível para o ar, da mesma forma que a água evapora da superfície aquecida e obtém o calor da mesma (Q_E), que por sua vez transfere este calor ao ar, desprendendo deste quanto há a condensação de sua umidade (VIDE, 1999).

Vale ressaltar que a troposfera não se esquentar diretamente pela radiação solar e sim pela radiação emitida pela superfície terrestre e outros meios de propagação de energia a partir do solo.

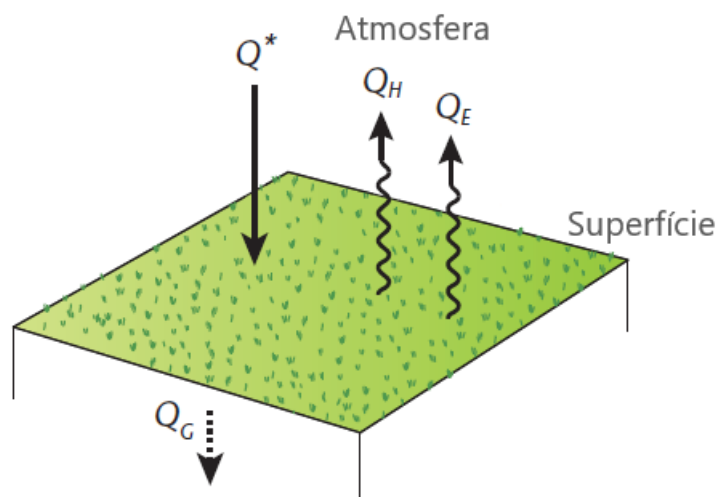
2.4.1 Balanço de energia no contexto da superfície

As variações dos atributos climáticos de uma determinada superfície está ligada ao balanço de energia, que por sua vez é o resultado do intercâmbio de energia por radiação, convecção e condução (OKE *et al.*, 2017). Pensando no fluxo de energia da superfície terrestre (SEB)¹⁰, OKE *et. Al.*, (2017) projetaram a seguinte equação, pensando nos fluxos relevantes e descrevendo o balanço de radiação (Q^*) de uma superfície rural em watts / metro quadrado (FIG. 6):

⁸ Calor sensível (Q_H) é o que se pode medir com um termômetro (VIDE, 1999, p.36).

⁹ Calor latente (Q_E) representa o que é absorvido ou perdido quando se produz uma mudança do estado da água (VIDE, 1999, p.36).

¹⁰ SEB é a sigla de *Surface energy balance* traduzida para português como Balanço de energia da superfície.

Figura 6: Esquema do fluxo de energia de uma superfície rural

Fonte: Adaptado de OKE et. al (2017, p. 157).

$$Q^* = Q_H + Q_E + Q_G \text{ (W m}^{-2}\text{)}$$

Nesta equação, Q_H representa o fluxo de calor sensível, Q_E é o fluxo de calor latente e Q_G corresponde a densidade de fluxo de calor no solo. Nota-se que a equação é cunhada em um contexto de equilíbrio, onde a soma de todos os termos seria igual a 0, o que não acontece em um sistema real, já que existem excedentes ou déficits, uma vez que a radiação solar é somente uma forma de energia, não completando a energia total de um sistema (OKE et al., 2017).

Em superfícies urbanas, a transformação da paisagem que outrora fora natural, implica na entrada e ou alteração de diversos materiais que passam a compor a superfície, resultando em variações no balanço de energia, já que estes materiais possuem determinados comportamentos de fluxos de energia, de emissividade (TAB.4) e diferenças de albedo (TAB.5).

Tabela 4: Emissividade de superfícies naturais e urbanas¹¹

SUPERFÍCIE	EMISSIVIDADE (ϵ)
Superfícies Naturais	
Solo exposto	
Solo (claro, seco → escuro, molhado)	0,89 – 0,98
Areia e rocha	0,84 – 0,92
Vegetação de pequeno porte	
Gramado (longo → curto)	0,90 – 0,98
Agricultura, tundra	0,90 – 0,99

¹¹ Valores fornecidos em médias ou em intervalos.

SUPERFÍCIE	EMISSIVIDADE (ε)
Florestas	
Decidual (sem folhagem → com folhagem)	0,90 – 0,99
Água (depende da rugosidade da superfície)	0,92 – 0,97
Ser humano	0,98
Materiais de superfícies urbanas	
Estradas	
Asfalto (novo → antigo)	0,89 – 0,96
Concreto	0,85 – 0,97
Paredes	
Concreto	0,85 – 0,97
Gesso	0,89
Tijolo (vermelho → branco)	0,90 - 0,92
Pedra	0,85 – 0,95
Madeira	0,90
Telhados (depende da rugosidade da superfície)	
Telha (argila antiga → nova)	0,90
Ardósia	0,90
Ferro ondulado	0,13 – 0,28
Aço galvanizado (antigo → novo)	0,25
Janelas	
Vidro transparente, não revestido	0,87 – 0,95
Colorido, coberto com filme e revestido de vidro	0,05 – 0,30
Tintas	
Branças, cal	0,85 – 0,95
Vermelha, marrom, verde	0,85 – 0,95
Preta	0,90 – 0,98
Metais	
Metais polidos	0,02 – 0,06
Chapa de alumínio	0,03
Áreas urbanas¹²	
Urbanas (sem neve)	0,94 – 0,96

Fonte: Adaptado de OKE et. al., 2017, p.130.

Tabela 5: Albedos de superfícies naturais e urbanas¹³

SUPERFÍCIE	ALBEDO (α)
Superfícies Naturais	
Solo exposto	
Solo (escuro, úmido)	0,05 – 0,10
Solo (escuro, seco)	0,10 – 0,13
Solo (claro, úmido)	0,12 – 0,18
Solo (claro, seco)	0,18 – 0,30

¹² Resultado do modelo de radiação de cânion urbano de Arnfield (1982) apud OKE (2017).

¹³ Valores fornecidos em médias ou em intervalos.

SUPERFÍCIE	ALBEDO (α)	
Solos arenosos	0,20 – 0,45	
Vegetação de pequeno porte		
Gramado (longo → curto)	0,16 – 0,26	
Agricultura	0,18 – 0,25	
Zonas úmidas	0,07 – 0,19	
Florestas		
Decidual (sem folhagem → com folhagem)	0,13 – 0,20	
Água		
$\beta > 60^\circ$	0,03 – 0,10	
$10^\circ < \beta < 60^\circ$	0,10 – 0,50	
Céu encoberto	0,05 – 0,10	
Materiais de superfícies urbanas		
Estradas		
Asfalto (novo → antigo)	0,05 – 0,27	
Concreto	0,10 – 0,35	
Paredes		
Concreto	0,10 – 0,35	
Tijolo (vermelho → branco)	0,20 – 0,60	
Pedra cinza e vermelha	0,20 – 0,45	
Ladrilho	0,40 – 0,64	
Madeira	0,22	
Telhados		
Telha (argila antiga → nova)	0,10 – 0,35	
Ardósia	0,10 – 0,14	
Palha	0,15 – 0,20	
Ferro ondulado	0,10 – 0,16	
Aço galvanizado (antigo → novo)	0,37 – 0,45	
Janelas		
Vidro transparente	0,08	
$\beta > 50^\circ$	0,09 – 0,52	
$10^\circ < \beta < 50^\circ$	0,40 – 0,80	
Tintas		
Branças, cal	0,50 – 0,90	
Vermelha, marrom, verde	0,20 – 0,35	
Preta	0,02 – 0,15	
Metais		
Metais polidos	0,50 – 0,90	
Áreas urbanas		
Urbanas (sem neve)	0,14	0,09 – 0,23
Diferenças áreas urbanas – rurais ($\Delta\alpha_{U-R}$)		
Urbano - Rural	- 0,05	
	- 0,09 -+ 0,03	

Fonte: Adaptado de OKE et. al., 2017, p.129

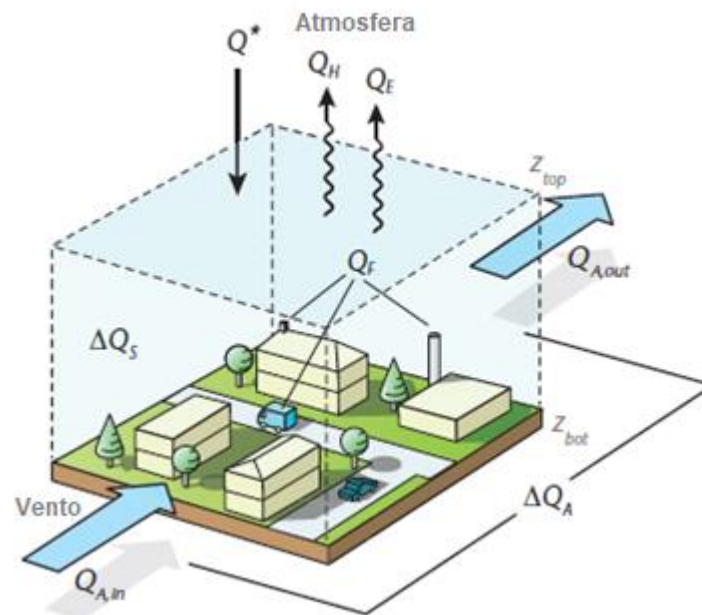
A Lei Kirchhoff's expressa que uma superfície com baixa emissividade possui também baixa absorção de ondas longas. Grande parte das superfícies apresentadas, possuem valores de emissividade maiores que 0,90, entretanto há alguns materiais que possuem baixa emitância de radiação nas imagens de infravermelho térmico, por exemplo, como as superfícies feitas de metais (OKE et.al., 2017).

Observa-se que os componentes das construções, e suas cores podem impactar uma superfície de modo a amenizar ou intensificar a absorção de calor. Sendo assim, os valores de albedo e a emissividade são importantes ferramentas no que concerne ao componente termodinâmico do sistema clima urbano.

De acordo com OKE *et. al.* (2017) o valor médio de albedo em áreas urbanizadas é de 0,14 % (intervalo de 0,09% a 0,23%)., o que significa que estes locais possuem em média **(reflexão total de corpo refletor perfeito) a 0 (absorção total de um corpo negro)**.

O balanço de energia de superfícies urbanas é similar a representada pela equação da superfície rural, entretanto, no meio urbano existem variados componentes que os diferem (como os edifícios, cânions, bairros, telhados, estradas, etc.), tornando inadequado usar a mesma equação em ambos os casos. Sendo assim, deve-se lidar com camadas ou volumes, uma vez que o balanço energético de um volume urbano não é meramente a soma dos saldos de energia dos componentes urbanos. Os componentes urbanos também se correlacionam podendo gerar alterações internas do conteúdo energético de todo o sistema urbano, como por exemplo, o aquecimento e resfriamento de materiais. Portanto a fórmula do fluxo de energia urbano deve conter novas fontes de energia que podem ser adicionadas no volume, troca de energia que podem acontecer em forma de advecção (transporte lateral) de ar e não só no topo e os diferentes componentes que podem interagir entre si (FIG. 7) (OKE *et. al.*, 2017).

Figura 7: Esquema de fluxo de energia de um volume de ar no meio urbano



Fonte: Adaptado de OKE et. al (2017, p. 157).

$$Q^* + Q_F = Q_H + Q_E + \Delta Q_S + \Delta Q_A \text{ (W m}^{-2}\text{)}$$

Oke *et.al* (2017) adicionam o Q_F que representa a densidade de fluxo de calor antropogênico, ou seja, o calor gerado pelas atividades humanas dentro do volume de ar urbano, ΔQ_S simbolizando o total de calor armazenado por todos os materiais presentes na cidade e ΔQ_A que diz respeito ao total de energia adicionada e subtraída pela ação do vento¹⁴. Os autores ressaltam que na prática os estudos de campo e modelos evitam ΔQ_A de duas maneiras: selecionando ou assumindo uma superfície muito grande e relativamente homogênea na superfície urbana ou as diferenças horizontais são ignoradas.

Sobre o balanço de energia de um volume, Vide (1999) expressa que em superfícies quentes o Q_H será maior que o Q_E considerando superfícies onde há poucos recursos hídricos, supondo que ambos os componentes consistam em saídas de energia da superfície em direção a atmosfera, resultando em um clima relativamente quente, já que há a transferência de calor sensível para o ar. Já em climas úmidos o Q_E será maior que o Q_H , dado que a transferência energética se realiza predominantemente com evaporação da água da superfície e como aumento da umidade do ar (calor latente).

¹⁴ Representada pela equação $\Delta Q_A = Q_{IN} - Q_{OUT}$.

1.5 Análise rítmica

Os fatores que compõem a superfície (como relevo, uso e cobertura do solo, vegetação, etc.) não são suficientes para explicar a variação dos atributos climáticos, sendo necessário buscar a gênese dos fenômenos atmosféricos e como estes aspectos sinóticos se relacionam com os componentes do meio. Ou seja, é fundamental a análise dos tipos de tempo e sua repercussão em variados ambientes.

Sendo assim, Monteiro (1971) cunhou o método da “análise rítmica” que se refere a uma técnica de análise de dados climáticos e sua relação com a dinâmica atmosférica atuante. A partir da verificação dos dados coletados é possível relacionar as variações dos elementos climáticos em resposta aos tipos de tempo que se transcorrem e às formas de circulação regional.

(...) ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo (MONTEIRO, 1971, p. 9).

Dessa forma é possível trabalhar os dados para além de seu lado quantitativo, analisando-os concomitante aos fatores de ordem natural e/ou antrópica, compreendendo a gênese dos fenômenos atmosféricos e seus desvios rítmicos. A análise rítmica é fundamental para compreender as diversas questões que envolvem o clima das cidades, como observa Monteiro (1971):

Só a análise rítmica detalhada ao nível de “tempo”, revelando a gênese dos fenômenos climáticos pela interação dos elementos e fatores, dentro de uma realidade regional, é capaz de oferecer parâmetros válidos à consideração dos diferentes e variados problemas geográficos desta região (MONTEIRO, 1971, p.11).

O termo “tipos de tempo” se designa às características atmosféricas atuantes, já que a dinamicidade climática resulta em ativa circulação dos sistemas sinóticos que, por sua vez, desencadeiam variações nos elementos climáticos, como a precipitação ou temperatura, por exemplo. Sobre a análise dos tipos de tempo Borsato (2016) ressalta:

Para se caracterizar o ritmo climático de uma localidade, há que se fazer uma decomposição cronológica dos estados atmosféricos em sua contínua sucessão, pois estes somente podem ser observados e analisados, com precisão, na durabilidade diária. Os estados atmosféricos tomados como tipos de tempos revelam-se claramente na escala diária, sendo que sua sucessão pode ser observada a partir da variação dos elementos do clima

em interação com a circulação atmosférica regional (BORSATO, 2016, p.149).

A análise da evolução dos sistemas atmosféricos ao longo do tempo e as consequências destes da superfície pode auxiliar na previsão e posterior mitigação dos impactos gerados na sociedade.

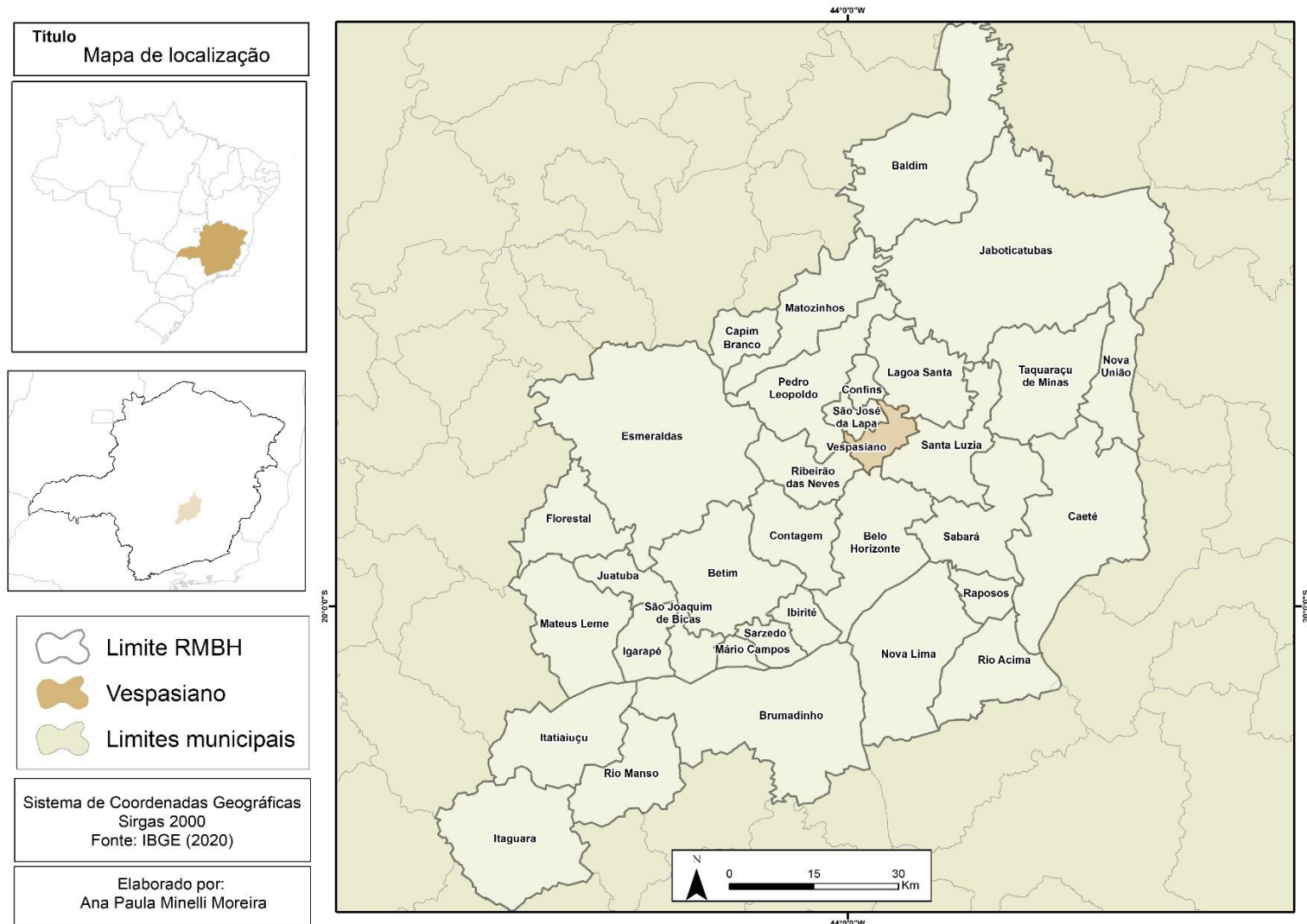
CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS SOCIOAMBIENTAIS DO MUNICÍPIO DE VESPASIANO (MG)

A compreensão das características naturais e antrópicas de um ambiente, são cruciais para identificação e estudo das dinâmicas e processos envolvidos no mesmo. Posto isso, *a priori* é necessário evidenciar os componentes socioambientais que fazem parte de Vespasiano, para posteriormente ser possível a análise das relações entre ser humano e meio ambiente.

2.1 Contextualização social e formação histórica

O município de Vespasiano localiza-se a 19°41' latitude sul e 43°55' longitude oeste, na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), em Minas Gerais (FIG.8) e possui uma população de aproximadamente 129.765 habitantes, incorporados nos seus 71,040 km² (IBGE, 2020).

Figura 8: Localização de Vespasiano na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH)



Fonte dos dados: FJP (2023). Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

A fim de compreender a configuração atual do território vespasianense, é necessário resgatar aspectos da sua formação histórica. Assim sendo, a região onde hoje localiza-se Vespasiano está ligada à história do município de Santa Luzia, o qual figurava como distrito da segunda até 1915 e a partir do ano de 1948 foi elevado à categoria de município, assim se tornando independente (IBGE, 1959).

O surgimento do arraial que mais tarde se tornaria Vespasiano, possui duas vertentes explicativas. A primeira baseia-se em uma pesquisa realizada pelo Instituto Histórico e Geográfico de Minas Gerais, em 1994, que vincula a presença dos primeiros habitantes às figuras dos mineradores que seguiram para essa região em busca de riquezas a partir de 1745. A segunda está relacionada à instalação de famílias no vilarejo, destaque para a figura de Dona Mariana da Costa, que foram atraídas pela nova capital de Minas Gerais, Belo Horizonte, no século XIX. Dona Mariana, oriunda de Santa Quitéria (atual Esmeraldas), fixou nesta região em 1853 e realizou doações de terras para construção da igreja matriz, cemitério e abastecimento de água, assim como para a moradia de outras famílias, originando o povoado intitulado Fazenda do Capão. Próximo a este vilarejo, expandiram-se fazendas agropecuárias, onde atualmente se encontram os bairros Angicos e Jane/Imperial (IBGE, 1959).

Em 1894 foi criada a estação da Estrada de Ferro Central do Brasil e o Arraial do Capão passou a se chamar Vespasiano em homenagem ao administrador dessa estação, o Coronel Vespasiano Gonçalves de Albuquerque. Com a instalação da ferrovia migraram novos moradores, o que resultou em expansão da economia, uma vez que esta facilitou a distribuição dos produtos locais. A economia girava em torno de produtos agrícolas, pecuária, exploração mineral de pedra calcária, cal de pedra e areia (Vespasiano, 2021).

Em 1969 instalou-se a primeira indústria de grande porte na sede do município de Vespasiano, a Cia. Alterosa de Cerveja (mais tarde Cia. Antártica de Cerveja), marcando seu ingresso na era industrial e consequente aumento populacional, já que até este ponto a economia girava em torno da extração mineral, cerâmica, assim como pequenos estabelecimentos urbanos. Vale destacar que a exploração de calcário resultou no surgimento do povoado de São José da Lapa, onde foi estabelecida a

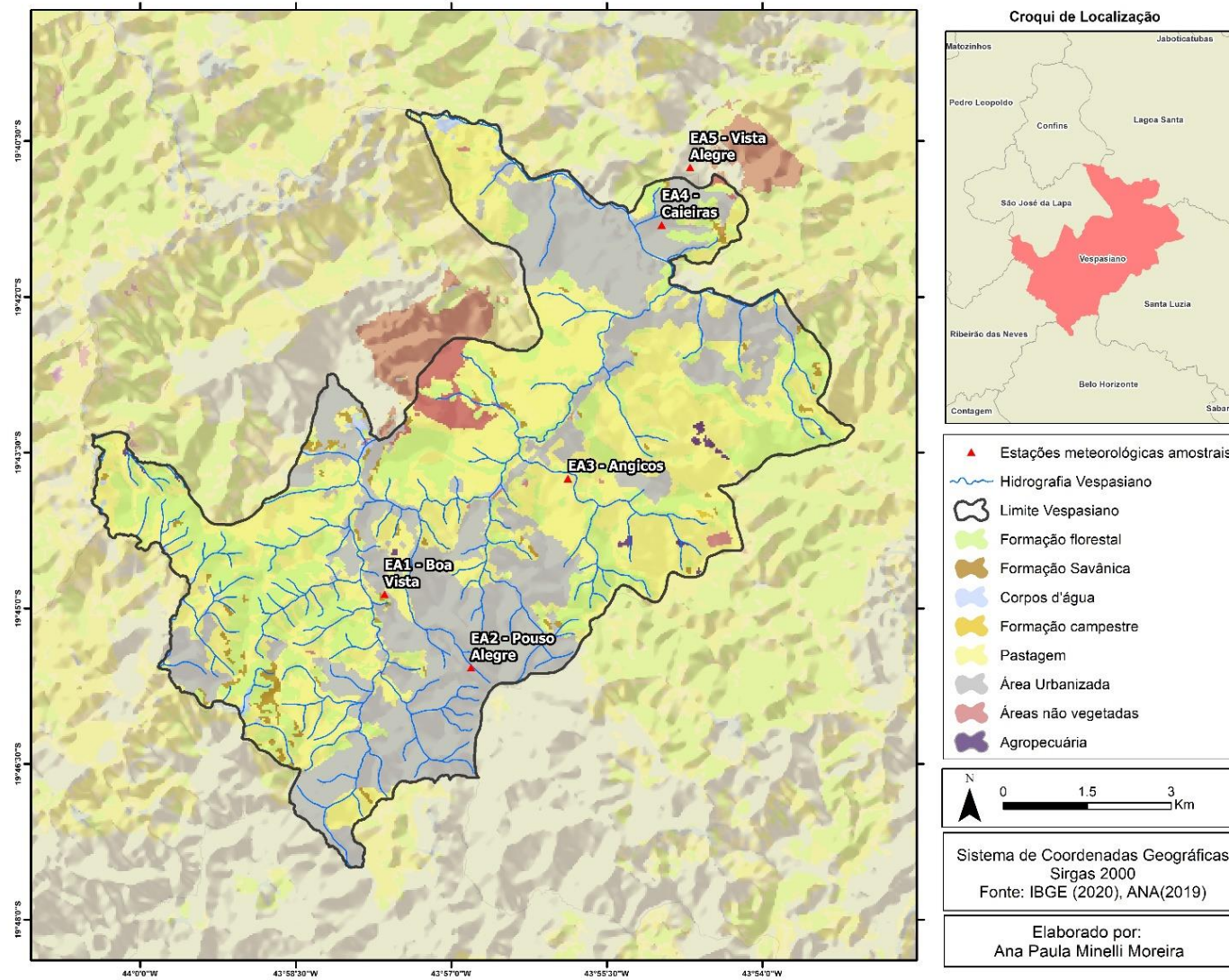
empresa de produção de cal, Indústria de Calcinação S/A (ICAL) no ano de 1948¹⁵. Posteriormente, em 1973, instalou-se a Soeicom - hoje Cimentos Liz - e o distrito industrial Professor José Vieira Mendonça em 1976, local em que se estabeleceram várias indústrias de grande e médio porte (Vespasiano, 2021).

Os bairros centrais (Centro, Caieiras, Célia, Santo Antônio, Názia, Jardim Itaú, Lourdes, Jardim Alterosa, Central Park e Fagundes), localizados na porção norte do município, se desenvolveram ao longo do tempo em áreas residenciais e em centros de comércio e serviços da cidade, mantendo as características tradicionais, com prevalência de pequenos estabelecimentos comerciais e de urgência. Os bairros inseridos na área sul da cidade, por sua vez, possuem grande influência de Belo Horizonte e desta forma, pouco vínculo com a sede (Granbel, 2014).

Como dito anteriormente, os processos históricos influenciam significativamente a ordenação atual de Vespasiano, que por sua vez possui certa diversidade no que tange ao uso e cobertura do solo (FIG. 9).

¹⁵ São José da Lapa se tornou município independente de Vespasiano em 1992, amparada na Lei Estadual Nº 10.704 de 27 de abril.

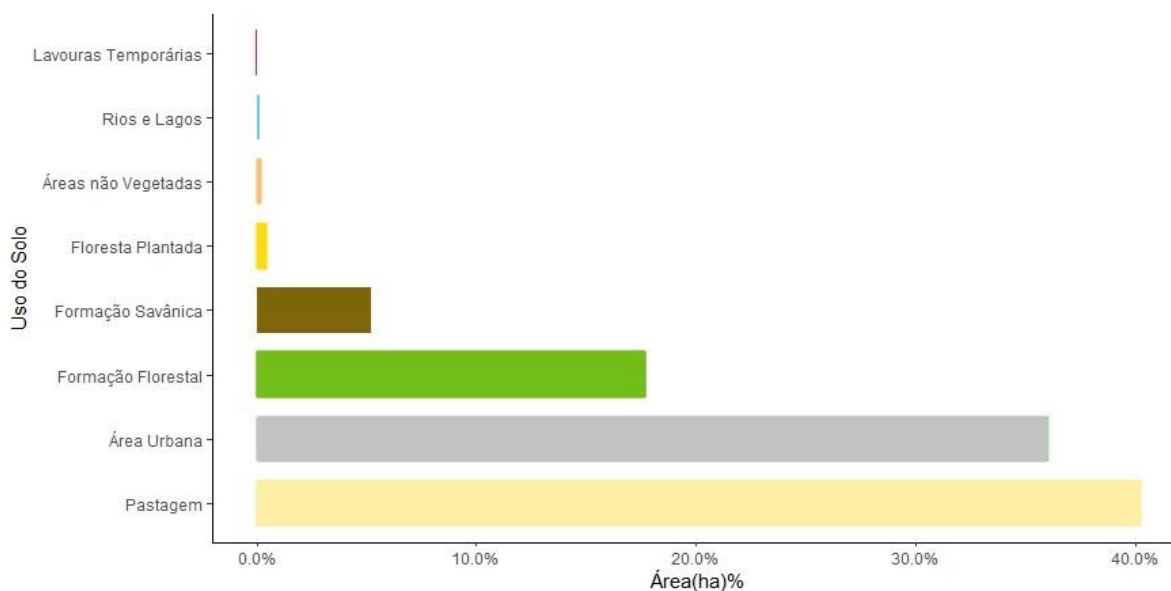
Figura 9: Uso e cobertura do solo do município de Vespasiano



Fonte: Mapbiomas (2019). Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

As principais coberturas que somadas dão 99,21% do território são as áreas de pastagem, urbanas e de formação florestal e savânica (FIG. 10).

Figura 10: Gráfico de proporção do uso e cobertura do solo em 2019 no município de Vespasiano



Fonte: Mapbiomas (2021). Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

As áreas de pastagem estão concentradas predominantemente na porção central e sudoeste do município e ocupam, de acordo com os dados disponibilizados pelo Mapbiomas (2021), 40,2% do território vespasianense. Já o meio urbano, que se encontra principalmente na região da sede administrativa e próxima a área limítrofe com Belo Horizonte e Ribeirão das Neves, estende-se a um espaço de 36,1%. Há remanescentes de formação florestal e formação savânica ao longo de toda a área, em especial na região central e sudoeste, abrangendo 17,7% e 5,21% do município, respectivamente.

2.2 Fatores geocológicos do sítio urbano

No tocante a estrutura litológica, baseado no mapeamento geológico realizado pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM (2010), a porção norte de Vespasiano pertence aos membros Lagoa Santa e Pedro Leopoldo que estão inseridos na Formação Sete Lagoas, subgrupo Paraopebas do Grupo Bambuí, apresentando litologia predominante o calcarenito, calcissiltito com níveis grafitosos, calcissiltito e micrito. A área ao sul da cidade pertence ao Complexo Belo Horizonte, que se situa na

Subprovíncia Estrutural Quadrilátero Ferrífero, da Província São Francisco, tendo o gnaisse como litotipo preponderante.

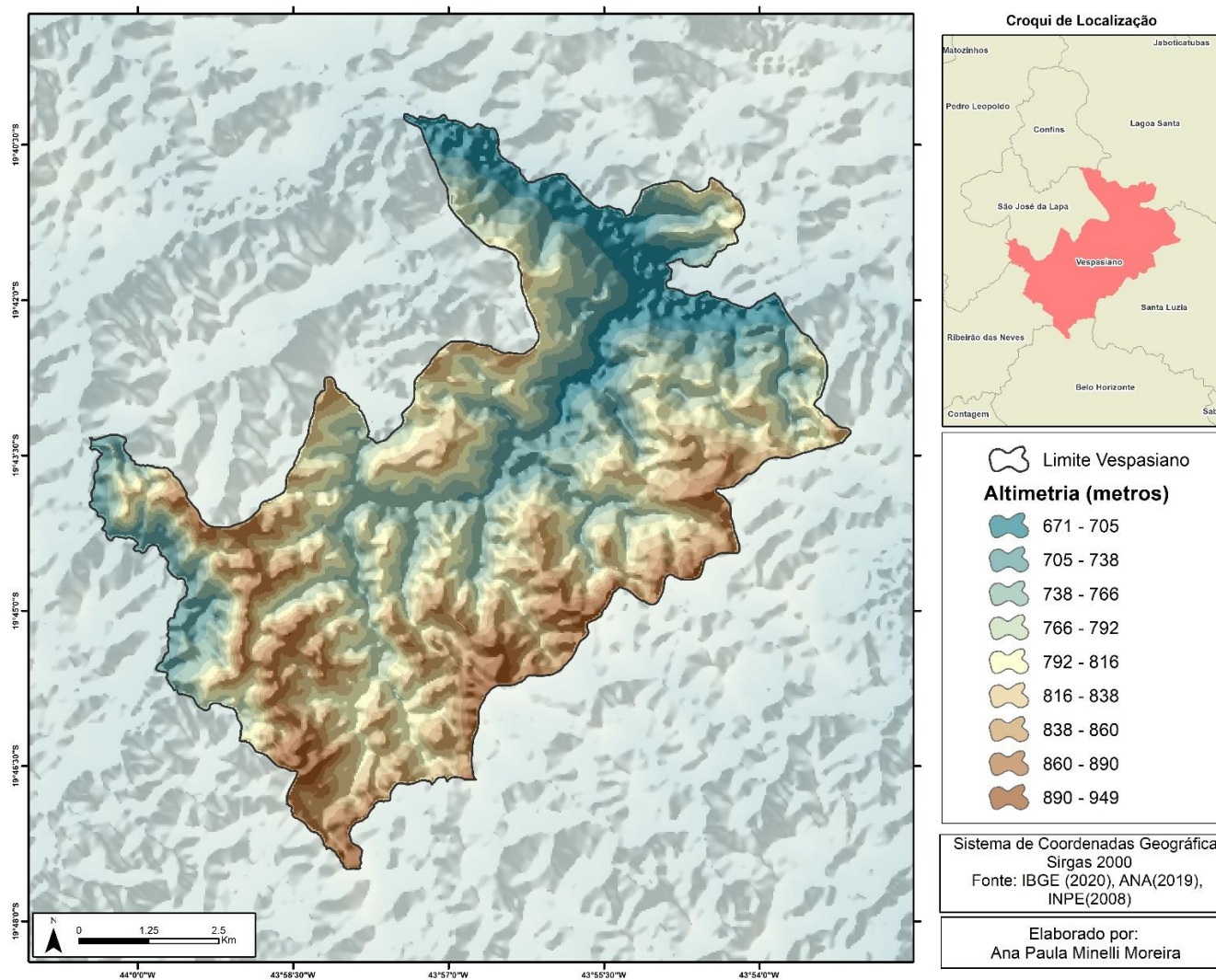
No que se refere ao relevo, de acordo com o mapeamento de recursos naturais do IBGE (2009), 55,41% do município se encontra na unidade geomorfológica Depressão do Alto-Médio Rio São Francisco (região das Depressões do São Francisco) e 44,59% se enquadra na unidade dos Patamares de Belo Horizonte, região geomorfológica do Planalto centro-Sul Mineiro, que estando localizada entre as serras do Quadrilátero Ferrífero e os terrenos baixos das Depressões do São Francisco, esta área apresenta topografia intermediária em formas côncavo-convexas caracterizando-a como depressão do tipo periférico (FIG.11 e FIG.12) (BARBOSA E RODRIGUES, 1965, apud CETEC, 1983).

Com base em estudo denominado “Geodiversidade do Estado de Minas Gerais”, elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2010)¹⁶, uma grande área do município de Vespasiano encontra-se no Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos e uma pequena porção no Domínio de Colinas Amplas e Suaves.

Nos Domínios de colinas dissecadas e morros baixos encontram-se vertentes convexo-côncavas com topos arredondados ou aguçados e com amplitude de relevo que podem variar de 30 a 80 metros e 5-20 graus de declividade (CPRM, 2010). Os Domínios de Colinas Amplas e Suaves constituem geofomas pouco dissecadas com vertentes convexas e topos amplos, além de uma amplitude topográfica de 20 a 40 metros e inclinação de 3-10 graus (CPRM, 2010).

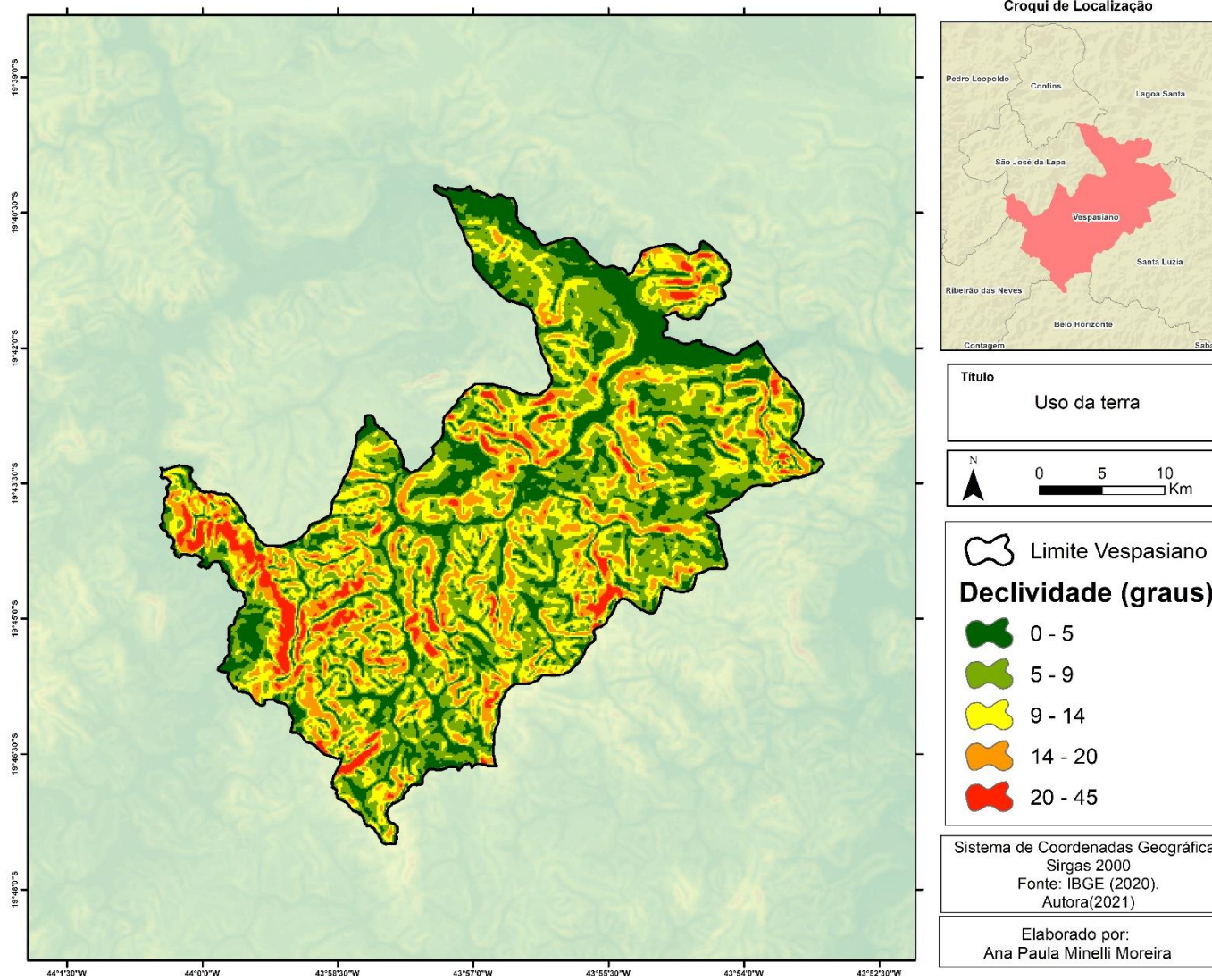
¹⁶ Estudo no qual foi feito levantamento da geodiversidade do estado de Minas Gerais, reunindo dados geológicos e geomorfológicos a fim de conhecer as limitações e potencialidades destes aspectos do meio físico mineiro. São adotados cinco grandes domínios geomorfológicos que por sua vez são fragmentados em dezessete padrões de relevo.

Figura 11: Mapa de altimetria de Vespasiano



Fonte: (INPE, 2008); FJP (2023). Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

Figura 12: Mapa de declividade de Vespasiano



Fonte: (INPE, 2008); FJP (2023). Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

Os cursos d'água são grandes modeladores do relevo e podem ter papel fundamental na variação dos elementos climáticos. Dessa maneira Vespasiano pertence à bacia hidrográfica do Rio São Francisco, Sub-bacia do Rio das Velhas na Unidade Territorial Estratégica (UTE) do Ribeirão da Mata localizado no Médio Alto Rio das Velhas. Tendo como rio principal o Ribeirão da Mata e outros consideráveis cursos d'água como o Córrego da Glória, Córrego Angicos e Córrego Sujo.

O bioma predominante, segundo o IBGE (2019) é o cerrado, caracterizado pela vegetação do tipo savana, subclassificada em cerradão - com maior porte arbóreo - cerrado, campo sujo e campo limpo, com matas de galerias, florestas estacionais, campos rupestres e veredas de buritis (BRASIL, 2019).

Quanto aos tipos pedológicos predominantes, com base no mapeamento realizado pela Universidade Federal de Viçosa em conjunto com a Fundação Estadual do Meio Ambiente (Feam) em 2010, foram identificados quatro diferentes tipos de solo, sendo eles: área urbana que é atribuída a locais onde a ocupação foi anterior ao levantamento dos tipos de solo, LVd8 - Latossolo Vermelho Distrófico LVAd15 - Latossolo Vermelho-amarelo Distrófico e PVAd8 - Argissolo Vermelho-amarelo.

É importante destacar que a caracterização geomorfológica, hidrográfica, pedológica, vegetacional e de uso da terra possuem papel fundamental para a caracterização climática de uma região, uma vez que esses fatores físicos têm em si intensa participação na configuração climática, assim como o clima possui grande influência na configuração das paisagens.

A exemplo disso é possível citar a relação de como a posição de vertentes influenciam no aquecimento de um determinado lugar ao longo do dia, ou como recebe as chuvas. Por sua vez, é possível mencionar como o clima molda o relevo através dos processos erosivos, de intemperismo e dissolução. Nota-se, portanto, que o clima e os fatores físicos ambientais estão em constantes relações.

2.3 Características climáticas regionais

De acordo com Nimer (1969) ¹⁷, o município estaria inserido no tipo climático Tropical, no domínio Subquente, subdomínio Semi-úmido com 4 a 5 meses secos, onde:

(...) a menor frequência de temperaturas elevadas no verão e o predomínio de temperaturas amenas no inverno, na Região Sudeste, deve-se principalmente à influência da altitude. No entanto, a posição dessa Região ao longo da trajetória preferida pelas *correntes perturbadas* de origem subpolar torna também a influência da latitude muito importante, uma vez que este domínio climático desce ao nível do mar no litoral paulista. (...) Essas áreas de *clima subquente* possuem pelo menos um mês com temperatura média inferior a 18°C, o mês mais frio (junho ou julho) varia de 18 a 15°C, com média das mínimas diárias de 10 a 6°C, geralmente. A temperatura média anual é quase sempre inferior a 22°C, variando principalmente entre 20 a 18°C. Seu verão, embora não registre máximas diárias muito elevadas, é, no entanto, quente, uma vez que seu mês mais quente acusa média superior a 22°C, em quase todo seu domínio (NIMER, 1969, p.305).

Ainda sobre classificações climáticas, Thornthwaite e Mather (1955) propuseram o método de balanço hídrico, onde considera-se primordialmente a interação dos índices pluviométricos e da evapotranspiração potencial de acordo com a capacidade de armazenamento de absorção do solo.

Considerando que em Vespasiano não existem estações climatológicas que medem temperatura e evapotranspiração potencial, foram utilizados dados médios destes parâmetros nas estações mais próximas, Belo Horizonte (83587) e Sete Lagoas (83586) de acordo com as Normais Climatológicas de 1981 a 2010 para este cálculo. Os valores de precipitação foram obtidos através da estação pluviométrica (1943009) da Agência Nacional de Águas (ANA).

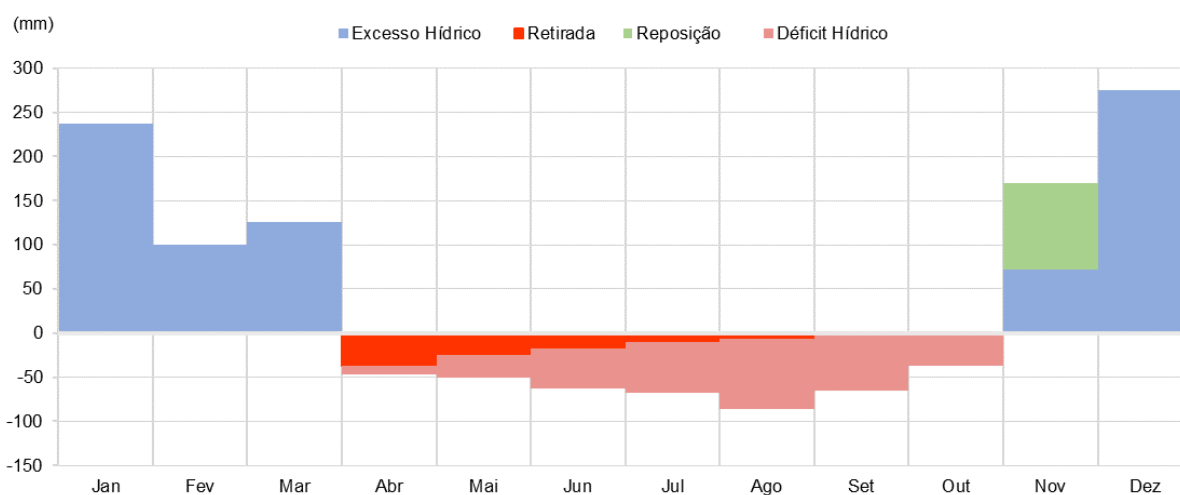
Observa-se a seguir (TAB. 6) que os valores de precipitação média (P) anuais foram superiores aos de evapotranspiração potencial (ETP), somando 1893 mm e 1399mm, respectivamente. De novembro a março os valores de P são superiores aos de ETP, já nos meses de abril a outubro os valores de evapotranspiração potencial foram superiores aos valores de precipitação. Ressalta-se que para fins de cálculos, o valor de capacidade de armazenamento do solo (CA) foi considerado 100 mm. A figura 13 apresenta o balanço hídrico climatológico mensal para Vespasiano.

¹⁷ Tipo climático inferido a partir do mapa elaborado por Nimer (1969).

Tabela 6: Valores balanço hídrico de Vespasiano (1981 a 2010)¹⁸:

Vespasiano MG (1981-2010) CA= 100 mm										
Mês	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	NAC Acum (mm)	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)	ESC (mm)
Jan	384	147	237	0	100	0	147	0	237	196
Fev	227	127	100	0	100	0	127	0	100	148
Mar	254	128	126	0	100	0	128	0	126	137
Abr	61	107	-46	-46	63	-37	98	9	0	69
Mai	38	89	-51	-97	38	-25	63	26	0	34
Jun	8	71	-63	-160	20	-18	26	45	0	17
Jul	9	77	-68	-228	10	-10	19	58	0	9
Ago	14	100	-86	-314	4	-6	20	80	0	4
Set	59	124	-65	-379	2	-2	61	63	0	2
Out	109	145	-36	-415	2	-1	109	36	0	1
Nov	310	140	170	0	100	98	140	0	72	36
Dez	420	145	276	0	100	0	145	0	276	156
Anual	1893	1399	494			0	1082	317	811	810

Fonte dos dados: INMET, 2010. Organizado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

Figura 13: Balanço hídrico em Vespasiano (1981 a 2010)

Fonte: ANA, 2022; INMET, 2010. Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

Os meses de novembro a março são meses de excedente hídrico e outubro é o mês de reposição de água. O período de seca compreende de abril a outubro, ressaltando que a partir de abril até outubro há retirada de água do sistema o que paralelamente aos baixos índices pluviométricos, leva o sistema ao déficit hídrico.

¹⁸ P = Precipitação; ETP = Evapotranspiração Potencial; NEG Aculado = Negativo Acumulado; ARM = Armazenamento de água do solo; VAL = Total de água armazenada no solo no final de cada mês; ALT = Armazenamento do mês em questão - o armazenamento do mês anterior; ETR = Evapotranspiração Real; DEF = Deficiência Hídrica; EXC = Excesso Hídrico; ESC = Escoamento; CA = Capacidade de armazenamendo de água no solo.

De acordo com o método de Thornthwaite e Mather (1955) o clima de Vespasiano é classificado como **B₂ S₂ A' a'**, Clima megatérmico, úmido com grande déficit de verão.

2.4 Sistemas atmosféricos atuantes

No que tange a escala sinótica, os principais sistemas de influência na área de estudos e que operam sobre as variações dos atributos climáticos são: a Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), a Convecção Tropical, os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), as Linhas de Instabilidade (LI), os sistemas frontais e a massa de ar Polar atlântica (mPa).

Os CCM e LI são Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) caracterizados “por aglomerados de tempestades que persistem por várias horas (entre 6 e 12 horas) e podem apresentar diversos formatos, tempos de vida e dimensões espaciais” (MOREIRA, 2015, p.25). Segundo Moreira (2015) estes sistemas são capazes de produzir áreas de intensas precipitações, estratiformes e/ou convectivas e podem ser identificados por meio de imagens de satélite e de radares, já que as LI apresentam formatos lineares e as CCM são definidas por apresentarem formato próximo ao circular.

Para Nimer (1969) as linhas de Instabilidades Tropicais, apresentam gênese ligada ao movimento ondulatório das frentes, que devido a sucção do ar quente ao norte, que em contato com o ar frio polar gerando ciclones, os quais geram instabilidades tropicais. Abreu (1998) salienta que estes centros de baixas pressão semi-estacionários são observados no período de intenso aquecimento do continente, nas estações de primavera e verão, ocorrendo de forma simultânea a disponibilidade de umidade, em especial na região amazônica, que devido a ação anticiclônica dos ventos e a presença da Cordilheira dos Andes, é transportada de leste para sudeste. As LI concomitantemente a presença de umidade, favorecem a formação das fortes convecções e resulta em altos índices pluviométricos na região de atuação.

Abreu (1998) cita também a importância da convecção tropical (CT) para a estação chuvosa de Minas Gerais, caracterizada por uma zona de nebulosidade convectiva, cuja origem provém da interação entre latitudes médias e baixas. Essas áreas são denominadas Zonas de Convergência (ZC) e possuem direção preferencial

noroeste/sudeste, sendo mais presentes nos meses de maior convecção tropical, novembro a março.

As ZCs que possuem maior influência na área de estudos são a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Zona de Convergência de Umidade (ZCOU). A ZCAS, que dura em média 7 dias (podendo durar até 10 dias), é formada pela associação entre a Frente Polar Atlântica (FPA), embora esta tenha pouca intensidade no verão e a umidade proveniente da região Amazônica. De acordo com Abreu (1998), a FPA funciona como:

(...) um catalizador da convergência do ar nos baixos níveis da atmosfera que alinha, na sua direção as IT e, conduz a umidade originada na região amazônica, para sudeste. O ar úmido e quente sobre, resfria e condensa, formando nuvens ao longo da FPA. A orientação noroeste-sudeste da ZCAS é determinada pela contribuição da FPA, que sobre o continente, apresenta a mesma direção preferencial. (ABREU, 1998, p.19)

O Grupo de Previsão do Tempo do Centro de Previsão do Tempo de Estudos Climáticos (GPT-CPTEC), definiu que a ZCOU é caracterizada por parâmetros análogos a ZCAS, entretanto seu período de duração é em média 3 dias. Nos termos ligados ao tempo cronológico, Pallota e Nakazato (2010, p. 2) salientam que a diferença entre as duas ZCs são principalmente no que toca o " (...) padrão de escoamento clássico, principalmente em médios e baixos níveis, que desfavorecem a persistência e organização da banda de nebulosidade/precipitação".

De acordo com Nimer (1979 *apud* FRANCA, 2009), o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), é um sistema relacionado a Massa Tropical Atlântica (mTa), caracterizado por altas temperaturas e elevada umidade específica sobre o oceano, não sendo capaz de gerar chuvas significativas fora deste meio.

O ASAS é de suma importância para o clima da região estudada, podendo diminuir o índice pluviométrico em estações chuvosas, devido seu avanço ao continente brasileiro, o que inibe a atividade convectiva, reduz a precipitação e eleva as temperaturas. No período seco, esse sistema se estabelece no continente e provoca a descida do ar seco à superfície (subsistência), diminuindo a umidade. Devido a estas características, este sistema resulta em tempos estáveis, ausência de chuvas e favorece a inversão térmica, que concentra os poluentes oriundos das áreas urbanas na superfície (FRANCA, 2009).

Ressalta-se também, o Anticiclone Polar do Atlântico Sul – APAS, sistema de alta pressão que, segundo Assis et. al. (2013), tem como origem latitudes subpolares e é caracterizado por advecção de ar frio e queda considerável de temperatura nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste durante o período de outono-inverno. Este sistema apresenta queda de umidade relativa e aumenta a possibilidade de maiores amplitudes térmicas diárias.

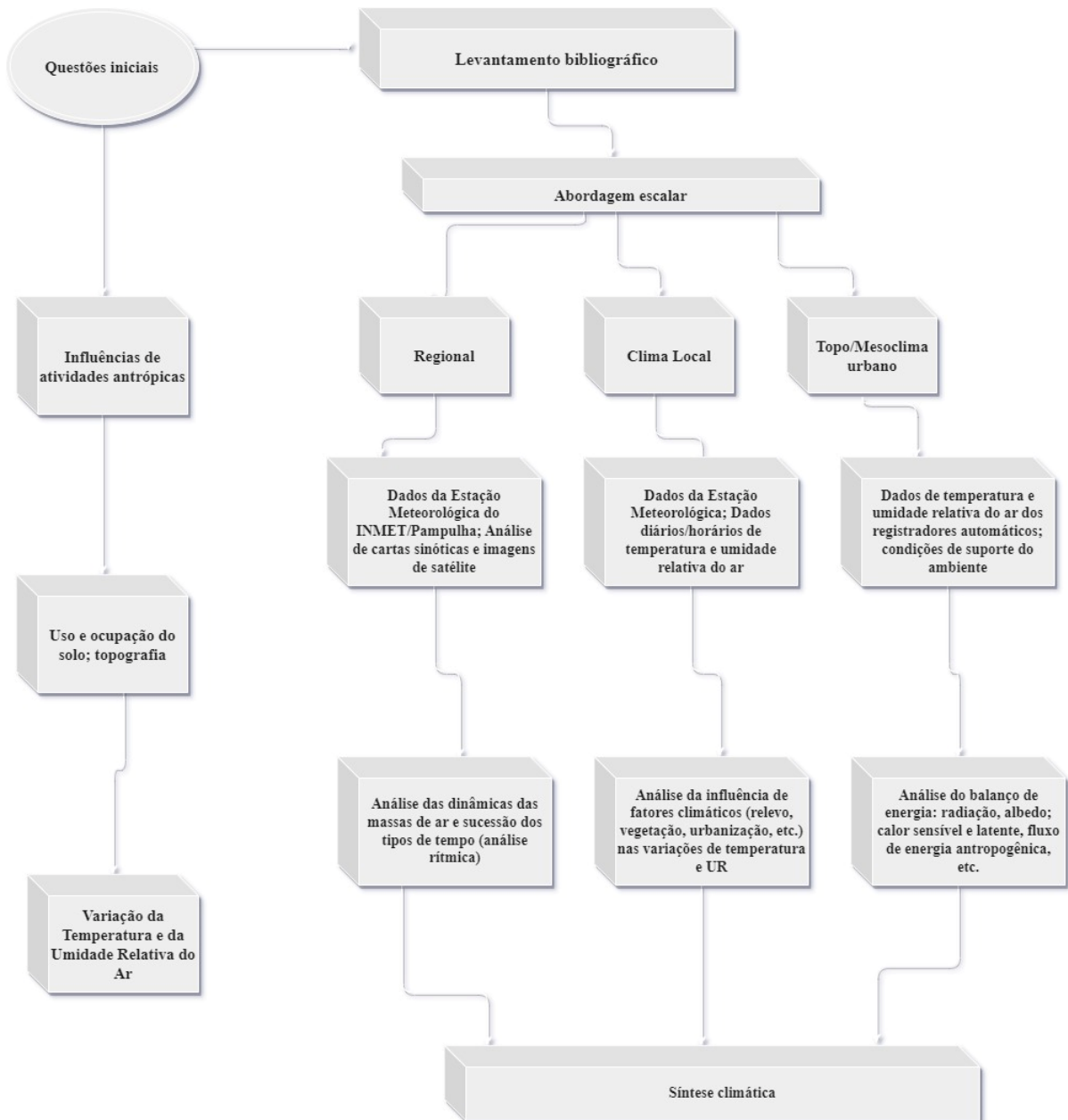
Sistemas Frontais é o nome que se dá a área de contato entre duas massas de ar com características diferentes (temperatura, pressão atmosférica, densidade do ar, umidade relativa do ar e direções do vento). A colisão entre elas causa a ascensão da parcela de ar menos denso (ar quente) e conseqüente descida do ar mais denso (ar frio), o que facilita a condensação, processo que libera calor latente e o transforma em calor sensível, aumentando a convecção e gerando instabilidade atmosférica e tempo chuvoso. A frente fria é a mais comum na região estudada e à medida que esta avança sobre o território, a massa de ar Polar atlântica (mPa) ganha espaço, cujas características incluem tempo seco, estável, com temperaturas mais baixas e alta pressão (BORSATO, 2016).

CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E MÉTODOS

Com a finalidade de subsidiar a pesquisa, estabeleceu-se um roteiro metodológico síntese (FIG. 14) contemplando a análise dos dados climáticos de Vespasiano quanto aos aspectos associados às escalas regional, local e formas de organização em microescala (mesoclimas, topoclimas e microclimas).

Na busca pela apuração a respeito da relação da variação da temperatura e umidade relativa do ar e os diferentes usos e ocupação do solo e tipos topográficos, buscou-se, seguindo a hierarquia vertical, descrever os materiais e métodos a serem utilizados na análise, que de forma concomitante, resultarão em uma síntese climática da área estudada.

Figura 14: Fluxograma da pesquisa



Fonte: Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

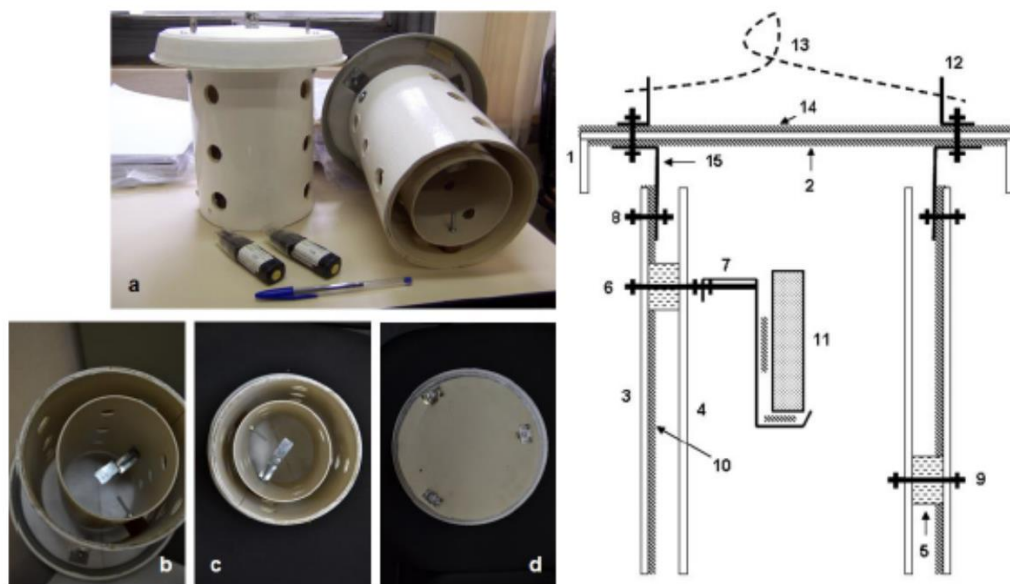
3.1 Fonte dos dados

Como discutido anteriormente, estudos que abordam a temática climática são indispensáveis para se pensar as questões ambientais de um dado lugar e mesmo diante dessa importância, muitas cidades têm poucas ou nenhuma pesquisa acerca da dinâmica climática, sendo muitas vezes trabalhos relacionados a classificação regional, portanto, generalistas. Vale ressaltar que embora tenha se estabelecido o limite da pesquisa na área político-administrativa do município de Vespasiano, este não corresponde ao limite dos fatores e elementos climáticos.

3.1 Seleção e caracterização das estações amostrais

Foram selecionados pontos distintos ao longo do município para a instalação dos abrigos meteorológicos que são construídos de tubo PVC, revestidos por EVA, pintados com tinta branca para aumentar o albedo e diminuir a absorção do calor (FIG. 15) contendo registradores automáticos do tipo *Datalogger* (modelo *Icel* HT 500 e 4000) que mensuram temperatura e umidade relativa do ar.

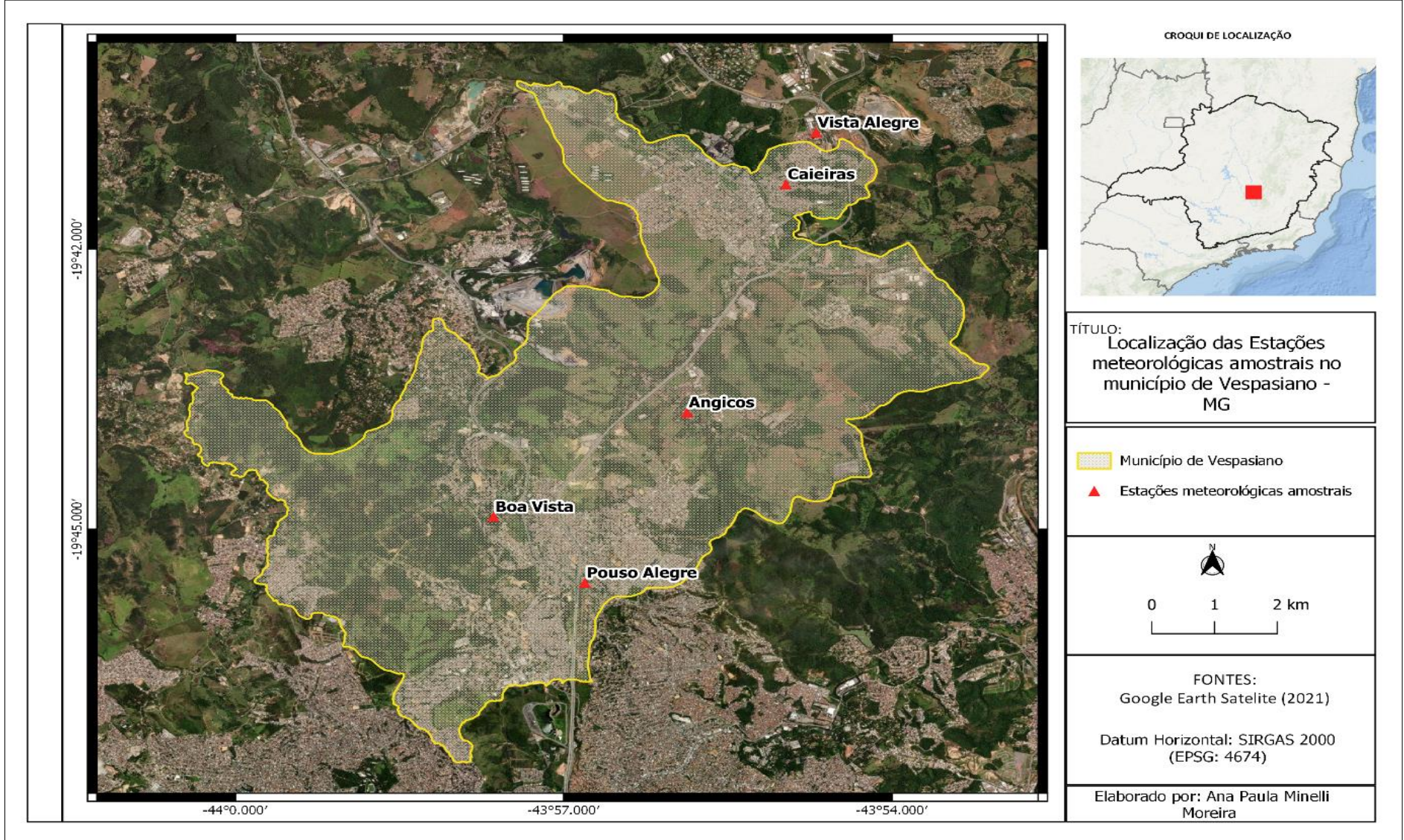
Figura 15: Sequência de imagens do mini-abrigo com isolamento em PVC e perfil esquemático (a) aspecto geral e o registrador automático utilizado (*Datalogger modelo Icel HT 4000*); (b-c) visão a partir da porção inferior; (d) visão superior (teto); representação esquemática da porção interna do mini-abrigo a partir de corte longitudinal: (1) teto, (2) lâmina de isopor, (3) tubo PVC (parede externa), (4) tubo PVC (parede interna), (5) calço de madeira para manter o afastamento e fixar as paredes externa e interna, (6) parafuso unindo os dois abrigos e o suporte do sensor, (7) suporte do registrador, (8) parafuso da haste que prende o abrigo ao teto, (9) parafuso de união dos dois abrigos (parede externa e interna), (10) lâmina de EVA, (11) registrador, (12) alça externa, (13) arame, (14) lâmina de EVA superposta ao isopor, (15) haste de metal unindo teto e corpo do abrigo.



Fonte: JARDIM, 2018, p. 230.

Os critérios de seleção destes locais foram baseados na tentativa de abarcar diferentes tipos de uso da terra, bem como diferentes tipos topográficos (diferenças de altitude) (FIG. 16). Vale ressaltar que além dos motivos expostos anteriormente, os locais foram escolhidos visando manter a integridade física dos aparatos sensores, considerando a disponibilidade dos espaços cedidos pelos moradores.

Figura 16: Mapa de localização das estações meteorológicas amostrais



Fonte: Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

Quanto à escala temporal, foram escolhidos longos períodos a fim de contemplar diferentes tipos de tempo, associados a variação dos elementos climáticos de acordo com a estação do ano. Para tanto, foram necessárias duas etapas de coletas de dados, onde a primeira foi realizada no período da primavera entre 17 de setembro de 2020 a 16 de dezembro de 2020, contemplando o período quente da região, e a segunda no período do outono-inverno, que está em andamento desde o dia 24 de maio de 2021 com previsão de retirada dos sensores em 15 de agosto de 2021, totalizando 173 dias de dados coletados (90 dias na primeira fase e 83 dias na segunda).

Posto isso, instalou-se a Estação Amostral 01 (EA01) no bairro Boa vista (19°44'51.98"S | 43°57'38.64"W) a 813 metros de altitude (FIG. 17), localizado em área residencial e inserido no contexto de conurbação urbana do município de Belo Horizonte, embora em seu entorno existam variações no uso da terra, com presença de áreas de cultivo, curso d'água denominado Córrego Sujo e diferentes tipos de vegetação.

Figura 17: Estação amostral 01 (EA01) inserida no bairro Boa vista



Fonte: Ana Paula Minelli Moreira, 2020.

Estação Amostral 02 (EA02) localizada no bairro Pouso Alegre ($19^{\circ}45'34.40''\text{S}$ | $43^{\circ}56'48.54''\text{W}$) a 870 metros de altitude (FIG. 18), situado na porção sul do município de Vespasiano, em vertente do Córrego da Glória, onde há vegetação arbórea e gramíneas ainda que em número reduzido, uma vez que se encontra em área de conurbação urbana com Belo Horizonte.

Figura 18: Estação amostral 02 (EA02) instalada no bairro Pouso Alegre



Fonte: Ana Paula Minelli Moreira, 2020.

Estação Amostral 03 (EA03) no bairro Angicos ($19^{\circ}43'45.01''\text{S}$ | $43^{\circ}55'52.49''\text{W}$) a 748 metros de altitude (FIG. 19), fixado na porção centro-oeste do município, em área rural, sopé da vertente do Córrego Angicos, onde há sítios, áreas de cultivo e baixo número de residências se comparado com as demais estações amostrais, além de possuir extensa área florestada em seu entorno.

Figura 19: Estação amostral 03 (EA03) alocada no bairro Angicos



Fonte: Ana Paula Minelli Moreira, 2020.

Estação Amostral 04 (EA04) no bairro Conjunto Habitacional Caieiras ($19^{\circ}41'18.41''S$ | $43^{\circ}54'58.29''W$), a 734 metros de altitude (FIG. 20). Fixado em residência localizada em média vertente do Ribeirão da Mata, região sediada pela área central do município de Vespasiano, onde encontra-se os serviços essenciais (prefeitura, hospitais, supermercados, etc.).

Figura 20: Estação amostral 04 (EA04) instalada no bairro Caieiras



Fonte: Ana Paula Minelli Moreira, 2020.

Estação Amostral 05 (EA05) localizada no bairro Vista Alegre ($19^{\circ}40'45.15''S$ | $43^{\circ}54'41.79''W$), próximo ao limite norte do município, embora inserido em área pertencente ao município de Lagoa Santa (FIG. 21). A estação se encontra a 803 metros de altitude, próxima a áreas de mineração, espaço industrial, mancha urbana central de Vespasiano e a algumas áreas florestadas.

Figura 21: Estação amostral 05 (EA05) situada no bairro Vista Alegre



Fonte: Ana Paula Minelli Moreira, 2020.

As diferenças ambientais, bem como de uso da terra entre os postos, possibilitaram comparações entre os dados coletados, de modo a verificar a influência dos fatores naturais e antrópicos sobre os atributos climáticos.

Foram utilizados dados da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada na região da Pampulha em Belo Horizonte (A521), revestidos em três finalidades: aferição dos equipamentos utilizados em campo; utilização como controle local/regional das variáveis de clima e comparação entre os dados das estações amostrais instaladas em Vespasiano.

A aferição dos dados de temperatura e umidade relativa do ar obtidos em campo foi feita com auxílio da estação meteorológica automática da rede oficial do INMET e foi realizada conforme critérios descritos por Jardim (2018), no qual abrigo contendo *Datalogger*, foi instalado nas dependências da estação em semelhante condição de altura sendo exposto às mesmas condições meteorológicas para posterior calibração tornando-os compatíveis entre si e com as estações oficiais do INMET. Para tanto, os

dados das estações foram mensurados de forma síncrona em intervalos de 60 minutos.

3.2 Análise dos dados

Os procedimentos de análise dos dados incluem a aplicação de recursos de estatística básica (definição de médias, máximas e mínimas, amplitude, desvio padrão e identificação de valores absolutos), visando à identificação de padrões e variabilidade dos atributos climáticos.

Sendo assim, foram organizadas tabelas no programa Excel, com os valores agrupados em sequências de 24 horas (0-23 h), de onde foi possível extrair a média diária e os valores máximos e mínimos absolutos diários. Com esses valores foram construídas três tabelas, a primeira delas com valores das médias diárias e as outras duas com valores das máximas e mínimas absolutas diárias, o que permitiu definir os valores médios gerais (médias das médias, médias das máximas e médias das mínimas diárias) de temperatura e umidade relativa do ar, além dos valores de amplitude e desvio padrão. Os valores médios obtidos (geral e diário) permitiram a compreensão geral das variações dos atributos em cada uma das localidades, resultando em uma compreensão inicial relacionada às características climáticas do objeto de estudo.

Os valores mensurados das estações meteorológicas amostrais foram analisados de acordo com critérios da análise rítmica¹⁹, simultaneamente aos dados da estação INMET/Pampulha em sequências temporais representativas de determinadas condições de tempo, considerando a variação contínua e simultânea dos elementos climáticos em sucessão temporal e em interação com os sistemas atmosféricos atuantes e fatores de superfície (topografia e uso da terra).

Esse procedimento, apoiado na “análise rítmica” de Monteiro (1971) e em critérios utilizados em climatologia urbana e microclimatologia (TARIFA, 1981; MONTEIRO *et.al.*, 2011; ASSIS, 2010; JARDIM e GALVANI, 2018), teve como objetivo identificar a relação entre as massas de ar, o seu desdobramento local em “tipos de tempo” e,

¹⁹ Como os dados de Vespasiano são limitados a temperatura e umidade relativa do ar, foram utilizados dados complementares da estação da CEMADEN no município e estação INMET – Pampulha/BH.

principalmente, da influência dos fatores de superfície responsáveis pelas variações dos atributos, como forma de integrar as diferentes escalas temporais e espaciais.

A metodologia apoiada no sistema clima urbano, apoiou a investigação a partir do *input* de energia no sistema, sua difusão e os impactos produzidos por esta entrada. Desta forma, foi considerado os termos de balanço de energia tratando-os de maneira indireta, ou seja, através dos elementos climáticos mensurados e analisados, comparando-os aos variados usos e ocupações do solo, dando enfoque ao subsistema definido por Monteiro (2011) como termodinâmico.

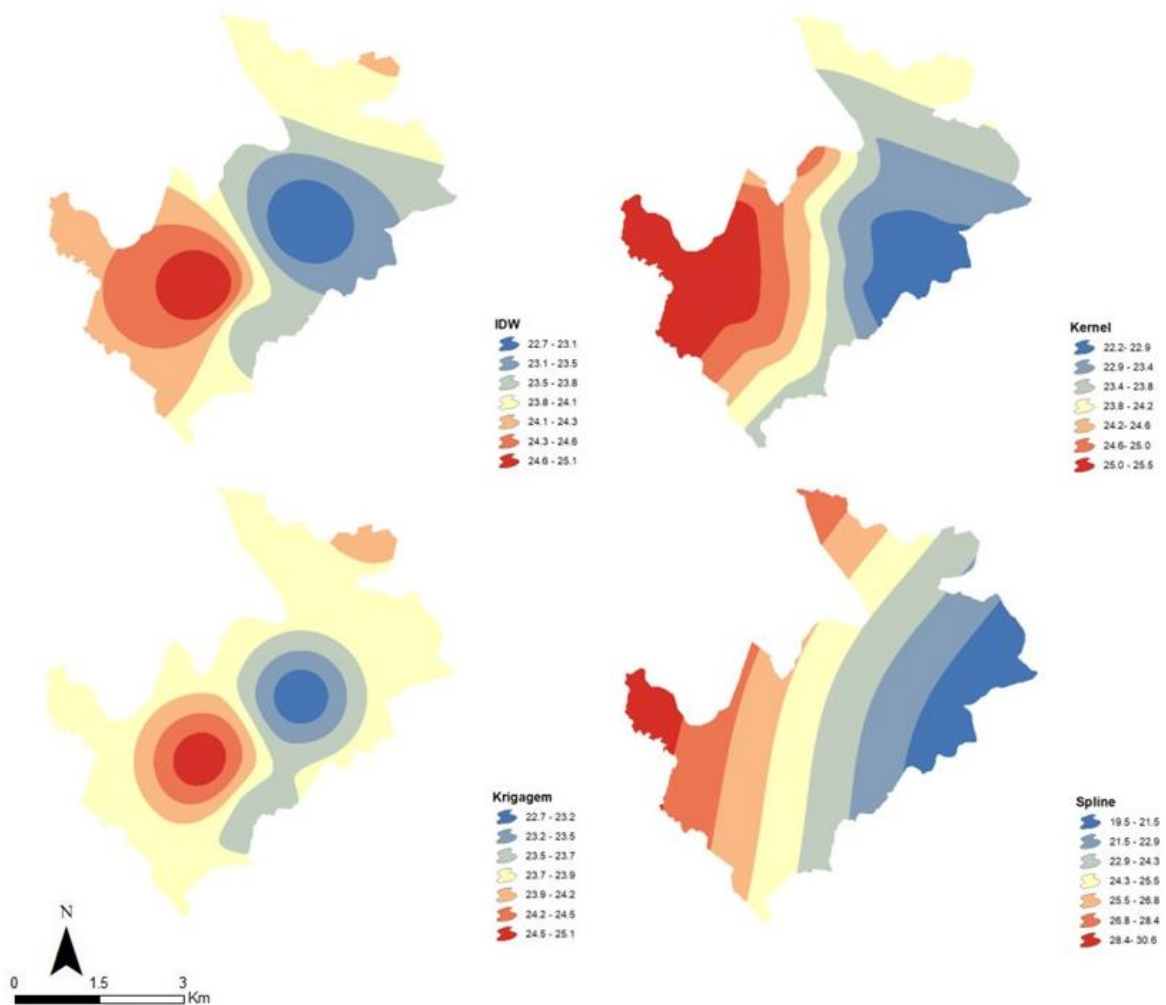
De forma subsidiária às etapas de análise dos dados, foi realizada a interpretação das imagens de satélite meteorológicas geradas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos vinculado ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) e cartas sinóticas elaboradas pela Marinha do Brasil, que possibilitaram a identificação e caracterização das massas de ar em sucessão temporal, uma vez que parte das variações dos atributos climáticos está diretamente ligada a dinâmica desses sistemas. A análise desse material foi apoiada nas características da nebulosidade (cor, forma, brilho e textura) a partir de imagens do satélite GOES-16 nos seguintes canais espectrais: Canal 01 (0.47 microns) no visível; Canal 03 (0,86 microns) no infravermelho próximo e Canal 13 (10.30 microns) temperatura de topo de nuvem. As cartas sinóticas forneceram informações adicionais para interpretação das imagens de satélite sobre a forma, localização e intensidade dos centros de alta e baixa pressão (VIDE, 1991).

3.3 Testes de Interpolação

Foram testados cinco interpoladores geoestatísticos²⁰ para os parâmetros medidos em campo, temperatura e umidade relativa do ar, através do software ArcGis 10.5: o IDW (*Inverse Distance Weighting*), Krigagem (*Ordinary kriging*), Kernel e *Spline*. A figura 22 apresenta exemplos dos resultados das interpolações de temperatura média geral para o campo 01.

Figura 22: Interpoladores testados

²⁰ A interpolação de dados é um método que estima valores desconhecidos com base em valores conhecidos para a região amostrada.



Fonte: FJP (2023). Elaborado por: Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

A ponderação pelo Inverso da Distância, ou apenas IDW, utiliza combinação linear ponderada dos pontos amostrais, resultando em valores similares em pontos próximos e independência nos pontos distantes (GIACOMIN *et. al.* 2014).

A krigagem é um método de interpolação geoestatístico que utiliza a dependência espacial entre amostras próximas a fim de estimar valores não amostrados através de semivariogramas, gráficos de que comparam a dispersão e variância e a distância dos dados (GIACOMIN *et. al.* 2014). Neste método os locais mais próximos de um ponto conhecido tendem a ter mais apresentar características similares a este, entretanto ao distanciar-se da malha amostral, a correlação espacial pode deixar de existir (MACHADO, 2016).

A função radial básica, método de *Spline*, é um conjunto de métodos determinísticos que permitem suavizar o cálculo de superfícies (MACHADO, 2016). Este método é

mais adequado quando há um maior número de pontos e menor discrepância de dados entre si.

Segundo Silva (2015) o *Kernel Smoothing* é um método bastante utilizado para mapear distribuições de pontos em uma determinada área utilizando estatística não paramétrica, interpolando valores de intensidade para cada célula considerando uma função simétrica de núcleo.

Com base nos resultados dos testes de interpoladores, conclui-se que o *Inverse Distance Weighting* (IDW) apresentou as melhores distribuições espaciais dos atributos climáticos em relação aos aspectos físicos como relevo e uso da terra.

A partir da interpolação dos dados de temperatura e umidade relativa do ar (máximas, médias e mínimas), para as campanhas 1 e 2 e da análise do Modelo Digital de Elevação disponibilizado pelo INPE (2008) e o uso da terra disponibilizado pelo MapBiomas (2021), foi possível propor delimitações cartográficas de unidades climáticas de acordo com a evolução temporal dos atributos climáticos, considerando o período seco e úmido.

3.4 Mapas síntese

Previamente foi feito o mapeamento dos atributos físicos e do clima (cartas de altitude, declividade, exposição de vertentes, uso da terra e isotermas) com a finalidade de auxiliar na construção da carta de unidades climáticas na área de estudo.

A definição das unidades climáticas foi pautada na relação da atmosfera (através da variação de seus principais componentes ao longo do tempo cronológico) com o relevo (topografia) e uso da terra, considerando a similaridade espacial dos componentes do meio, a partir de abordagem aproximada àquela utilizada por Tarifa e Armani (2001) para o município de São Paulo, Assis (2010) para o município de Belo Horizonte e Machado (2016) no município de Teófilo Otoni, que utilizaram da sobreposição das camadas representativas dos fatores ambientais ²¹ (modelo digital de elevação e uso da terra) e dos valores médios de atributos climáticos (temperatura e umidade relativa do ar) interpolados, para definir as unidades naturais e urbanas e semelhante a

²¹ Há diferenças quanto aos fatores ambientais utilizados por cada autor, explicitadas no Capítulo 2, subseção 2.4.

utilizada por Jardim (2010) para a bacia hidrográfica do Rio Aricanduva que definiu as “unidades temporais do clima” com base nos dados sobre relevo e uso da terra e dados de temperatura e umidade relativa do ar interpolados, em diferentes tipos de tempo.

No que concerne ao método utilizado para a confecção da carta de unidades climáticas de Vespasiano, partir da interpolação dos dados de temperatura e umidade relativa do ar (máximas, médias e mínimas), para as campanhas 01 e 02, da análise do Modelo Digital de Elevação disponibilizado pelo INPE (2008) e do uso da terra disponibilizado pelo MapBiomas (2021), foi possível propor delimitações cartográficas de unidades climáticas de acordo com a evolução temporal dos atributos climáticos, considerando o período seco e úmido.

CAPÍTULO 4 – Análise e Discussão dos Resultados

4.1 Período chuvoso

4.1.1 Análise das médias gerais

O clima de Vespasiano, tal qual do Sudeste e Centro-Oeste brasileiro, apresenta um período chuvoso entre os meses de outubro e março e um período seco entre os meses de abril e setembro. Como já retratado anteriormente, as datas dos trabalhos de campo foram definidas para abarcar os dois períodos, o que possibilitou relacionar dados em diferentes tipos de tempo tornando a caracterização climática no município mais precisa. O primeiro campo, realizado entre as estações primavera-verão, apresentou temperaturas mais elevadas do que as registradas na segunda campanha, correspondente ao período de outono-inverno.

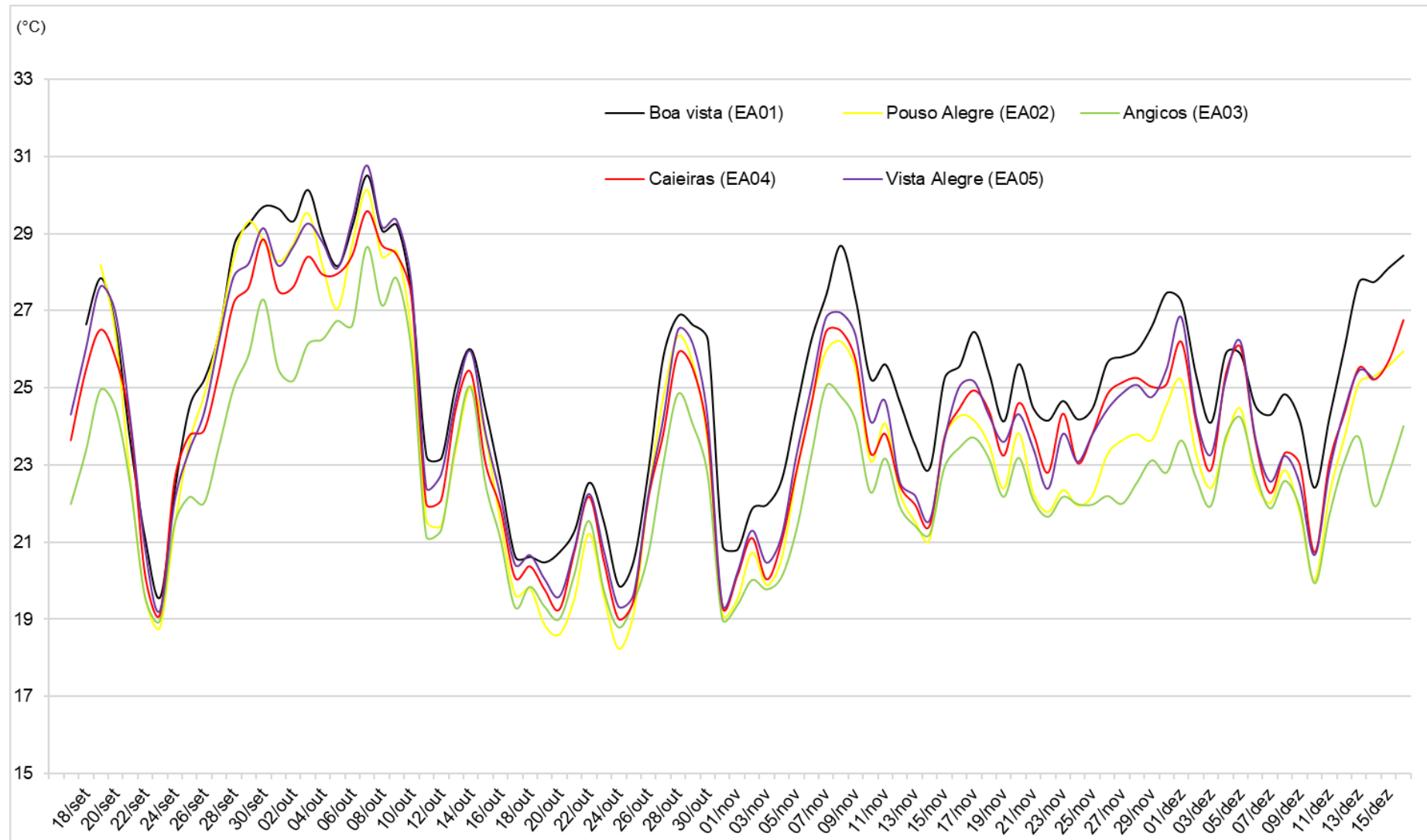
A tabela (TAB.7) e a figura (FIG. 23) apresentam as médias dos dados gerais de temperatura e umidade relativa do ar (UR) no campo realizado entre os dias 17 de setembro a 18 de dezembro de 2020 em cinco estações amostrais, auxiliando, inicialmente, na compreensão das diferenças de aquecimento e resfriamento de cada local, bem como a capacidade destes ambientes de reter o vapor d'água.

Tabela 7: Médias gerais de temperatura e umidade relativa do ar nas estações amostrais no Campo 01(17 de setembro a 18 de dezembro de 2020)

Estações Amostrais (EA)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa do ar (%)
Boa Vista (EA01)	24,3	56
Pouso Alegre (EA02)	22,7	60
Angicos (EA03)	21,6	66
Caieiras (EA04)	22,5	61
Vista Alegre (EA05)	23,1	61

Fonte dos dados: Dados aferidos em campo, 2020. Organizado por Ana Paula Minelli Moreira, 2022.

Figura 23:: Gráfico de temperaturas médias diárias do dia 17 de setembro a 18 de dezembro de 2020 (Campo 01)



Fonte dos dados: Dados aferidos em campo, 2020. Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2022.

A estação amostral localizada no bairro Boa Vista (EA01) apresentou a maior média de temperatura dos pontos analisados, assim como a menor média de umidade relativa do ar, 24,3 °C e 56%, respectivamente. Corroborando este dado, a figura 23, mostra que de modo geral, a EA01 apresentou as médias de temperaturas diárias mais altas dentre as estações, salvo algumas exceções, nas quais foi superada em temperatura média pelas estações Pouso Alegre, Caieiras e Vista Alegre. Em contrapartida, a estação amostral inserida no bairro Angicos (EA03), registrou média de temperatura de 21,6 °C e 66% de umidade relativa do ar e manifestou as temperaturas médias diárias mais baixas ao longo de todo o campo 01, como pode ser observado na figura 23. Ressalta-se que a diferença de temperatura média dos dois pontos foi de 2,7 °C e a de UR de 10%.

O contexto de uso e ocupação da terra nos locais destas estações explica, de forma geral, tais diferenças, já que a estação do bairro Boa Vista se encontra em área urbana e a estação situada no bairro Angicos em área rural, cercada por formações florestais e áreas de pastagens. Áreas urbanas conservam mais calor do que áreas florestadas já que seus elementos (ex. asfalto, prédios, casas etc.) possuem grande capacidade de conservar calor, somam-se a isso o fato de que nas cidades há componentes como automóveis e luz artificial que emitem certo grau de calor (fontes ativas e passivas na produção de calor), as temperaturas nestes locais tendem a serem maiores quando comparadas com áreas rurais ou periurbanas. Áreas que possuem vegetações arbóreas e até mesmo pastagem, como no bairro Angicos, tendem a apresentar médias de temperatura inferiores que as cidades, uma vez que a vegetação se torna um obstáculo para a chegada de radiação solar nestes ambientes. Áreas vegetadas também favorecem o processo de evapotranspiração, e onde há a evaporação da água do solo, concomitantemente à transpiração vegetal, ocorre o favorecimento tanto da diminuição da temperatura, já que o vapor d'água possui a capacidade de reter calor, quanto do aumento da umidade relativa do ar. Ambientes urbanos, por possuírem grande parte da vegetação nativa suprimida para a acomodação de residências e serviços no geral, possuem umidade relativa do ar menor, além de possuírem menores reservas de água (nos solos, rios, lagoas, etc.) comparada a ambientes naturais.

As estações amostrais dos bairros Caieiras (EA04), Pouso Alegre (EA02) e Vista Alegre (EA05) apresentaram médias de temperatura de 22,5 °C, 22,7 °C e 23,1 °C, respectivamente e 61%, 60% e 61% de umidade relativa do ar. Quanto às médias diárias, a EA Vista Alegre e EA Caieiras apresentaram médias próximas em muitos momentos de toda a campanha 1, embora na maioria destes dias o ponto do bairro Vista Alegre mostrou-se com temperaturas médias mais elevadas. Já a EA do bairro Pouso Alegre apresentou um dos valores de médias diárias mais baixos da série, exceto no período inicial da campanha, cujas temperaturas médias tiveram tendência de aumento, configurando em umas das mais altas de toda a série de dados.

Considerando que a EA02 possui a segunda menor média de temperatura da série de dados e que em algumas ocasiões esteve entre as médias mais quentes dentre os postos, especula-se, neste primeiro momento, que este ponto possui características tanto de ambientes urbanos, quanto de ambientes rurais/naturais.

Nota-se que embora próximos, os valores apresentam diferenças que correspondem às particularidades de cada local ao qual estão inseridas as estações. Tendo isto em vista, é importante destacar que como nos bairros Boa Vista e Angicos, os bairros Caieiras (EA04), Pouso Alegre (EA02) e Vista Alegre (EA05) possuem características físico-ambientais que interferem diretamente nas variações dos atributos climáticos.

As três estações estão localizadas em áreas urbanas do município, embora o grau de ocupação mude entre elas. A estação Pouso Alegre foi instalada em região de conurbação urbana com o município de Belo Horizonte, que apresenta certa verticalização. Já as Estações dos bairros Caieiras e Vista Alegre estão enquadradas no contexto urbano da porção central de Vespasiano, caracterizado pela presença de casas e prédios de pequeno porte em sua maioria.

Além do contexto urbano aqui apresentado, os locais amostrais possuem características ambientais pontuais que auxiliam nas diferenças de temperatura e UR, de diferenças de altitude até a composição do material das casas que serviram de áreas de instalação. Estas particularidades são percebidas de forma mais evidente quando analisados as variações dos dados ao longo do dia de cada estação.

O gráfico das médias diárias (FIG. 23) indica que as estações amostrais possuem geralmente tendência semelhante de aquecimento e resfriamento, já que estão sujeitas a ação dos mesmos eventos sinóticos em um período curto cronológico.

Sabe-se ainda que as médias diárias levam a uma generalização dos dados, dificultando a análise dos modos de aquecimento e resfriamento ao longo do dia, por exemplo. Entretanto, é de suma importância a análise destes dados para ser possível compreender as diferenças de comportamento nas variações de temperatura e umidade relativa do ar entre os pontos analisados.

Dito isso, é possível identificar que em alguns dias as médias dos pontos se aproximam indicando que as condições atmosféricas foram suficientes para “neutralizar” as características específicas de cada ponto²². Contudo, na maior parte da série as médias possuem divergências significativas umas das outras, como identificado anteriormente.

Quanto aos valores mínimos e máximos de temperatura, ressalta-se que estes permitem compreender aspectos acerca da variação de temperatura dos locais analisados, como, por exemplo, a amplitude térmica dos pontos ao longo dos dias. A tabela 8 apresenta os valores médios das máximas e das mínimas no período total analisado e as figuras 24 e 25 apresentam a variação média destes atributos ao longo dos dias.

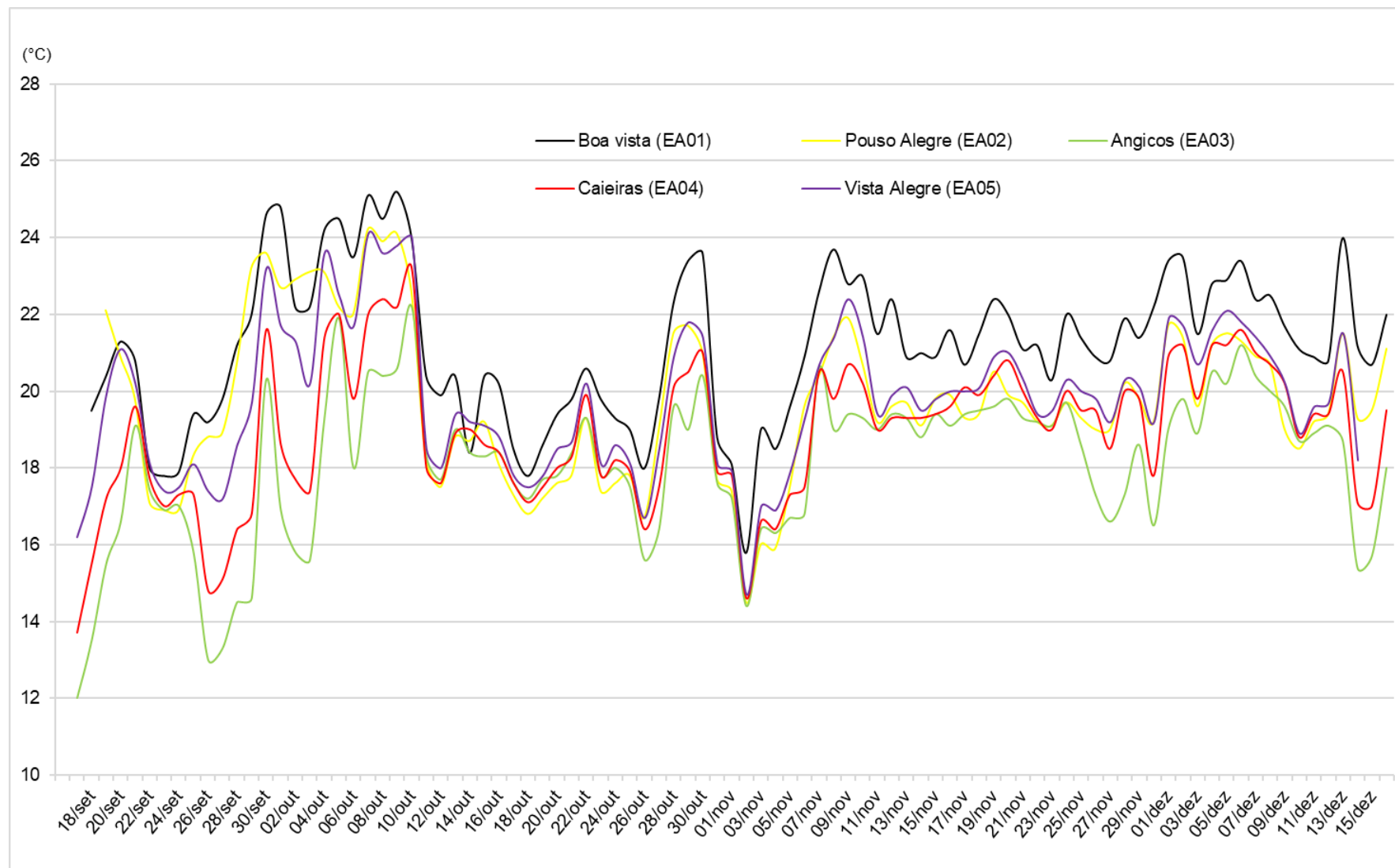
²² Algumas destas situações serão descritas e analisadas no item 4.1.2 Condições atmosféricas e análise horária das estações amostrais.

Tabela 8: Valores médios e absolutos das temperaturas mínimas e máximas nas estações amostrais no Campo 01(17 de setembro a 18 de dezembro de 2020)²³

Estações Amostrais (EA)	Média das temp. mín (°C)	Médias das temp. máx. (°C)	Desvio Padrão (°C)	Amplitude térmica média (°C)	Temp. mín. absoluta (°C)	Temp. máx. absoluta (°C)
Boa Vista (EA01)	21,2	30,9	2,7	9,7	15,8	39,5
Pouso Alegre (EA02)	19,7	29,3	2,9	9,6	14,5	39,8
Angicos (EA03)	18,1	28,4	2,2	10,3	12	37,2
Caieiras (EA04)	18,9	31,5	2,6	12,6	13,7	41,2
Vista Alegre (EA05)	19,8	30,6	2,7	10,8	14,7	40,8

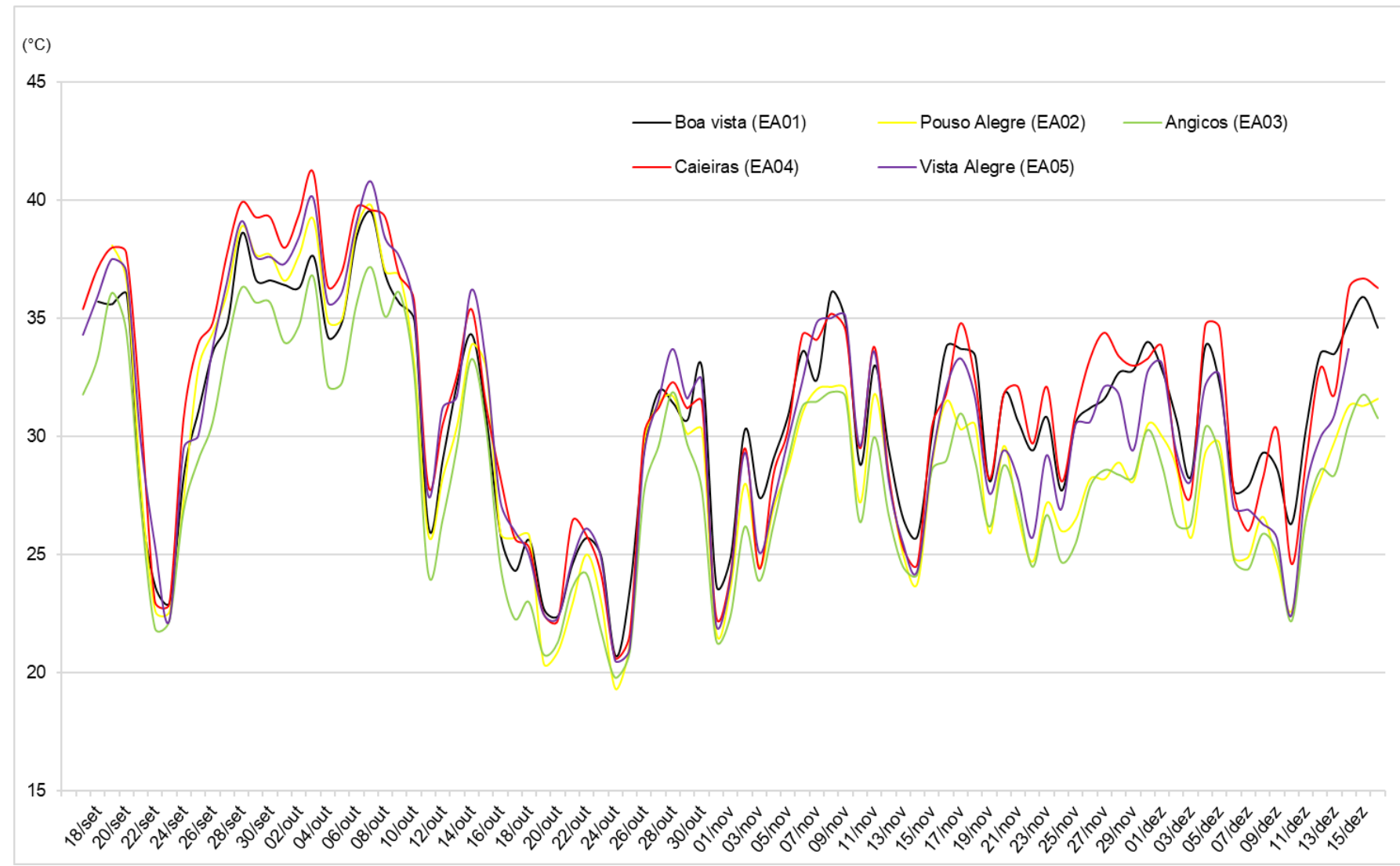
Fonte dos dados: Dados aferidos em campo, 2020. Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

²³ É importante dizer que a Estação Boa Vista (EA01) possui dados a partir do dia 18 de setembro, a Estação Pouso Alegre (EA02) a partir do dia 19 e a Estação Vista Alegre (EA05) a partir do dia 14 de dezembro.

Figura 24: Gráfico de temperaturas mínimas absolutas diárias do dia 17 de setembro a 18 de dezembro de 2020 (Campo 01)

Fonte dos dados: Dados coletados em campo, 2020. Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2022.

Figura 25: Gráfico de temperaturas máximas absolutas diárias do dia 17 de setembro a 18 de dezembro de 2020 (Campo 01)



Fonte dos dados: Dados coletados em campo, 2020. Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2022.

A Estação amostral do bairro Boa Vista (EA01) apresenta a maior média de temperaturas mínimas, a segunda maior média de temperatura máximas e o segundo menor valor de amplitude térmica (9,7 °C). Além disso, a EA01 registrou a maior mínima absoluta, 15,8 °C, portanto, é possível concluir que este ponto possui boa capacidade de produzir e conservar calor.

A estação amostral Caieiras (EA04) teve a maior média de temperaturas máximas (31,5 °C) e a segunda menor média de temperaturas mínimas (18,9 °C), apresentando 12,5 °C de amplitude térmica. Quanto às máximas e mínimas absolutas, a EA04 obteve 41,2 °C (maior valor máximo absoluto) e 12,6 °C (segundo menor valor mínimo absoluto), respectivamente. Essa amplitude térmica indica que esta estação amostral recebe radiação de forma consistente, mas não a conserva, o que possivelmente possui relação direta com o eixo de inclinação da vertente, o qual além de viabilizar a chegada de radiação solar nas horas de maiores insolações do dia, facilita a dissipação deste calor pela ação do vento.

A estação do bairro Angicos (EA03) registrou as menores médias de temperaturas máximas e mínimas de toda a campanha 1, além das menores temperaturas mínimas e máximas absolutas, 12 °C e 37,2 °C, respectivamente. Tais resultados reforçam que a EA03 possui as temperaturas mais baixas de todas as áreas analisadas, resultado da relação do uso e ocupação da terra e variáveis climáticas como discutido anteriormente.

As estações Vista Alegre (EA05) e Pouso Alegre (EA02) dispuseram de valores médios de temperaturas mínimas próximas, 19,8 °C e 19,7°C, respectivamente. Quanto a média de temperaturas máximas, a EA02 registrou 29,3 °C e a EA05 30,6 °C. Com isso os valores de amplitude foram de 9,6 °C para a estação Pouso Alegre (segundo valor mais baixo de amplitude da Campanha 1) e 10,8 °C para a estação Vista Alegre (segundo valor mais alto de amplitude da Campanha 1), indicando que a segunda possui menor capacidade de conservar o calor absorvido que a primeira, uma vez que a amplitude foi mais alta.

Consoante os gráficos acima, verifica-se que a estação amostral localizada no bairro Caieiras apresenta sua maioria os maiores valores de temperaturas máximas diários registrados na Campanha 1, em contrapartida, este ponto também apresenta um dos

valores mais baixos de mínimas diárias, reafirmando o que foi observado no âmbito das médias das temperaturas máximas e mínimas, que este local tem grande capacidade de absorção e emissão de radiação solar. A inclinação da vertente, uso do solo e características dos componentes de superfícies, são importantes fatores que influenciam a capacidade de absorção e emissão de irradiação solar. Esta influência é explicada de forma detalhada na análise horária dos dados.

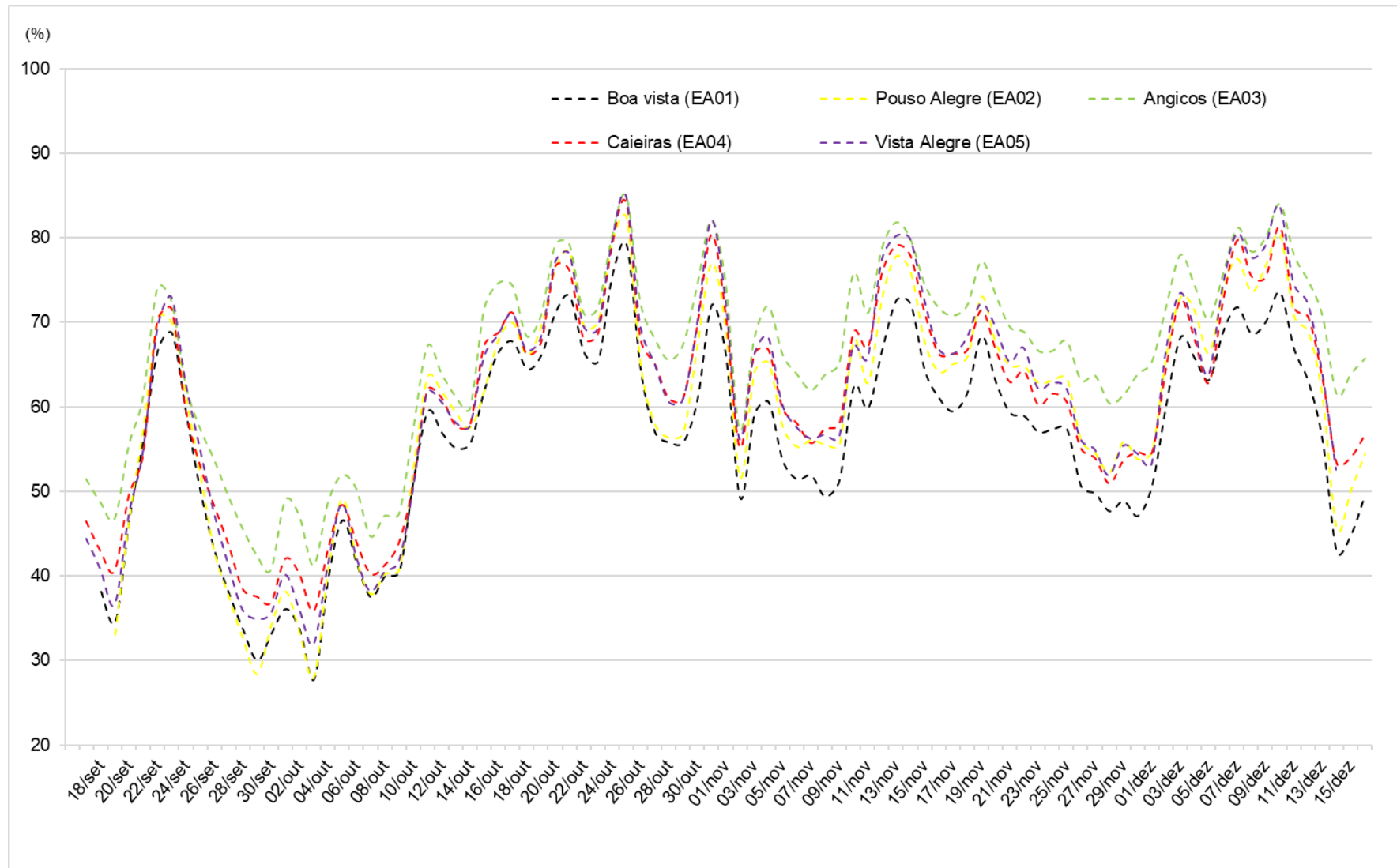
Embora o ponto Boa Vista apresente tendência a possuir as temperaturas médias mais altas, observa-se que quanto às máximas este ponto é muitas vezes superado pelas estações Caieiras (04) e Vista Alegre (05). Acredita-se que a estação Boa Vista (EA01) possua boa capacidade de retenção de calor, devido às suas características topográficas e urbanísticas. Entretanto, as estações 04 e 05 possuem maior capacidade de absorção de calor, embora não o conserve da forma que a EA01 o faz possivelmente pelas características locais de cada estação (declividade, posição da vertente, uso e ocupação da terra, etc.). Estas características ficam evidentes nas diferenças de amplitudes térmicas entre as estações, onde a EA01 apresenta diferenças médias de 9,7 °C e a EA04 e EA05 apresentam 12,6 °C e 10,8 °C, respectivamente. No que tange as mínimas, o ponto Boa Vista possui os maiores valores diários, enquanto o Caieiras tende a ficar entre o segundo valor mais baixo.

Os pontos Pouso Alegre (EA02) e, especialmente, Angicos (EA03) possuem tendência as máximas mais baixas ao longo do tempo analisado, além disso, a EA03 apresentou as mínimas diárias mais baixas. Vale ressaltar que mesmo que não tenha apresentado os menores valores mínimos da campanha 1, a EA02 registrou valores baixos de temperatura mínima em relação aos pontos Boa Vista e Vista Alegre. Essa característica ocorre em postos influenciados por controles tanto urbanos quanto naturais, já que quando há esses dois conjuntos de fatores distintos, a dinâmica dos atributos tende a oscilar entre um e outro conforme as condições de tempo. Isso sugere que existem fatores urbanos que possuem influência na variação dos dados desta estação, mas não a ponto de se impor como controle predominante quando considerado a Campanha 1.

Se tratando de desvio padrão, a estação Angicos (EA03) apresenta o menor valor, 2,2 °C e a estação Pouso Alegre (EA02) 2,9 °C, o que indica que os valores aferidos ao longo dos dias se aproximam mais da média na estação EA03 do que na EA02.

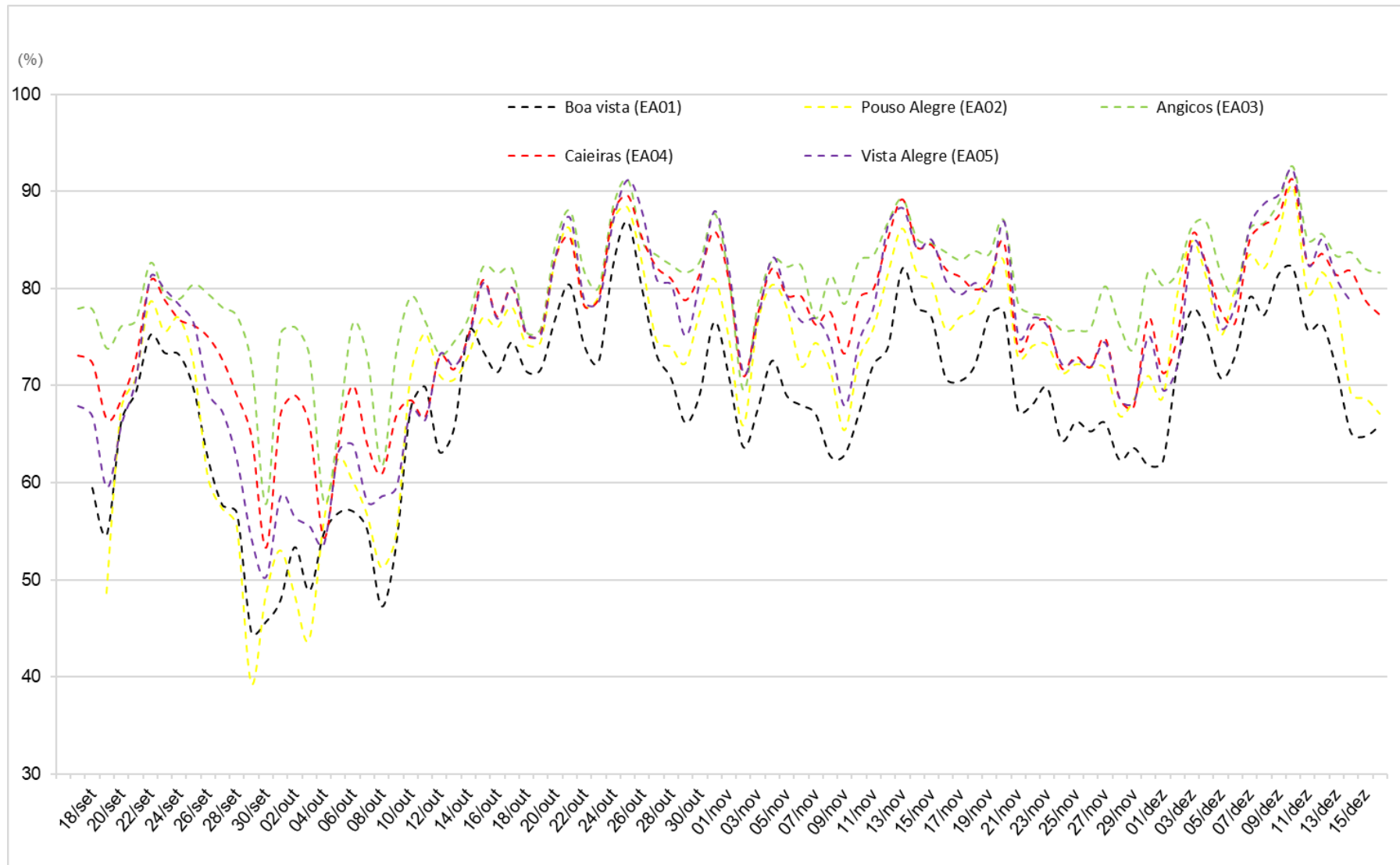
Se tratando de umidade relativa, as figuras 26, 27 e 28 apresentam a variação média das máximas e mínimas ao longo dos dias e a tabela 9 apresenta os valores de UR médios das máximas e das mínimas no período total analisado, bem como os valores absolutos e os valores de desvio padrão.

Figura 26: Gráfico de valores médios diários de umidade relativa do ar entre os dias 17 de setembro e 18 de dezembro de 2020 (Campo 01)



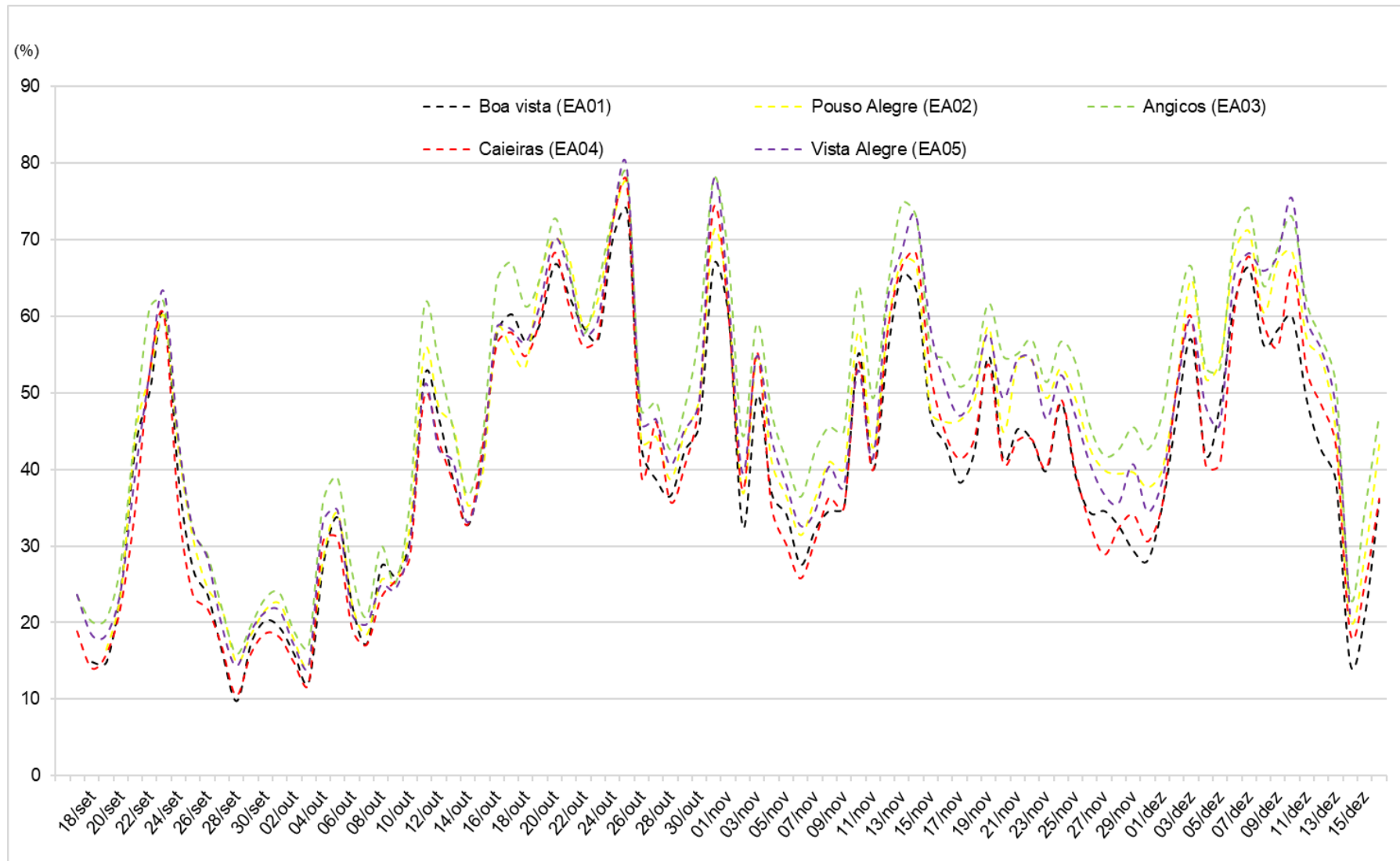
Fonte dos dados: Dados coletados em campo, 2020. Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2022.

Figura 27: Gráfico de valores máximos absolutos diários de UR entre os dias 17 de setembro e 18 de dezembro de 2020 (Campo 01)



Fonte dos dados: Dados coletados em campo, 2020. Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2022.

Figura 28: Gráfico de valores mínimos absolutos diários de UR entre os dias 17 de setembro e 18 de dezembro de 2020 (Campo 01)



Fonte dos dados: Dados coletados em campo, 2020. Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2022.

Tabela 9: Análise estatística dos valores de umidade relativa nas estações amostrais no Campo 01(17 de setembro a 18 de dezembro de 2020)

Estações Amostrais (EA)	Média das UR mínimas (%)	Médias das UR máximas (%)	Desvio Padrão (%)	UR mínima absoluta (%)	UR máxima absoluta (%)
Boa Vista (EA01)	41	68	12	10	87
Pouso Alegre (EA02)	45	72	13	15	91
Angicos (EA03)	49	80	11	16	93
Caieiras (EA04)	41	77	12	11	91
Vista Alegre (EA05)	45	75	13	14	92

Fonte: Dados aferidos em campo, 2020. Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023

De forma geral, os dados apontam que a estação amostral do bairro Angicos apresenta maiores valores de umidade relativa do ar ao longo do campo 01, apresentando os maiores valores médios (66%), as maiores médias das máximas, 80% e médias das mínimas, 49%. Soma-se a isto o maior valor de mínima absoluta, 16% e máxima absoluta, 93% e se tem o ponto com os maiores valores de UR amostrados. Vale citar que o desvio padrão desta estação foi o menor calculado, 11%, o que indica que este local possui uma menor amplitude de umidade relativa em relação aos outros pontos.

Como dito anteriormente, esta estação está localizada em área rural com presença de remanescentes florestais favorecendo significativamente o aumento dos valores médios de UR diários, que contribuem para o processo de evapotranspiração, em que a evaporação da água do solo, juntamente a transpiração da vegetação libera vapor d'água no ar aumentando a umidade relativa.

Quanto à estação Boa Vista (EA01), percebe-se que esta apresenta valores de umidade relativa do ar menores em relação às outras estações na maioria dos dias, característica típica do contexto de clima urbano. A EA01 apresentou o menor valor médio geral de UR, 56%, o menor valor de média das mínimas juntamente com a estação Caieiras, 41%, e o menor valor de média das máximas, 68%, simultaneamente registrou a menor mínima absoluta, 10%, e menor máxima absoluta, 87%.

Entretanto, vale ressaltar que além das reservas de água, um importante fator que explica a variação da umidade relativa do ar é sua relação intrínseca com a variação da temperatura do ar. De modo geral, quando as temperaturas aumentam, os valores de UR diminuem e quando os valores de temperatura abaixam, os valores de UR aumentam. Essa característica está condicionada à capacidade do ar em reter água, que é variável conforme a temperatura do ar: quanto maior a temperatura, maior será o espaço para as moléculas de água se movimentarem no sistema, devido à menor densidade do ar, ou seja, é necessário um maior número de moléculas de vapor d'água para que o ar fique saturado. Por outro lado, quando os valores de temperaturas são mais baixos, o ar é mais denso e, conseqüentemente, é necessário um menor número de moléculas de água agrupadas para saturar o ar.

As estações amostrais localizadas nos bairros Pouso Alegre (EA02), Caieiras (EA04) e Vista Alegre (EA05), embora possuam diferenças ao longo dos dias, apresentam comportamentos médios de UR próximos, explicados pela relação temperatura e umidade supracitados. As proximidades dos valores médios possivelmente se dão pelas semelhanças no uso e ocupação da terra (espaços urbanos).

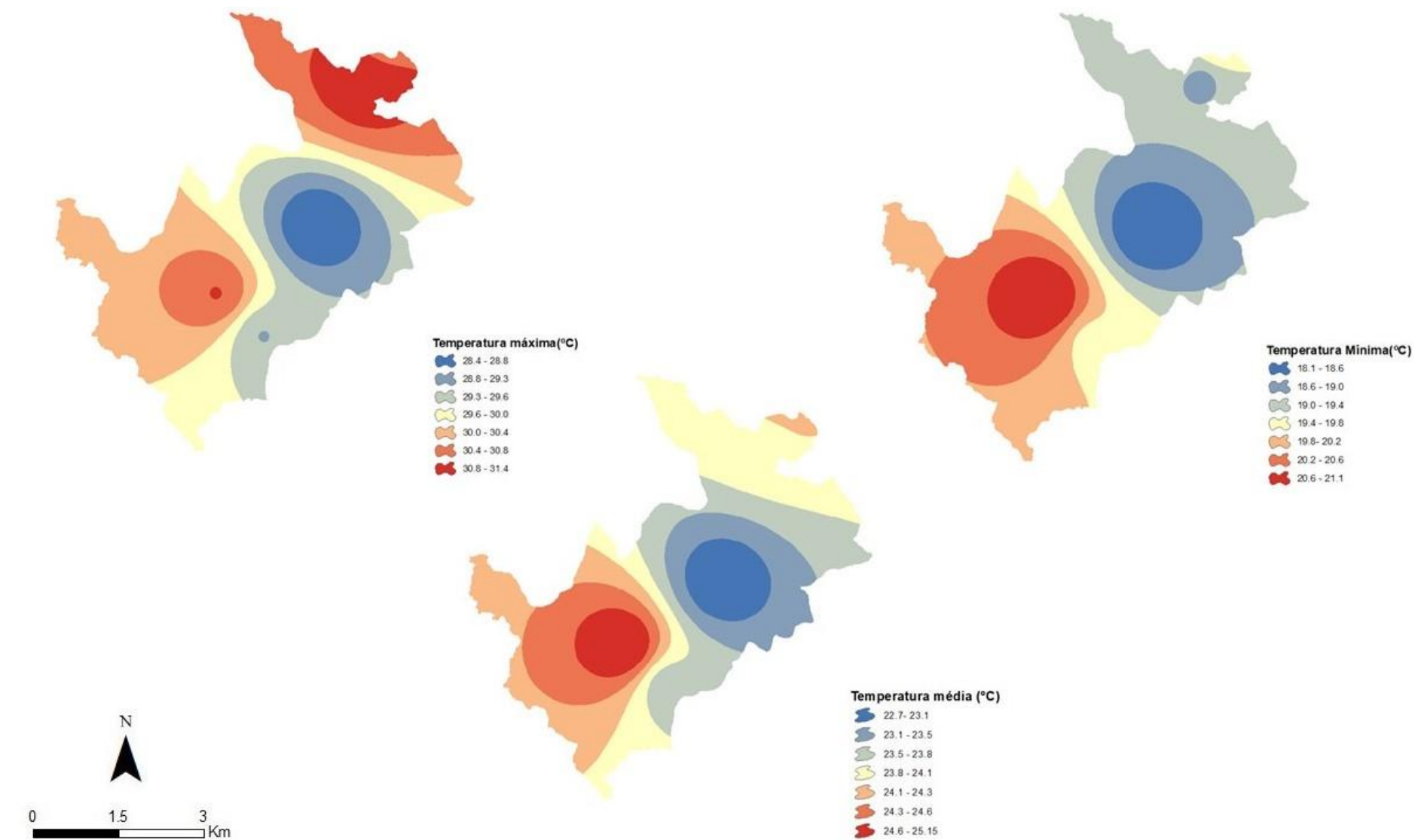
A estação EA02 e EA05 apresentaram médias de umidade relativa de 60% e 61%, respectivamente, e simultaneamente registraram 45% de médias das mínimas e 72% (EA02) e 75% (EA04) de média das máximas. Quanto aos valores absolutos, Pouso Alegre registrou mínima de 15% e máxima de 91%, enquanto Vista Alegre registrou 14% e 92%. Ambas as estações apresentaram desvio padrão de 13%, os maiores calculados dentre os pontos analisados, o que indica que de maneira geral, os dados de UR destas estações estiveram em maior distância da média em relação as outras estações.

Quanto a estação Caieiras (EA04), esta obteve uma média geral de 61% e 41% de valor médio mínimo e 77% de valor médio máximo, além de apresentar 11% de UR mínima absoluta e 91% de máxima absoluta e um desvio padrão de 12%. Isto indica que esta estação, assim como a Pouso Alegre e Vista Alegre apresenta uma significativa variância de valores obtidos.

A figura 29 e 30 apresenta os valores de temperatura (médios, máximos e mínimos) e umidade relativa (médios, máximos e mínimos) interpolados para o campo 01. Nota-

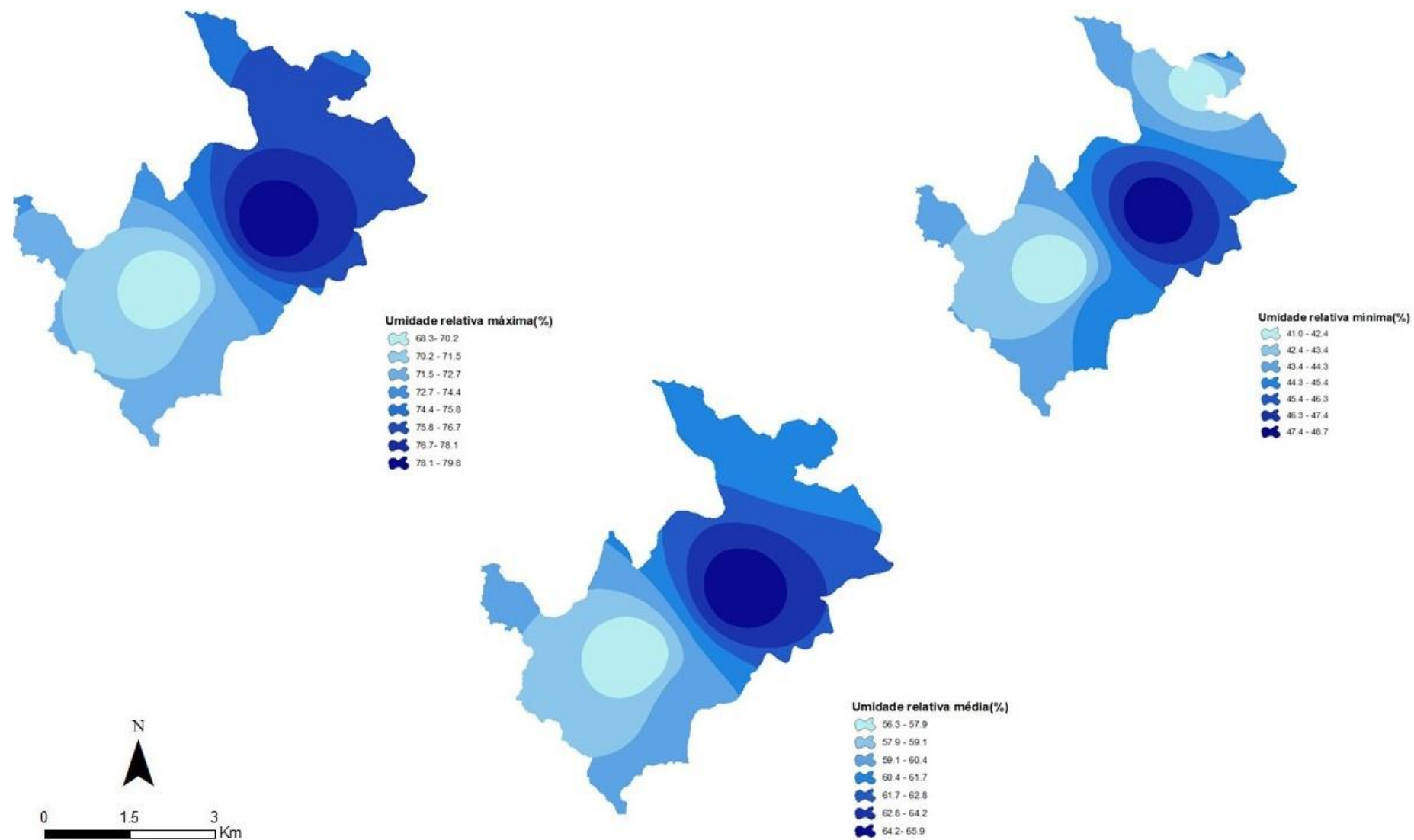
se que as temperaturas mais baixas se encontram nas áreas correspondentes a porção geográfica central do município, e que as áreas a sudoeste possuem temperaturas mais elevadas. No que tange temperaturas máximas, a porção norte do município apresenta valores superiores. A respeito da umidade relativa do ar, a porção geográfica central apresenta os maiores valores e a porção sudoeste os valores mais baixos.

Figura 29: Valores de temperaturas máximas, mínimas e médios interpolados – Campo 01



Fonte: Datum Sirgas 2000: IBGE (2020). Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023

Figura 30: Valores de umidade relativa do ar máximos, mínimos e médios interpolados – Campo 01



Fonte: Datum Sirgas 2000: IBGE (2020). Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

4.1.2 Condições atmosféricas e análise horária dos dados das estações amostrais

4.1.2.1 Análise horária dos dias 01 a 08 de outubro de 2020

A partir da variação das temperaturas médias diárias ao longo do período de mensuração, percebe-se que o período entre 01 e 08 de outubro de 2020, foi marcado por um aumento significativo de temperatura nos pontos analisados, resultando nos dias mais quentes dentre os dados aferidos no campo 01.

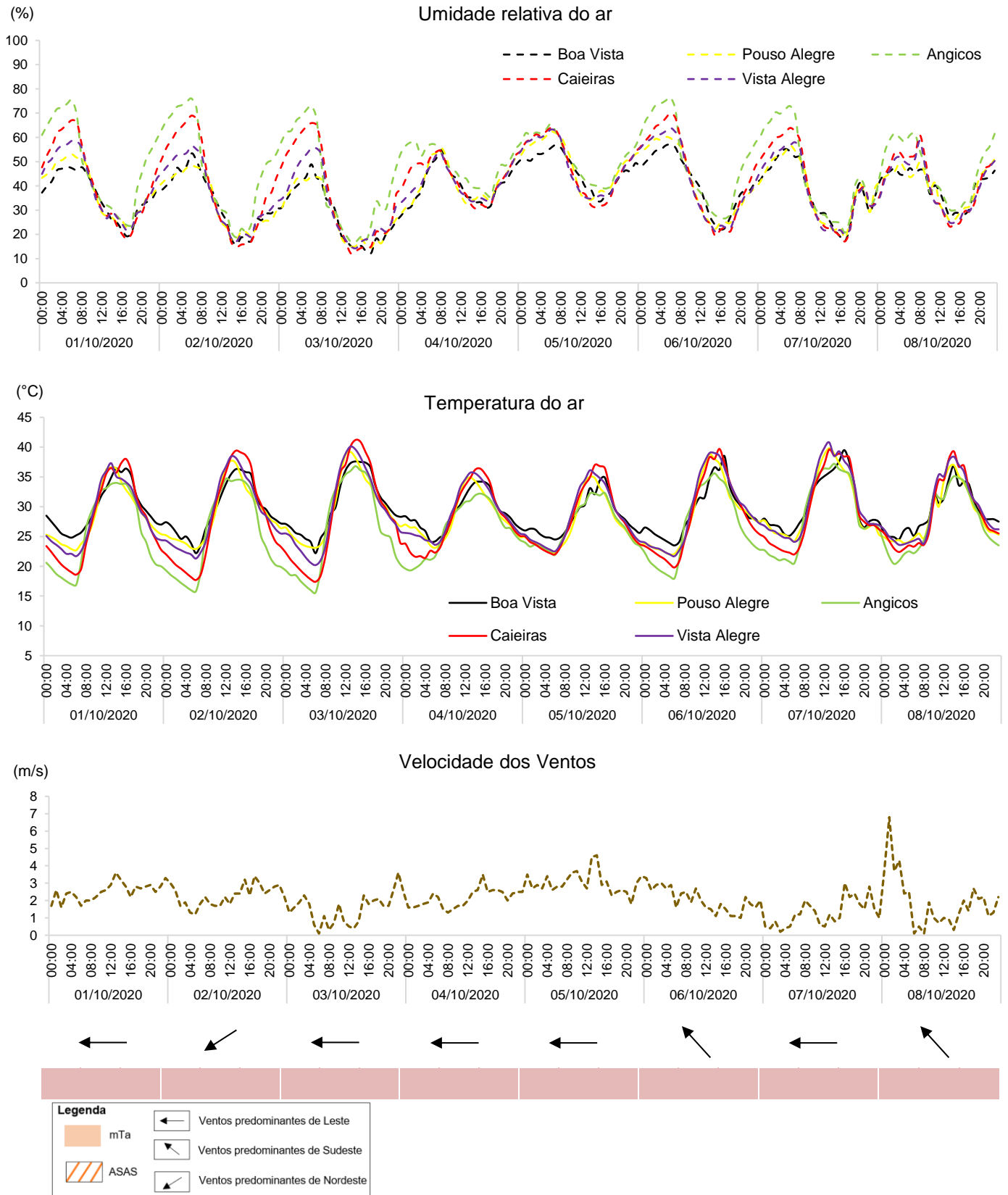
É importante destacar que, embora outubro não seja o mês mais quente do ano na região²⁴, geralmente apresenta as temperaturas máximas mais altas. Com a chegada da primavera no hemisfério sul, há um aumento do saldo energético, todavia, as condições de estabilidades características do inverno ainda se fazem presentes, uma vez que a primavera é uma estação de transição, quando há alternância de massas tropicais e polares e instabilidades locais/sub-regionais que aumentam sua participação neste período. Soma-se a isso o fato de que a circulação do ar fica mais ativa neste período, gerando um aumento no transporte advectivo de calor e umidade oriundos do Oceano Atlântico em direção ao interior do continente.

A fim de representar os dados desta sequência de dias de forma didática foi confeccionado gráfico de análise rítmica²⁵ que pode ser conferido na figura 31.

²⁴ Segundo as Normais Climatológicas do INMET (1991 a 2020) para Estação 83587 em Belo Horizonte, o mês com a média compensada mais alta é fevereiro, marcando 24 °C. A média do mês de outubro é 23°C.

²⁵ Para os atributos temperatura e umidade relativa do ar, foram utilizados os dados aferidos em campo; para os dados de velocidade e direção dos ventos, foram utilizados os dados da estação mais próxima a área de estudos a Estação Pampulha (A521); para os dados de precipitação foram utilizados dados disponibilizados pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN e para a análise sinótica foram utilizadas cartas sinóticas da Marinha do Brasil e Imagens de satélite disponibilizadas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE, conforme descrito no capítulo 3– Materiais e Métodos.

Figura 31: Gráfico de análise rítmica do período entre 01 e 08 de outubro de 2020



Fonte: Dados aferidos em campo, 2020; INMET, 2022.

Conforme o gráfico da figura 31 os principais sistemas atmosféricos atuantes neste período foram o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul acompanhado da Massa Tropical Atlântica (mTa), cujas áreas dispersoras de ventos oriundas da ação de movimentos divergentes para fora de seu núcleo em sentido anti-horário. Tais movimentos geram subsidência do ar associado ao seu aquecimento, bem como ao aumento de pressão atmosférica, desencadeando elevação da temperatura, estabilidade do ar, além da diminuição da nebulosidade e da umidade relativa do ar.

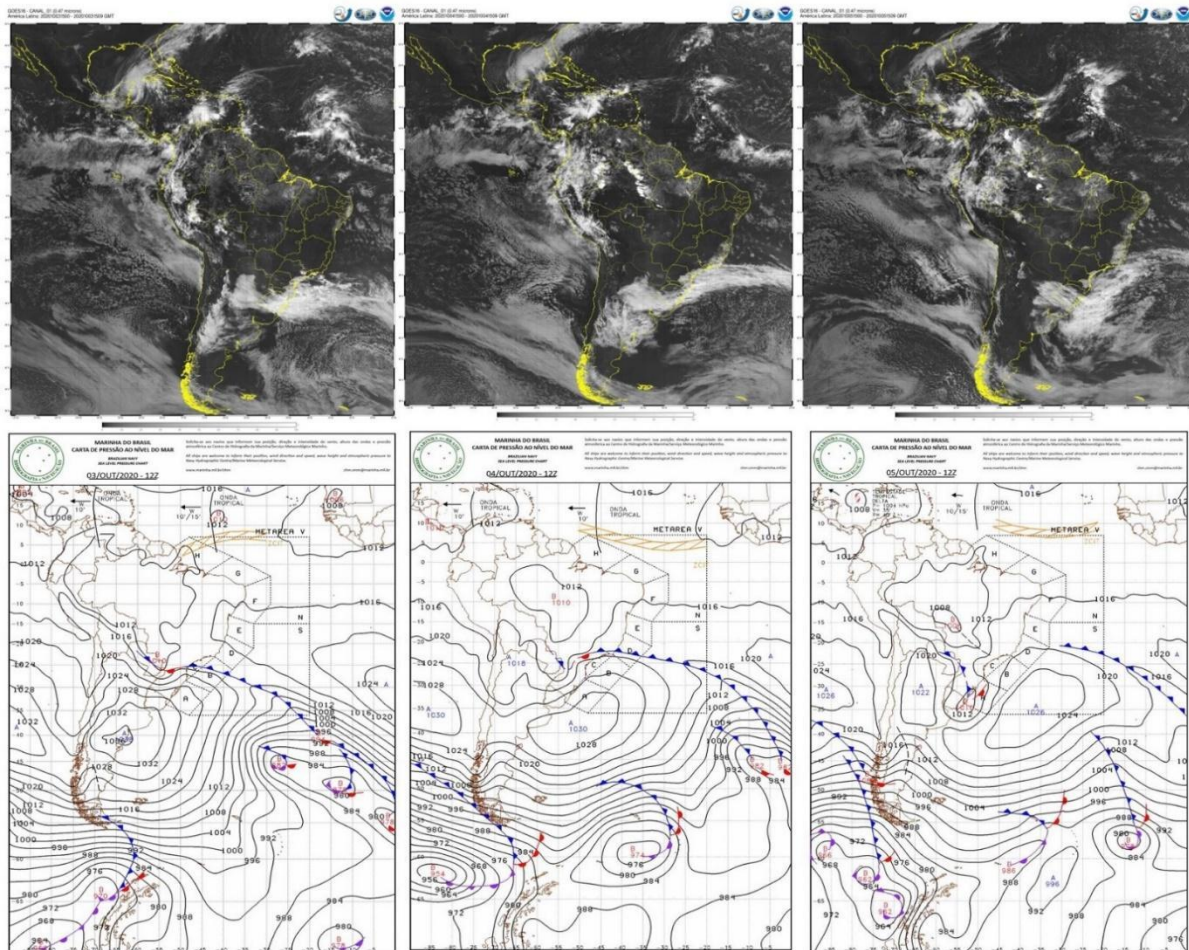
Embora as condições de tempo sejam semelhantes em todas as estações amostrais analisadas, nota-se que existem diferenças relevantes entre os pontos no que tange o comportamento dos atributos analisados. O que corrobora a hipótese de que tais diferenças, que se dão pelas particularidades de cada ponto, resultam em mudanças no balanço de radiação e, conseqüente, na variação dos valores de temperatura e umidade relativa do ar.

Entre os dias 01 e 08 de outubro houve a atuação de um anticiclone no estado de Minas Gerais, gerando movimentos descendentes no ar e inibindo a formação de nebulosidade, resultando em estabilidade. Esse sistema sinótico criou um bloqueio atmosférico dificultando o avanço das frentes frias de origem polar em direção a esta região, o que provocou tempo estável e aumento de temperatura durante este período. Simultaneamente, apesar de as altas temperaturas favorecerem a ocorrência de chuvas convectivas, neste período marcado pelo início de primavera o ar geralmente está muito seco, diminuindo a probabilidade de ocorrência de chuvas. Corroborando este fato, entre estes dias não houve nenhuma precipitação de acordo com dados obtidos através do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN).

Cabe ressaltar que principalmente entre os dias 03 e 05 de outubro de 2020 houve atuação de sistemas frontais e linha de instabilidade próximas a Minas Gerais (FIG. 32), provocando o fenômeno denominado aquecimento pré-frontal. Esse fenômeno propicia grande acúmulo de ar quente, uma vez que esse sistema é caracterizado pela ação de baixa pressão recebendo ventos que possuem gênese em áreas de alta pressão, em latitudes tropicais, provocando aumento da temperatura do ar. O aquecimento pré-frontal refere-se também à zona de compressão do ar em função do avanço do ar frio: à medida que o ar frio avança, comprime o ar quente que se

aquece. Evidencia-se que embora os sistemas frontais tenham contribuído para o aumento da temperatura, Vespasiano ainda está sob influência do ASAS e da mTa.

Figura 32: Imagens de satélite e cartas sinóticas dos dias 03, 04 e 05 de outubro de 2020



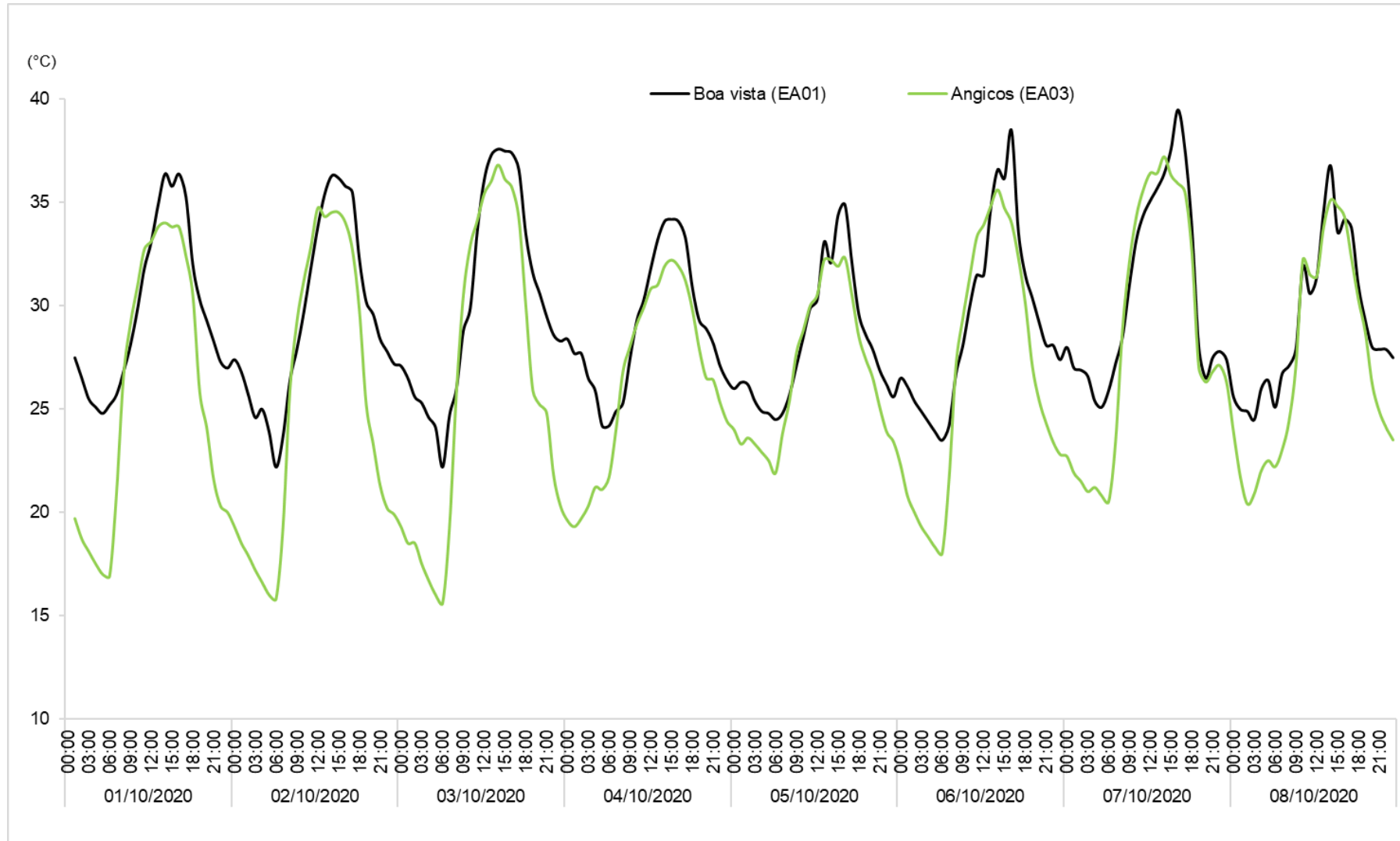
Fonte: CPTEC/INPE, 2022; MARINHA DO BRASIL, 2022.

Os ventos, que segundo Tubelis e Nascimento (1986, p.145) pode ser descrito como “o movimento do ar em relação à superfície terrestre”, possuem grande importância na identificação das condições meteorológicas.

Sendo assim, considerando os valores de velocidades dos ventos adquiridos junto a estação Pampulha do INMET, foi possível identificar o comportamento desta variável entre os dias 01 e 08 de outubro, conforme indicado na Figura 31, que indica que, em média, neste segmento variaram de 1,3 m/s a 3 m/s, havendo um pico de velocidade no dia 08 de outubro às 01 hora da manhã, onde se registrou uma velocidade de 6,8 m/s.

Os ventos predominantes neste período foram do quadrante leste, alternando em alguns dias de sudeste e nordeste. A direção dos ventos está diretamente relacionada a atuação dos sistemas atmosféricos na porção leste do continente e Oceano Atlântico, onde no caso deste segmento de dias está associada a atuação do ASAS em confluência com a mTa.

Considerando os dados horários de temperatura aferidos em campo, nota-se que a Estação Amostral 03 localizada no bairro Angicos mantém a tendência de registro de menores temperaturas já identificadas nas médias diárias, ainda que a Estação Amostral 01 (Boa Vista) tenha apresentado as maiores médias diárias, considerando os dados horários, esta estação é superada em termos de temperatura nos horários da tarde. A título de comparação, a Figura 33 apresenta a variação de temperatura ao longo dos dias 01 a 08 de outubro de 2020.

Figura 33: Gráfico da variação de temperatura nas Estações Amostrais Boa Vista e Angicos.

Fonte dos dados: Dados coletados em campo, 2020. Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2022.

Observa-se que, de modo geral, no período entre 18h e 07h os valores aferidos nas duas estações apresentaram diferenças significativas, chegando até 8,8 °C de diferença, e que embora não significativas quanto o período citado, as temperaturas entre os pontos nas horas da tarde (14h e 17h) mostraram distinções de até 4,5 °C. No intervalo compreendido entre 08h e aproximadamente 12h/13h, o comportamento da temperatura se altera, uma vez que os valores entre os dois pontos se aproximam em alguns horários e em outros a EA Angicos apresenta temperaturas mais altas que a EA Boa Vista, chegando a registrar diferença de 2,4 °C.

As diferenças apresentadas, sobretudo nas horas que compreendem o fim da tarde e noite, podem ser explicadas pelas diferenças de capacidade de conservação e absorção de calor. A Estação Amostral Boa Vista demonstrou maiores temperaturas durante o período noturno e madrugada, já a Estação Amostral Angicos se mostrou com temperaturas menores durante o mesmo período, indicando que a primeira possui maior capacidade de conservação de calor do que a segunda, uma vez que mantém parte do calor absorvido durante o dia. No período vespertino as diferenças de temperatura entre os dois pontos tendem a diminuir, devido às características de uso do solo na região da Estação Amostral Angicos, cujo uso se dá por áreas rurais, pastagem, vegetação arbórea, agricultura e pequenas comunidades residenciais (Figura 34), sendo o tecido vegetal um condutor e conservador de calor menos eficiente que locais urbanizados. Nos períodos de maior incidência de radiação solar (período diurno) essa energia fica disponível no sistema destas áreas, resultando no aquecimento do ar e conseqüente aumento de temperatura. Isso porque regiões periurbanas e florestais tem resultados diferentes relacionados a conservação e transmissão de calor e saldo radiativo comparados a regiões urbanas, visto que as primeiras não são tão eficientes em transmitir calor quanto a segunda. Isso ocorre porque o tecido vegetal, presente de forma contínua ou fragmentada em seu espaço, constitui-se em um improdutivo condutor de calor ($\langle \Delta Q_s \rangle$)²⁶.

Vale ressaltar que, de acordo com Geiger (1961) e Mota (1981) o valor de calor específico do povoamento vegetal é de 0,8 cal.g/°C, próximo ao da água que é de 1,0 cal.g/°C e discrepante do concreto que é de 0,2 cal.g/°C, o que significa que o

²⁶ ΔQ_s é a taxa líquida do calor físico armazenado

último precisa de menos calorías para experimentar o mesmo aumento da água e tecidos vegetais.

Figura 34: Imagem de satélite com panorama local da Estação Amostrai 03- Angicos



Fonte: Google Earth Pro, 2022.

Ressalta-se que embora a Estação Boa Vista possua características de regiões de transição de áreas urbanas e rurais (periurbanas), parte da variação dos atributos climáticos nesta área se explica pela conformação do relevo (Figura 35).

Figura 35: Perfil de elevação da Estação Amostrai Boa Vista



Fonte: Google Earth Pro, 2022. Adaptado por Ana Paula Minelli Moreira, 2022.

De acordo com a figura 35 nota-se que a Estação Amostrai Boa Vista (EA01) está localizada em área de topo de vertente, o que beneficia a chegada de raios solares entre 12h e 17h da tarde, favorecendo o aquecimento do ar durante este período.

A proximidade desta estação com a área urbana de Santa Luzia e Belo Horizonte dos quais possivelmente recebe influência proveniente da advecção de ar quente,

visto que regiões urbanas possuem melhor capacidade de transmissão e conservação de calor ($>\Delta Qs$) além de possuir outras fontes adicionais de calor (automóveis, casas, pessoas, aparelhos eletroeletrônicos, pavimentação de ruas e calçadas etc.).

É interessante destacar que, a estação do bairro Pouso Alegre (EA02) está mais próxima da mancha urbana do que o ponto de Boa Vista (EA01), todavia não apresentou médias mais quentes que este na análise geral. Possivelmente, as características topográficas da EA01 foram decisivas em tais comportamentos, uma vez que, como dito anteriormente, as características de inclinação da vertente em que se insere a EA01, faz com que esta receba radiação solar ao longo de todo o dia, diminuindo a amplitude térmica e aumenta as médias diárias deste ponto.

Não obstante, considerando suas particularidades, a Estação Pouso Alegre reforça o padrão da EA01 de influência da proximidade em relação às áreas urbanizadas, pois ambas demonstram variações e padrões de temperatura e umidade relativa do ar aproximados.

Nos períodos noturnos a Estação Pouso Alegre (EA02) registrou em boa parte dos dias deste segmento as segundas temperaturas mais altas da série e esteve entre os pontos mais quentes durante o período da tarde.

A EA02 está localizada em área de conurbação urbana com Belo Horizonte e Santa Luzia e nas proximidades de uma das principais rodovias do estado de Minas Gerais (MG-010) (Figura 36). Embora seja o ponto com maior altitude dentre os locais analisados (870 metros)²⁷ e se situar a menos de 100 metros do Córrego da Glória, o comportamento das variáveis climatológicas mostram que tal ponto apresenta significativa influência de suas características urbanas.

Como citado na análise geral dos dados aferidos no campo 01, acredita-se que este ponto possui influências características de ambientes urbanos, como também de ambientes rurais/naturais, uma vez que embora tenha apresentado alto saldo radiativo nesta sequência analisada, em relação aos dados gerais obteve a segunda menor média em relação aos outros pontos amostrais.

²⁷ Em suma, geralmente a temperatura diminui à medida que a altitude aumenta, uma vez que quanto maior a altitude, menor a densidade do ar portanto, menor capacidade do ar reter calor.

Figura 36: - Imagem de satélite com panorama local da Estação Amostral 02 – Pouso Alegre



Fonte: Google Earth Pro, 2022.

A título de comparação, durante a tarde as Estações Pouso Alegre, Caieiras e Vista Alegre iniciam seu processo de aquecimento anterior ao da Estação Boa Vista. Além disso, quando comparado a todas as estações, o ponto do bairro Boa Vista inicia o dia com temperaturas mais altas medidas. Porém, durante o período da tarde, seus valores de temperatura são superados pelas estações localizadas nos bairros Caieiras, Pouso Alegre e Vista Alegre.

Por sua vez, a Estação Vista Alegre obteve as segundas maiores temperaturas no período da tarde, ficando abaixo somente da Estação Caieiras e durante o período da noite, madrugada e início da manhã, teve comportamento intermediário, ou seja, não registrou as maiores nem menores temperaturas dentre as estações analisadas.

Esta estação está localizada em ambiente com aspectos tanto urbanos, quanto naturais, sofrendo influência destes tipos de uso e ocupação (Figura 37).

Figura 37: Imagem de satélite com panorama local da Estação Amostral 05 – Vista Alegre



Fonte: Google Earth Pro, 2022.

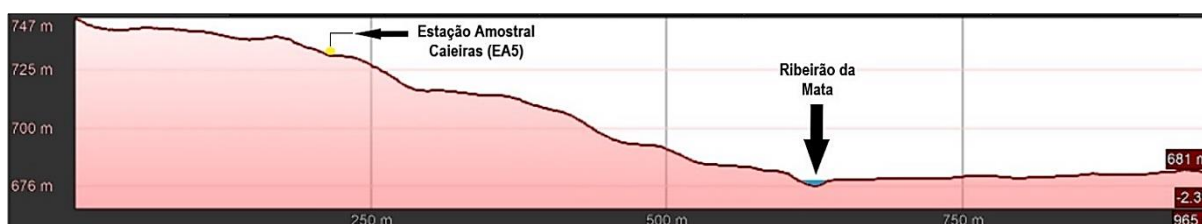
Segundo a figura 37 é possível identificar a EA05 está enquadrada no contexto de uso diversificado, no qual é possível notar indústrias, áreas não vegetadas, áreas de conservação, bem como áreas residenciais. Nota-se que a Estação Vista Alegre, quando comparada às estações Boa Vista e Pouso Alegre, registrou maiores temperaturas entre os horários 12h e 15h, aproximadamente, o que possivelmente tem relação com suas características periurbanas, uma vez que o tecido vegetal fragmentado ou contínuo, e até mesmo as áreas descampadas presentes em seu entorno, não são bons conservadores de calor, favorecendo a entrada da irradiação solar e perda da irradiação terrestre (calor) rapidamente, além de resultar em aquecimento do ar em horários de maior insolação e diminuição da temperatura durante a noite e início da manhã. Pontua-se que quanto mais variado o uso e ocupação da terra, maiores são as chances de surgimento de gradientes de pressão, que faz com que o ar se desloque e crie ventos que, por sua vez, dispersa o calor e umidade, melhorando as condições de conforto térmico e higrométrico.

Já a Estação Amostral Caieiras apresenta, em linhas gerais, as menores temperaturas de toda a série nas primeiras horas dos dias considerando os gráficos apresentados na Figura 31, ficando acima apenas da Estação Angicos e durante a tarde aquece de modo a obter as maiores temperaturas diárias (salvo exceção do dia 07/10/2020). Tal comportamento indica que este ponto possui grande potencial

de receber e dissipar calor, o que resultou em uma amplitude térmica média de 19,2 °C neste segmento analisado.

Estes aspectos possuem relação com a localização da estação amostral que a 734 metros de altitude, encontra-se localizada em uma vertente voltada para oeste pertencente à bacia do Ribeirão da Mata (FIG.38) que favorece a chegada da irradiação solar por meio de radiação direta a partir do período de 11h e 12h, aproximadamente, facilitando a dissipação do calor gerado, resultando em grandes diminuições de temperatura noturna na ausência de radiação solar direta.

Figura 38: Localização da Estação Amostras Caieiras (EA04) no contexto de uma vertente da microbacia do Ribeirão da Mata



Fonte: Google Earth Pro, 2022.

Sobre os valores de umidade relativa do ar (FIG.31) nota-se que eles variam conforme a mudança de temperatura, medindo valores mais altos durante a madrugada e início da manhã e os mais baixos durante o período da tarde, o mais quente do dia. Este comportamento é explicado pela relação entre temperatura e umidade, na qual se sabe que quanto maior a temperatura, maior será o espaço para as moléculas de água se movimentar no sistema, devido à menor densidade do ar, ou seja, são necessárias mais moléculas de vapor d'água para que o ar fique saturado resultando em menores valores de umidade relativa do ar. Como o ar frio é mais denso que o ar quente, quando há queda dos valores de temperatura, há o agrupamento das moléculas de água, portanto, um aumento de sua saturação revertendo-se em valores de umidade relativa mais altos. Ressalta-se que esta condição seja verdadeira quando não há introdução de vapor d'água no ambiente pela advecção do ar.

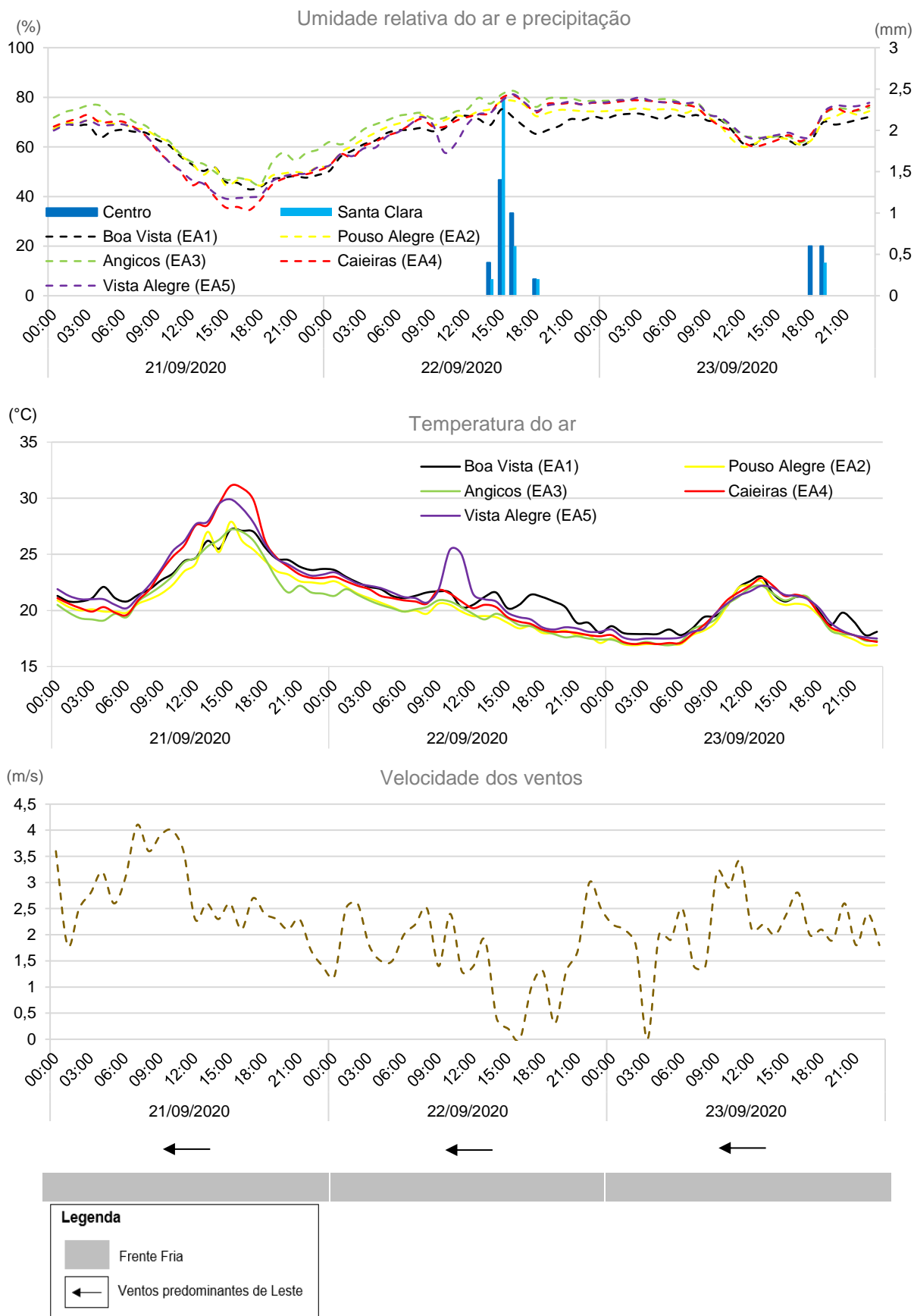
É importante salientar que durante este segmento, com o aumento considerável da temperatura, os valores de umidade relativa do ar ficaram, por muitas vezes, abaixo de 60%.

4.1.2.2 Análise horária dos dias 21 a 23 de setembro de 2020

Retomando a discussão apresentada anteriormente, é interessante analisar que em algumas situações, as médias diárias das estações se aproximaram podendo-se considerar que as condições atmosféricas atuantes diminuíram as variações dos atributos climáticos causadas pelas particularidades de cada ponto.

Tendo esta discussão como base, é relevante explorar o comportamento meteorológico horário identificado nos dias 21 a 23 de setembro de 2020 apresentado na Figura 39.

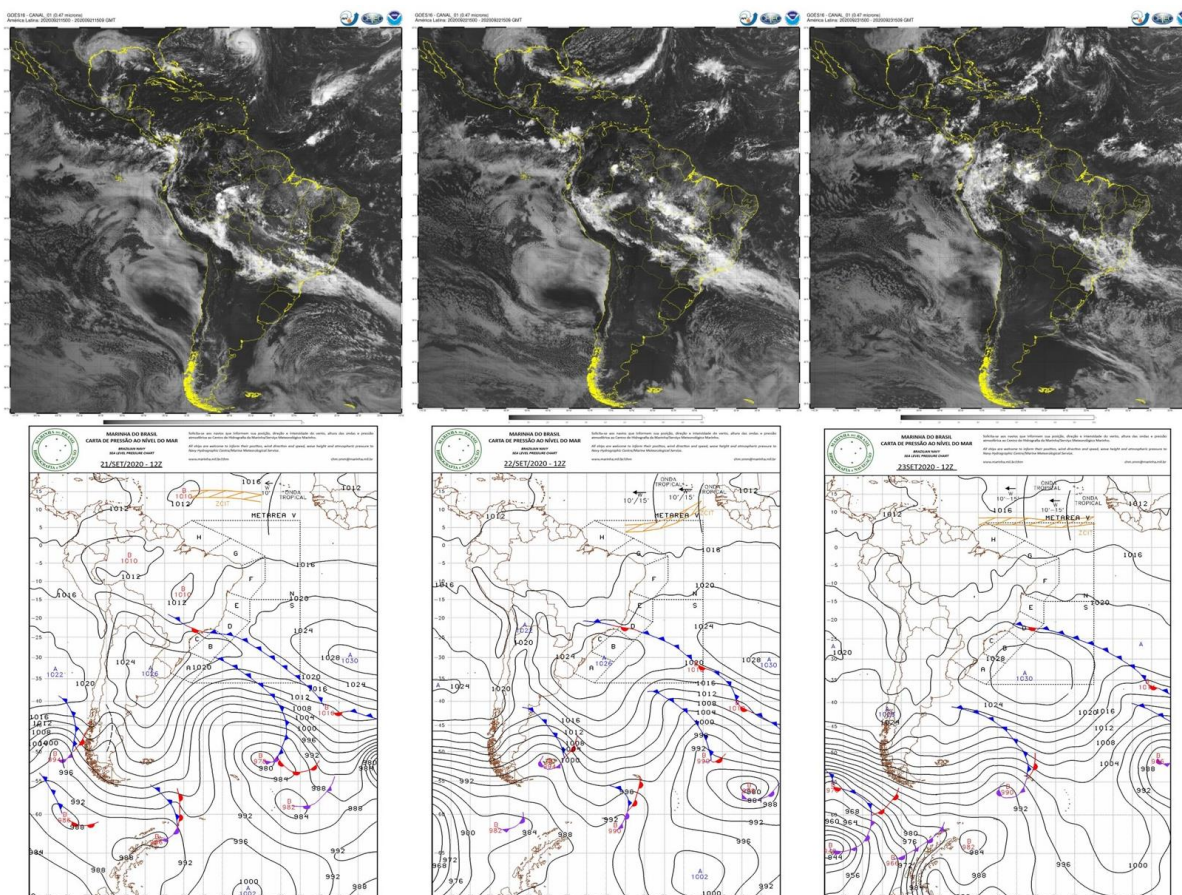
Figura 39: Gráfico do ritmo horário nos dias 21 a 23 de setembro de 2020



Fonte: Dados aferidos em campo, 2020; INMET, 2022.

Consoante a figura 39 e baseado nas imagens de satélite e cartas sinóticas (FIG. 40) da sequência em questão, identificou-se a ação de um sistema frontal que influenciou diretamente no comportamento das variáveis meteorológicas da região.

Figura 40: Imagens de satélite e cartas sinóticas dos dias 21, 22 e 23 de setembro de 2020



Fonte: CPTEC/INPE, 2022; MARINHA DO BRASIL, 2022.

Conforme a figura 40, nota-se que no dia 21 de setembro de 2020 há um avanço de uma frente fria em direção ao sudeste brasileiro, causando o fenômeno conhecido como aquecimento pré-frontal, propiciando concentração de ar quente na região, como explicado anteriormente.

Sob a atuação do sistema pré-frontal, a temperatura das estações amostrais aumenta, evidenciando significativas diferenças entre estas. À medida que este sistema avança e chega à região estudada, há um aumento da instabilidade gerado pela intensa camada de nuvens que gera instabilidade, chuvas e diminuição da temperatura a partir do dia 22 de setembro de 2020.

A alta nebulosidade contribui para o baixo saldo radiativo, uma vez que esta camada de nuvens diminui a chegada de radiação solar na superfície, o que, somado a evaporação d'água e redistribuição do calor pelo vento, gera valores de temperatura baixos, aumenta a umidade relativa do ar e diminui as diferenças de tais variáveis entre os pontos analisados.

4.2 Período seco

4.2.1 Análise das médias gerais

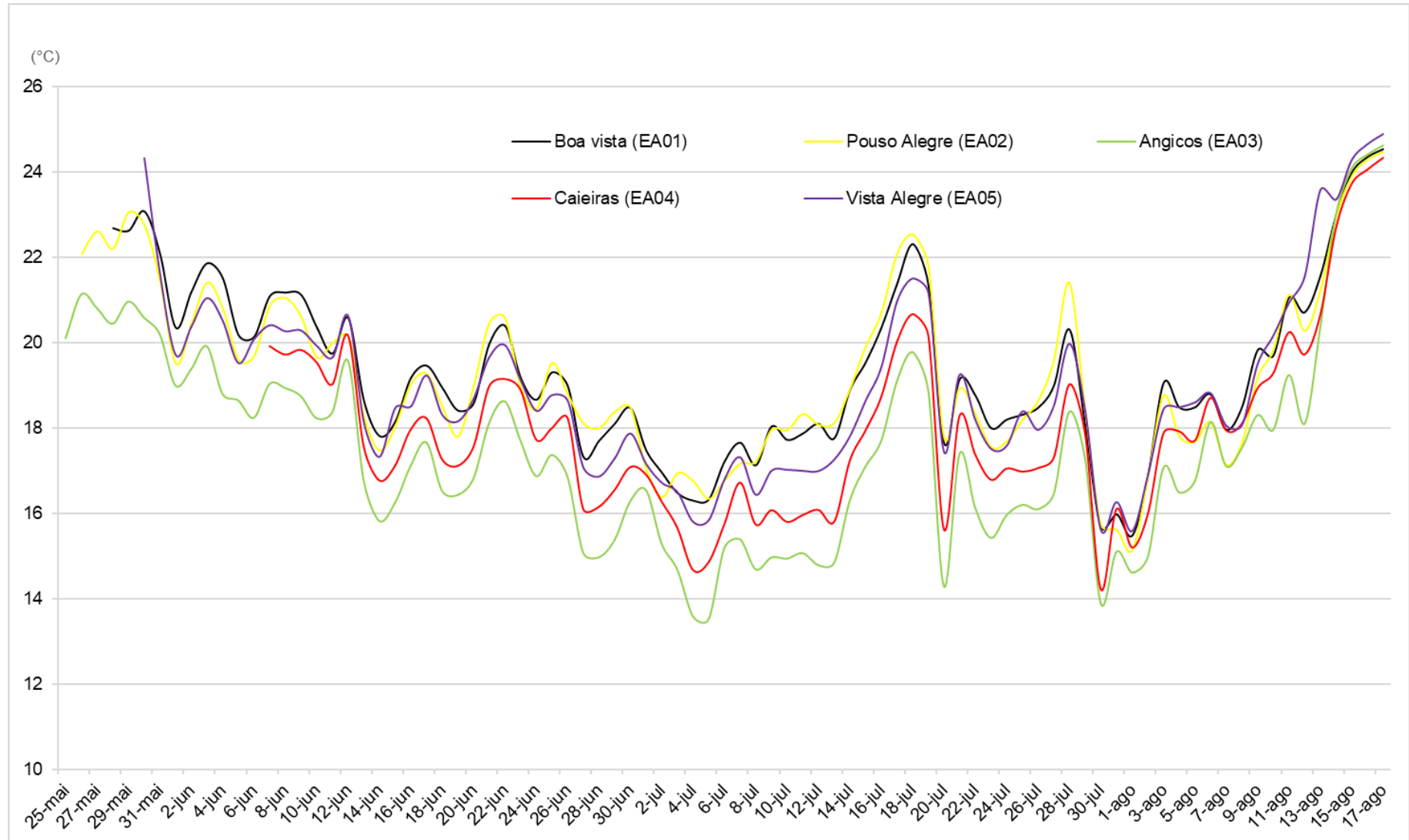
Visando abarcar o período seco/frio e sabendo que o período tal período, no que tange o município de Vespasiano, compreende aos meses de abril a setembro, o campo 02 foi realizado entre os dias 25 de maio a 17 de agosto de 2021.

A tabela 10 e a figura 41 apresentam as médias dos dados gerais de temperatura dos dados extraídos das estações amostrais no período do campo 02, auxiliando em um primeiro momento a compreender as diferenças de aquecimento e resfriamento destes ambientes.

Tabela 10: Médias gerais de temperatura nas estações amostrais no campo 02 (25 de maio a 17 de agosto de 2021)

Estações Amostrais (EA)	Temperatura (°C)
Boa Vista (EA01)	19,4
Pouso Alegre (EA02)	19,3
Angicos (EA03)	17,5
Caieiras (EA04)	18,0
Vista Alegre (EA05)	19,0

Fonte dos dados: Dados aferidos em campo, 2021. Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

Figura 41: Gráfico de médias de temperatura diárias dos dias 25 de maio a 17 de agosto de 2021 (Campo 02)

Fonte dos dados: Dados aferidos em campo, 2021. Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

Consoante aos dados amostrados na tabela 10 e figura 41 as estações Boa Vista (EA01), Pouso Alegre (EA02) e Vista Alegre (EA05), tiveram comportamentos médios de temperatura próximos, registrando as maiores médias gerais, 19,4 °C, 19,3 °C e 19,0 °C, respectivamente. As diferenças entre as médias diárias da EA01 e EA02 foram de no máximo 1,1 °C, enquanto as diferenças entre estas estações e a EA05 não superaram 2,4 °C. Por mais que estas diferenças diárias sejam significativas, nota-se que em várias situações os valores medidos entre as estações são próximos, especialmente entre a EA01 e EA02. Ressalta-se que tais estações apresentam os valores de temperatura média mais altos da série.

Conforme já identificado no campo 01, estas estações amostrais estão localizadas em áreas predominantemente urbanas, ou periurbanas, o que reforça a influência que o uso da terra na variação dos atributos climáticos estudados nesta pesquisa.

Conforme discutido anteriormente, ambientes urbanizados possuem boa capacidade de armazenar calor, assim como também possui a competência de produzi-lo, uma vez que possuem componentes disponíveis em sua configuração que favorecem tais processos. Como destacado por Geiger *et. al.* (1995), as transformações paisagísticas provenientes da urbanização alteram o balanço de energia de uma superfície, o que pode ocasionar mudanças na capacidade de recepção de radiações de ondas curtas e de ondas longas, mudanças na radiação líquida e trocas radiativas da superfície. Considerando que, segundo OKE *et. al.* (2017), o albedo médio em regiões urbanas é de 0,14%, conclui-se que tais áreas possuem baixa capacidade de reflexão de radiação solar e portando tendem a reter muito calor, fatores que somados contribuem para que as estações Boa Vista, Pouso Alegre e Vista Alegre apresentem maiores temperaturas em relação as demais.

Há de se destacar que, como constatado na análise horária do Campo 01, estes pontos possuem outras variáveis que os influenciam, como a configuração do relevo, que principalmente na EA01 possui papel fundamental na explicação dos atributos climáticos, dado que a posição da vertente favorece a chegada de ondas longas durante boa parte do período de insolação.

A estação EA03, localizada no bairro Angicos, manteve a tendência identificada no campo do período chuvoso, no qual apresentou a menor média de temperatura geral

dentre os pontos analisados (17,5 °C) assim como as menores médias diárias, seguida pela Estação Caieiras (EA04), com média geral de 18,0 °C. Esta estação localiza-se em áreas cujos componentes superficiais são em sua maioria, vegetação arbórea e pastagem. A EA04, por sua vez, está inserida no contexto urbano da porção central do município de Vespasiano. Estas duas estações apresentaram os maiores valores de amplitude térmica medidos na série de dados com 14,3 °C (EA03) e 13,9 °C (EA04), o que indica que as mesmas possuem boa capacidade de absorver e refletir calor, o que será debatido ao longo desta análise.

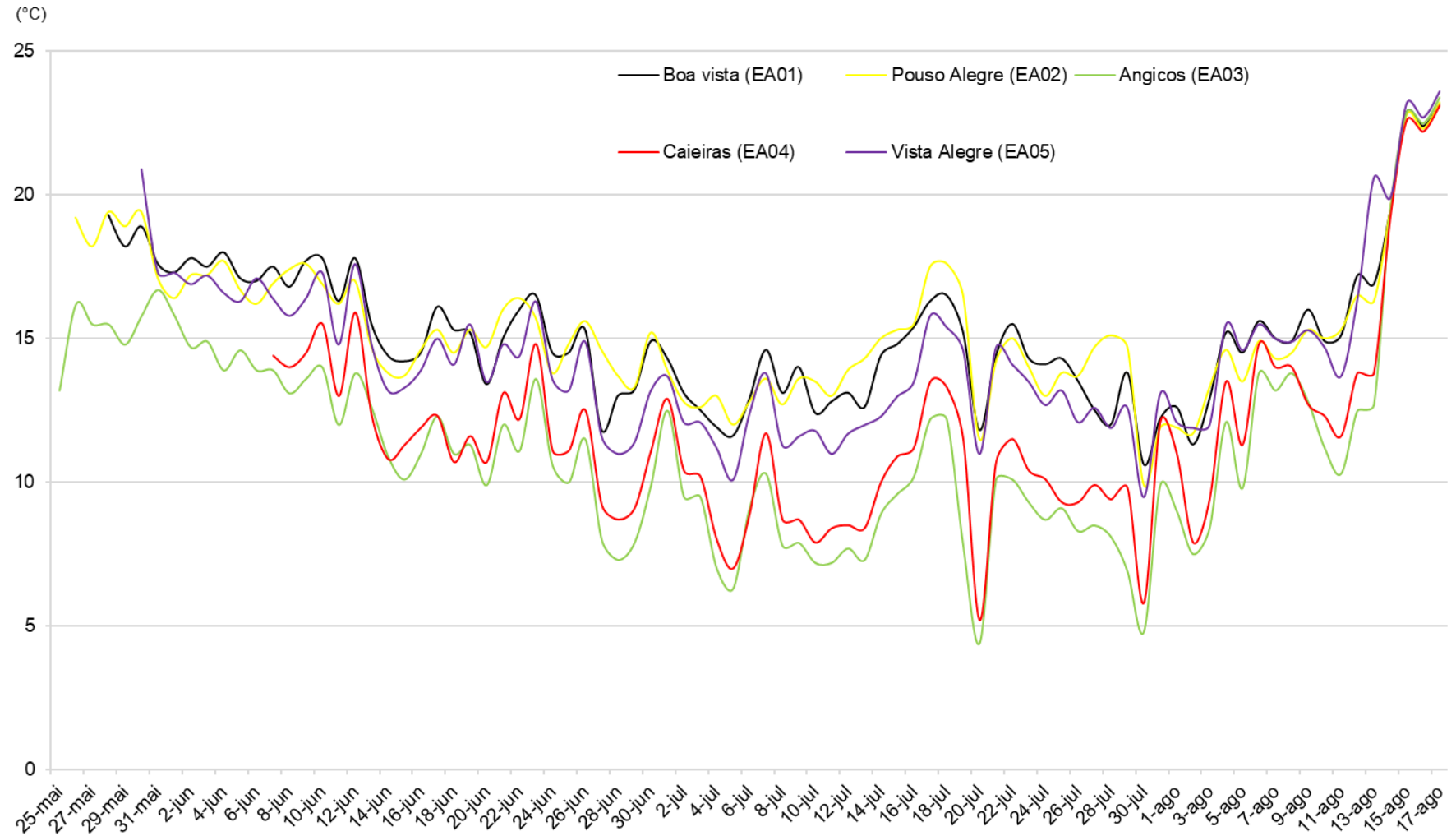
A tabela 11 apresenta os valores de temperatura médios das máximas e das mínimas no período total analisado, bem como os valores absolutos, o desvio padrão e amplitude térmica dos pontos. As figuras 42 e 43 apresentam a variação média das máximas e mínimas ao longo dos dias.

Tabela 11:: Valores médios e absolutos das temperaturas mínimas e máximas nas estações amostrais no Campo 02 (25 de maio a 17 de agosto de 2021)

Estações Amostrais (EA)	Média das temp. mín (°C)	Médias das temp. máx. (°C)	Desvio Padrão (°C)	Amplitude térmica média (°C)	Temp. mín. absoluta (°C)	Temp. máx. absoluta (°C)
Boa Vista (EA01)	15,2	25,1	2,0	9,9	10,6	29,1
Pouso Alegre (EA02)	15,3	25,8	2,0	10,5	9,9	30,1
Angicos (EA03)	11,4	25,7	2,4	14,3	4,4	30,3
Caieiras (EA04)	11,7	25,6	2,1	13,9	5,2	29,7
Vista Alegre (EA05)	14,5	25,0	2,1	10,5	9,5	30,0

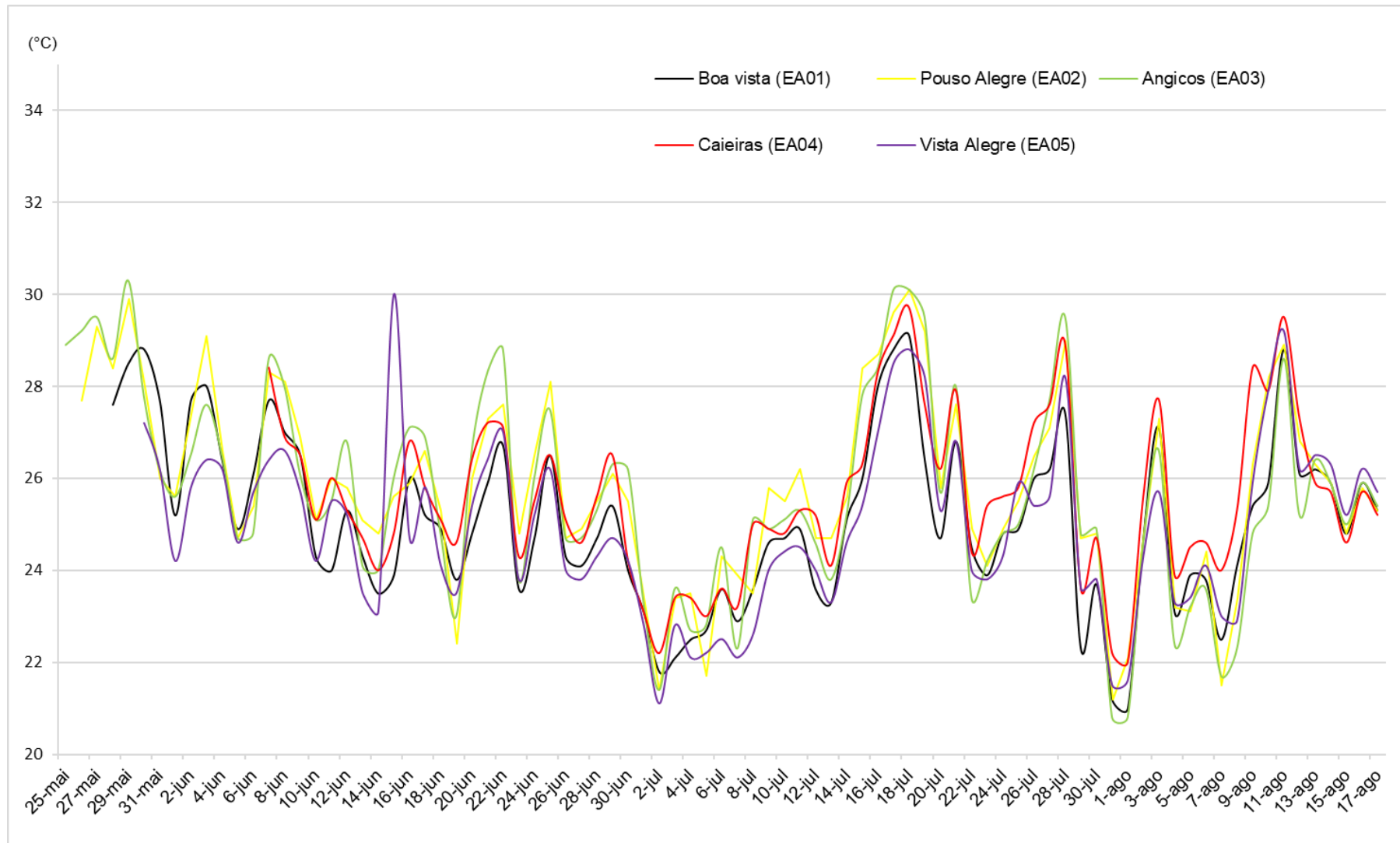
Fonte dos dados: Dados aferidos em campo, 2021. Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

Figura 42: Gráfico de temperaturas mínimas absolutas entre os dias 25 de maio a 17 de agosto de 2021 (Campo 02)



Fonte dos dados: Dados aferidos em campo, 2021. Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

Figura 43: Gráfico das temperaturas máximas absolutas entre os dias 25 de maio a 17 de agosto de 2021 (Campo 02)



Fonte dos dados: Dados aferidos em campo, 2021. Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

A estação Angicos (EA03) mostrou as menores médias de temperatura mínima de 11,4 °C, seguido pela Estação Caieiras (EA04), cuja média foi de 11,7 °C. Se tratando de médias das máximas, estas estações apresentaram valores aproximados, medindo 25,7 °C (EA03) e 25,6 °C (EA04). Ressalta-se que acompanhadas da Estação Pouso Alegre, que obteve 25,8 °C de valores máximos médios, estas estações apresentaram as maiores médias máximas de toda a campanha do período seco.

A partir dos valores médios apresentados acerca das estações amostrais 03 e 04, somado ao fato de que estas estações possuem os maiores valores de amplitude térmica, 14,3 °C e 13,9 °C, respectivamente, e de desvio padrão (2,4 °C para a EA03 e 2,1 °C para a EA04). Concluindo-se, portanto, que estes pontos possuem como características intenso aquecimento durante o dia e forte dissipação de calor à noite. Este aspecto está possivelmente ligado às características de ambiente natural, rural ou periurbano na qual está inserida a EA03 e pela participação do relevo na EA04.

Sabe-se que ambientes naturais, rurais e periurbanos possuem características diferentes de conservação e transmissão de calor, já que, como mencionado anteriormente, o tecido vegetal não é tão bom condutor e conservador de calor como os equipamentos encontrados em área urbana. Desta forma, nos períodos de maior insolação, o calor fica disponível no sistema destes ambientes e há, conseqüentemente, o aquecimento do ar e aumento da temperatura.

De forma geral, as estações Boa Vista (EA01) e Pouso Alegre (EA02) apresentaram as maiores médias de mínimas, 15,2 °C e 15,3 °C, respectivamente, além dos maiores valores mínimos absolutos diários da série de dados. Ressalta-se que a estação Vista Alegre (EA05) apresentou em alguns dias os valores mínimos absolutos maiores que os pontos supracitados, além de acompanhar a tendência da EA01 e EA02 de mínimas altas, apresentando 14,5 °C de mínimas médias. Esta tendência a maiores temperaturas mínimas, somada a valores altos de máximas, demonstra que estas duas estações possuem propensão ao registro de temperaturas mais elevadas. De forma geral, espaços urbanos favorecem o aumento de temperaturas mínimas, uma vez que esta variável é extremamente sensível às mudanças proporcionadas pelas interferências no uso da terra (ASSIS, 2010; MACHADO, 2016).

Se tratando de máximas, a estação Pouso Alegre (EA02) apresentou, em muitas ocasiões, os valores mais altos da série de dados, intercalando com a estação Angicos (EA03) e a estação Caieiras (EA04).

Entretanto, é de suma importância salientar que, embora as estações apresentem diferenças no padrão de aquecimento e resfriamento ao longo dos dias, os valores médios das máximas foram próximos, registrando o menor no bairro Vista Alegre com 25,0 °C e o maior no bairro Pouso Alegre 25,8°C. Os demais pontos tiveram médias de 25,1 °C (Boa Vista), 25,7°C (Angicos) e 25,6 °C (Caieiras).

Destaca-se que no dia 15 de junho de 2021, a estação Vista Alegre apresentou valor máximo de 30 °C durante o horário de 12h, o que destoou tanto dos valores medidos em outros horários nesta mesma estação, quanto dos valores mensurados em outras estações para o mesmo horário, já que elas não registraram valores acima de 23,5 °C e das medições da própria estação. Desta forma, infere-se que houve algum evento anômalo que culminou em tal dissonância de temperatura.

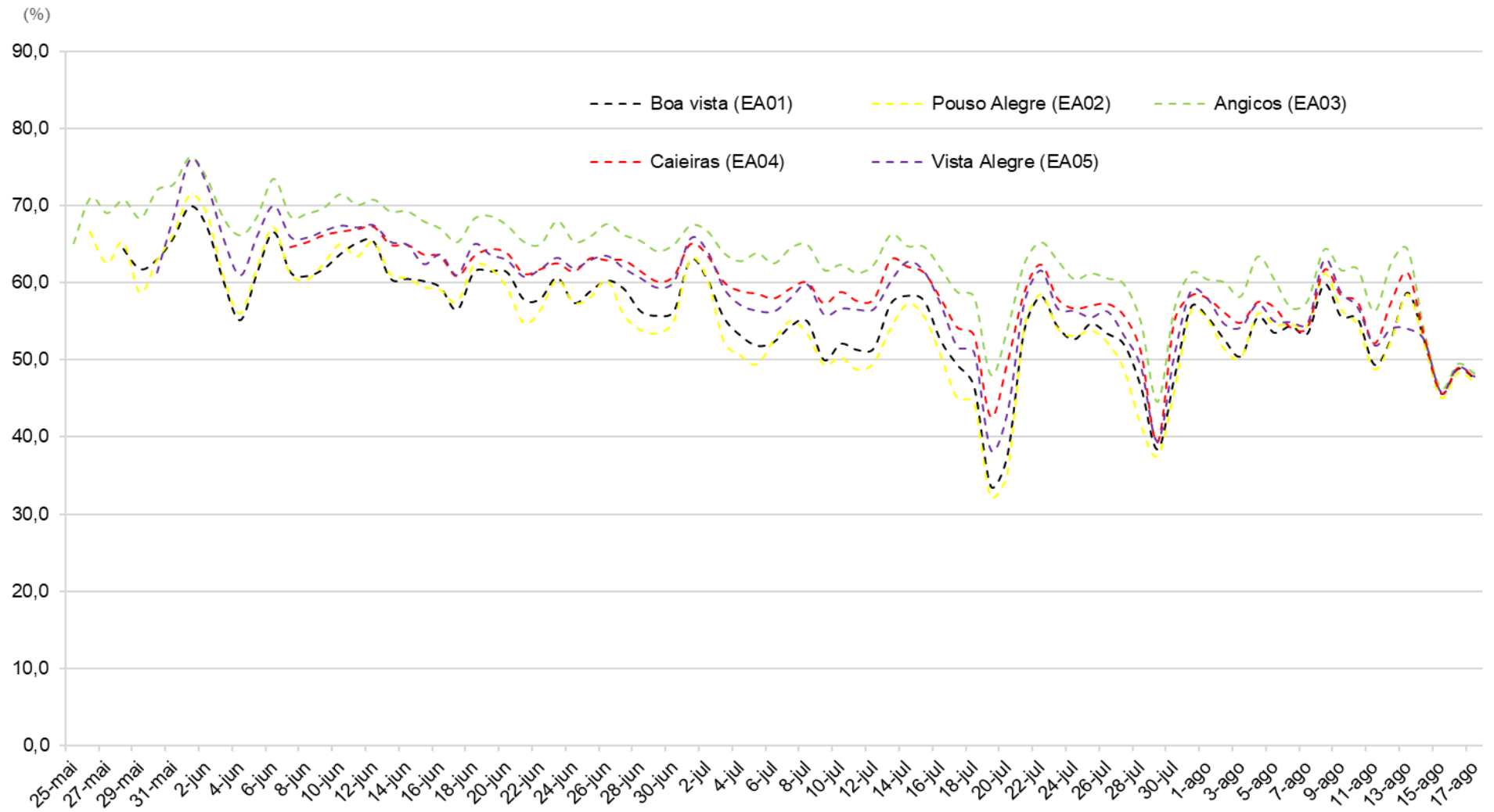
Quanto aos valores de umidade relativa do ar (UR), a tabela 12 apresenta os valores médios, máximos e mínimos no período total analisado, bem como os valores absolutos e o desvio padrão dos pontos. As figuras 44, 45 e 46 apresentam a variação média geral e média das máximas e mínimas ao longo dos dias. Tais informações são extremamente importantes para que se possa conhecer a capacidade destes ambientes de reter o vapor d'água nas condições atmosféricas do período de outono-inverno.

Tabela 12: Análise estatística dos valores de umidade relativa nas estações amostrais no Campo 02 (25 de maio a 17 de agosto de 2021)

Estações Amostrais (EA)	Média geral de UR (%)	Média das UR mínimas (%)	Médias das UR máximas (%)	Desvio Padrão (%)	UR mínima absoluta (%)	UR máxima absoluta (%)
Boa Vista (EA01)	56	38	70	6	12	78
Pouso Alegre (EA02)	55	38	69	7	11	80
Angicos (EA03)	64	41	81	6	16	88
Caieiras (EA04)	59	36	77	6	11	85
Vista Alegre (EA05)	59	41	75	7	13	87

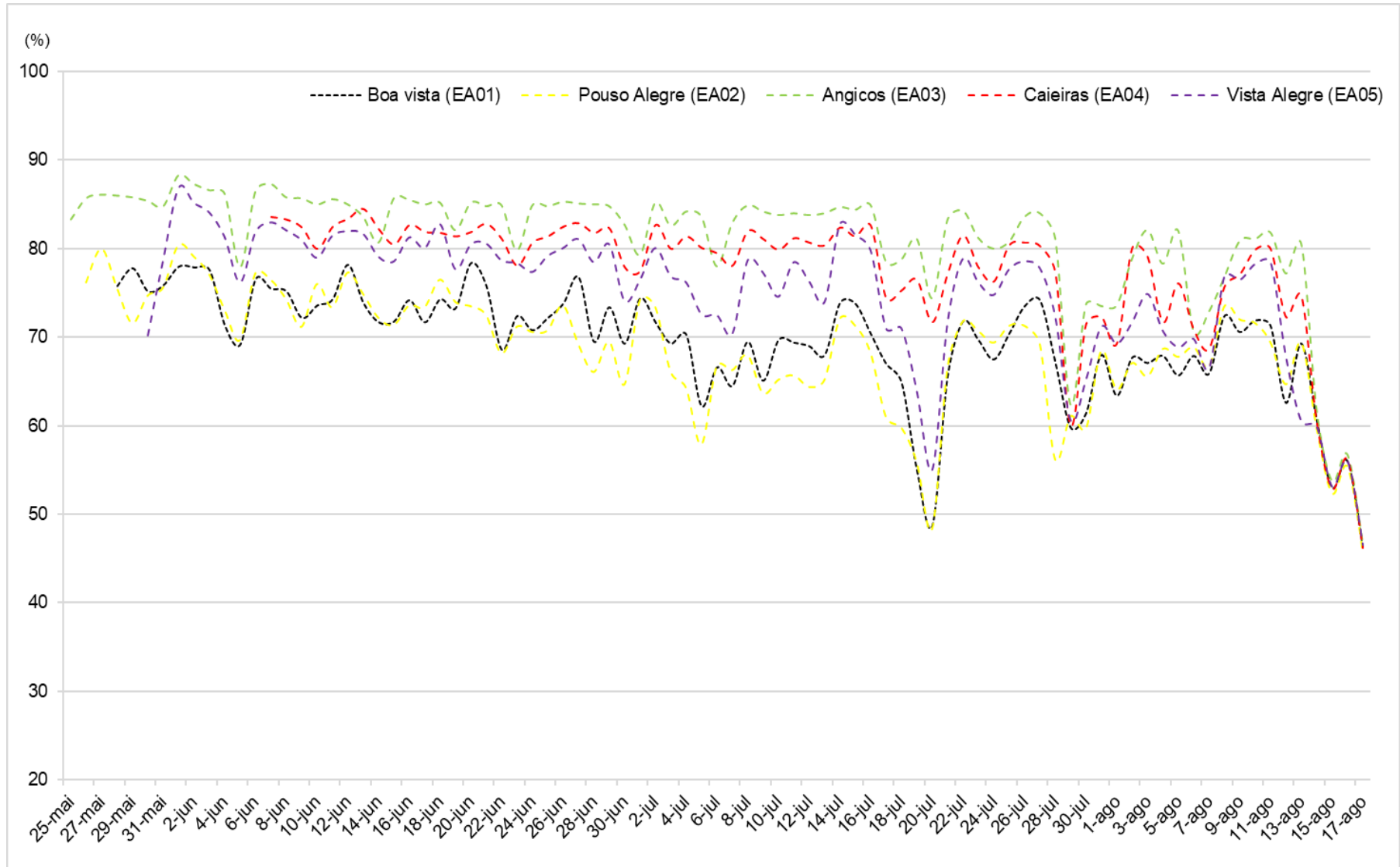
Fonte: Dados aferidos em campo, 2021 Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

Figura 44: Gráfico de valores médios diários de umidade relativa do ar entre os dias 25 de maio e 17 de agosto de 2021 (Campo 02)



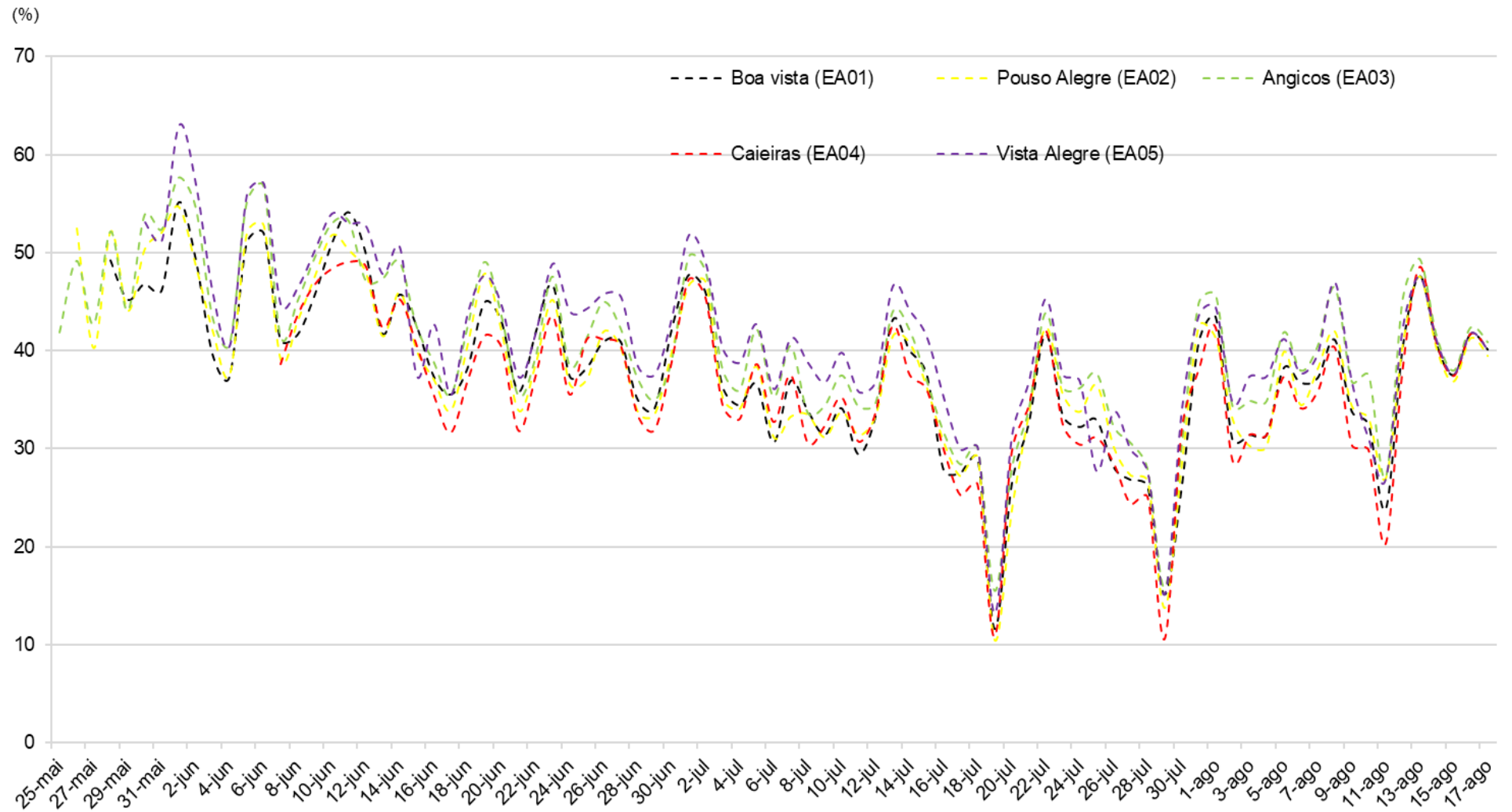
Fonte dos dados: Dados aferidos em campo, 2021. Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

Figura 45: Gráfico de valores máximos absolutos diários de UR entre os dias 25 de maio e 17 de agosto de 2021 (Campo 02)



Fonte dos dados: Dados aferidos em campo, 2021. Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

Figura 46: Gráfico de valores mínimos absolutos diários de UR entre os dias 25 de maio e 17 de agosto de 2021 (Campo 02)



Fonte dos dados: Dados aferidos em campo, 2021. Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

Conforme a tabela 12, se tratando de médias de umidade relativa (UR) mínimas, os pontos apresentaram, de certa forma, valores próximos com no máximo 5% de diferença entre eles. A estação Caieiras apresentou a menor média das mínimas (36%) e as estações Angicos e Vista Alegre os valores mais altos desta variável, 41%.

Quanto às médias de UR máximas, o ponto Angicos apresentou média mais alta, 81%, seguido do ponto Caieiras, 77%. As médias das máximas mais baixas foram atingidas pelo ponto Pouso Alegre, 69% e Boa Vista, que registrou 70%.

Em suma, de acordo com discussão anterior, a variação dos valores de umidade relativa do ar possui relação proporcional a variação da temperatura, uma vez que quanto maior a temperatura, maior será o espaço para as moléculas de água se movimentarem no sistema, devido a menor densidade do ar, ou seja, são necessárias mais moléculas de vapor d'água para que o ar fique saturado. Quando há valores mais baixos de temperatura, o ar torna-se mais denso, portanto, necessita de menor número de moléculas de água agrupadas para saturar o ar.

Destaca-se também que estes dados corroboram a análise anterior sobre o comportamento de UR da estação Angicos, indicando que devido a sua característica de uso e ocupação ser predominantemente rural, este ponto possui as maiores médias de UR. Além de apresentar a maior média de UR, apresentou o maior valor de UR mínima absoluta (16%) e maior valor de UR máxima absoluta 88%, incluindo valores máximos mais altos que os demais pontos em quase todos os dias. Isso porque a presença de remanescentes florestais e remanescentes naturais neste ambiente contribui significativamente para o processo de evapotranspiração que se dá pela evaporação de água do solo e transpiração das plantas que juntas liberam vapor d'água aumentando a umidade relativa do ar.

Segundo as figuras 45 e 46 as estações Boa Vista e Pouso Alegre expuseram os menores valores de temperaturas mínimas e máximas absolutas diárias. Dito isso, percebe-se que as estações localizadas em ambientes urbanos possuem menores valores UR o que é explicado pela relação intrínseca da temperatura e umidade e pelos componentes encontrados em tais locais, os quais possuem pouca capacidade de gerar umidade.

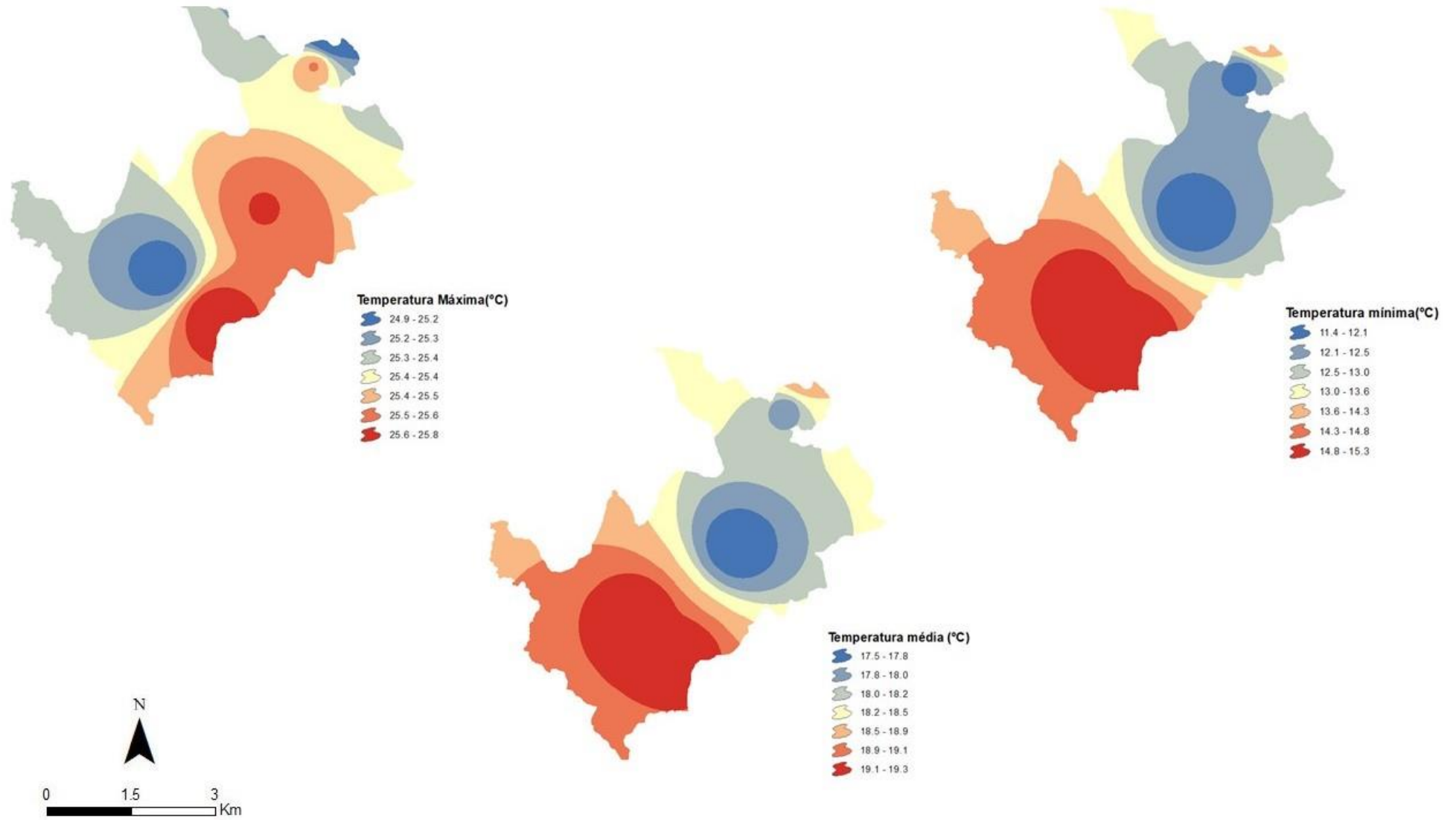
Se tratando de valor médio, as estações amostrais localizadas no bairro Caieiras (EA04) e Vista Alegre (EA05) foi idêntico, 59%, e as estações Boa Vista (EA01) e Pouso Alegre (EA02) por sua vez, mediram valores médios próximos, 56% e 55%, respectivamente.

Ainda sobre umidade, a estação Caieiras possui a menor média das mínimas, 36%, e menor mínima absoluta em conjunto com a estação Pouso Alegre, 11%. No entanto, esta estação possui 77% de média máxima e 85% de máxima absoluta, o que indica que este ponto possui uma grande variação de UR, o que vai de encontro com a análise da temperatura para este local, a qual demonstrou que este possui grande capacidade de ganho e perda de calor.

Em relação aos valores de desvio padrão, as estações Boa Vista, Angicos e Caieiras obtiveram 6% para esta variável e as estações Pouso Alegre e Vista Alegre 7%. Tais valores, apesar de próximos, indicam que as duas últimas estações mencionadas possuem maior variação dos dados em relação à média.

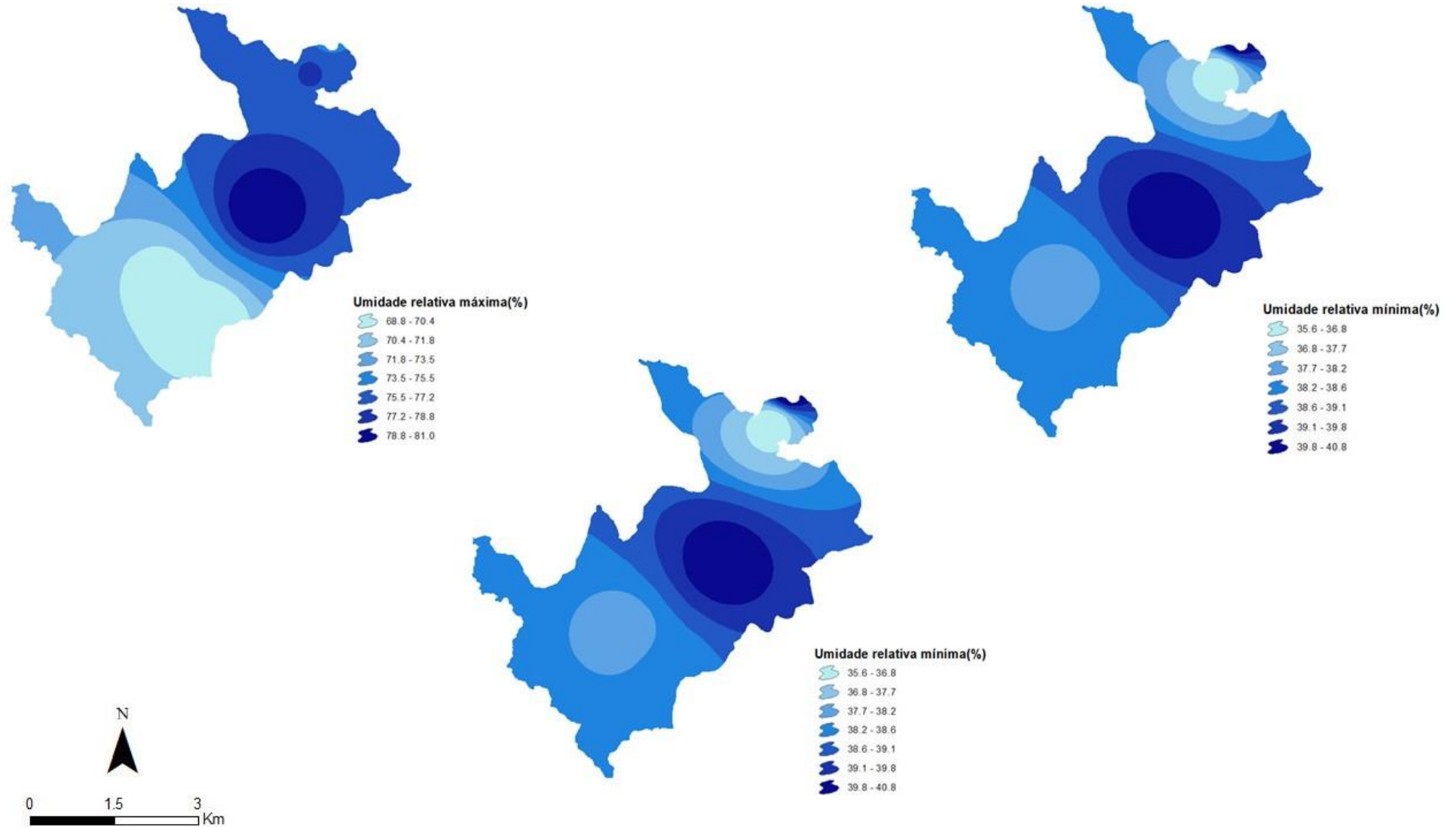
A figura 47 e 48 apresenta os valores de temperatura (médios, máximos e mínimos) e umidade relativa (médios, máximos e mínimos) interpolados para o campo 02. Nota-se que as temperaturas médias e mínimas mais baixas se encontram nas áreas correspondentes a porção geográfica central do município assim como no campo 01, entretanto as temperaturas máximas nessa área em conjunto com a porção sudeste são as mais elevadas. É interessante destacar também, que de acordo com a superfície de interpolação, a porção sul do município se mostrou mais homogênea do que o campo 01, apresentando as temperaturas mais altas. A respeito da umidade relativa do ar, a porção geográfica central apresenta os maiores valores e a porção norte apresenta os valores médios e mínimos mais baixos.

Figura 47: Valores de temperaturas máximas, mínimos e médios interpolados – Campo 02



Fonte: Datum Sirgas 2000: IBGE (2020). Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

Figura 48: Valores de umidade relativa do ar máximos, mínimos e médios interpolados – Campo 02



Fonte: Datum Sirgas 2000: IBGE (2020). Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

4.1.2 Condições atmosféricas e análise horária dos dados

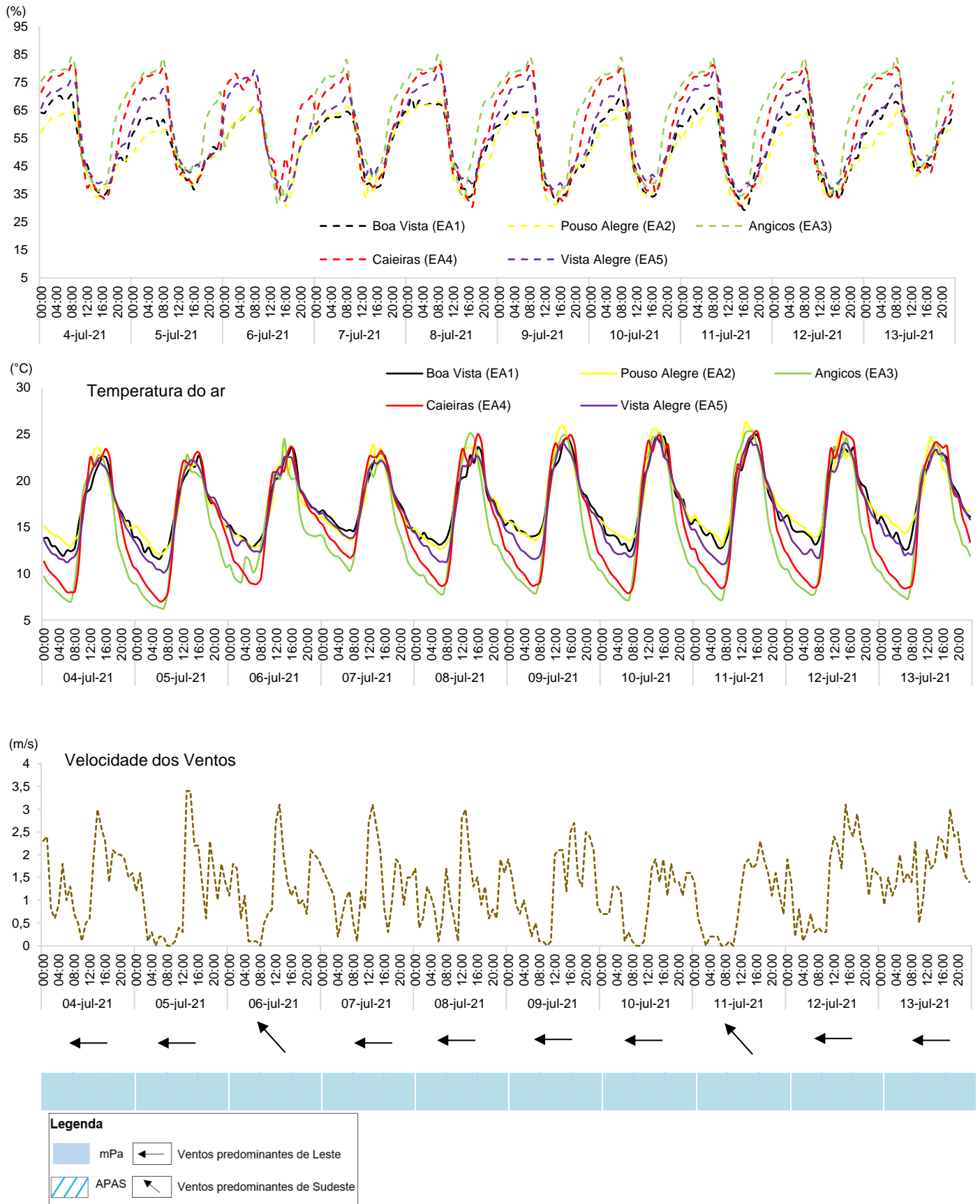
4.2.2 Condições atmosféricas e análise horária dos dados das estações amostrais

4.2.2.1 Análise horária dos dias 04 a 13 de julho de 2021

A partir da variação das temperaturas médias diárias ao longo do período de mensuração, percebe-se que o período entre 04 a 13 de julho de 2021, foi marcado por uma diminuição significativa de temperatura nos pontos analisados, resultando nos dias mais frios dentre os dados aferidos no campo 02. O mês de julho que corresponde ao inverno no hemisfério sul é caracterizado pela significativa diminuição do saldo energético e estabilidades sinóticas causadas pela ação dos anticiclones atuantes neste período.

A fim de representar os dados desta sequência de dias de forma didática foi confeccionado gráfico de análise rítmica que pode ser conferido na figura 49.

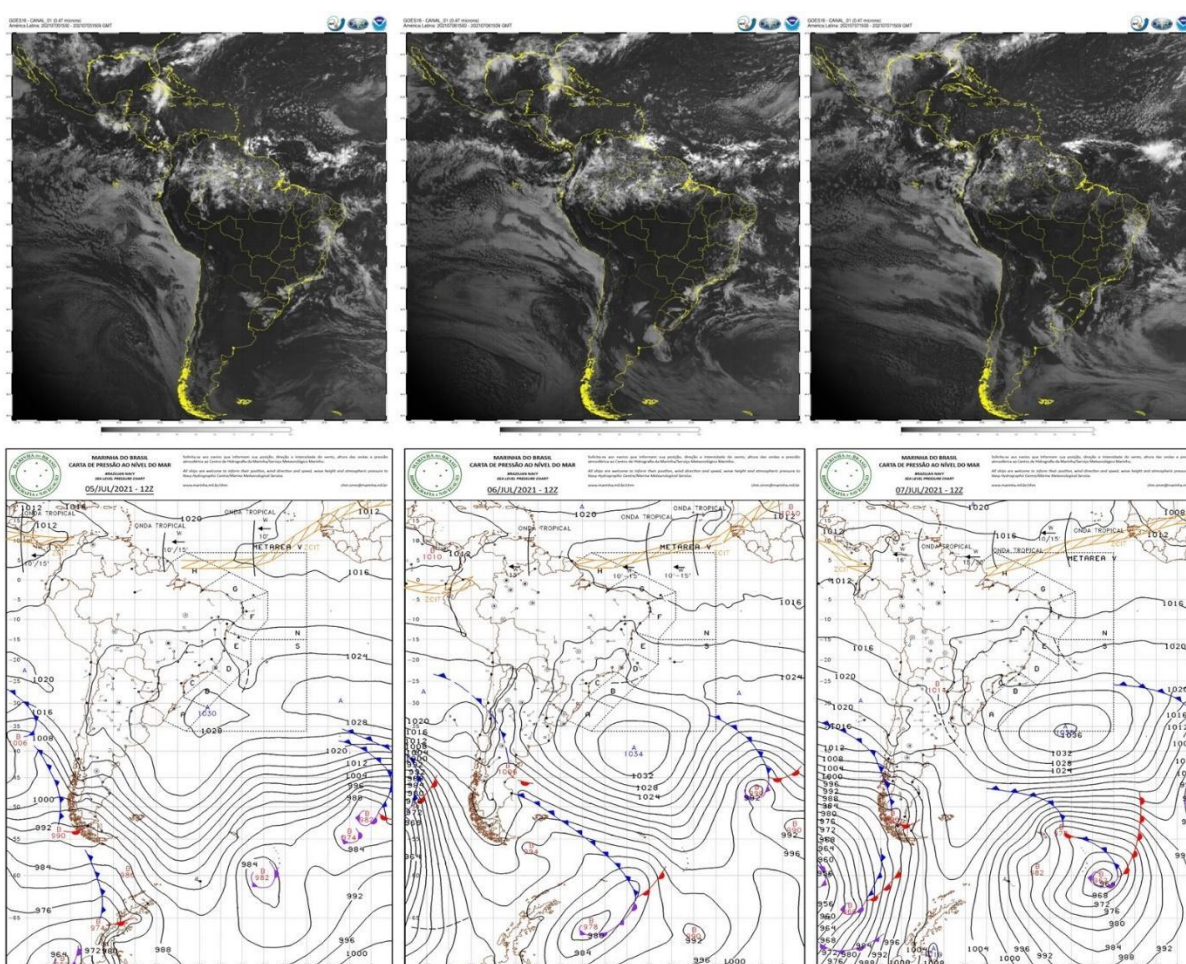
Figura 49: Gráfico de análise rítmica do período entre 04 e 13 de outubro de 2021



Fonte: Dados aferidos em campo, 2021; INMET, 2022.

No período dos dias 04 a 13 de julho, nota-se que os principais sistemas atmosféricos atuantes são o Anticiclone Polar do Atlântico Sul - APAS em conjunto com a massa polar do Atlântico Sul, sistemas de alta pressão atmosférica que atuam principalmente no período do inverno sul-americano. Tem como características principais ventos que se formam no sentido anti-horário e geram zonas de estabilidade atmosférica dificultando o avanço de novas frentes frias e inibindo a formação de outros núcleos de instabilidade (FIG. 50). Segundo dados do CEMADEN, não houve nenhum valor acumulado de chuva para este período.

Figura 50: Imagens de satélite e cartas sinóticas dos dias 05,06 e 07 de julho de 2021



Fonte: CPTEC/INPE, 2022; MARINHA DO BRASIL, 2022.

Sabendo que as áreas analisadas estão submetidas ao mesmo tipo de tempo atuante, tem-se como objetivo na análise horária dos dados, identificar as diferenças entre os pontos na tentativa de compreender suas especificidades.

Consoante ao gráfico de análise rítmica acima apresentado, nota-se que há significativa variação da velocidade dos ventos dentre os dias analisados, variando de

0 m/s a 3,4 m/s quando atingiram o pico de velocidade do segmento no dia 05 de julho às 14 horas (3,4m/s). Se tratando de dados médios, estes variaram de 0,9 m/s a 1,7 m/s.

Quanto a direção predominante dos ventos, de forma geral, estes foram do quadrante Leste, com alguns dias tendo como origem o Sudeste. A direção dos ventos está diretamente relacionada à atuação dos sistemas atmosféricos na porção leste do continente e Oceano Atlântico, onde no caso deste segmento de dias está associada a atuação do APAS em conjunto com a mPa.

Considerando os dados horários de temperatura aferidos em campo, nota-se que as estações amostrais possuem maiores diferenças entre si nos períodos noturnos e início da manhã. De forma geral, as estações Angicos (EA03) e Caieiras (EA04) apresentaram os menores valores de temperatura nestes horários, enquanto a estação Pouso Alegre (EA02) e Boa Vista (EA01) mediram as maiores temperaturas.

Durante o período da tarde, a temperatura dos pontos se aproxima na maior parte dos dias das estações Angicos (EA03), Caieiras (EA04) e Pouso Alegre (EA05), que mantiveram as maiores temperaturas nestes horários.

Durante a campanha 2, a característica periurbana da estação Angicos (EA03) ficou bastante evidente, uma vez que as temperaturas no período de maior insolação este ponto demonstrou, muitas vezes, uma das maiores temperaturas da série e em alguns dias deste segmento analisado a maior temperatura (06 e 08 de julho de 2021). Esta estação apresentou os menores dados médios de temperatura, 14,7°C, e a menor mínima absoluta de 6,3°C. Todavia, essa mesma estação apresentou a segunda maior máxima absoluta em conjunto com a estação Caieiras, 25,3°C, obtendo uma amplitude térmica de 19°C, o que indica que este ponto possui grande capacidade de absorver e liberar calor.

A estação Caieiras (EA04), que para este período obteve uma temperatura média de 15,8°C, também apresentou grande amplitude térmica, 18,3°C (mínima absoluta de 7°C e máxima absoluta de 25,3°C), situação semelhante àquela verificada no Campo 01, onde foi possível constatar a influência do relevo neste ponto, uma vez que se encontra em vertente voltada para oeste, favorecendo a chegada de radiação no período da tarde (período onde este local apresenta as maiores temperaturas), além

de facilitar a dissipação do calor durante o período da noite e madrugada/início da manhã, o que resulta em temperaturas baixas nestes horários.

A estação Pouso Alegre (EA02) e Boa Vista (EA01) apresentaram os maiores dados médios, 17,5°C e 17,4°, respectivamente. Estas estações também apresentaram os maiores mínimos absolutos, 12 °C (EA02) e 11,6 °C (EA01), o que nos indica novamente que estas estações possuem temperaturas mais elevadas em comparação com as outras. A EA02 também registrou o maior valor de máxima absoluta, 26,2°C, e a EA01, o segundo menor valor para esta variável, 24,9°C. Nota-se então que a estação Pouso Alegre possui maior amplitude térmica do que a estação Boa Vista, com 14,2°C e 13,3°C, respectivamente, o que indica que esta última conserva de melhor forma o calor durante o dia do que a primeira.

A estação Vista Alegre apresentou temperatura média de 16,7°C, além de 10,1°C de mínima absoluta e 24,5°C de máxima absoluta. Esta estação possui características intermediárias em comparação com as demais, ou seja, ela não apresenta o comportamento de maiores ou menores temperaturas. Este fato se dá provavelmente pela diversidade do uso e ocupação da terra neste local, que favorece a gênese de gradientes de pressão e deslocamento do ar, criando ventos que auxiliam na dispersão do calor e umidade.

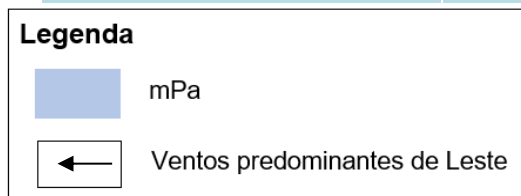
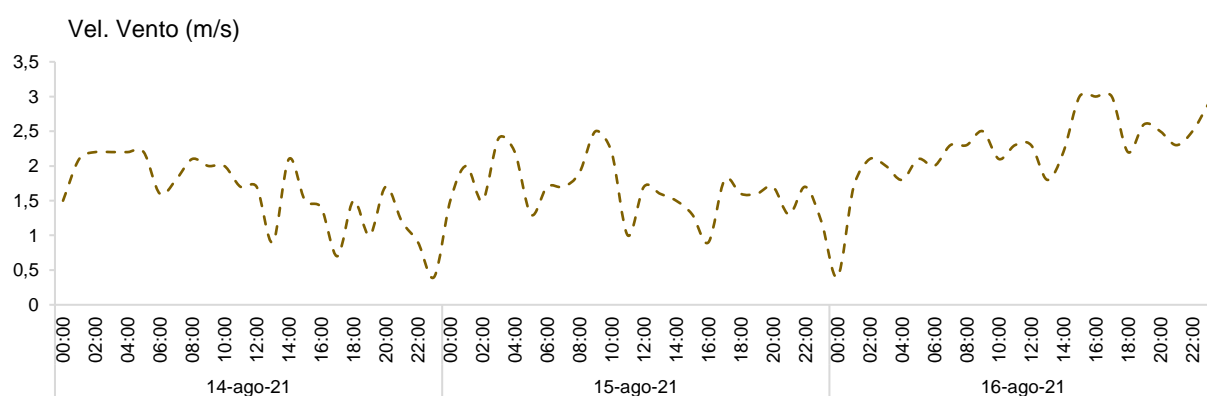
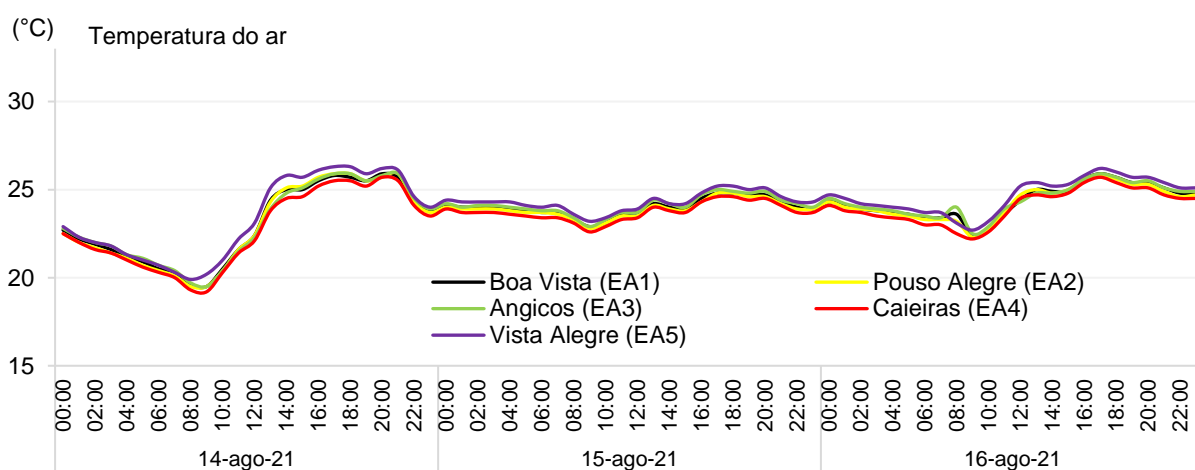
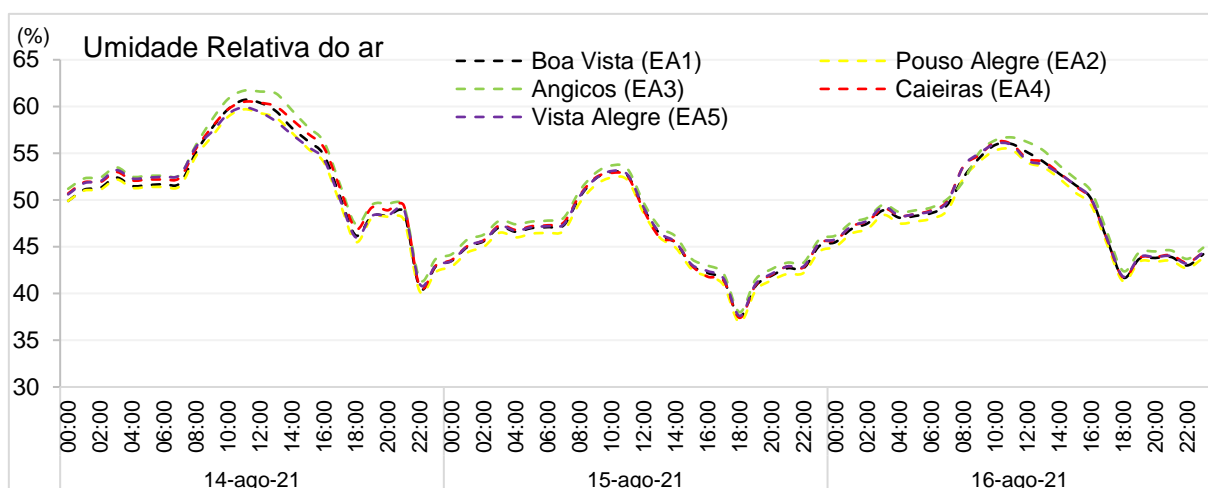
No que tange a umidade relativa do ar, durante a noite e madrugada, os valores de UR tiveram significativas entre os pontos, onde a EA03 e EA04 apresentaram as maiores porcentagens desta variável (62,2% e 59,4%, respectivamente) e a EA01 e EA02 os menores valores com 51,3% e 52,9%, respectivamente. A estação Vista Alegre apresentou valor médio de 57,5% e durante o período da tarde estes valores se aproximaram.

4.2.2.2 Análise horária dos dias 14 a 16 de agosto de 2021

Assim como no campo 01, no campo 02 também foram identificadas situações em que as condições atmosféricas atuantes resultaram na diminuição dos efeitos topo e microclimáticos de cada estação amostral, aproximando os valores verificados em campo, levando a uma situação de isoterminia.

Dito isso, é interessante investigar o comportamento sinótico horário identificado nos dias 14 a 16 de agosto de 2021 (FIG. 51).

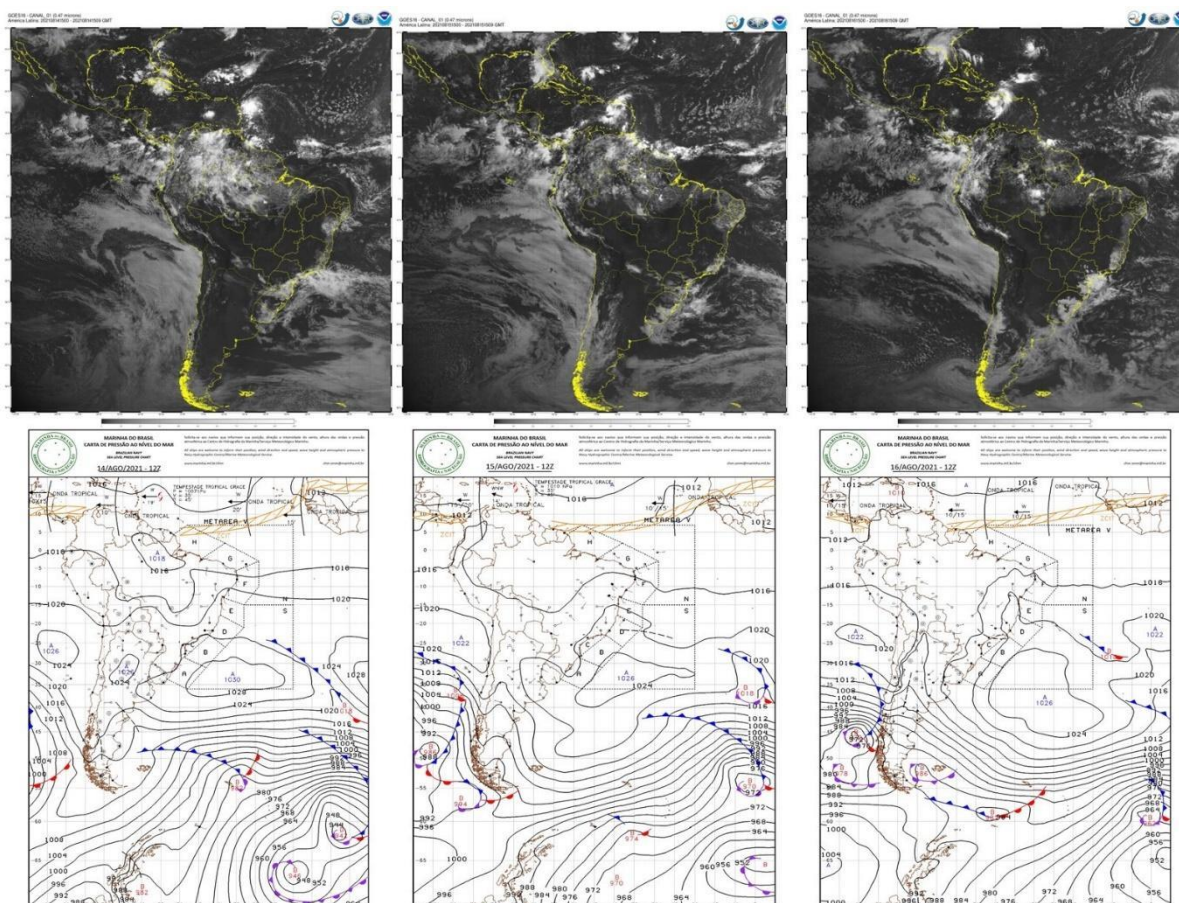
Figura 51: Gráfico do ritmo horário nos dias 14 a 16 de agosto de 2021



Fonte: Dados aferidos em campo, 2021; INMET, 2022.

Conforme a figura 51 e baseado nas imagens de satélite e cartas sinóticas (FIG.52) identificou-se a ação da massa Polar atlântica tropicalizada, ou seja, com valores de temperatura e umidade relativa do ar mais altas do que uma mPa comum. Isto acontece, porque durante seu deslocamento, essa massa adquire as características dos locais quentes e úmidos por onde passa.

Figura 52: Imagens de satélite e cartas sinóticas dos dias 14 a 16 de agosto de 2021



Fonte: CPTEC/INPE, 2022; MARINHA DO BRASIL, 2022.

De acordo com a figura 52 percebe-se que a atuação de um anticiclone na região Sudeste, cuja análise demonstrou ser a Massa Polar Atlântica de forma tropicalizada, uma vez que os pontos amostrais mediram temperaturas relativamente altas para o padrão natural da mPa. Este sistema é normalmente caracterizado pela queda de temperatura, estabilidade atmosférica e baixa umidade relativa do ar.

No caso do segmento analisado, nota-se que os valores de temperatura e umidade relativa do ar mantiveram valores próximos durante os dias 14 a 16 de agosto, o que foi gerado a partir da interação de um conjunto de fatores: saldo radiativo baixo em

razão do período de inverno, além do ganho e perda elevados de irradiação devido a situação de estabilidade. Estas características favorecem a ocorrência das seguintes situações:

(1) Situação de quase isoterma (igualdade de temperatura) assim que a mPa/APAS passa a atuar, já que, nessas condições, no início de ação do sistema, geralmente está frio, que é indicativo de baixo saldo de calor, além de dispersão desse saldo pelos ventos, o que resulta em pouco energia para o estabelecimento de diferenças de temperatura.

(2) Na medida em que o tempo passa, a mPa/APA se tropicaliza, aumentando o saldo de calor no ambiente. Com o maior saldo de calor somados as características antropogênicas (fontes ativas e passivas) reforça a elevação de temperatura nas estações amostrais.

4.3 Unidades climáticas: propostas com base na evolução temporal dos atributos climáticos

A partir dos dados de temperatura e umidade relativa do ar coletados no campo 01 e 02, em conjunto com o modelo digital de elevação, curvas de níveis e declividade, assim como o mapa de uso e ocupação da terra, foi possível delimitar unidades meso e topoclimáticas no município de Vespasiano - MG.

Inicialmente, é importante destacar que as unidades climáticas do Campo 01 foram propostas com base nos dados registrados no período úmido do município de Vespasiano, demonstrando relação divergente ao comportamento das variáveis climáticas registrados na campanha 2, período seco.

Outra variável a ser lembrada é que as unidades climáticas não possuem limites rígidos, e que entre estas, podem ser encontrados aspectos difusos que não seriam suficientes para encaixar tais áreas nos topoclimas que a cercam. Portanto, estes locais foram definidos como “topoclimas de transição” tanto na proposta de unidades climáticas do campo 01, quanto na proposta do campo 02, por possuírem características das duas unidades que as cerca.

Diante disso, os itens abaixo apresentam as propostas de unidades climáticas para o período úmido e seco, bem como suas principais características e definições.

4.3.1 Unidades climáticas - Período chuvoso

No campo realizado entre os dias 17 de setembro a 18 de dezembro de 2020 - Campo 01 foram definidas três unidades mesoclimáticas e cinco unidades topoclimáticas, (além de topoclimas de transição), cujas principais características estão descritas na tabela 13, conforme a variação dos atributos climáticos e características físicas de cada local. A representação cartográfica das unidades meso e topoclimáticas referentes ao campo 01 encontram-se na figura 53.

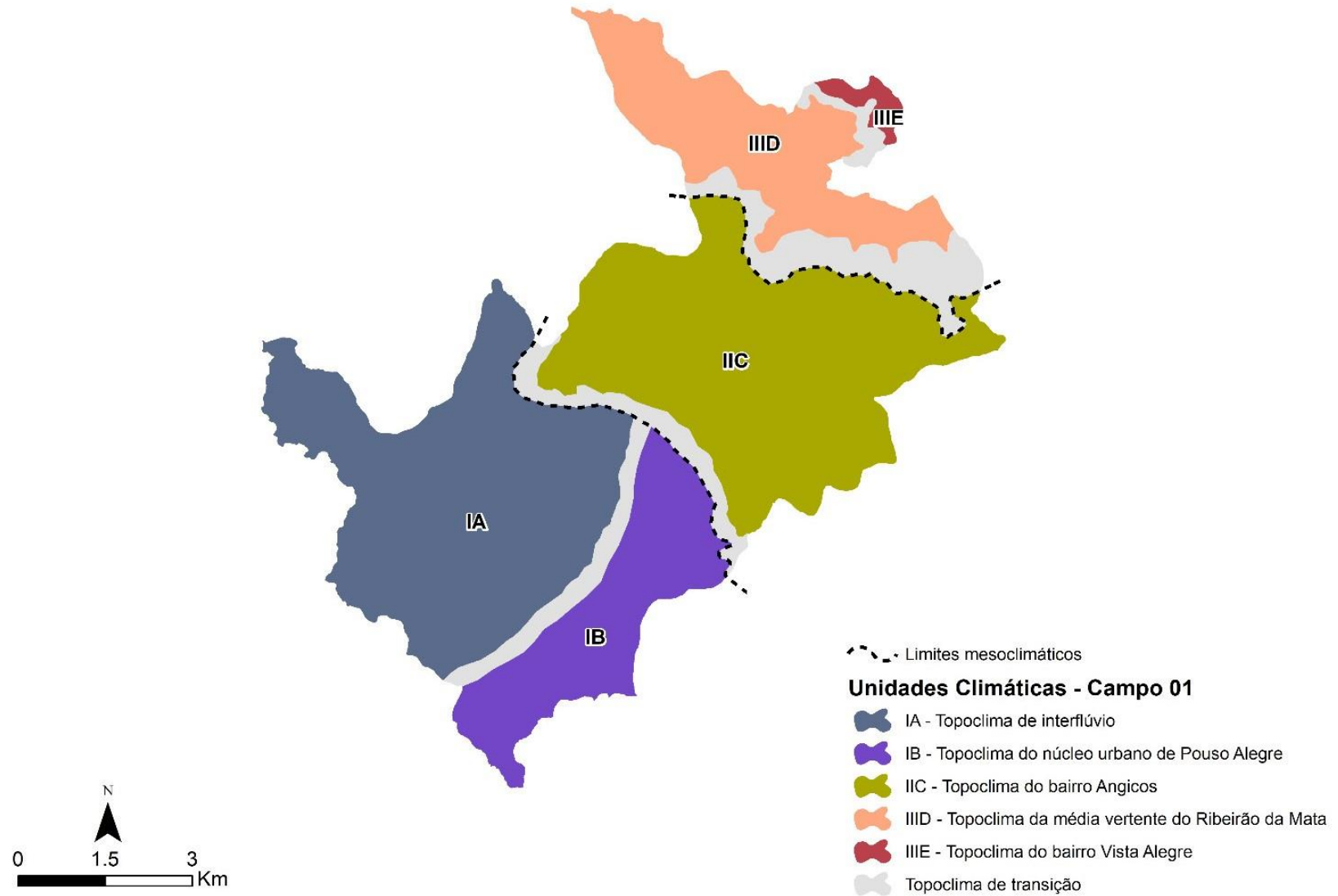
Tabela 13: Síntese das características das unidades meso e topoclimáticas do município de Vespasiano para o Campo 01.

Mesoclima	Topoclima	Temp. média (°C)	UR média (%)	Amplitude térmica média (°C)	Altitude (m)	Uso e ocupação da terra
I - Mesoclima urbano	A - Topoclima de interflúvio	25,2	56	9,7	703,4 a 919	Formação Florestal; Formação Savânica; Pastagem, Áreas urbanizadas; Agropecuária; Corpos d'água.
	B – Topoclima do núcleo urbano de Pouso Alegre	23,6	60	9,6	745,9 a 949,6	Áreas urbanas; Pastagem, Formação Savânica; Corpos d'água; Formação Florestal.
II - Mesoclima rural	C – Topoclima do bairro Angicos	22,7	66	10,3	690,8 a 949,4	Pastagem; Formação Florestal; Formação savânica; Áreas não vegetadas; Corpos d'água; Agropecuária, Áreas urbanizadas.
III - Mesoclima central²⁸	D – Topoclima da média vertente do Ribeirão da Mata	24	61	12,6	671,6 a 827,3	Formação Florestal; Formação Savânica; Pastagem; Áreas não vegetadas; Áreas urbanizadas; Corpos d'água.
	E - Topoclima do bairro Vista Alegre	24,3	61	10,8	754 a 826,3	Formação Florestal; Formação Savânica; Pastagem; Áreas não vegetadas; Áreas urbanizadas.

Fonte: MapBiomias, 2021; INPE, 2008. Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

²⁸ O “Central” encontrado no nome do “Mesoclima central” faz relação com a porção da cidade onde encontra-se os principais comércios e serviços e é comumente chamada de “centro” pelos locais.

Figura 53: Proposta de unidades meso e topoclimáticas - Campo 01



Fonte: FJP (2023). Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

Os principais fatores influenciadores na variação climática do **Mesoclima urbano** correspondem ao uso e ocupação da terra e a conformação do relevo. Na área a qual abrange este mesoclima, encontram-se núcleos urbanos compostos por edificações, constante fluxo comercial e de serviços, bem como intensa circulação de veículos e pessoas, em especial nas proximidades da Rodovia Estadual MG-010. Esta estrutura urbana guarda intensa relação com o núcleo urbano de Belo Horizonte, uma vez que ocorre em áreas limítrofes a este.

Em relação ao relevo, nesse mesoclima, cuja unidade geomorfológica predominante é a dos Patamares de Belo Horizonte, as cotas altimétricas são mais elevadas do que na porção norte do município, resultando em um relevo mais acidentado.

A **Unidade IA - Topoclima de Interflúvio**, localizado na porção sudoeste do município de Vespasiano, tem como controladores climáticos mais influentes o relevo e o uso e ocupação da terra. Este topoclima possui as médias de temperaturas mais altas dentre as unidades definidas e a menor média geral de umidade relativa do ar, favorecidas pela inclinação da vertente, proporcionar chegada de radiação ao longo de todo o dia e pelo uso misto de ocupação da terra (urbanização, formação florestais/savânicas, pastagem, corpos d'água e agropecuária).

Semelhante à unidade IA, no Campo 01 a **unidade IB - Topoclima do núcleo urbano de Pouso Alegre**, também apresenta influências de diversos usos: urbano e rurais/naturais, com ênfase na proximidade à Rodovia MG - 010 e na inserção dentre as maiores altitudes das estações amostrais (745,9m a 949,6m).

O **mesoclima rural (II)** é influenciado pelo uso e ocupação da terra, que é predominantemente composto por pastagens e vegetação natural. Esse tipo de clima apresenta as menores médias de temperatura na primeira campanha e as maiores médias de umidade relativa do ar. Ele é encontrado em áreas de sítios e casas de campo e apresenta menor densidade urbana.

Dentro do contexto do mesoclima rural, encontra-se o **Topoclima IIC - bairro Angicos**, cujos atributos climáticos são principalmente influenciados pela localização em área rural com remanescentes florestais. Isso favorece o aumento dos valores médios de umidade relativa e as baixas temperaturas em comparação com outras unidades topoclimáticas.

No que tange o **mesoclima central (III)**, os principais fatores que influenciam a variação dos atributos climáticos são a topografia e o diverso uso e ocupação da terra (urbanização, pastagens e vegetação primária e secundária). Neste mesoclima encontram-se as segundas maiores temperaturas da série de dados, assim como as maiores amplitudes térmicas, o que se correlaciona possivelmente com as características mistas do uso e ocupação, assim como a topografia.

A unidade climática **IIID - Topoclima da média vertente do Ribeirão da Mata**, é caracterizada por forte influência topográfica, cujas diferenças de inclinação e altitude atuam no aquecimento diferencial dentre os períodos de insolação, resultando nas maiores amplitudes térmicas da primeira campanha. A variação altimétrica nesta unidade é entre 671,6m a 827,3m.

O **Topoclima IIIE do bairro Vista Alegre** guarda grande influência das características de uso da terra. Dentro desta unidade encontram-se formações florestais e savânicas, pastagens, áreas não vegetadas e áreas urbanizadas. A cota altimétrica desta unidade varia entre, 754m e 826,3m.

4.3.2 Unidades climáticas - Período seco

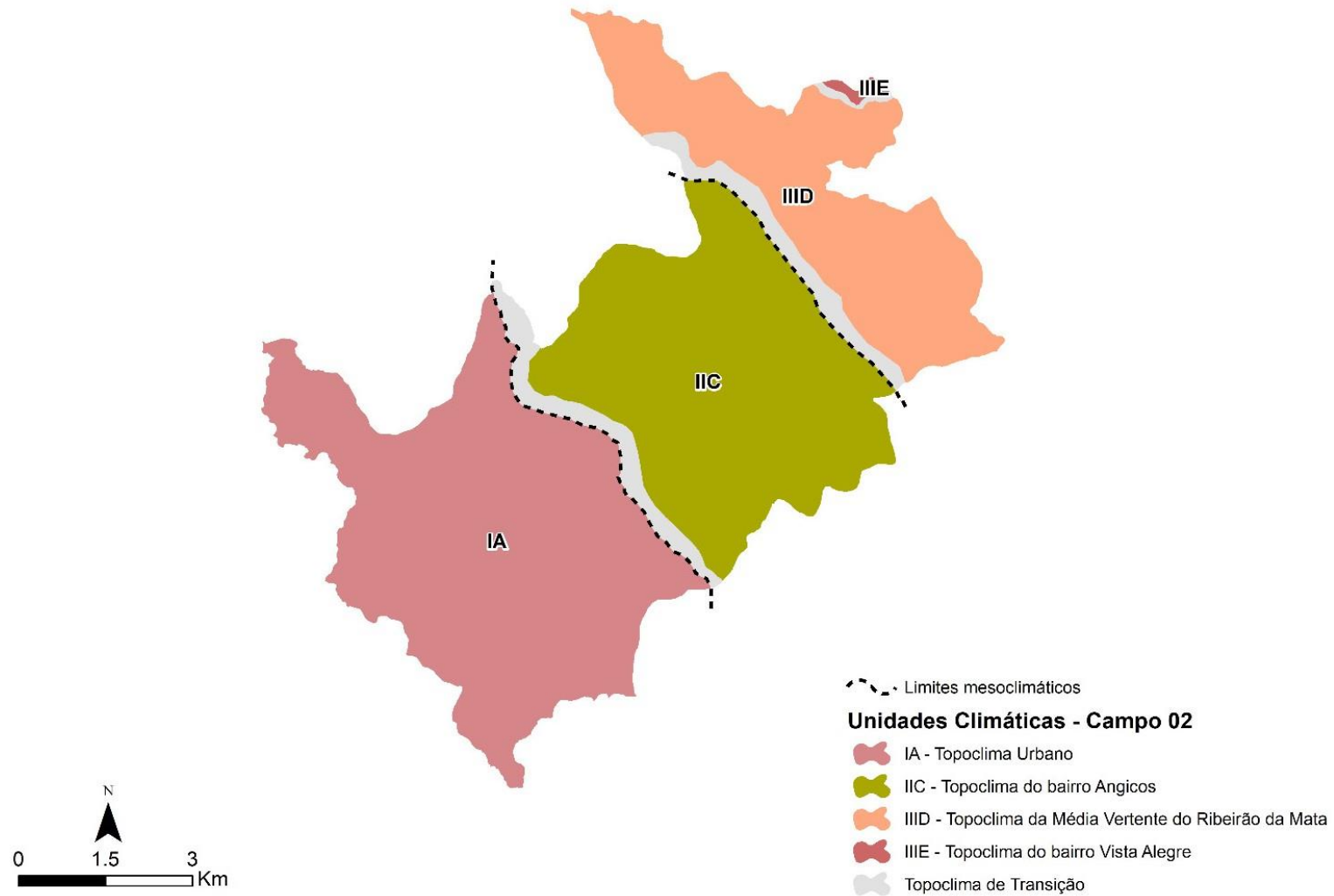
No campo realizado entre os dias 25 de maio a 17 de agosto de 2021 - Campo 02 foram definidas três unidades mesoclimáticas e quatro unidades topoclimáticas (além de topoclimas de transição), cujas principais características estão descritas na tabela 14, conforme a variação dos atributos climáticos e características físicas de cada local. A representação cartográfica das unidades meso e topoclimáticas referentes ao campo 02 encontram-se na figura 54.

Tabela 14: Síntese das características das unidades meso e topoclimáticas do município de Vespasiano para o Campo 02

Mesoclima	Topoclima	Temp. média (°C)	UR média (%)	Amplitude térmica média (°C)	Altitude (m)	Uso e ocupação da terra
I - Mesoclima urbano	A – Topoclima Urbano	19,4	56	10,2	703,4 a 949,6	Formação Florestal; Formação Savânica; Pastagem, Áreas urbanizadas; Agropecuária; Corpos d'água.
II - Mesoclima rural	C – Topoclima do bairro Angicos	17,5	64	14,3	684,7 a 949,4	Áreas urbanas; Pastagem, Formação Savânica; Corpos d'água; Formação Florestal.
III - Mesoclima central	D – Topoclima da média vertente do Ribeirão da Mata	18	59	13,9	671,6 a 865,6	Pastagem; Formação Florestal; Formação savânica; Áreas não vegetadas; Corpos d'água; Agropecuária, Áreas urbanizadas.
	E - Topoclima do bairro Vista Alegre	19	59	10,5	781,9 a 825,6	Áreas não vegetadas; Formação vegetal; Áreas urbanizadas; Pastagem

Fonte: MapBiomias, 2021; INPE, 2006. Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira

Figura 54: Proposta de unidades meso e topoclimáticas - Campo 02



Fonte: FJP (2023). Elaborado por Ana Paula Minelli Moreira, 2023.

Assim como na proposta de unidades climáticas referente ao campo 01, no campo 02, que corresponde ao período seco, foi identificado o **Mesoclima urbano**, o qual mostrou possuir bastante influência dos aspectos urbanos da paisagem como as edificações, constante fluxo comercial e de serviços, bem como intensa circulação de veículos e pessoas, em especial nas proximidades da Rodovia Estadual MG-010.

A **Unidade IA - Topoclima Urbano**, localizado na porção sul do município de Vespasiano, tem como controladores climáticos mais influentes o relevo e o uso e ocupação da terra. Este topoclima possui as temperaturas mais altas dentre as unidades definidas, a menor média geral de umidade relativa do ar e a menor média de amplitude térmica, indicando possuir boa capacidade de conservar calor as quais são favorecidas pelas influências topográficas e dos diversos usos: urbano e rurais/naturais, com ênfase na proximidade à Rodovia MG – 010. As cotas altimétricas deste ponto variam de 703,4m a 949,6m.

O **mesoclima rural (II)** é influenciado pelo uso e ocupação da terra, predominantemente composto por pastagens, vegetação natural e residências de pequeno porte. Esse mesoclima apresentou as menores médias de temperatura, as maiores médias de umidade relativa do ar e maior amplitude térmica, indicando que na campanha 2 sofreu grande influência dos aspectos periurbanos, cuja principal características são maiores temperaturas durante o período da tarde e significativo declínio de temperatura durante o período noturno e madrugada.

Dentro do contexto do mesoclima rural, encontra-se o **Topoclima IIC - bairro Angicos**, cujos atributos climáticos são principalmente influenciados pela localização em área rural/periurbano com remanescentes florestais. Isso favorece o aumento dos valores médios de umidade relativa, baixas temperaturas médias gerais em comparação com outras unidades topoclimáticas.

As principais fontes influenciadoras do **mesoclima central (III)**, são a topografia (declividade e inclinação da vertente) e o uso da terra (urbanização, pastagens e vegetação primária e secundária). Neste mesoclima encontram-se as segundas maiores temperaturas da série de dados, assim como o segundo menor valor de umidade relativa do ar.

Como supracitado, a unidade climática **IIID - Topoclima da média vertente do Ribeirão da Mata**, é caracterizada por forte influência dos eixos de inclinação da vertente, assim como de sua altitude que operam no aquecimento diferencial dentre os períodos de insolação, resultando em altos valores de amplitudes térmica. No campo 02 a área de influência desta unidade mostrou-se maior, como indicado no mapa da figura 54. A variação altimétrica nesta unidade é entre 671,6m a 865,6m.

O **Topoclima IIIE do bairro Vista Alegre** guarda grande influência das características dos usos diversificados encontrados nesta região, sendo eles formações florestais e savânicas, pastagens, áreas não vegetadas e áreas urbanizadas. Nota-se que quando comparado a definição proposta do campo 01, esta unidade apresenta área de influência menor. A cota altimétrica deste topoclima varia entre 781,9m a 825,6m.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na pesquisa aqui apresentada, foi possível elaborar um diagnóstico acerca do clima de Vespasiano, destacando que este estudo não esgota as possibilidades de futuras pesquisas a respeito.

Além da caracterização climática, este trabalho dispôs dos seguintes objetivos: analisar as variações de temperatura e umidade relativa do ar a partir de pontos amostrais instalados em locais previamente estabelecidos no município de Vespasiano, além de mapear as unidades climáticas com base no comportamento dos atributos climáticos de forma conjunta às influências de topografia e uso da terra.

As premissas inicialmente levantadas se mostraram verdadeiras, já que a depender do uso da terra, algumas áreas apresentaram influência de características antrópicas. Além disso, para a verdadeira compreensão da variação dos atributos climáticos foi necessária a análise de acordo com o quadro hierárquico das interações (escala de influência dos fatores climáticos).

No período de 17 de setembro a 18 de dezembro de 2020, correspondente a campanha 01, os principais fatores influenciadores do clima de Vespasiano foram o relevo (morfologia, declividade, inclinação etc.) e o uso da terra (urbano, natural, pastagem etc.).

Notou-se que durante esse período a estação amostral 03 (EA03) localizada no bairro Angicos apresentou as menores médias de temperatura média, máximas e mínimas, além dos maiores valores de umidade relativa média, máxima e mínima. A explicação que foi encontrada para esta característica é a dinâmica do uso da terra local, o qual apresenta áreas predominantemente de pastagem, além de remanescentes naturais. Destaca-se que nessa região a configuração residencial é de baixa densidade com poucas casas espaçadas e áreas de sítio.

A estação amostral 01 (EA01), localizada na porção sudoeste no bairro Boa Vista apresentou valores de temperatura mais elevados e os índices de umidade relativa mais baixos da campanha 01. Este ponto possui influência tanto do relevo, uma vez que se encontra em topo de vertente e recebe radiação durante boa parte do dia,

quanto da área urbanizada do município e da região próxima as áreas limítrofes de Belo Horizonte.

As estações amostrais dos bairros Pouso Alegre (EA02) e Vista Alegre (EA05) apresentaram médias de temperatura e umidade relativa do ar próximas, embora com algumas diferenças entre si explicadas pelas características físicas de cada local. A EA02 apresentou temperaturas diárias mais altas em algumas situações, entretanto, no contexto geral obteve a segunda menor média aferida, presumindo-se que este ponto, na campanha 01, possuiu influência tanto urbanas, quanto de ambientes rurais/naturais.

A EA04 localizada no bairro Caieiras, apresentou grande influência da posição da vertente, uma vez que esta favoreceu a entrada de irradiação solar nos períodos de maiores insolações diárias elevando a temperatura deste ponto, ao mesmo tempo que aumentou a capacidade de dissipação deste calor recebido.

Na campanha 02, nos dias 25 de maio a 17 de agosto de 2021, correspondente ao período seco, o comportamento das variáveis climáticas trouxe diferenças importantes em relação ao período úmido. A estação amostral 03 – Angicos, manteve os valores médios e mínimos mais baixos, entretanto apresentou a segunda maior média de temperaturas máximas e maior máxima absoluta da série. Inferiu-se então, que no campo 02 este ponto apresentou grande influência de suas características periurbanas, quando no período de maior insolação as temperaturas máximas aumentam e durante a manhã e madrugada as temperaturas cedem.

Consoante aos dados amostrados no campo 01 a estação Boa Vista (EA01), Pouso Alegre (EA02) e Vista Alegre (EA05), tiveram comportamentos médios de temperatura e umidade relativa do ar aproximados, registrando as maiores médias gerais da série. Por mais que as diferenças dos atributos climáticos destas estações se mostrassem significativas, nota-se que em várias situações os valores medidos entre as estações são próximos, especialmente entre a EA01 e EA02.

A estação do bairro Caieiras mostrou variações similares ao identificado no campo 01, onde foi possível constatar a influência do relevo neste ponto, cuja inclinação favorece a entrada, trânsito e permanência de irradiação solar e calorífica no período da tarde (período em que este local apresenta as maiores temperaturas), além de facilitar a

dissipação do calor durante o período da noite e madrugada/início da manhã, resultando em grandes amplitudes térmicas neste ponto.

Em suma, de acordo com a análise apresentada nesta pesquisa, percebe-se que o comportamento térmico e higrométrico dos dados aferidos em campo, sugere que os diferentes tipos de configurações do relevo, assim como os diversos usos da terra influenciam significativamente na variação destes atributos e que de forma concomitante, a depender da dinâmica atmosférica atuante a resposta desses elementos em superfície pode sofrer importantes modificações aumentando ou minimizando suas diferenças e em algumas circunstâncias, sob a influência das massas de ar, que se organizam em escala superior à organização antrópica de Vespasiano, verifica-se variações próximas à isoterma.

Além disso, com base na análise dos dados e nas características geoecológicas do município de Vespasiano, foi possível propor delimitações cartográficas de unidades climáticas de acordo com a evolução temporal dos atributos climáticos, considerando o período seco e úmido. Foram observadas cinco unidades topoclimáticas e três mesoclimáticas durante o período úmido. Durante o período seco, foram delimitadas quatro unidades topoclimáticas e três mesoclimáticas. Essas unidades foram estabelecidas a partir da relação da atmosfera (através da variação de seus principais componentes ao longo do tempo cronológico) e da sobreposição de camadas do relevo (topografia) e uso da terra, considerando a similaridade espacial dos componentes do meio. Essa abordagem é aproximada àquela utilizada por Tarifa e Armani (2001) para o município de São Paulo, Assis (2010) para o município de Belo Horizonte e Machado (2016) no município de Teófilo Otoni

Por fim, ressalta-se a importância de estudos climáticos a fim de compreender as dinâmicas e interações entre superfície e atmosfera, frisando que é importante o acompanhamento das variáveis climáticas e da evolução da configuração urbana do município, considerando que mesmo sob diferentes circunstâncias e escalas, essas ocupações impactam nas variações dos atributos climáticos.

REFERÊNCIAS

ABREU, M.L. **Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais:** de Nimer (1997) à Zona de Convergência do Atlântico Sul. Geonomos, Belo Horizonte, v.4, n.2, 1998, 17-22 p.

ASSIS, W. L. **O Sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva têmporo-espacial.** Tese (Doutorado em Geografia), DG/IGC/UFMG, Belo Horizonte, 2010.

ASSIS, W.L., PARIZZI, M.G., RIBEIRO, S.M. **Identificação dos sistemas atmosféricos responsáveis por inundações e deslizamentos no município de Belo Horizonte:** análise dos períodos chuvosos de 2011-2012 e 2012-2013. Belo Horizonte, 01 de Julho - 31 de Dezembro de 2013. Vol. 9, nº 2, 2013.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, Tempo e Clima.** 9 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações.** 5ª ed. - Petrópolis, RJ: Vozes, 2010.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global:** Esboço metodológico. R. RA´E GA, Curitiba, n. 8, 2004, 141-152 p.

BORSATO, Victor. **A dinâmica climática do Brasil e massas de ares.** Curitiba: Editora CRV, 2016, 182 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Florestas do Brasil em resumo:2019.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Serviço Florestal Brasileiro. Brasília: MAPA/SFB, 2019.

CETEC. **Estudos Integrados de Recursos Naturais - Bacia do Alto São Francisco e Parte Central da Área Mineira da SUDENE.** Belo Horizonte, 1983, 274p.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de sistemas ambientais.** 1 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999, 35-50 p.

CONTI, J. B. **Desertificação nos trópicos:** Proposta de metodologia de estudo aplicada ao Nordeste Brasileiro. 1995. Tese de Livre Docência apresentada na Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP, São Paulo. 1995.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Geodiversidade do estado de Minas Gerais /** Organização Marceley Ferreira Machado [e] Sandra Fernandes da Silva. — Belo Horizonte: CPRM, 2010.

FIALHO, E. S. **Topoclimatologia:** Estudo de caso do transecto Ponte Nova-Ubá, na Zona da Mata Mineira. Humboldt - Revista de Geografia Física e Meio Ambiente, Rio de Janeiro-RJ, v. 1, n. 2, 2021, 34p.

FRANCA, R. R. **Anticiclones e umidade relativa do ar:** um estudo sobre o clima de Belo Horizonte. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009, 109 p.

FUNDAÇÃO João Pinheiro. **Limites administrativos distritais do Estado de Minas Gerais.** Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em: 21 de mar. 2023.

GEIGER, R., ARON, R.H., TODHUNTER, P. **The Climate Near the Ground**. Friedr. 5 ed. 1995, 528 p.

GEIGER, Rudolf. **Manual de microclimatologia**: O clima da camada de ar junto ao solo. 4a. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961.

GIACOMIN, G.; CARVALHO, M.B.; SANTOS, A.P.; MEDEIROS, N.C.; FERRAZ, A.S. S. **Análise comparativa entre métodos interpoladores de modelos de superfícies**. Rev. Bras. Cart., v. 66, n. 6, p. 1315-1329, 2014.

GOOGLE. **Google Earth Pro**. Disponível em: <https://earth.google.com/>. Acesso em: 15 de dez. 2022.

GRANBEL. **História de Vespasiano MG**. Câmara Municipal de Vespasiano, Vespasiano, 30 set. 2014. Disponível em: <https://www.camaravespasiano.mg.gov.br/detalhe-da-materia/info/historia-de-vespasiano-mg/6491>. Acesso em: 12 de jul de 2021.

IBGE, **Enciclopédia dos municípios brasileiros**. Rio de Janeiro: IBGE, v.27, 1959, 422-426 p.

_____, **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2. ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p.

_____, **Biomass e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil** - 1:250 000. 2019.

IBGE, _____, **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 5 de jun de 2021.

IBGE, _____, **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>. Acesso em: 10 de jun de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET, **Normais Climatológicas – Belo Horizonte de 1981 – 2010**. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária – Departamento Nacional de Meteorologia.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET: **Normais Climatológicas - Brasil de 1961 a 1990**. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária - Departamento Nacional de Meteorologia.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC). **Banco de dados de imagens**. Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes16.formulario.logic?i=br>. Acesso em: 15 dez. 2022.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Topodata: banco de dados geomorfométricos do Brasil. **Variáveis geomorfométricas locais**. São José dos Campos, 2008.

JARDIM, C.H. **A representação gráfica dinâmica como subsídio à elaboração da carta de unidades climáticas**. GEOGRAFIAS, Belo Horizonte, v.6, n.1, 140-151p, 2010.

JARDIM, C. H. **Construção e avaliação de desempenho de modelo de mini-abrigo meteorológico de ventilação passiva para experimentos em campo de climatologia**. In: GALVANI, E; GOBO, J. P. A; LIMA, N. G. B. Climatologia Aplicada II. 1ed. Curitiba: CRV, 2018, 223 – 234 p.

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 – Volume Especial, 2018, 162-173 p.

MACHADO, F. L. V.; JARDIM, C. H. **Indicadores climáticos de degradação ambiental em áreas urbanas: o aglomerado da Serra em Belo Horizonte/Brasil.** In. SILVA. C. A.; FIALHO, E. S.; STEINKE, E. T. (Orgs.) Experimentos em Climatologia Geográfica. Dourados: UFGD, 2014.

MACHADO, F.L.V. **O clima de Teófilo Otoni (MG): Integração escalar, tipos de tempo e impactos ambientais.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2016.

Machado, L. A. **Impactos da verticalização e adensamento das edificações em topoclimas e mesoclimas na porção norte do município de Nova Lima (MG).** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2016.

MAPBIOMAS. **Coleção 7da Série Anual de Mapas da Cobertura e Uso do Solo do Brasil.** Disponível em: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR. Acesso em: 18 de nov. de 2022.

MARINHA DO BRASIL (América do Sul). Centro de Hidrografia. Cartas Sinóticas. [S. l.: s. n.], 2022. **Cartas Sinóticas.** Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>. Acesso em: 15 dez. 2022.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 206 p.

MONTEIRO, C. A. F. **Análise rítmica em climatologia. Problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho.** Climatologia, São Paulo, n.1, 1971, 1-21 p.

_____. **Fundamentos de Climatologia Analítica.** Madrid: Sínteses, 1999, 27-56 p.

_____. **Geossistemas: a história de uma procura.** São Paulo: Contexto, 2000.

_____. **Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos.** In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F. Clima Urbano. 2 ed. São Paulo: Contexto, 2011.

MOREIRA, G. L. **Estudo dos efeitos de parâmetros meteorológicos as estruturas elétricas de uma linha de instabilidade e de um complexo convectivo de mesoescala na região sudeste do Brasil.** Dissertação (Mestrado em meteorologia). Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2015.

MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola.** 5a. ed. São Paulo: Nobel, 1981.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 1969. 421p.

OKE, T. R. **Boundary layes climates.** 2. ed. Londres e Nova York: Editora Methuen, 1987. 435 p.

OKE, T.R.; G. Mills; A. Christen e J.A. Voogt. **Urban Climates.** Reino Unido: Cambridge university press. 1ª ed. 2017, 519 p.

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, 16, 2010, Belém, Anais do XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2010.

RIBEIRO, A.G. **As escalas do clima.** Rio Claro: Boletim de Geografia Teorética, 1993, 288-294 p.

SILVA, M.R. **Influência do relevo e uso da terra nas variações locais de temperatura e umidade relativa do ar em Belo Horizonte, Ibirité, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro - MG.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2018

SNIF. **Biomass e suas florestas.** Disponível em: <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/os-biomas-e-suas-florestas> Acesso em: 12 de jul de 2021.

SORRE, M. **Objeto e método da climatologia.** Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, Tradução de José Bueno Conti, São Paulo, n.18, 2006, 89-94 p.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo dos geossistemas.** Métodos em Questão. São Paulo, n. 6, 1977. 50p.

SOUZA, R. J. **O sistema GTP (Geossistema-Território-Paisagem) como novo projeto geográfico para a análise da interface sociedade-natureza.** Revista Formação, Presidente Prudente, v. 2, n. 16, 2009, 89-106 p.

TARIFA, J. R. **A análise topo e microclimática e o trabalho de campo: o caso de São José dos Campos.** Climatologia, São Paulo, vol. 13, 1-25 p.

_____. **Alterações climáticas resultantes da ocupação agrícola no Brasil.** *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, n. 8, 1994, 15-27 p.

TARIFA, J. R. e ARMANI. **Os “climas naturais”.** In: Tarifa J. R. & Azevedo T. R. Os climas na cidade de São Paulo. Departamento de Geografia, FFLCH-USP. GEOUSP n. 4, 2001, 199 p.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance.** Centerton: Drexel Institute of Technology, *Climatology*, v. 8, n.1, 1955.

Universidade Federal de Viçosa - UFV; Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC-MG; Universidade Federal de Lavras - UFLA; Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM. **Mapa de Solos Do Estado de Minas Gerais: legenda expandida.** Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F.; ALBULQUERQUE, P. C. G. **Topodata: desenvolvimento da primeira versão do banco de dados geomorfométricos locais em cobertura nacional.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal, RN. São José dos Campos, SP: INPE, 2009. v. CD-ROM. 1-8 p.

VAREJÃO-SILVA, M.A. **Meteorologia e climatologia.** Brasília: INMET, Gráfica e Editora Stilo, 200, 532p.

VECCHIA, F. A. S.; TECH, A., R. B.; NEVES, G. Z. F. (org.). **Climatologia dinâmica: Conceitos, técnicas e aplicações.** São Carlos - SP: Editora RiMa, 2020. 288 p.

VESPASIANO. **A cidade**. Disponível em: <https://www.vespasiano.mg.gov.br/vespasiano/a-cidade/>. Acesso em 15 de jun de 2021.

VICENTE, L.E; PEREZ FILHO, A. **Abordagem sistêmica e geografia**. GEOGRAFIA, Rio Claro, v. 28, n. 3, set./dez. 2003, 323-344 p.

VIDE, J. M. **Fundamentos de climatologia analítica**. Madrid: Sínteses, 1999.

VIDE, J. M. **Mapas del tempo: fundamentos, interpretación e imágenes de satélite**. 2.ed. Barcelona: Oikos-tau, 1991.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Valores máximos de temperaturas absolutas diários – Campo 1

Máximas absolutas diárias (°C)					
Data	Boa vista (EA01)	Pouso Alegre (EA02)	Angicos (EA03)	Caieiras (EA04)	Vista Alegre (EA05)
17/set			31,8	35,4	34,3
18/set	35,7		33,3	37,1	35,9
19/set	35,6	38,1	36,1	38	37,5
20/set	36	36,6	34,5	37,8	37
21/set	27,2	27,9	27,2	31,1	29,9
22/set	23,6	22,6	21,9	23	25,4
23/set	23	22,6	22,2	22,9	22,2
24/set	28,5	27,5	26,9	30,8	29,5
25/set	31,1	32,9	29	33,9	30
26/set	33,6	34,4	30,6	34,8	33,7
27/set	34,8	36,1	33,8	37,7	36,5
28/set	38,6	38,9	36,3	39,9	39,1
29/set	36,6	37,7	35,7	39,3	37,6
30/set	36,6	37,7	35,7	39,3	37,6
01/out	36,4	36,6	34	38	37,3
02/out	36,3	37,7	34,7	39,4	38,4
03/out	37,6	39,2	36,8	41,2	40,1
04/out	34,2	34,9	32,2	36,4	35,7
05/out	34,9	35	32,3	37	36,1
06/out	38,5	38,8	35,6	39,7	39
07/out	39,5	39,8	37,2	39,6	40,8
08/out	36,8	37	35,1	39,3	38,4
09/out	35,6	36,8	36,1	36,8	37,6
10/out	34,9	33,1	32,8	35,8	35,5
11/out	26,1	25,8	24,2	27,9	27,5
12/out	29,1	28,3	26,5	30,5	31,2
13/out	32,3	30,5	29,6	32,6	31,7
14/out	34,3	33,9	33,3	35,4	36,2
15/out	30,8	32,9	30,5	31,4	33,2
16/out	25,8	25,9	24,6	28,3	27,3
17/out	24,3	25,7	22,3	25,7	26
18/out	25,6	25,8	23	25,3	25
19/out	22,7	20,4	20,8	22,5	22,5
20/out	22,4	20,9	21,3	22,2	22,3
21/out	24,6	22,9	23,6	26,4	24,7
22/out	25,7	25	24,2	25,8	26,1
23/out	24,9	23	21,8	24,2	24,9
24/out	20,7	19,3	19,8	20,6	20,5
25/out	23,6	21,3	20,9	21,6	21
26/out	29,5	29,8	27,7	30,1	29,2
27/out	31,9	31,4	29,6	31,2	31,5
28/out	31,4	31,7	31,9	32,3	33,7
29/out	30,7	30,1	29,7	31,2	31,6

30/out	32,9	30,3	27,8	31,5	32,4
31/out	23,7	21,7	21,4	22,4	22,1
01/nov	24,9	23,6	22,4	24,1	23,9
02/nov	30,3	28	26,2	29,5	29,3
03/nov	27,4	24,5	23,9	24,4	25,1
04/nov	29,1	27	26,3	28,4	27,2
05/nov	30,9	28,7	29	30,3	29,8
06/nov	33,6	31	31,3	34,3	32,3
07/nov	32,4	32	31,5	34,1	34,8
08/nov	36,1	32,1	31,9	35,2	35
09/nov	34,8	32	31,7	34,5	35,1
10/nov	28,8	27,2	26,4	29,5	29,6
11/nov	33	31,8	30	33,8	33,6
12/nov	29,4	28,2	26,7	28,4	28,2
13/nov	26,5	25	24,5	25,3	25,5
14/nov	25,8	23,8	24,2	24,6	24,3
15/nov	30,1	28,8	28,6	30,4	28,9
16/nov	33,8	31,5	29	31,8	32
17/nov	33,7	30,3	31	34,8	33,3
18/nov	33,4	30,5	29	32,4	31,7
19/nov	28,1	25,9	26,2	28,2	27,6
20/nov	31,8	29,6	28,8	31,8	29,4
21/nov	30,6	26,6	27,1	32,1	28,2
22/nov	29,4	24,7	24,5	29,7	25,7
23/nov	30,8	27,2	26,7	32,1	29,2
24/nov	27,7	26	24,7	28,1	26,9
25/nov	30,6	26,5	25,5	31	30,5
26/nov	31,2	28,2	27,9	33,3	30,6
27/nov	31,6	28,2	28,6	34,4	32,1
28/nov	32,7	28,9	28,4	33,4	31,8
29/nov	32,8	28,1	28,3	33	29,4
30/nov	34	30,5	30,3	33,3	32,7
01/dez	32,8	30	28,8	33,8	33,1
02/dez	30,7	28,7	26,3	29	29,4
03/dez	28,3	25,7	26,3	27,5	28,1
04/dez	33,8	29,3	30,4	34,7	32,1
05/dez	32,2	29,7	29,2	34,6	32,6
06/dez	27,7	24,9	24,8	27,6	27
07/dez	27,9	24,9	24,4	26	26,9
08/dez	29,3	26,6	25,9	28,2	26,3
09/dez	28,6	24,6	25,1	30,3	25,7
10/dez	26,3	22,6	22,2	24,6	22,4
11/dez	30,3	26,5	26,5	28,9	27,7
12/dez	33,5	28,2	28,6	32,9	29,9
13/dez	33,5	29,8	28,4	31,8	30,9
14/dez	34,9	31,3	30,6	36,3	33,7
15/dez	35,9	31,3	31,8	36,7	

16/dez	34,6	31,6	30,8	36,3
---------------	------	------	------	------

APÊNDICE B – Valores médios diários de temperatura – Campo 1

Médias diárias (°C)					
Data	Boa vista (EA01)	Pouso Alegre (EA02)	Angicos (EA03)	Caieiras (EA04)	Vista Alegre (EA05)
17/set			22,0	23,6	24,3
18/set	26,6		23,3	25,4	26,0
19/set	27,8	28,2	24,9	26,5	27,6
20/set	26,5	26,4	24,5	25,8	27,0
21/set	23,6	22,7	22,5	24,1	24,2
22/set	21,1	19,6	19,6	20,2	20,9
23/set	19,6	18,8	19,0	19,1	19,2
24/set	22,4	21,4	21,5	22,6	22,0
25/set	24,5	23,6	22,2	23,8	23,4
26/set	25,2	24,8	22,0	23,9	24,4
27/set	26,4	26,4	23,5	25,4	26,2
28/set	28,7	28,4	25,0	27,2	27,9
29/set	29,2	29,3	25,8	27,6	28,2
30/set	29,7	28,8	27,3	28,9	29,1
01/out	29,6	28,3	25,5	27,5	28,2
02/out	29,3	28,7	25,2	27,6	28,6
03/out	30,1	29,5	26,1	28,4	29,3
04/out	28,9	28,2	26,3	27,9	28,8
05/out	28,2	27,1	26,7	28,0	28,1
06/out	29,2	28,7	26,6	28,4	29,4
07/out	30,5	30,1	28,7	29,6	30,8
08/out	29,1	28,4	27,1	28,7	29,2
09/out	29,2	28,5	27,8	28,5	29,4
10/out	27,4	26,4	26,0	27,4	27,7
11/out	23,2	21,6	21,2	22,0	22,4
12/out	23,2	21,4	21,3	22,1	22,8
13/out	25,1	23,4	23,5	24,5	24,7
14/out	26,0	25,1	25,0	25,4	26,0
15/out	24,4	23,7	22,5	23,1	23,8
16/out	22,6	21,6	21,1	21,9	22,2
17/out	20,6	19,6	19,3	20,1	20,4
18/out	20,6	19,8	19,8	20,4	20,7
19/out	20,5	18,9	19,3	19,8	20,1
20/out	20,7	18,6	19,0	19,3	19,6
21/out	21,3	19,6	20,1	20,7	20,8
22/out	22,5	21,2	21,5	22,2	22,3
23/out	21,5	19,6	19,7	20,5	20,8
24/out	19,9	18,2	18,8	19,0	19,3
25/out	20,5	19,2	19,4	19,5	19,6
26/out	22,9	22,2	20,7	22,1	22,2
27/out	25,8	24,7	23,0	23,8	24,2
28/out	26,9	26,3	24,8	25,9	26,5
29/out	26,6	25,6	24,0	25,5	26,2

30/out	26,2	23,6	22,8	23,8	24,3
31/out	20,9	19,1	19,0	19,3	19,4
01/nov	20,8	19,5	19,4	20,1	20,2
02/nov	21,9	20,7	20,0	21,1	21,3
03/nov	22,0	19,9	19,8	20,0	20,5
04/nov	22,6	20,6	20,1	21,0	21,2
05/nov	24,5	22,8	21,3	22,8	23,2
06/nov	26,2	24,6	23,2	24,6	25,0
07/nov	27,4	26,0	25,0	26,5	26,8
08/nov	28,7	26,2	24,8	26,5	27,0
09/nov	27,3	25,5	24,1	25,7	26,4
10/nov	25,2	23,1	22,3	23,3	24,1
11/nov	25,6	24,1	23,2	23,8	24,7
12/nov	24,6	22,3	21,9	22,5	22,6
13/nov	23,5	21,6	21,4	22,0	22,2
14/nov	22,9	21,1	21,2	21,4	21,6
15/nov	25,2	23,7	22,9	23,7	23,6
16/nov	25,6	24,3	23,4	24,5	25,0
17/nov	26,4	24,2	23,7	24,9	25,2
18/nov	25,4	23,5	23,2	24,4	24,3
19/nov	24,1	22,4	22,2	23,2	23,6
20/nov	25,6	23,8	23,2	24,6	24,3
21/nov	24,5	22,3	22,1	23,8	23,4
22/nov	24,2	21,8	21,7	22,8	22,4
23/nov	24,7	22,4	22,2	24,3	23,8
24/nov	24,2	22,0	22,0	23,0	23,1
25/nov	24,5	22,2	22,0	23,8	23,8
26/nov	25,7	23,3	22,2	24,8	24,4
27/nov	25,8	23,7	22,0	25,1	24,9
28/nov	26,0	23,8	22,5	25,3	25,1
29/nov	26,6	23,7	23,1	25,0	24,8
30/nov	27,5	24,6	22,8	25,1	25,5
01/dez	27,2	25,2	23,6	26,2	26,8
02/dez	25,3	23,3	22,6	24,1	24,3
03/dez	24,1	22,4	21,9	22,9	23,3
04/dez	25,9	23,6	23,7	25,4	25,2
05/dez	25,9	24,5	24,2	26,1	26,2
06/dez	24,5	22,6	22,8	23,6	23,7
07/dez	24,3	22,0	21,9	22,3	22,6
08/dez	24,8	22,9	22,6	23,3	23,2
09/dez	24,1	21,8	21,9	23,0	22,5
10/dez	22,4	20,0	19,9	20,7	20,7
11/dez	24,2	22,2	21,7	23,1	22,8
12/dez	26,0	23,7	23,1	24,3	24,4
13/dez	27,7	25,1	23,7	25,5	25,5
14/dez	27,7	25,3	21,9	25,2	25,2
15/dez	28,1	25,6	22,8	25,7	

16/dez	28,4	26,0	24,0	26,8
---------------	------	------	------	------

APÊNDICE C – Valores mínimos de temperatura absolutos diários – Campo 1

Mínimas absolutas diárias (°C)					
Data	Boa vista (EA01)	Pouso Alegre (EA02)	Angicos (EA03)	Caieiras (EA04)	Vista Alegre (EA05)
17/set			12,0	13,7	16,2
18/set	19,5		13,5	15,5	17,5
19/set	20,4	22,1	15,5	17,2	19,9
20/set	21,3	20,9	16,6	18	21,1
21/set	20,8	19,8	19,1	19,6	20,2
22/set	18	17,1	17,4	17,7	18,1
23/set	17,8	16,9	16,9	17	17,4
24/set	17,9	16,9	17	17,3	17,5
25/set	19,4	18,3	15,8	17,3	18,1
26/set	19,2	18,8	13,0	14,8	17,4
27/set	19,8	18,9	13,3	15,1	17,2
28/set	21,2	20,7	14,5	16,4	18,6
29/set	22	23,2	14,6	16,8	19,7
30/set	24,6	23,6	20,3	21,6	23,2
01/out	24,8	22,7	16,9	18,6	21,7
02/out	22,2	22,9	15,8	17,7	21,3
03/out	22,2	23,1	15,6	17,4	20,2
04/out	24,2	23,1	19,3	21,4	23,6
05/out	24,5	22,2	21,9	22	22,5
06/out	23,5	22	18	19,8	21,7
07/out	25,1	24,2	20,5	22	24,1
08/out	24,5	23,9	20,4	22,4	23,6
09/out	25,2	24,1	20,6	22,2	23,8
10/out	24	22,6	22,2	23,2	24
11/out	20,4	18,2	18,3	18	18,5
12/out	19,9	17,5	17,7	17,6	18
13/out	20,4	18,8	19	18,9	19,4
14/out	18,4	18,7	18,4	19	19,2
15/out	20,4	19,2	18,3	18,6	19,1
16/out	20,2	18,1	18,4	18,4	18,8
17/out	18,5	17,3	17,6	17,6	17,8
18/out	17,8	16,8	17,2	17,1	17,5
19/out	18,6	17,2	17,7	17,5	17,8
20/out	19,4	17,6	17,8	18	18,5
21/out	19,8	17,8	18,4	18,3	18,7
22/out	20,6	19,3	19,3	19,9	20,2
23/out	19,8	17,4	17,8	17,8	18,1
24/out	19,3	17,6	18	18,2	18,6
25/out	19	17,8	17,5	17,9	18,1
26/out	18	16,7	15,6	16,4	16,7
27/out	19,8	19	16,4	17,5	18,5
28/out	22,3	21,5	19,6	20,1	20,9
29/out	23,4	21,7	19	20,5	21,8

30/out	23,6	21	20,4	21	21,4
31/out	18,8	17,7	17,6	17,9	18,1
01/nov	18,1	17,4	17,2	17,8	17,9
02/nov	15,8	14,5	14,4	14,6	14,7
03/nov	19	16	16,4	16,6	17
04/nov	18,5	15,9	16,3	16,4	16,9
05/nov	19,6	17,5	16,7	17,3	17,9
06/nov	20,9	19,6	16,8	17,5	19,3
07/nov	22,6	20,4	20,6	20,5	20,7
08/nov	23,7	21,4	19	19,8	21,4
09/nov	22,8	21,9	19,4	20,7	22,4
10/nov	23	20,7	19,3	20,2	21,4
11/nov	21,5	19,2	19	19	19,4
12/nov	22,4	19,6	19,4	19,3	19,9
13/nov	20,9	19,7	19,3	19,3	20,1
14/nov	21	19,1	18,8	19,3	19,5
15/nov	20,9	19,8	19,4	19,4	19,8
16/nov	21,6	19,9	19,1	19,6	20
17/nov	20,7	19,3	19,4	20,1	20
18/nov	21,5	19,4	19,5	19,9	20,1
19/nov	22,4	20,5	19,6	20,4	20,9
20/nov	22	19,9	19,8	20,8	21
21/nov	21,1	19,7	19,3	20	20,3
22/nov	21,2	19,2	19,2	19,3	19,4
23/nov	20,3	19,1	19,1	19	19,5
24/nov	22	19,7	19,7	20	20,3
25/nov	21,4	19,3	18,6	19,5	20
26/nov	20,9	19	17,3	19,5	19,8
27/nov	20,8	19	16,6	18,5	19,2
28/nov	21,9	20,2	17,3	20	20,3
29/nov	21,4	19,8	18,6	19,8	20,1
30/nov	22,2	19,2	16,5	17,8	19,2
01/dez	23,4	21,7	19	20,9	21,9
02/dez	23,5	21,4	19,8	21,2	21,7
03/dez	21,5	19,6	18,9	19,8	20,7
04/dez	22,8	21,2	20,5	21,2	21,6
05/dez	22,9	21,5	20,2	21,2	22,1
06/dez	23,4	21,3	21,2	21,6	21,8
07/dez	22,4	20,9	20,4	21	21,4
08/dez	22,5	20,7	20	20,7	20,9
09/dez	21,7	19	19,6	20,2	20,2
10/dez	21,1	18,5	18,7	18,8	18,9
11/dez	20,9	19,2	18,9	19,4	19,6
12/dez	20,8	19,4	19,1	19,4	19,7
13/dez	24	21,5	18,7	20,5	21,5
14/dez	21,2	19,3	15,4	17,1	18,2
15/dez	20,7	19,5	15,7	17	

16/dez

22

21,1

18

19,5

**APÊNDICE D – Valores máximos absolutos diários de umidade relativa do ar –
Campo 1**

Máximas absolutas diárias (%)					
Data	Boa vista (EA01)	Pouso Alegre (EA02)	Angicos (EA03)	Caieiras (EA04)	Vista Alegre (EA05)
17/set			77,9	73,1	67,9
18/set	59,5		77,8	72,3	66,8
19/set	54,7	48,6	73,8	66,5	59,5
20/set	66,3	67,5	76,1	68,6	66
21/set	69,3	70,7	76,7	72,9	70,7
22/set	75,2	78,6	82,6	80,8	81,2
23/set	73,4	75,6	79,3	78,8	79,9
24/set	73,2	77	78,9	76,8	78,3
25/set	69,7	72,4	80,4	76,2	76,4
26/set	62,5	60,6	79,4	75,0	69,3
27/set	57,7	57,3	78	72,6	67,2
28/set	56,9	55,5	77,1	68,9	62,2
29/set	44,6	39,3	72,1	64,7	54,1
30/set	45,7	48,3	57,8	53,3	50,3
01/out	47,9	53	75,3	67,1	58,6
02/out	53,4	48,4	76	69	56,4
03/out	48,9	43,8	73	65,9	55,5
04/out	54,8	55,8	58	54,3	53,7
05/out	56,9	62,4	65,5	63,9	63,2
06/out	57,1	60,2	76,4	70	63,9
07/out	55,2	56,7	72,9	63,9	58
08/out	47,3	51,2	61,7	60,9	58,6
09/out	53,6	54,5	73,4	66,9	59,5
10/out	67,6	70,9	79,1	68,5	67,5
11/out	69,9	75,4	76,6	66,8	66,5
12/out	63,2	71,1	73,2	73	73,2
13/out	65,6	70,6	74,5	71,7	72
14/out	75,6	73,1	77	75,2	74,9
15/out	73,6	77	82,2	80,9	80,6
16/out	71,4	76	81,5	77,1	76,9
17/out	74,5	78,1	82	80,1	80,1
18/out	71,5	74,3	75,5	75,2	75,4
19/out	71,7	74,5	75,9	75,5	75,3
20/out	76,9	82,9	84,5	83,2	83,3
21/out	80,4	86,2	88	85,3	87,3
22/out	74,2	78,3	81,7	78,2	78,7
23/out	72,5	79,2	80,1	79	78,7
24/out	82,4	87	88,5	87,8	87,1
25/out	86,9	88,4	91,2	89,6	91,2
26/out	80	82,7	84,8	85,2	87,8
27/out	73,2	74,7	83,4	82,2	80,9

28/out	70,8	74	82,4	81	80,4
29/out	66,2	72,3	81,6	78,8	75,1
30/out	69,2	77,5	82,8	81,6	81
31/out	76,6	81	87,7	85,9	88
01/nov	71	75	81	80,8	81,8
02/nov	63,7	65,9	69,5	71	71,2
03/nov	67,6	76,5	78,4	77,4	77
04/nov	72,6	80,4	82,9	82,1	83,2
05/nov	69	78,1	82,2	79,3	79,2
06/nov	68	72	82,3	79,2	76,6
07/nov	67,1	74,4	76,9	76,3	76,9
08/nov	62,8	71,7	81,3	77,6	74,3
09/nov	62,9	65,4	78,4	73,3	67,9
10/nov	67,2	72,7	82,8	79	74,7
11/nov	72,2	75,9	83,4	80	78,2
12/nov	74	81,5	86,8	85,2	86,7
13/nov	82,1	86,2	89,2	89,2	88,3
14/nov	78,1	81,7	85,1	84,3	84,1
15/nov	77,1	80,7	84,6	84,5	85
16/nov	70,8	75,8	83,7	82	80,7
17/nov	70,5	77,1	82,9	81,2	79,4
18/nov	72,1	77,8	83,8	79,9	80,6
19/nov	77,3	81,4	83,5	80,8	79,9
20/nov	77,7	82,9	87	84,8	86,9
21/nov	67,4	72,9	78,4	73,8	75
22/nov	68,1	74,1	77,4	76,2	77
23/nov	69,8	74,2	77,1	76,6	76,1
24/nov	64,4	71,3	75,7	71,8	72,2
25/nov	66,3	72,2	75,7	73	72,7
26/nov	65,3	71,9	75,9	71,9	72
27/nov	66,2	71,8	80,2	74,9	74,4
28/nov	62,4	66,9	76,2	68,7	68,6
29/nov	63,6	68,6	73,8	67,9	68,4
30/nov	61,8	71	81,8	77	75,1
01/dez	62,2	68,8	80,3	71,3	69,5
02/dez	72,1	79,4	81,6	75	72,3
03/dez	77,8	84,9	86,3	85,5	84,6
04/dez	75,7	81,2	86,8	82,5	82,1
05/dez	70,8	75,2	81,6	77,7	75,9
06/dez	73,1	80	79,5	76,5	78,5
07/dez	79,1	83,5	86,1	85	86,5
08/dez	77,3	82,1	86,7	86,6	88,8
09/dez	81,5	85,8	88,8	87,5	89,7
10/dez	82,1	90,5	92,5	91,2	92,1
11/dez	75,8	79,6	85	82,6	82,5
12/dez	76,4	81,7	85,6	83,6	85,1
13/dez	71,7	78,7	83,3	81,4	80,9
14/dez	65,2	69,2	83,7	81,8	78,6

15/dez	64,8	68,7	82	78,8
16/dez	65,9	67,1	81,6	77,3

APÊNDICE E – Valores médios diários de umidade relativa do ar – Campo 1

Médias diárias (%)					
Data	Boa vista (EA01)	Pouso Alegre (EA02)	Angicos (EA03)	Caieiras (EA04)	Vista Alegre (EA05)
17/set			51,5	46,5	44,4
18/set	38,2		48,8	43,0	40,8
19/set	34,6	33,1	46,8	40,6	36,6
20/set	46,8	46,9	55,5	49,5	47,2
21/set	56,4	57,9	61,2	54,3	54,8
22/set	66,8	70,5	74,1	70,1	69,2
23/set	68,7	69,9	72,5	71,6	73,0
24/set	59,2	61,0	62,7	59,7	62,8
25/set	50,0	51,9	57,5	53,1	55,1
26/set	43,0	42,7	53,8	48,3	47,4
27/set	38,0	37,5	49,5	43,8	41,3
28/set	33,7	32,5	45,7	38,5	36,0
29/set	30,1	28,4	42,5	37,6	34,9
30/set	33,3	34,3	40,8	36,9	35,6
01/out	36,2	38,2	49,0	42,0	40,1
02/out	33,6	33,2	47,1	40,2	36,1
03/out	27,9	28,1	41,3	35,8	31,9
04/out	39,8	40,9	48,6	43,0	41,1
05/out	46,6	49,2	52,0	48,4	48,6
06/out	41,5	41,8	50,4	44,1	42,3
07/out	37,5	37,9	44,7	40,3	38,2
08/out	40,1	40,3	47,2	41,3	40,5
09/out	40,5	40,8	47,4	43,9	41,7
10/out	51,4	52,9	57,2	50,8	50,2
11/out	59,5	63,6	67,2	62,0	61,7
12/out	57,0	61,8	64,0	61,1	60,6
13/out	55,2	59,3	61,2	57,8	58,1
14/out	55,8	57,6	59,8	57,8	57,7
15/out	62,1	62,0	71,6	67,2	65,8
16/out	66,6	68,0	74,7	68,8	68,5
17/out	67,8	69,9	74,4	71,2	71,0
18/out	64,5	66,1	68,4	66,2	66,7
19/out	66,2	69,7	70,8	67,6	68,1
20/out	71,2	76,4	79,1	76,6	77,0
21/out	73,1	78,3	79,2	76,2	78,1
22/out	66,5	69,5	71,1	68,1	69,6
23/out	65,5	70,2	71,7	68,6	69,2
24/out	75,6	79,6	80,2	79,1	79,4
25/out	79,2	82,3	85,0	84,1	84,9
26/out	64,3	64,8	72,3	68,0	69,6
27/out	57,0	57,9	68,1	65,2	65,2
28/out	55,8	56,3	65,5	61,0	60,6
29/out	55,9	57,0	67,4	61,0	60,8

30/out	61,0	67,4	74,4	69,6	69,6
31/out	72,1	77,0	82,1	80,4	82,0
01/nov	66,0	68,9	74,6	71,0	72,7
02/nov	49,2	51,6	57,3	55,2	56,2
03/nov	59,1	64,1	68,0	66,2	66,0
04/nov	60,6	65,2	71,9	66,8	68,3
05/nov	53,7	57,6	66,2	59,9	60,3
06/nov	51,5	55,3	63,9	58,1	57,6
07/nov	51,9	56,1	62,0	55,7	56,2
08/nov	49,4	55,5	63,9	57,5	56,7
09/nov	51,5	55,6	65,3	58,0	56,3
10/nov	62,4	67,9	75,8	68,9	67,1
11/nov	59,9	62,9	71,1	67,0	65,7
12/nov	66,8	73,0	78,8	75,8	77,3
13/nov	72,7	77,8	81,8	79,1	80,1
14/nov	72,2	75,9	79,9	77,9	79,9
15/nov	64,4	67,6	74,5	71,2	72,7
16/nov	61,1	64,1	71,7	66,3	66,9
17/nov	59,5	65,1	70,8	66,3	66,2
18/nov	61,8	66,0	72,1	66,8	68,1
19/nov	68,4	73,1	77,2	71,5	72,2
20/nov	63,0	67,5	73,3	66,8	69,5
21/nov	59,3	64,9	69,5	63,0	65,3
22/nov	59,0	64,8	68,9	64,2	67,0
23/nov	57,1	62,8	66,7	60,2	62,2
24/nov	57,4	63,2	66,6	61,6	62,8
25/nov	57,4	63,4	67,8	60,6	62,2
26/nov	50,7	56,1	63,2	55,1	56,2
27/nov	49,8	54,5	63,7	53,9	55,0
28/nov	47,7	52,3	60,5	50,9	51,9
29/nov	48,9	55,9	61,4	53,7	55,4
30/nov	47,1	53,8	63,9	54,7	54,5
01/dez	50,8	54,8	65,4	54,6	53,1
02/dez	60,3	66,0	71,9	64,7	66,3
03/dez	68,3	73,0	78,0	72,7	73,4
04/dez	65,8	71,3	74,3	68,0	69,3
05/dez	63,2	66,4	70,4	62,9	63,7
06/dez	68,9	73,9	75,8	72,6	74,1
07/dez	71,8	77,5	81,2	79,7	80,5
08/dez	68,7	73,6	78,4	75,5	77,6
09/dez	70,1	76,7	80,1	75,4	78,9
10/dez	73,6	80,4	84,0	81,4	83,8
11/dez	66,9	70,7	78,0	71,8	74,6
12/dez	63,0	68,9	74,9	70,6	72,2
13/dez	56,0	61,1	70,7	63,3	64,2
14/dez	42,9	45,7	61,5	53,3	52,6
15/dez	44,9	50,2	64,0	54,1	

16/dez	49,7	54,5	65,8	56,8
---------------	------	------	------	------

**APÊNDICE F – Valores mínimos absolutos diários umidade relativa do ar –
Campo 1**

Mínimas absolutas diárias (%)					
Data	Boa vista (EA01)	Pouso Alegre (EA02)	Angicos (EA03)	Caieiras (EA04)	Vista Alegre (EA05)
17/set			23,5	18,9	23,7
18/set	14,8		20,1	14,1	18,5
19/set	14,8	16,4	20,4	15,8	18,4
20/set	24,5	23,7	27,4	22	24
21/set	42,9	44,4	44,9	34,5	39,1
22/set	50,3	52,3	61	52,5	52,5
23/set	60,5	60	61,8	60,1	63,2
24/set	38,3	42,4	43,8	35,3	44,1
25/set	26,8	30,9	32,1	23,7	32,3
26/set	23,5	24,5	28,9	21,9	28,5
27/set	16	21,7	21,9	16,9	19,7
28/set	9,7	14,8	15,9	10,5	14,4
29/set	17,3	18,4	19,5	15,9	18,9
30/set	20,2	21,6	23,1	18,6	21,4
01/out	19,2	22,4	23,8	18,1	21,6
02/out	15,7	17,6	18,8	14,8	17,1
03/out	12,3	14,5	16,8	12	14,3
04/out	27,7	28,5	35,7	30,6	33,1
05/out	33,6	34,2	38,9	31,1	34,7
06/out	22	22,3	26,6	19,3	21,2
07/out	17,2	18,4	20,7	17,1	19,8
08/out	27,3	25,5	29,9	23,2	24,9
09/out	26	25,3	25,1	25,5	24,4
10/out	31	32,9	35,8	28,6	30,2
11/out	52,3	55,5	61,3	49,5	50,9
12/out	46,4	48	53,9	43,6	42,7
13/out	38,3	45,5	45,2	38,3	41
14/out	32,7	35,3	36,6	32,8	33,1
15/out	41,6	39,3	43,7	42,5	40,7
16/out	57,7	58,4	64,5	56,3	58,5
17/out	60,2	55,6	67,1	57,9	58,3
18/out	56,6	53,5	61,3	54,8	56,6
19/out	59,1	65,5	65	59,6	61,5
20/out	66,7	70,2	72,8	68,3	70,1
21/out	62,5	67,6	66,4	61,4	65,6
22/out	58,4	58,7	57,8	56	57,5
23/out	56,9	62,3	64	57,3	59,4
24/out	70	72,3	73,1	72	71,9
25/out	73,6	77,1	78,4	77,4	79,4
26/out	42,6	43,5	47,7	39,3	45,9
27/out	38,6	44,3	48,9	46,2	46,6

28/out	36,5	38,7	42,6	35,8	40,6
29/out	42,5	44,9	48,1	40,5	45,2
30/out	45,8	49,3	58,1	48,6	48,8
31/out	66,8	71,2	78	74,2	77,7
01/nov	60	61,8	68	60,8	63,3
02/nov	32,4	36,9	44,4	37,3	39,6
03/nov	49,6	54,8	59,1	55,3	54,8
04/nov	36,7	41	47,4	35,1	44,1
05/nov	34,1	36,5	41,3	30,3	38,2
06/nov	27,5	31,4	36,4	25,8	32,7
07/nov	32,1	36,2	42,3	30,7	34,5
08/nov	34,6	41	45,6	36,4	40,4
09/nov	35	40,1	45	35	37,8
10/nov	55,1	58	63,9	54	52,9
11/nov	39,9	42,8	49,3	39,9	41,4
12/nov	55,2	58,5	63,4	57,7	61,7
13/nov	65,4	67,4	74,8	66,5	68,4
14/nov	63,2	66,6	73	68,1	73
15/nov	46,7	47,5	55,5	52,5	58,4
16/nov	43,3	46,2	54,5	44,8	51
17/nov	38,2	46,4	50,8	41,4	47
18/nov	42,2	49	53	43,9	50,3
19/nov	54,7	58,6	61,7	53,7	57,7
20/nov	41,3	44,9	54,8	40,9	49,3
21/nov	45,2	54,2	55,1	43,8	54,3
22/nov	43,7	54,1	56,9	43,9	54,4
23/nov	39,8	49,3	51,4	40,2	46,6
24/nov	48,6	53,2	56,7	49,1	52,3
25/nov	39,1	49,2	54	39,8	47,1
26/nov	34,3	42,7	45,7	32,9	40,9
27/nov	34,5	39,9	41,8	28,9	36,8
28/nov	32,5	39,4	42,6	32,4	35,6
29/nov	29,3	39,6	45,5	34,1	40,7
30/nov	28,1	37,6	42,6	30,6	34,5
01/dez	35,2	40	47,3	35,4	38,4
02/dez	47	51,1	59,7	50,8	50
03/dez	56,9	64,8	66,5	59,9	59,6
04/dez	41,8	51,9	53,3	40,6	48,4
05/dez	48,5	54,3	53,2	40,8	45,9
06/dez	61,8	68,3	70,8	60,9	65,2
07/dez	66,2	71,1	74,1	67,8	68,2
08/dez	56,2	60,5	64	59,1	65,9
09/dez	58,2	67,2	69	56,1	67,9
10/dez	59,8	68,3	72,9	66,3	75,3
11/dez	48,9	57	61,7	52,9	59,8
12/dez	42,4	54,5	57,1	48,4	55,7
13/dez	38,4	44,9	51,1	43,1	48,2
14/dez	14,5	20,4	23,2	18,6	21,2

15/dez	20,8	28,7	34,6	25
16/dez	35,9	43,2	47,1	36,2

APÊNDICE G – Valores máximos de temperaturas absolutas diários – Campo 2

Máximas absolutas diárias (°C)					
Data	Boa vista (EA01)	Pouso Alegre (EA02)	Angicos (EA03)	Caieiras (EA04)	Vista Alegre (EA05)
25-mai			28,9		
26-mai		27,7	29,2		
27-mai		29,3	29,5		
28-mai	27,6	28,4	28,6		
29-mai	28,5	29,9	30,3		
30-mai	28,8	28,1	27,8		27,2
31-mai	27,7	26	26,2		26,2
1-jun	25,2	25,6	25,6		24,2
2-jun	27,7	27,4	26,5		25,8
3-jun	28	29,1	27,6		26,4
4-jun	26,4	26,6	26,5		26,2
5-jun	24,9	24,7	24,7		24,6
6-jun	26,1	25,4	24,8		25,7
7-jun	27,7	28,3	28,6	28,4	26,4
8-jun	27	28,1	28	26,9	26,6
9-jun	26,5	26,9	26,1	26,5	25,7
10-jun	24,3	25,1	25,1	25,1	24,2
11-jun	24	26	25,5	26	25,5
12-jun	25,3	25,8	26,8	25,3	25,2
13-jun	24,3	25,1	24,1	24,7	23,5
14-jun	23,5	24,8	24	24	23,1
15-jun	23,9	25,6	26	24,8	30
16-jun	26	25,9	27,1	26,8	24,7
17-jun	25,2	26,6	26,9	25,8	25,8
18-jun	24,9	25,3	24,8	25,1	24,1
19-jun	23,8	22,4	23	24,6	23,5
20-jun	24,8	26	26,6	26,4	25,4
21-jun	25,9	27,3	28,3	27,2	26,4
22-jun	26,7	27,6	28,8	27,1	27
23-jun	23,6	24,8	23,8	24,3	23,8
24-jun	24,7	26,5	26	25,5	25,2
25-jun	26,5	28,1	27,5	26,5	26,2
26-jun	24,3	24,7	24,7	25,1	24
27-jun	24,1	24,9	24,7	24,6	23,8
28-jun	24,7	25,5	25,3	25,6	24,3
29-jun	25,4	26,1	26,3	26,5	24,7
30-jun	24	25,5	26,2	24,2	24,2
1-jul	23,1	23,4	23,3	23,1	22,8
2-jul	21,8	21,4	21,4	22,2	21,1
3-jul	22,1	23,4	23,6	23,4	22,8
4-jul	22,5	23,5	22,7	23,4	22,1
5-jul	22,7	21,7	22,8	23	22,2
6-jul	23,6	24,3	24,5	23,6	22,5

7-jul	22,9	23,9	22,3	23,2	22,1
8-jul	23,6	23,5	25,1	25	22,6
9-jul	24,6	25,8	24,9	24,9	24
10-jul	24,7	25,5	25,1	24,8	24,4
11-jul	24,9	26,2	25,3	25,3	24,5
12-jul	23,6	24,7	24,6	25,2	24
13-jul	23,3	24,7	23,8	24,1	23,3
14-jul	25,1	25,6	25,2	25,9	24,6
15-jul	26	28,4	27,8	26,3	25,4
16-jul	28	28,7	28,4	28,3	27
17-jul	28,8	29,6	30,1	29,1	28,5
18-jul	29,1	30,1	30,1	29,7	28,8
19-jul	26,4	29,2	29,5	27,6	28,2
20-jul	24,7	25,8	25,7	26,2	25,3
21-jul	26,8	27,6	28	27,9	26,8
22-jul	24,5	24,9	23,4	24,4	24
23-jul	23,9	24,1	24,2	25,4	23,8
24-jul	24,8	24,9	24,8	25,6	24,3
25-jul	24,9	25,5	25	25,8	25,9
26-jul	26	26,5	26,2	27,2	25,4
27-jul	26,2	27,1	27,7	27,6	25,6
28-jul	27,4	29	29,5	28,9	28,2
29-jul	22,3	24,7	24,8	23,6	23,6
30-jul	23,7	24,8	24,9	24,7	23,8
31-jul	21,2	21,2	20,8	22,2	21,5
1-ago	21	22,1	20,8	22	21,6
2-ago	24,7	24,8	24,6	25,6	24,3
3-ago	27,1	27,3	26,6	27,7	25,7
4-ago	23,1	23,2	22,4	23,9	23,3
5-ago	23,9	23,1	23,2	24,5	23,4
6-ago	23,8	24,4	23,6	24,6	24,1
7-ago	22,5	21,5	21,7	24	23
8-ago	24,1	23,4	22,3	25,3	22,9
9-ago	25,4	26,3	24,8	28,4	25,9
10-ago	25,9	28,2	25,4	27,9	27,9
11-ago	28,8	28,9	28,6	29,5	29,2
12-ago	26,1	26,8	25,2	27,3	26,2
13-ago	26,2	26,3	26,4	25,9	26,5
14-ago	25,9	25,9	25,9	25,7	26,3
15-ago	24,8	24,8	25	24,6	25,2
16-ago	25,9	25,8	25,9	25,7	26,2
17-ago	25,3	25,3	25,4	25,2	25,7

APÊNDICE H – Valores médios diários de temperatura– Campo 2

Médias diárias (°C)					
Data	Boa vista (EA01)	Pouso Alegre (EA02)	Angicos (EA03)	Caieiras (EA04)	Vista Alegre (EA05)
25/mai			20,1		
26/mai		22,1	21,1		
27/mai		22,6	20,8		
28/mai	22,7	22,2	20,5		
29/mai	22,6	23,1	21,0		
30/mai	23,1	22,8	20,6		24,3
31/mai	22,1	21,4	20,2		21,6
01/jun	20,4	19,5	19,0		19,7
02/jun	21,2	20,4	19,4		20,4
03/jun	21,9	21,4	19,9		21,1
04/jun	21,5	20,8	18,8		20,5
05/jun	20,2	19,6	18,7		19,5
06/jun	20,1	19,7	18,3		20,1
07/jun	21,1	20,9	19,0	19,9	20,4
08/jun	21,2	21,1	18,9	19,7	20,3
09/jun	21,1	20,6	18,8	19,8	20,3
10/jun	20,4	19,7	18,2	19,5	19,9
11/jun	19,7	20,0	18,4	19,0	19,7
12/jun	20,6	20,2	19,6	20,2	20,6
13/jun	18,6	18,3	16,8	17,6	18,1
14/jun	17,8	17,5	15,8	16,8	17,3
15/jun	18,1	18,1	16,3	17,1	18,5
16/jun	19,2	19,0	17,1	18,0	18,5
17/jun	19,5	19,3	17,7	18,2	19,2
18/jun	18,9	18,5	16,5	17,3	18,3
19/jun	18,4	17,8	16,4	17,1	18,2
20/jun	18,6	19,0	16,8	17,6	18,7
21/jun	20,0	20,5	18,1	19,0	19,7
22/jun	20,4	20,6	18,6	19,2	20,0
23/jun	19,2	19,0	17,7	18,9	19,1
24/jun	18,7	18,4	16,9	17,7	18,4
25/jun	19,3	19,5	17,4	18,0	18,8
26/jun	19,0	18,8	16,9	18,2	18,6
27/jun	17,3	18,1	15,1	16,1	17,1
28/jun	17,7	18,0	15,0	16,2	16,9
29/jun	18,1	18,4	15,4	16,6	17,3
30/jun	18,5	18,5	16,3	17,1	17,9
01/jul	17,5	17,1	16,6	16,9	17,2
02/jul	17,0	16,4	15,3	16,3	16,7
03/jul	16,5	17,0	14,7	15,7	16,5
04/jul	16,3	16,8	13,6	14,7	15,8
05/jul	16,3	16,3	13,5	14,9	15,8
06/jul	17,2	16,8	15,2	15,8	16,8

07/jul	17,7	17,2	15,4	16,7	17,3
08/jul	17,1	17,2	14,7	15,7	16,4
09/jul	18,0	18,0	15,0	16,1	17,0
10/jul	17,7	18,0	15,0	15,8	17,0
11/jul	17,9	18,3	15,1	16,0	17,0
12/jul	18,1	18,1	14,8	16,1	17,0
13/jul	17,8	18,1	14,9	15,8	17,3
14/jul	18,9	18,9	16,3	17,2	17,8
15/jul	19,5	19,9	17,1	18,0	18,7
16/jul	20,4	20,7	17,7	18,7	19,4
17/jul	21,4	22,1	19,1	20,0	21,0
18/jul	22,3	22,5	19,8	20,7	21,5
19/jul	21,4	21,8	18,9	20,2	21,2
20/jul	17,6	17,8	14,3	15,6	17,4
21/jul	19,1	18,9	17,4	18,3	19,3
22/jul	18,8	18,3	16,1	17,4	18,2
23/jul	18,0	17,6	15,4	16,8	17,5
24/jul	18,2	17,7	16,0	17,1	17,6
25/jul	18,3	18,2	16,2	17,0	18,4
26/jul	18,5	18,6	16,1	17,1	18,0
27/jul	19,0	19,6	16,5	17,3	18,5
28/jul	20,3	21,4	18,4	19,0	20,0
29/jul	18,1	18,4	17,3	17,9	18,4
30/jul	15,7	15,7	13,9	14,2	15,6
31/jul	16,0	15,6	15,1	16,1	16,3
01/ago	15,5	15,1	14,6	15,2	15,6
02/ago	16,9	16,8	15,0	16,0	16,9
03/ago	19,1	18,8	17,1	17,9	18,5
04/ago	18,5	17,8	16,5	17,9	18,5
05/ago	18,5	17,7	16,8	17,7	18,6
06/ago	18,8	18,1	18,2	18,7	18,8
07/ago	18,0	17,1	17,1	18,0	18,1
08/ago	18,5	17,7	17,5	18,1	18,1
09/ago	19,8	19,2	18,3	18,9	19,5
10/ago	19,7	19,8	18,0	19,3	20,2
11/ago	21,1	21,1	19,3	20,3	20,9
12/ago	20,7	20,3	18,1	19,7	21,6
13/ago	21,6	21,2	20,4	20,7	23,6
14/ago	23,0	22,9	23,0	22,7	23,4
15/ago	24,0	23,9	24,1	23,7	24,3
16/ago	24,4	24,3	24,4	24,1	24,7
17/ago	24,5	24,5	24,6	24,3	24,9

APÊNDICE I – Valores mínimos de temperatura absolutos diários– Campo 2

Mínimas absolutas diárias (°C)					
Data	Boa vista (EA01)	Pouso Alegre (EA02)	Angicos (EA03)	Caieiras (EA04)	Vista Alegre (EA05)
25/mai			13,2		
26/mai		19,2	16,2		
27/mai		18,2	15,5		
28/mai	19,3	19,4	15,5		
29/mai	18,2	18,9	14,8		
30/mai	18,9	19,4	15,8		20,9
31/mai	17,6	17,1	16,7		17,3
01/jun	17,3	16,4	15,8		17,3
02/jun	17,8	17,2	14,7		16,9
03/jun	17,5	17,2	14,9		17,2
04/jun	18	17,7	13,9		16,6
05/jun	17,1	16,7	14,6		16,3
06/jun	17	16,2	13,9		17,1
07/jun	17,5	16,9	13,9	14,4	16,4
08/jun	16,8	17,4	13,1	14	15,8
09/jun	17,7	17,6	13,6	14,5	16,4
10/jun	17,8	16,9	14	15,5	17,3
11/jun	16,3	16,2	12	13	14,8
12/jun	17,8	17	13,8	15,9	17,6
13/jun	15,5	14,7	12,6	12,3	14,8
14/jun	14,4	13,8	10,9	10,8	13,2
15/jun	14,2	13,7	10,1	11,3	13,3
16/jun	14,5	14,6	11	11,9	13,9
17/jun	16,1	15,3	12,3	12,3	15
18/jun	15,3	14,5	11	10,7	14,1
19/jun	15,2	15,3	11,3	11,6	15,5
20/jun	13,4	14,7	9,9	10,7	13,5
21/jun	15	16	12	13,1	14,8
22/jun	16	16,4	11,1	12,2	14,4
23/jun	16,5	15,7	13,6	14,8	16,3
24/jun	14,5	13,8	10,6	11,1	13,6
25/jun	14,5	14,8	10	11,1	13,2
26/jun	15,3	15,6	11,5	12,5	14,9
27/jun	11,8	14,6	8	9,2	11,6
28/jun	13	13,7	7,3	8,7	11
29/jun	13,2	13,3	7,9	9,1	11,4
30/jun	14,9	15,2	9,9	11,1	13,2
01/jul	14,3	13,9	12,5	12,9	13,7
02/jul	13,1	12,8	9,5	10,4	12,1
03/jul	12,5	12,6	9,5	10,2	12,1
04/jul	11,9	13	7	8	11,2
05/jul	11,6	12	6,3	7	10,1

06/jul	12,9	12,8	9,1	8,9	12,4
07/jul	14,6	13,6	10,3	11,7	13,8
08/jul	13,1	12,7	7,8	8,7	11,3
09/jul	14	13,6	7,9	8,7	11,6
10/jul	12,4	13,5	7,2	7,9	11,8
11/jul	12,8	13	7,2	8,4	11
12/jul	13,1	13,9	7,7	8,5	11,7
13/jul	12,6	14,3	7,3	8,4	12
14/jul	14,4	15	8,9	10	12,3
15/jul	14,8	15,3	9,6	10,9	13
16/jul	15,4	15,5	10,2	11,2	13,5
17/jul	16,3	17,5	12,2	13,5	15,8
18/jul	16,5	17,6	12,2	13,3	15,4
19/jul	15,2	16,5	7,8	11,5	14,6
20/jul	11,8	11,5	4,4	5,2	11
21/jul	14,4	14,2	10,1	10,7	14,7
22/jul	15,5	15	10,1	11,5	14,1
23/jul	14,3	14	9,3	10,4	13,5
24/jul	14,1	13	8,7	10,1	12,7
25/jul	14,3	13,8	9,1	9,3	13,2
26/jul	13,5	13,7	8,3	9,3	12,1
27/jul	12,5	14,7	8,5	9,9	12,6
28/jul	12	15,1	8,1	9,4	11,9
29/jul	13,8	14,7	6,9	9,8	12,6
30/jul	10,6	9,9	4,8	5,8	9,5
31/jul	12,2	11,9	9,9	12,1	13,1
01/ago	12,6	11,9	9	11	12,1
02/ago	11,3	11,7	7,5	7,9	11,9
03/ago	12,9	13,3	8,4	9,4	12
04/ago	15,2	14,6	12,1	13,5	15,5
05/ago	14,5	13,5	9,8	11,3	14,6
06/ago	15,6	14,9	13,8	14,8	15,5
07/ago	15	14,3	13,2	14	15
08/ago	14,9	14,5	13,8	14	14,9
09/ago	16	15,3	12,8	12,7	15,3
10/ago	14,9	15	11,2	12,3	14,7
11/ago	15,1	15,3	10,3	11,6	13,7
12/ago	17,2	16,5	12,5	13,8	16,4
13/ago	16,9	16,3	12,7	13,8	20,6
14/ago	19,5	19,5	19,5	19,2	19,9
15/ago	22,9	22,8	22,9	22,6	23,2
16/ago	22,4	22,3	22,5	22,2	22,7
17/ago	23,2	23,2	23,4	23,1	23,6

APÊNDICE J – Valores máximos absolutos diários de umidade relativa do ar – Campo2

Máximas absolutas diárias (%)					
Data	Boa vista (EA01)	Pouso Alegre (EA02)	Angicos (EA03)	Caieiras (EA04)	Vista Alegre (EA05)
25-mai			83,3		
26-mai		76,2	85,7		
27-mai		80	86,1		
28-mai	75,8	75,6	86		
29-mai	77,8	71,6	85,8		
30-mai	75,2	74,7	85,4		70,2
31-mai	75,9	75,6	84,8		78,8
1-jun	78	80,4	88,3		86,9
2-jun	77,9	79,1	87,3		85,2
3-jun	77,6	77,1	86,6		84,1
4-jun	71,3	73,1	86,2		81,3
5-jun	69,2	69,7	77,9		76,2
6-jun	76,6	77,2	86,5		81,9
7-jun	75,5	76,5	87,3	83,6	83
8-jun	75,2	74,3	85,8	83,3	82,1
9-jun	72,2	71,2	85,7	82,4	81
10-jun	73,6	76	85	80	79
11-jun	74,3	73,4	85,6	82,5	81,5
12-jun	78,2	77,3	85	83,4	82
13-jun	73,9	74,9	83,6	84,5	81,7
14-jun	71,7	72,2	80,7	82,2	79,1
15-jun	71,8	71,4	85,7	80,5	78,6
16-jun	74,2	73,6	85,5	82,7	81,3
17-jun	71,7	73,4	85	81,9	80,1
18-jun	74,3	76,5	85,2	81,8	82,8
19-jun	73,3	74	82,1	81,4	77,7
20-jun	78,4	73,5	85,2	81,9	80,5
21-jun	75,8	72,5	84,8	82,8	80,6
22-jun	68,6	68,2	84,9	81,1	78,7
23-jun	72,4	71,2	79,8	78,1	78,4
24-jun	70,8	70,6	84,9	80,7	77,4
25-jun	72,2	70,8	84,8	81,4	79,2
26-jun	73,8	73,6	85,3	82,5	80,1
27-jun	76,8	69,2	85,1	82,9	81,1
28-jun	69,5	66,1	85	81,8	78,5
29-jun	73,4	69,5	84,8	82,3	80,5
30-jun	69,3	64,7	82,7	77,9	74,1
1-jul	74,4	74,2	79,3	77,5	76,5
2-jul	71,7	73,4	85,2	82,7	80,1
3-jul	69,3	66,1	82,6	80	76,9
4-jul	70,3	64,3	84,2	81,4	76,2

5-jul	62,2	57,9	83,6	80,1	72,6
6-jul	66,6	66,8	78	79,5	72,5
7-jul	64,5	66,3	82,9	78,1	70,4
8-jul	69,5	68	84,9	82	78,7
9-jul	65,1	63,7	84,2	81,1	77,3
10-jul	69,7	65,2	83,8	79,9	74,6
11-jul	69,4	65,7	84	81,2	78,5
12-jul	69	64,4	83,8	80,7	76,3
13-jul	68	65,2	84	80,4	74
14-jul	73,9	72,1	84,7	82,4	82,8
15-jul	73,8	71,3	84,4	81,4	81,6
16-jul	70,4	68,2	84,9	82,6	79,8
17-jul	67	61	78,5	74,4	71
18-jul	64,9	59,8	78,8	75,3	71
19-jul	55	55,9	81,1	76,5	63,9
20-jul	48,7	48,4	74,4	71,7	55
21-jul	65,6	66,6	83,3	77,2	71,7
22-jul	71,8	71,8	84,3	81,5	78,9
23-jul	69,7	70,7	81,2	77,9	76,2
24-jul	67,5	69,4	80	76,3	74,8
25-jul	70,4	71,3	80,8	80,4	77,7
26-jul	73,5	71,3	83,6	80,7	78,6
27-jul	74,2	69,2	84	80,3	77,8
28-jul	67,2	56,2	81,1	77,3	72,3
29-jul	59,8	61,1	62,3	60	60,6
30-jul	61,4	59,7	73,7	71,5	65,2
31-jul	68	68,5	73,5	72,3	71,2
1-ago	63,4	64,1	73,6	69,3	69,3
2-ago	67,7	67,1	78,9	80,1	71,7
3-ago	67,1	65,6	82,1	79,1	74,9
4-ago	67,9	68,7	78,3	71,7	70,7
5-ago	65,7	67,8	82	76,1	68,9
6-ago	67,9	68,9	70,6	70,9	69,8
7-ago	65,9	66,7	72,9	68,7	66,5
8-ago	72,4	73,5	76,8	75,7	76,9
9-ago	70,6	72	80,9	77,1	76,5
10-ago	71,9	71,6	81,1	79,9	78,3
11-ago	71,3	69,4	81,8	80	78,5
12-ago	62,6	64,7	77,2	72,3	67,8
13-ago	69,3	69,4	80,5	74,7	60,5
14-ago	60,7	59,7	61,7	60,5	59,9
15-ago	53	52,4	53,7	52,9	53,1
16-ago	56	55,4	56,7	56,2	56
17-ago	46,3	45,8	46,6	46,2	46,5

APÊNDICE K – Valores médios diários de umidade relativa do ar – Campo2

Médias diárias (%)					
Data	Boa vista (EA01)	Pouso Alegre (EA02)	Angicos (EA03)	Caieiras (EA04)	Vista Alegre (EA05)
25/mai			20,1		
26/mai		22,1	21,1		
27/mai		22,6	20,8		
28/mai	22,7	22,2	20,5		
29/mai	22,6	23,1	21,0		
30/mai	23,1	22,8	20,6		24,3
31/mai	22,1	21,4	20,2		21,6
01/jun	20,4	19,5	19,0		19,7
02/jun	21,2	20,4	19,4		20,4
03/jun	21,9	21,4	19,9		21,1
04/jun	21,5	20,8	18,8		20,5
05/jun	20,2	19,6	18,7		19,5
06/jun	20,1	19,7	18,3		20,1
07/jun	21,1	20,9	19,0	19,9	20,4
08/jun	21,2	21,1	18,9	19,7	20,3
09/jun	21,1	20,6	18,8	19,8	20,3
10/jun	20,4	19,7	18,2	19,5	19,9
11/jun	19,7	20,0	18,4	19,0	19,7
12/jun	20,6	20,2	19,6	20,2	20,6
13/jun	18,6	18,3	16,8	17,6	18,1
14/jun	17,8	17,5	15,8	16,8	17,3
15/jun	18,1	18,1	16,3	17,1	18,5
16/jun	19,2	19,0	17,1	18,0	18,5
17/jun	19,5	19,3	17,7	18,2	19,2
18/jun	18,9	18,5	16,5	17,3	18,3
19/jun	18,4	17,8	16,4	17,1	18,2
20/jun	18,6	19,0	16,8	17,6	18,7
21/jun	20,0	20,5	18,1	19,0	19,7
22/jun	20,4	20,6	18,6	19,2	20,0
23/jun	19,2	19,0	17,7	18,9	19,1
24/jun	18,7	18,4	16,9	17,7	18,4
25/jun	19,3	19,5	17,4	18,0	18,8
26/jun	19,0	18,8	16,9	18,2	18,6
27/jun	17,3	18,1	15,1	16,1	17,1
28/jun	17,7	18,0	15,0	16,2	16,9
29/jun	18,1	18,4	15,4	16,6	17,3
30/jun	18,5	18,5	16,3	17,1	17,9
01/jul	17,5	17,1	16,6	16,9	17,2
02/jul	17,0	16,4	15,3	16,3	16,7
03/jul	16,5	17,0	14,7	15,7	16,5
04/jul	16,3	16,8	13,6	14,7	15,8
05/jul	16,3	16,3	13,5	14,9	15,8
06/jul	17,2	16,8	15,2	15,8	16,8

07/jul	17,7	17,2	15,4	16,7	17,3
08/jul	17,1	17,2	14,7	15,7	16,4
09/jul	18,0	18,0	15,0	16,1	17,0
10/jul	17,7	18,0	15,0	15,8	17,0
11/jul	17,9	18,3	15,1	16,0	17,0
12/jul	18,1	18,1	14,8	16,1	17,0
13/jul	17,8	18,1	14,9	15,8	17,3
14/jul	18,9	18,9	16,3	17,2	17,8
15/jul	19,5	19,9	17,1	18,0	18,7
16/jul	20,4	20,7	17,7	18,7	19,4
17/jul	21,4	22,1	19,1	20,0	21,0
18/jul	22,3	22,5	19,8	20,7	21,5
19/jul	21,4	21,8	18,9	20,2	21,2
20/jul	17,6	17,8	14,3	15,6	17,4
21/jul	19,1	18,9	17,4	18,3	19,3
22/jul	18,8	18,3	16,1	17,4	18,2
23/jul	18,0	17,6	15,4	16,8	17,5
24/jul	18,2	17,7	16,0	17,1	17,6
25/jul	18,3	18,2	16,2	17,0	18,4
26/jul	18,5	18,6	16,1	17,1	18,0
27/jul	19,0	19,6	16,5	17,3	18,5
28/jul	20,3	21,4	18,4	19,0	20,0
29/jul	18,1	18,4	17,3	17,9	18,4
30/jul	15,7	15,7	13,9	14,2	15,6
31/jul	16,0	15,6	15,1	16,1	16,3
01/ago	15,5	15,1	14,6	15,2	15,6
02/ago	16,9	16,8	15,0	16,0	16,9
03/ago	19,1	18,8	17,1	17,9	18,5
04/ago	18,5	17,8	16,5	17,9	18,5
05/ago	18,5	17,7	16,8	17,7	18,6
06/ago	18,8	18,1	18,2	18,7	18,8
07/ago	18,0	17,1	17,1	18,0	18,1
08/ago	18,5	17,7	17,5	18,1	18,1
09/ago	19,8	19,2	18,3	18,9	19,5
10/ago	19,7	19,8	18,0	19,3	20,2
11/ago	21,1	21,1	19,3	20,3	20,9
12/ago	20,7	20,3	18,1	19,7	21,6
13/ago	21,6	21,2	20,4	20,7	23,6
14/ago	23,0	22,9	23,0	22,7	23,4
15/ago	24,0	23,9	24,1	23,7	24,3
16/ago	24,4	24,3	24,4	24,1	24,7
17/ago	24,5	24,5	24,6	24,3	24,9

APÊNDICE L – Valores mínimos absolutos diários umidade relativa do ar

Data	Mínimas absolutas diárias				
	Boa vista (EA01)	Pouso Alegre (EA02)	Angicos (EA03)	Caieiras (EA04)	Vista Alegre (EA05)
25/mai			13,2		
26/mai		19,2	16,2		
27/mai		18,2	15,5		
28/mai	19,3	19,4	15,5		
29/mai	18,2	18,9	14,8		
30/mai	18,9	19,4	15,8		20,9
31/mai	17,6	17,1	16,7		17,3
01/jun	17,3	16,4	15,8		17,3
02/jun	17,8	17,2	14,7		16,9
03/jun	17,5	17,2	14,9		17,2
04/jun	18	17,7	13,9		16,6
05/jun	17,1	16,7	14,6		16,3
06/jun	17	16,2	13,9		17,1
07/jun	17,5	16,9	13,9	14,4	16,4
08/jun	16,8	17,4	13,1	14	15,8
09/jun	17,7	17,6	13,6	14,5	16,4
10/jun	17,8	16,9	14	15,5	17,3
11/jun	16,3	16,2	12	13	14,8
12/jun	17,8	17	13,8	15,9	17,6
13/jun	15,5	14,7	12,6	12,3	14,8
14/jun	14,4	13,8	10,9	10,8	13,2
15/jun	14,2	13,7	10,1	11,3	13,3
16/jun	14,5	14,6	11	11,9	13,9
17/jun	16,1	15,3	12,3	12,3	15
18/jun	15,3	14,5	11	10,7	14,1
19/jun	15,2	15,3	11,3	11,6	15,5
20/jun	13,4	14,7	9,9	10,7	13,5
21/jun	15	16	12	13,1	14,8
22/jun	16	16,4	11,1	12,2	14,4
23/jun	16,5	15,7	13,6	14,8	16,3
24/jun	14,5	13,8	10,6	11,1	13,6
25/jun	14,5	14,8	10	11,1	13,2
26/jun	15,3	15,6	11,5	12,5	14,9
27/jun	11,8	14,6	8	9,2	11,6
28/jun	13	13,7	7,3	8,7	11
29/jun	13,2	13,3	7,9	9,1	11,4
30/jun	14,9	15,2	9,9	11,1	13,2
01/jul	14,3	13,9	12,5	12,9	13,7
02/jul	13,1	12,8	9,5	10,4	12,1
03/jul	12,5	12,6	9,5	10,2	12,1
04/jul	11,9	13	7	8	11,2
05/jul	11,6	12	6,3	7	10,1

06/jul	12,9	12,8	9,1	8,9	12,4
07/jul	14,6	13,6	10,3	11,7	13,8
08/jul	13,1	12,7	7,8	8,7	11,3
09/jul	14	13,6	7,9	8,7	11,6
10/jul	12,4	13,5	7,2	7,9	11,8
11/jul	12,8	13	7,2	8,4	11
12/jul	13,1	13,9	7,7	8,5	11,7
13/jul	12,6	14,3	7,3	8,4	12
14/jul	14,4	15	8,9	10	12,3
15/jul	14,8	15,3	9,6	10,9	13
16/jul	15,4	15,5	10,2	11,2	13,5
17/jul	16,3	17,5	12,2	13,5	15,8
18/jul	16,5	17,6	12,2	13,3	15,4
19/jul	15,2	16,5	7,8	11,5	14,6
20/jul	11,8	11,5	4,4	5,2	11
21/jul	14,4	14,2	10,1	10,7	14,7
22/jul	15,5	15	10,1	11,5	14,1
23/jul	14,3	14	9,3	10,4	13,5
24/jul	14,1	13	8,7	10,1	12,7
25/jul	14,3	13,8	9,1	9,3	13,2
26/jul	13,5	13,7	8,3	9,3	12,1
27/jul	12,5	14,7	8,5	9,9	12,6
28/jul	12	15,1	8,1	9,4	11,9
29/jul	13,8	14,7	6,9	9,8	12,6
30/jul	10,6	9,9	4,8	5,8	9,5
31/jul	12,2	11,9	9,9	12,1	13,1
01/ago	12,6	11,9	9	11	12,1
02/ago	11,3	11,7	7,5	7,9	11,9
03/ago	12,9	13,3	8,4	9,4	12
04/ago	15,2	14,6	12,1	13,5	15,5
05/ago	14,5	13,5	9,8	11,3	14,6
06/ago	15,6	14,9	13,8	14,8	15,5
07/ago	15	14,3	13,2	14	15
08/ago	14,9	14,5	13,8	14	14,9
09/ago	16	15,3	12,8	12,7	15,3
10/ago	14,9	15	11,2	12,3	14,7
11/ago	15,1	15,3	10,3	11,6	13,7
12/ago	17,2	16,5	12,5	13,8	16,4
13/ago	16,9	16,3	12,7	13,8	20,6
14/ago	19,5	19,5	19,5	19,2	19,9
15/ago	22,9	22,8	22,9	22,6	23,2
16/ago	22,4	22,3	22,5	22,2	22,7
17/ago	23,2	23,2	23,4	23,1	23,6