



ROSANE NALON DE ANDRADE

**DIAGNÓSTICO CLIMATOLÓGICO DO MONUMENTO NATURAL ESTADUAL
PICO DA IBITURUNA**

**BAMBUÍ-MG
2024**

ROSANE NALON DE ANDRADE

**DIAGNÓSTICO CLIMATOLÓGICO DO MONUMENTO NATURAL ESTADUAL
PICO DA IBITURUNA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Bambuí como requisito para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental.

Linha de pesquisa: Planejamento e Gestão Ambiental

Projeto Estruturante: Educação e Sustentabilidade I - Climatologia

Orientador: Prof. Dr. Fúlvio Cupolillo

BAMBUÍ-MG

2024



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação
Seção de Pós-Graduação
Av. Professor Mário Werneck, 2590 - Bairro Buriú - CEP 30575-180 - Belo Horizonte - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

PARECER Nº 3

FICHA DE APROVAÇÃO

Dissertação de Mestrado, intitulada “**Diagnóstico Climatológico do Monumento Natural Estadual Pico do Ibituruna**”, de autoria da mestranda em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, **Rosane Nalon Andrade**, sob a orientação do prof. Dr. **Fulvio Cupolillo**, aprovada pela Banca Examinadora de Defesa, em 20/12/2024, com a média de 90,0 pontos.

Bambuí (MG), 20 de dezembro de 2024.



Documento assinado eletronicamente por **Wellington Lopes Assis**, **Usuário Externo**, em 02/01/2025, às 10:38, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Taiza de Pinho Barroso Lucas**, **Usuário Externo**, em 02/01/2025, às 15:29, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Fernando Lemos**, **Usuário Externo**, em 02/01/2025, às 17:03, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Fulvio Cupolillo**, **Professor**, em 06/01/2025, às 10:15, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Rosane Nalon de Andrade**, **Usuário Externo**, em 06/01/2025, às 12:28, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2152537** e o código CRC **08B60B74**.

Criado por [ronaldo.barbosa](#), versão 2 por [ronaldo.barbosa](#) em 01/01/2025 18:05:54.

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

A554d Andrade, Rosane Nalon de.

Diagnóstico climatológico do Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna [manuscrito] / Rosane Nalon de Andrade. – 2024.

124 f. : il. ; color.

Orientador: Fúlvio Cupolillo

Dissertação (Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. *Campus Bambuí*, 2024.

1. Veranico. 2. Decêndio. 3. Sistemas atmosféricos. 4. MONAE Pico da Ibituruna. 5. Governador Valadares/MG. I. Cupolillo, Fúlvio. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus Bambuí*. III. Título.

CDD. 551.6

Catálogo: João Batista Rodrigues - CRB-6/2022

AGRADECIMENTOS

Chegar ao término deste trabalho foi uma jornada que contou com o apoio, a paciência e o incentivo de muitas pessoas, às quais sou profundamente grata.

Primeiramente, agradeço a Deus a força, saúde e sabedoria que me permitiram superar os desafios encontrados ao longo deste percurso.

À minha maior parceira de vida, Aline Alice Lourenço Cruz, agradeço o amor, paciência e apoio incondicional em cada etapa desta jornada. Sua presença foi minha força nos momentos desafiadores e minha inspiração ao longo desta trajetória.

Ao meu orientador, professor Dr. Fúlvio Cupolillo, pela orientação precisa, pelas palavras de encorajamento nos momentos de dúvida e por compartilhar generosamente seu conhecimento, contribuindo imensamente para meu crescimento acadêmico e pessoal. Agradeço, também, à sua companheira, Sandra Maria Perpétuo, por me receber tão bem em sua casa nos momentos de orientação.

Aos meus familiares, especialmente à minha mãe, pela compreensão diante das minhas ausências e por sempre acreditar na minha capacidade de alcançar este objetivo.

Ao professor Dr. Fábio Monteiro Cruz, pela paciência e dedicação em me orientar na construção dos mapas de precipitação e temperatura, contribuindo de forma essencial para esta pesquisa. Também ao professor MSc. Jean Monteiro Lima, pelo apoio valioso na elaboração dos mapas de linhas de corrente, enriquecendo significativamente o desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas do Programa de Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, pela troca de experiências e por tornarem a jornada mais leve e enriquecedora, em especial, à Mariana Gontijo, pela amizade construída e pelo constante incentivo e apoio durante todo o processo de conclusão do mestrado.

Aos profissionais do IFMG, que contribuíram diretamente para a realização desta pesquisa, seja por meio de orientações, disponibilidade ou apoio técnico, em especial, ao Ronaldo Barbosa, pela atenção, acolhimento e prontidão demonstrados em todos os momentos em que precisei de apoio ao longo do mestrado.

Agradeço ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) a disponibilização dos dados, os quais foram indispensáveis para a realização desta pesquisa.

À Kíssilla Alves Pinheiro, pelo fundamental apoio na elaboração do Produto Técnico-Tecnológico, cuja contribuição e dedicação foram essenciais para o sucesso deste trabalho.

Aos amigos do Instituto Estadual de Florestas - IEF, que, mesmo a distância ou em meio à correria, sempre tiveram palavras de incentivo e compreensão.

Aos meus queridos animais de estimação (Luan, Lara, Clara, Sofia, Luna, Frida, Sandy, Iza, Oliver e Alice), minha gratidão por serem companheiros fiéis durante as longas noites de escrita, oferecendo conforto, alegria e presença, o que tornou essa jornada mais leve e especial.

Por fim, agradeço a todos os amigos, colegas e instituições que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste trabalho. Cada gesto de apoio, por menor que tenha parecido, foi essencial para que esta etapa fosse concluída com êxito.

A todos, minha eterna gratidão.

RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo realizar o diagnóstico climatológico do Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna (MONAE), unidade de conservação localizada em Governador Valadares/MG. Trata-se de um trabalho inédito, que foi conduzido com base na análise de fatores climáticos como latitude, altitude, continentalidade, maritimidade, massas de ar e elementos climáticos como precipitação e temperatura. Os dados foram trabalhados de forma decendial no período de 2005 a 2022. Como não existe estação meteorológica na unidade de conservação, os dados de precipitação foram obtidos do grupo *Climate Hazards Infrared Precipitation with Stations* (CHIRPS). Para os dados de temperatura, optou-se por aplicar o seguinte critério físico: “a temperatura na troposfera cai rapidamente com a altitude, numa razão média de 6,5°C/km ou 0,65°C a cada 100 metros”. Para a área urbana de Governador Valadares, utilizaram-se dados das estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Por meio do método proposto por Thorthwaite e Matter (1955), adaptado por Rolim *et al.* (1998), desenvolveram-se gráficos de balanços hídricos climatológicos decendiais do INMET, ANA e MONAE, com o objetivo de diagnosticar os excedentes e deficiências hídricas. Para identificar a espacialização das precipitações e temperaturas, utilizou-se o programa ArcGis 10.5, e, para caracterizar os aspectos dinâmicos, o programa Grads 2.0. Como resultados, observou-se que os excedentes hídricos com maiores volumes para a área urbana foram registrados no 2º decêndio de dezembro, enquanto, para o MONAE, no 3º decêndio de novembro. Puderam ser constatados veranicos climáticos em janeiro e fevereiro na área urbana; já no MONAE, ocorreu uma queda abrupta na precipitação, todavia, não se considerou como veranico. Na espacialização das chuvas e temperaturas no MONAE, detectou-se o maior volume de precipitação no 1º decêndio de dezembro, e, na área urbana, no 2º. As maiores temperaturas foram registradas em todos os decêndios de janeiro, fevereiro e 1º de março, para as duas áreas estudadas. Os sistemas atmosféricos como Zona de Convergência da América do Sul (ZCAS) e Alta da Bolívia (AB) são responsáveis pelas intensas chuvas em dezembro e janeiro; já os sistemas que causam ausência de precipitação são: Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e Cavado do Nordeste (CN). Foi possível concluir que os sistemas atmosféricos atuantes no MONAE têm influência na estação chuvosa, que se inicia em outubro e vai até o mês de março, e na estação seca, que começa em abril e finaliza em setembro.

Palavras-chave: Veranico. Decêndio. Sistemas atmosféricos. MONAE Pico da Ibituruna. Governador Valadares/MG.

ABSTRACT

The present research aimed to carry out the climatological diagnosis of the Pico da Ibituruna State Natural Monument (MONAE), a protected area located in Governador Valadares/MG. This is an unprecedented work, which was conducted based on the analysis of climatic factors such as latitude, altitude, continentality, maritime conditions, air masses and climatic elements such as precipitation and temperature. The data was worked on a decennial basis from 2005 to 2022. As there is no meteorological station within the conservation unit, precipitation data were obtained from the Climate Hazards Infrared Precipitation with Stations (CHIRPS) group. For temperature data, we chose to apply the following physical criterion: “the temperature in the troposphere drops rapidly with altitude, at an average rate of 6.5°C/Km or 0.65°C every 100 meters”. For the urban area of Governador Valadares, data from the National Water and Sanitation Agency (ANA) rainfall and National Institute of Meteorology (INMET) meteorological stations were used. Using the method proposed by Thornthwaite and Matter (1955), adapted by Rolim *et al.* (1998), graphs of ten-day period climatic water balances from INMET, ANA and MONAE were developed with the aim of diagnosing water surpluses and deficiencies. To identify the spatialization of precipitation and temperatures, the ArcGis 10.5 program was used, and dynamic atmospheric patterns, the Grads 2.0 program was used. As a result, it was observed that the water surpluses with the highest volumes for the urban area were recorded in the 2nd ten-day period of December, while for MONAE it was in the 3rd ten-day period of November. Dryspell can be observed in January and February in the urban area, while in MONAE, there was an abrupt drop in precipitation, however, it was not considered as dryspell. In the spatialization of rainfall and temperatures in MONAE, the highest volume of precipitation was detected in the 1st decade of December and in the urban area in the 2nd. The highest temperatures were recorded in all ten days of January, February and March 1st for the two areas studied. Atmospheric systems such as the South American Convergence Zone (ZCAS) and Bolivian High (AB) are responsible for the intense rains in December and January; The systems that cause lack of precipitation are: South Atlantic Subtropical Anticyclone (ASAS) and Inverted trough (CN). It can be concluded that the atmospheric systems operating in MONAE have an influence on the rainy season, which starts in October and lasts until March, and on the dry season, which starts in April and ends in September.

Keywords: Dryspell. Ten-day period. Atmospheric systems. Pico da Ibituruna MONAE. Governador Valadares/MG.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Mapa de localização do Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna.....	20
Figura 2 - Mapa dos limites do Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna.....	21
Figura 3- Zoneamento do Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna.....	23
Figura 4- Episódio de ZCAS em 14/02/2009	26
Figura 5- Posição média Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) a 850 hPa.	28
Figura 6 - Interação entre a Alta da Bolívia (AB), Cavado do Nordeste (CN) e Jato Subtropical (JS) a 200 hPa.	29
Figura 7 - Representação esquemática dos fluxos do BHC.....	35
Figura 8 - Distância entre a estação meteorológica do INMET e a estação pluviométrica da ANA.	41
Figura 9 - Programa Excel adaptado por ROLIM et al. (1998) para a realização do balanço hídrico climatológico.	42
Figura 10 - Exemplo de Balanço Hídrico Climatológico decendial do PERD (2012-2013). ..	45
Figura 11 - Balanço Hídrico Climatológico Decendial, Estação Meteorológica INMET, 2005-2022.	49
Figura 12 - Balanço Hídrico Climatológico Decendial, Estação Pluviométrica ANA, 2005-2022.	50
Figura 13 - Balanço Hídrico Climatológico Decendial, MONAE, 2005-2022.	51
Figura 14 - Área de interpolação dos dados (Perímetro urbano de Governador Valadares e MONAE Pico da Ibituruna).....	53
Figura 15 - Média decendial de precipitação do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de dezembro.	55
Figura 16 - Média decendial de precipitação do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de janeiro.	56
Figura 17 - Média decendial de precipitação do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de fevereiro.	56
Figura 18 - Média decendial de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de dezembro.	59
Figura 19 - Média decendial de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e	

do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de janeiro.	59
Figura 20 - Média decendial de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de fevereiro.	60
Figura 21 - Campos de linhas de corrente 200 hPa (a, b, c) e 850 hPa (d, e, f), 1º, 2º e 3º decêndios de setembro (2005-2022). AB (Alta da Bolívia), CN (Cavado do Nordeste), JS (Jato Subtropical), ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), ASPS (Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul) e ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul).	65
Figura 22 - Campos de linhas de corrente 200 hPa (a, b, c) e 850 hPa (d, e, f), 1º, 2º e 3º decêndios de outubro (2005-2022). AB (Alta da Bolívia), CN (Cavado do Nordeste), JS (Jato Subtropical), ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), ASPS (Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul) e ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul).	66
Figura 23 - Campos de linhas de corrente 200 hPa (a, b, c) e 850 hPa (d, e, f), 1º, 2º e 3º decêndios de novembro (2005-2022). AB (Alta da Bolívia), CN (Cavado do Nordeste), JS (Jato Subtropical), ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), ASPS (Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul) e ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul).	67
Figura 24 - Campos de linhas de corrente 200 hPa (a, b, c) e 850 hPa (d, e, f), 1º, 2º e 3º decêndios de dezembro (2005-2022). AB (Alta da Bolívia), CN (Cavado do Nordeste), JS (Jato Subtropical), ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), ASPS (Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul) e ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul), CONF (Confluência - transporte de umidade).	68
Figura 25 - Campos de linhas de corrente 200 hPa (a, b, c) e 850 hPa (d, e, f), 1º, 2º e 3º decêndios de janeiro (2005-2022). AB (Alta da Bolívia), CN (Cavado do Nordeste), JS (Jato Subtropical), ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), ASPS (Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul) e ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul), CONF (Confluência - transporte de umidade).	69
Figura 26 - Campos de linhas de corrente 200 hPa (a, b, c) e 850 hPa (d, e, f), 1º, 2º e 3º decêndios de fevereiro (2005-2022). AB (Alta da Bolívia), CN (Cavado do Nordeste), JS (Jato Subtropical), ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), ASPS (Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul) e ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul), CONF (Confluência - transporte de umidade).	70
Figura 27 - Campos de linhas de corrente 200 hPa (a, b, c) e 850 hPa (d, e, f), 1º, 2º e 3º decêndios de maio (2005-2022). JS (Jato Subtropical), ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), ASPS (Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul) e ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul).	72
Figura 28 - Capa do material didático.	80
Figura 29 - Informações climatológicas do MONAE.	81
Figura 30 - Conclusão do guia.	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Identificação e localização das estações meteorológica do INMET e pluviométrica da ANA.....	39
Quadro 2 - Decêndios anuais de janeiro a dezembro.	43
Quadro 3 - Número de decêndios com deficiência hídrica nas estações meteorológicas por período.....	52
Quadro 4 - Análise da média de precipitações e temperaturas do MONAE Pico da Ibituruna (2005 a 2022).....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB - Alta da Bolívia
ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ARM - Armazenamento
ASAS - Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul
ASPS - Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul
BC - Baixa do Chaco
BHC - Balanço Hídrico Climatológico
CDC - Centro de Diagnóstico Climático
CHIRPS - Climate Hazards Infrared Precipitation with Stations
CN - Cavado do Nordeste
CONF - Confluência
ET - Evapotranspiração
ETP - Evapotranspiração potencial
ETR - Evapotranspiração real
ETO - Evapotranspiração de oásis
GrADS - Grid Analysis and Display System
ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IEF - Instituto Estadual de Florestas
IFMG - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
JS - Jato Subtropical
MONAE - Monumento Natural Estadual
NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration
PERD - Parque Estadual do Rio Doce
SIG - Sistema de Informação Geográfica
SNIRH - Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação
UC - Unidade de Conservação
VCAN - Vórtice Ciclônico de Altos Níveis
WMO - World Meteorological Organization
ZCAS - Zona de Convergência da América do Sul
ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa	15
1.2 Objetivos	17
<i>1.2.1 Objetivo Geral</i>	<i>17</i>
<i>1.2.2 Objetivos Específicos</i>	<i>17</i>
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Unidades de Conservação	18
<i>2.1.1 Características do Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna</i>	<i>20</i>
2.2 Mecanismos atmosféricos atuantes na Região Sudeste	25
2.3 Evapotranspiração	30
2.4 Balanço Hídrico Climatológico	33
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	38
3.1 Obtenção e tratamento dos dados	38
3.2 Elaboração de gráfico Balanço Hídrico Climatológico Decendial	44
3.3 Sistema de Informação Geográfica-SIG	46
3.4 Critérios adotados para espacialização dos aspectos dinâmicos	47
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	48
4.1 Balanços Hídricos Climatológicos Decendiais	48
4.2 Espacializações da média decendial das precipitações	53
<i>4.2.1 Estação chuvosa</i>	<i>53</i>
<i>4.2.2 Estação Seca</i>	<i>57</i>
4.3 Espacializações da média decendial das temperaturas	58
<i>4.3.1 Estação Chuvosa</i>	<i>58</i>
<i>4.3.2 Estação Seca</i>	<i>60</i>
4.4 Aspectos Dinâmicos	61
<i>4.4.1 Estação Chuvosa</i>	<i>62</i>
<i>4.4.2 Estação Seca</i>	<i>71</i>
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	73
PRODUTO TÉCNICO-TECNOLÓGICO	77
REFERÊNCIAS	83
APÊNDICES	87
ANEXO	123

1 INTRODUÇÃO

O clima de uma região tem relação direta com as atividades desenvolvidas em uma sociedade. Segundo Ayoade (2011), o clima pode limitar a permanência dos seres humanos em determinado local, pois afeta a agricultura e determina a adequação de suprimentos essenciais à sobrevivência humana por meio dos azares climáticos (geadas, secas, granizos, ventos) e do seu controle sobre os estágios da cadeia de produção agrícola.

Para Tubelis e Nascimento (1986), a radiação solar (que determina as condições térmicas do ambiente), a temperatura (que afeta o crescimento de culturas agrícolas) e a precipitação (que é um importante “processo pelo qual a água condensa na atmosfera e atinge gravitacionalmente a superfície terrestre”) são elementos climáticos que influenciam no desenvolvimento da vegetação de uma área.

As características de um clima dependem de fatores estáticos (condições físicas do planeta) e dinâmicos (a dinâmica da atmosfera). O estado de Minas Gerais apresenta grande diversidade de climas, em razão de ser uma região tropical de transição climática. Sua dinâmica climática se origina de circulações globais, como as células de circulação atmosférica tropical, dos sistemas frontais (fatores dinâmicos) e de suas interações com a continentalidade tropical e a topografia regional (fatores estáticos), bastante acidentada (NIMER, 1989).

O município de Governador Valadares está localizado na Região Sudeste do país, influenciada pelas massas de ar Tropical Atlântica, Polar Atlântica, Equatorial Continental e pelas correntes do oeste. Na estação chuvosa, de outubro a março, são encontradas temperaturas mais elevadas; já na estação seca, de abril a setembro, as temperaturas são mais amenas (CUPOLILLO, 2015).

Utilizando-se a classificação climática de Nimer (1989), pode-se afirmar que a área urbana de Governador Valadares é classificada como Clima Tropical Brasil Central, quente, média térmica superior a 18°C em todos os meses, semiúmido, de 4 a 5 meses secos. No que se refere ao Monumento Natural Estadual (MONAE) Pico da Ibituruna, área de estudo deste trabalho, apresenta um Clima Tropical Brasil Central, subquente, média térmica entre 15°C e 18°C em pelo menos um mês, semiúmido, de 4 a 5 meses secos.

O MONAE apresenta um clima diferenciado em relação ao entorno, sendo um local único em virtude das térmicas de ar quente, consideradas entre as melhores do mundo para a prática de voo livre. A formação de nuvens favorece um padrão de chuva diferenciado que, associado à geologia e à vegetação, são responsáveis pela formação de grande número de nascentes, as quais alimentam lagos, corredeiras e quedas d'água, abastecendo a comunidade

local e o Parque Natural Municipal Emiliana Marques (IEF, 2022).

O Pico da Ibituruna foi tombado para fins de conservação e declarado como Monumento Natural pela Constituição Estadual de Minas Gerais de 1989, no art. 84 do ato das disposições constitucionais transitórias. A unidade de conservação, administrada pelo Instituto Estadual de Florestas, teve seus limites definidos com a publicação da Lei Estadual n.º 21.158, de 17 de janeiro de 2014.

Segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), estabelecido pela Lei n.º 9.985/2000, o MONAE tem como objetivo básico a preservação de sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica. De acordo com a referida lei, esta categoria de unidade de conservação pode ser constituída por áreas particulares, desde que seja possível compatibilizar os objetivos da unidade com a utilização da terra e dos recursos naturais do local pelos proprietários. A lei ainda prevê que os terrenos e benfeitorias constantes, cujo uso da propriedade seja incompatível com as condições propostas pelo órgão responsável pela administração da unidade, serão objeto de declaração de utilidade pública e de interesse social, para fins de desapropriação de pleno domínio pelo poder público.

De acordo com o Plano de Manejo do MONAE (IEF, 2022), as principais ameaças e pressões sobre a unidade de conservação estão relacionadas ao fluxo de pessoas em visita ao pico, bem como aos incêndios florestais que ocorrem no local, atividades rurais existentes, como a criação de gado, a caça e atropelamento da fauna silvestre, construções irregulares e contaminação de corpos d'água. Salienta-se que, segundo Dias *et al.* (2023), os incêndios florestais na unidade de conservação e em sua zona de amortecimento ocorrem em maior número no trimestre agosto-setembro-outubro, meses que marcam o término da estação seca (abril a setembro) e início da estação chuvosa (outubro a março) da região.

Diante do exposto e na perspectiva de contribuir para o conhecimento do clima da unidade de conservação, buscou-se, com o presente trabalho, elaborar o diagnóstico climatológico do MONAE, tendo em vista que não existe nenhum estudo relacionado a este assunto para a área em questão.

1.1 Justificativa

O presente estudo está relacionado à linha de pesquisa Planejamento e Gestão Ambiental, inserida no contexto do Mestrado Profissional em Sustentabilidade Ambiental, oferecido pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) -

Campus Bambuí. Especificamente, esta pesquisa direciona sua atenção para o diagnóstico climatológico do MONAE Pico da Ibituruna.

O MONAE Pico da Ibituruna, além de possuir relevância ambiental e paisagística, dá a Governador Valadares o status reconhecido internacionalmente como a Capital Mundial do Voo Livre. No entanto, apesar de sua importância e reconhecimento, até o momento, nenhum trabalho referente ao clima da unidade de conservação foi realizado.

A necessidade de se realizar o diagnóstico climatológico do Pico da Ibituruna é crucial por várias razões. Primeiramente, entender o clima local é fundamental para uma gestão eficaz e sustentável dessa unidade de conservação. Compreender os padrões climáticos, as variações sazonais e os eventos extremos permitirá a implementação de medidas de manejo adequadas para a preservação do ecossistema e da biodiversidade presente no local.

Além disso, considerando-se a relevância do Pico da Ibituruna como um destino mundialmente famoso para o voo livre, o conhecimento detalhado das condições climáticas é crucial para garantir a segurança dos praticantes desse esporte. As características climáticas locais, como variações térmicas, precipitação e mecanismos meteorológicos específicos, influenciam diretamente as condições de voo e, portanto, devem ser compreendidas para a elaboração de protocolos de segurança eficazes.

Outra consideração relevante diz respeito às atividades desempenhadas pela comunidade local, abrangendo uma variedade de setores como pecuária, criação de animais de pequeno porte, agricultura, horticultura, apicultura e piscicultura. O diagnóstico climatológico desempenha um papel fundamental ao identificar os períodos mais propícios para o desenvolvimento dessas atividades, permitindo uma gestão mais eficiente e estratégica dos recursos disponíveis.

Ademais, o turismo relacionado ao voo livre representa uma fonte significativa de receita para a região, contribuindo para o desenvolvimento econômico local. Portanto, um entendimento mais profundo do clima do Pico da Ibituruna pode ajudar na promoção do turismo sustentável, permitindo que operadores turísticos e autoridades locais ofereçam experiências mais seguras e agradáveis aos visitantes.

Em suma, considerando-se a ausência de diagnóstico climatológico específico até o momento, aliada à importância do Pico da Ibituruna como um símbolo do voo livre e um local de conservação da biodiversidade, é imperativo realizar um estudo abrangente sobre o clima deste local. Tal pesquisa não apenas preencherá uma lacuna de conhecimento científico, mas também fornecerá informações valiosas para a gestão ambiental, segurança dos praticantes de

voos livre e desenvolvimento sustentável da região.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Realizar diagnóstico climatológico do Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna (MONAE).

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar Balanço Hídrico Climatológico decenal do MONAE e da cidade de Governador Valadares com os dados obtidos do INMET, da ANA e do CHIRPS;
- Elaborar 36 mapas decenais de precipitação e 36 mapas decenais de temperatura, no período de 2005 a 2022;
- Elaborar 36 mapas decenais de linha de corrente dos altos níveis da atmosfera (200 hPa) e 36 mapas decenais de linha de corrente dos baixos níveis da atmosfera (850 hPa), no período de 2005 a 2022;
- Identificar os mecanismos atmosféricos demonstrados nos mapas decenais de linha de corrente, período de 2005 a 2022.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão teórica desta dissertação aborda temas fundamentais para embasar o diagnóstico climatológico do MONAE. Inicialmente, será explorado o conceito de unidades de conservação, com destaque para sua relevância na preservação ambiental e no manejo sustentável dos recursos naturais, contextualizando o papel do MONAE dentro desse sistema. Em seguida, serão discutidos os mecanismos atmosféricos atuantes na Região Sudeste, essenciais para se compreender os padrões climáticos que influenciam diretamente as condições meteorológicas da área de estudo. Além disso, serão abordados os conceitos de evapotranspiração e balanço hídrico climatológico, indispensáveis para a avaliação da disponibilidade hídrica local. Esses temas, integrados, fornecem a base teórica necessária para interpretar os dados coletados e compreender as dinâmicas ambientais que afetam o MONAE, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias de conservação e manejo sustentável da região.

2.1 Unidades de Conservação

O SNUC (2000), estabelecido pela Lei n.º 9.985/2000, define Unidade de Conservação como:

Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

Ainda segundo o SNUC (2000), as unidades de conservação dividem-se em dois grupos: as de proteção integral e as de uso sustentável. O objetivo básico das Unidades de Proteção Integral é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. O uso indireto, segundo seu artigo 2º, IX, “é aquele que não envolve consumo, coleta, dano ou destruição dos recursos naturais”.

Já as Unidades de Conservação de Uso Sustentável, de acordo com o artigo 2º, XI, da Lei 9.985/2000, têm como objetivo básico compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável.

O grupo das Unidades de Conservação de Proteção Integral é composto pelas seguintes categorias: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre (art. 8º, Lei 9.985/2000).

O grupo das Unidades de Conservação de Uso Sustentável é composto pelas categorias: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

Conforme estabelecido pelo art. 12 do SNUC (2000), o principal objetivo do Monumento Natural é preservar sítios naturais raros, singulares ou de notável beleza cênica. Segundo a legislação, essas unidades de conservação podem abranger áreas de propriedade privada, desde que seja viável conciliar os objetivos de preservação com a utilização da terra e dos recursos naturais. A lei também determina que terras e melhorias presentes, cujo uso seja incompatível com os propósitos de conservação delineados pela entidade responsável pela gestão da unidade, serão consideradas de utilidade pública e interesse social, sujeitas à desapropriação pelo poder público.

Como pode ser observado, os monumentos naturais são Unidades de Conservação de Proteção Integral, ou seja, permitem apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Todavia, essa categoria é compatível com o domínio privado, caracterizando-se pelas limitações ao uso e gozo do direito de propriedade, ligadas ao cumprimento de sua função socioambiental.

Apenas decretar uma porção do território nacional como unidade de conservação não é suficiente para protegê-la, pois esta continua sofrendo impactos e exploração dos seus recursos naturais. É necessário aperfeiçoar a gestão das unidades de conservação para que elas possam cumprir com os objetivos para os quais foram criadas (ARAÚJO *et al.*, 2012).

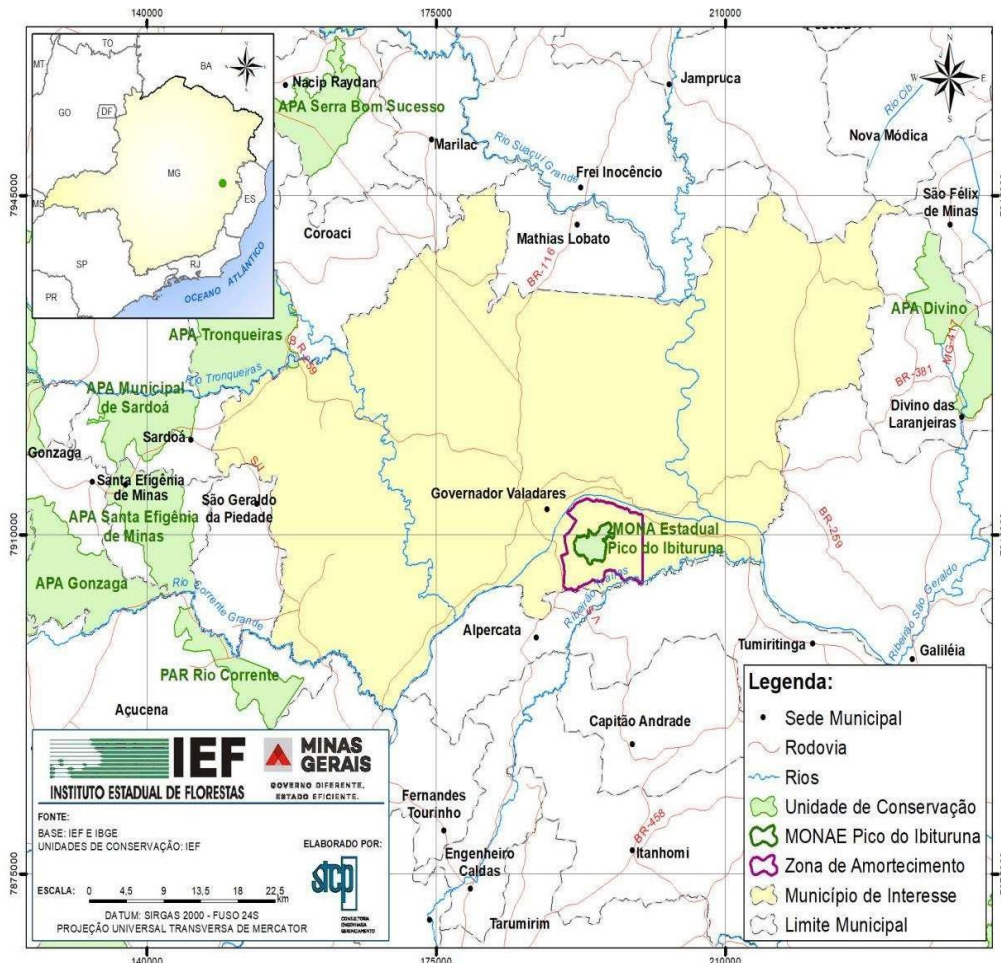
Para Primack e Rodrigues (2001), se o objetivo de uma área protegida é apresentado à população local e se a maioria aceita e respeita as normas da unidade de conservação, é possível que esta cumpra com seus objetivos de criação. Na melhor das hipóteses, a população se envolve no manejo e no planejamento da unidade, as pessoas são treinadas e empregadas para trabalhar no local, beneficiando-se da criação da unidade de conservação. De modo contrário, se o objetivo de criação não é apresentado para a população local de maneira clara e adequada e se existe alguma desconfiança entre a população e o governo, a comunidade local pode rejeitar a ideia e ignorar as normas da unidade de conservação, podendo gerar conflitos e prejuízos à área protegida.

2.1.1 Características do Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna

O MONAE Pico da Ibituruna foi tombado para fins de conservação e declarado como Monumento Natural pela Constituição Estadual de Minas Gerais de 1989, no art. 84 do ato das disposições constitucionais transitórias. A unidade de conservação teve seus limites definidos com a publicação da Lei Estadual n.º 21.158, de 17 de janeiro de 2014.

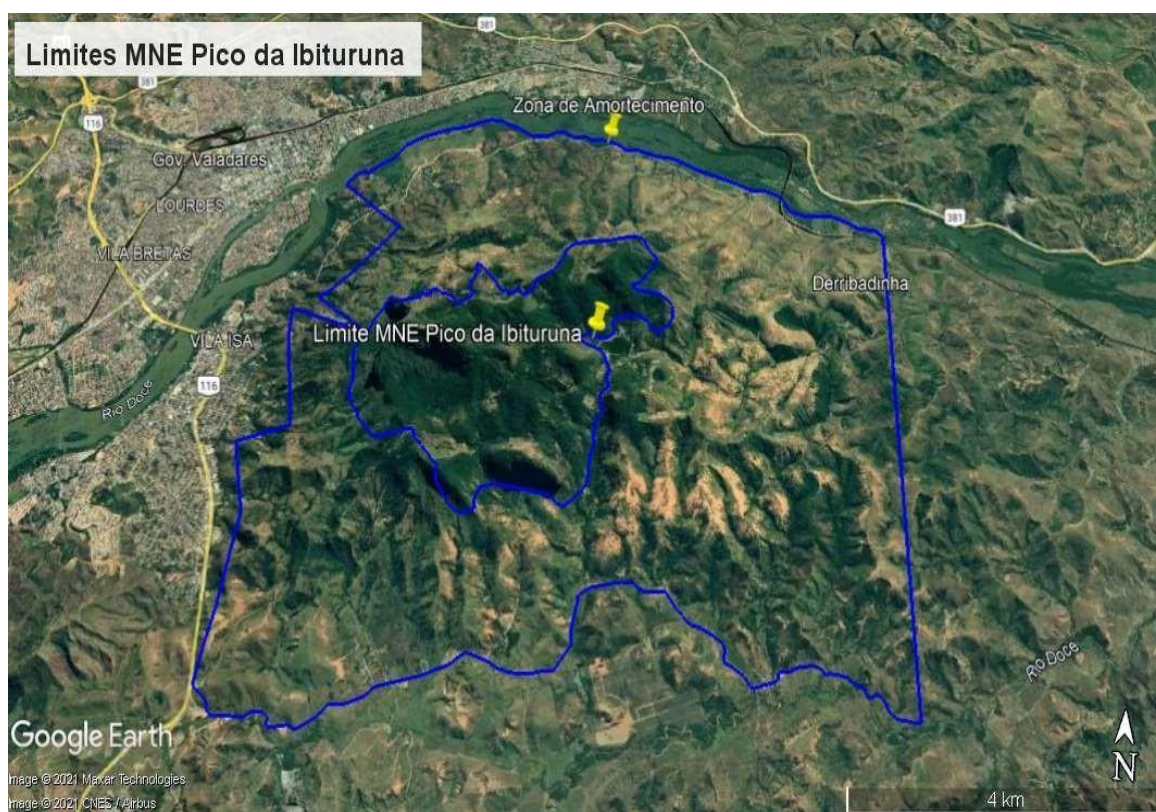
Localizada no município de Governador Valadares, na região do Médio Rio Doce, nas coordenadas geográficas Norte 18°52'6.84"S; 41°53'11.37" O, Sul 18°54'24.63"S; 41°54'26.96" O, Leste 18°52'52.69"S; 41°52'49.13" O e Oeste 18°53'12.98"S; 41°55'34.37" O (FIG. 1), a UC possui uma área de 1.076,21 hectares inseridos no Bioma Mata Atlântica, com vegetação, em sua maior parte, formada por Floresta Estacional Semidecidual, considerada o maior remanescente florestal contínuo do município. Ainda, a mesma lei estabelece a criação de uma Zona de Amortecimento do MONAE Pico da Ibituruna, com área de 6.057,4 hectares e perímetro de 60.089,76 metros (FIG. 2).

Figura 1- Mapa de localização do Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna



Fonte: Plano de Manejo do MONAE (IEF, 2022).

Figura 2 - Mapa dos limites do Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna



Fonte: IEF, 2022.

A região do Médio Rio Doce é habitada há séculos por povos originários que possuem uma rica e centenária cultura, como por exemplo, os Krenak, que são os últimos representantes dos Botocudos. Esses povos sempre demonstraram profundo respeito e cuidado com o meio ambiente, protegendo áreas que, atualmente, são reconhecidas como **unidades de conservação**. O Pico da Ibituruna, uma dessas unidades, carrega em seu nome uma forte conexão com essa herança cultural. Do ponto de vista etimológico, "Ibituruna" tem origem no tupi e significa "Pedra Negra", refletindo tanto a identidade indígena quanto as características marcantes da paisagem local.

O SNUC (2000) traz ainda a obrigação da elaboração do plano de manejo pelo órgão gestor da unidade de conservação no prazo de cinco anos a partir da data de sua criação. O Plano de Manejo é o principal documento para subsidiar o planejamento e a gestão eficaz de uma UC, devendo este priorizar a manutenção dos modos de vida tradicionais relevantes à conservação e à utilização sustentável da diversidade biológica, por meio da participação das comunidades locais (ICMBio, 2018).

Segundo o Plano de Manejo do MONAE (IEF, 2022), a unidade de conservação apresenta o seguinte propósito:

o MONAE Pico da Ibituruna, que se destaca com seus 1.123 metros de altitude, é referência de identidade e paisagem de Governador Valadares/MG, representa um dos poucos remanescentes de Mata Atlântica da região leste de Minas Gerais, e foi criado para a preservação da beleza cênica, dos recursos hídricos e da biodiversidade, possibilitando atividades socioeconômicas, turísticas, lazer e culturais, contribuindo para a qualidade de vida da comunidade, conciliando, de forma sustentável, os interesses privados e públicos.

De acordo com o Plano de Manejo (IEF, 2022), o MONAE apresenta predomínio de relevo montanhoso, sendo essa unidade de relevo representada pelo Pico da Ibituruna, com 1.123 m de altitude. A unidade de conservação possui fragmentos relevantes de Mata Atlântica em vários estágios sucessionais, que variam de secundária inicial a tardia, sendo registradas 48 espécies vegetais com enorme variedade de categorias de uso, interesse conservacionista e econômico.

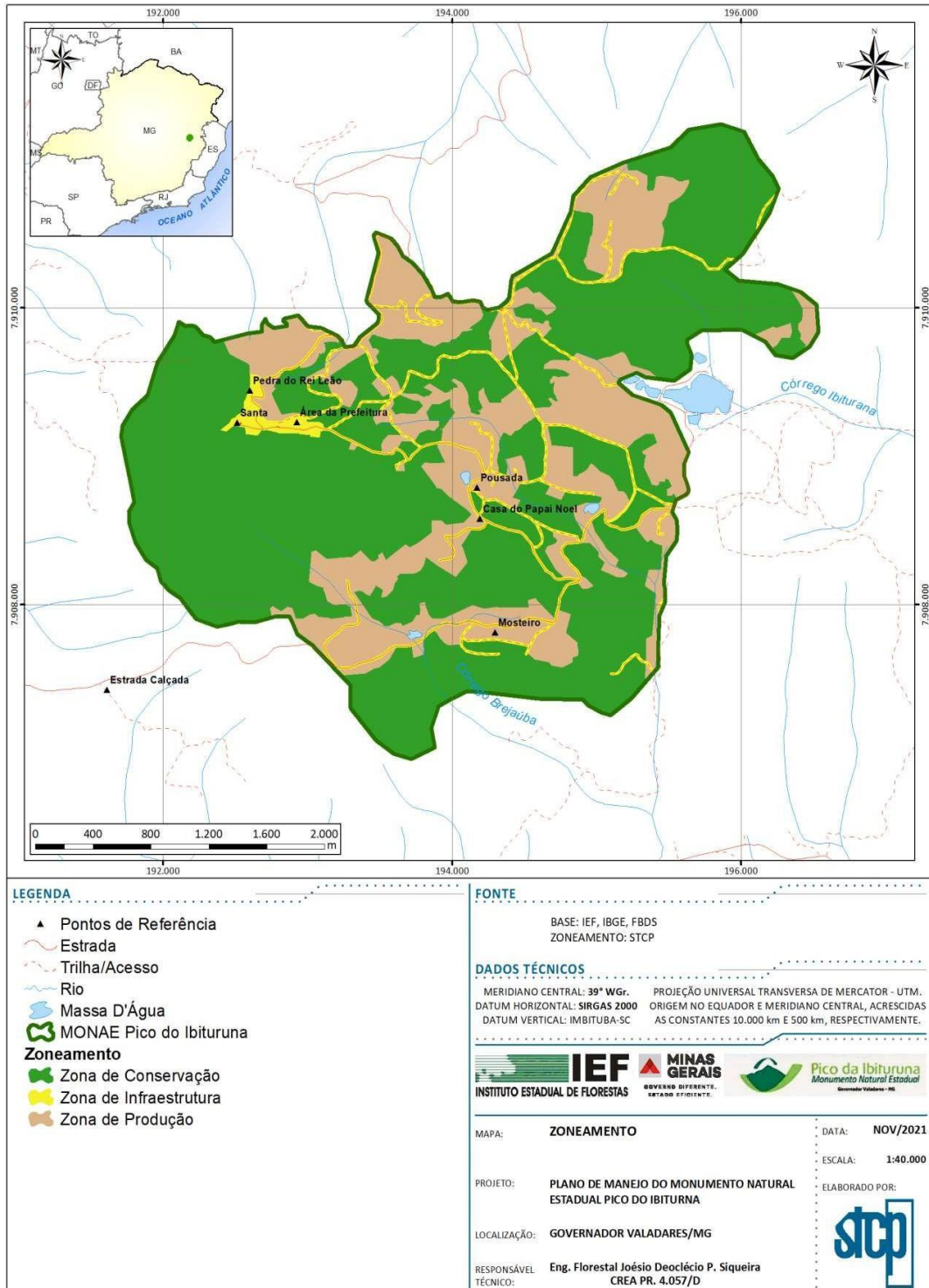
Ao norte, predomina a formação de Floresta Estacional Semidecidual Montana em estágio inicial ocupando 98,54 hectares, formada, principalmente, por espécies pioneiras e secundárias que caracterizam o processo de regeneração. O núcleo da UC possui elevado grau de degradação em decorrência da atividade de pecuária extensiva, fonte de subsistência dos antigos proprietários desde a década de 1930 - 1940, estando presente nos arredores da UC gramíneas exóticas e invasoras, como *Brachiaria* e *Paspalum notatum* (IEF, 2022).

A UC possui 616,28 hectares cobertos por Floresta Estacional Semidecidual Submontana, apresentando espécies como *Myracrodruon urundeuva* (aroeira), *Parapiptadenia rigida* (angico) e *Peltophorum dubium* (canafístula), estando diretamente relacionadas ao grau de conservação ou regeneração da área (IEF, 2022).

Ao redor do MONAE, a paisagem é composta por colinas dissecadas e morros rebaixados, de baixa declividade e amplitudes topográficas de até 80 m, também denominadas *Mares de Morros (Colinas Policonvexas)*.

Segundo o SNUC (2000), o zoneamento é a: “*Definição de setores ou zonas em uma unidade de conservação com objetivos de manejo e normas específicos, com o propósito de proporcionar os meios e as condições para que todos os objetivos da unidade possam ser alcançados de forma harmônica e eficaz*”. Consiste em um instrumento de ordenamento territorial, pois diferencia espaços internos da UC de acordo com certos objetivos de manejo (FIG.3).

Figura 3- Zoneamento do Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna



Fonte: Plano de Manejo do MONAE (IEF, 2022).

Para o MONAE, foram previstas três zonas de manejo, conforme tabela abaixo (Tab.1):

Tabela 1 - Zoneamento do Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna

ZONA	ÁREA (HA)	ÁREA (%)
Conservação	714,96	66,43
Infraestrutura	63,07	5,86
Produção	298,19	27,71
TOTAL	1.076,20	100
Amortecimento (entorno)	6.057,49	

Fonte: IEF, 2022.

Segundo o Plano de Manejo do MONAE (IEF, 2022), a zona de conservação é a que contém ambientes naturais de relevante interesse ecológico, científico e paisagístico, onde tenha ocorrido pequena intervenção humana, admitindo-se áreas em avançado grau de regeneração. Foram inclusas nesta zona as áreas que apresentam fragmentos de vegetação em estágio médio e avançado sem ocupação, afloramentos rochosos granítico-gnáissico, encostas, as nascentes e cursos d'água que deságuam no Parque Municipal de Governador Valadares, bem como demais áreas relevantes para a preservação da vegetação e paisagem.

A zona de infraestrutura é constituída por ambientes naturais ou por áreas significativamente antropizadas, onde é tolerado um alto grau de intervenção no ambiente, buscando sua integração com este e concentrando, especialmente, os impactos das atividades e infraestruturas em pequenas áreas. Foram inclusas nesta zona as áreas que recebem grande fluxo de visitação, bem como as estruturas de suporte necessárias às atividades esportivas e turísticas (IEF, 2022).

Já a zona de produção compreende áreas com ocupação humana de baixa densidade, em que o processo de ocupação deverá ser disciplinado, admitindo-se a moradia, atividades de produção e de suporte à produção, com o incentivo de adoção de boas práticas de conservação do solo e dos recursos hídricos e o uso sustentável dos recursos naturais. Incluíram-se nesta zona as áreas de propriedades passíveis de construção e moradias, áreas de pastagem (pecuária de leite e corte, criação de pequenos animais), agroindústria familiar de pequeno porte, apicultura, fruticultura, cafeicultura, agricultura, horticultura, aquicultura, piscicultura, pequenos comércios, pousadas, restaurantes e clube (IEF, 2022).

2.2 Mecanismos atmosféricos atuantes na Região Sudeste

Segundo Nimer (1989), a Região Sudeste possui uma das mais variadas diversidades climáticas, considerando-se o regime de chuva e temperatura. A dinâmica climática do estado de Minas Gerais proporciona uma ampla variabilidade, pois se encontra em uma região tropical de transição climática. O Estado possui duas estações distintas e bem definidas, um verão úmido e quente, que contrasta com um inverno seco e ameno. Especificamente em Governador Valadares, e conseqüentemente no MONAE, a estação seca inicia-se em abril e finaliza-se em setembro; já a chuvosa inicia-se em outubro e vai até março.

Diversos fatores atmosféricos interferem no macroclima de uma região, porém as peculiaridades locais são, de fato, importantes para um adequado planejamento climático. No que diz respeito à dinâmica atmosférica, torna-se importante estudar os sistemas de circulação da atmosfera na região e quais as influências que esses sistemas causam na região Sudeste e, conseqüentemente, no MONAE.

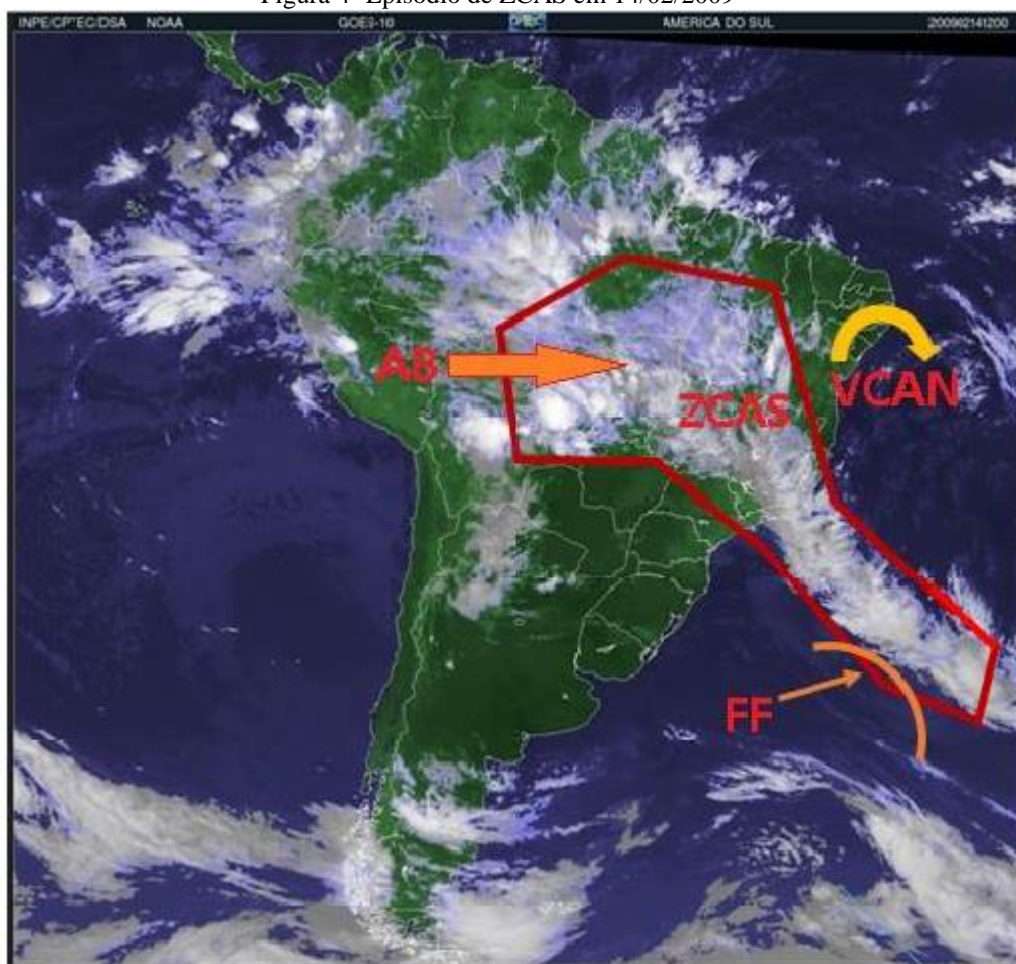
Um desses sistemas que atuam na região e que tem influência no clima é a Zona de Convergência da América do Sul - ZCAS, que é formada por uma combinação de mecanismos atmosféricos atuantes no continente sul-americano. Estes mecanismos são: a Alta da Bolívia, a convecção tropical continental originária da Amazônia e os sistemas frontais oriundos da porção meridional do continente. Desta maneira, forma-se uma banda de nebulosidade, sentido NW-SE, sobre a América do Sul. Na superfície, o ar úmido é transportado da Amazônia para o Sudeste do Brasil, atingindo a região da bacia do Rio Doce. A ZCAS, durante a estação chuvosa, estaciona-se, muitas vezes, sobre os paralelos 19° e 20° de latitudes sul, correspondentes à localização da bacia do Rio Doce, onde está situada a área de estudo deste trabalho, provocando catástrofes em muitos municípios da Bacia, como enchentes e quedas de barreiras nas rodovias e em áreas urbanas (CUPOLILLO, 2015).

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) recebeu essa denominação devido à região oceânica que abrange (ABREU, 1998). Contudo, sabe-se que o tipo de superfície desempenha um papel significativo nas variações climáticas, e existe uma variação no calor específico tanto do oceano quanto do continente, observando-se uma vasta diversificação térmica ao longo do território da América do Sul e, especialmente, no território brasileiro (NIMER, 1989). Nesse contexto, a fisiografia continental apresenta um conjunto mais complexo de variáveis que afetam o clima, quando comparada às influências da região oceânica. Assim, conforme apontado por Amaro, Lacerda e Molion (2008), seria mais

apropriado denominar essa zona de convergência como “América do Sul” em vez de “Atlântico Sul”, como frequentemente encontrado na literatura.

De acordo com Quadro (1994), a ZCAS ocorre por pelo menos quatro dias, tendo como principais características: convergência de umidade na baixa e média troposfera, dada pela interação da Convergência Tropical com o Sistema Frontal, ou seja, faixa de movimento ascendente de ar com orientação NW/SE; a presença de um cavado semiestacionário sobre a América do Sul em 500 hPa a leste dos Andes; centro de circulação anticiclônica em altos níveis (AB); e a conseqüente alteração no regime de chuvas das regiões afetadas. O autor observou também a presença do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) nos eventos de ZCAS e a presença do cavado nos casos em que o vórtice não se apresentava bem configurado (FIG. 4).

Figura 4- Episódio de ZCAS em 14/02/2009



Fonte: CPTEC, 2017, modificada por LIMA, 2019.

Quando a ZCAS desloca-se latitudinalmente do norte para o sul, a Região Sudeste é atingida por esse fenômeno e dá início à estação de chuvas na região, de outubro a março (ANTUNES, 2018).

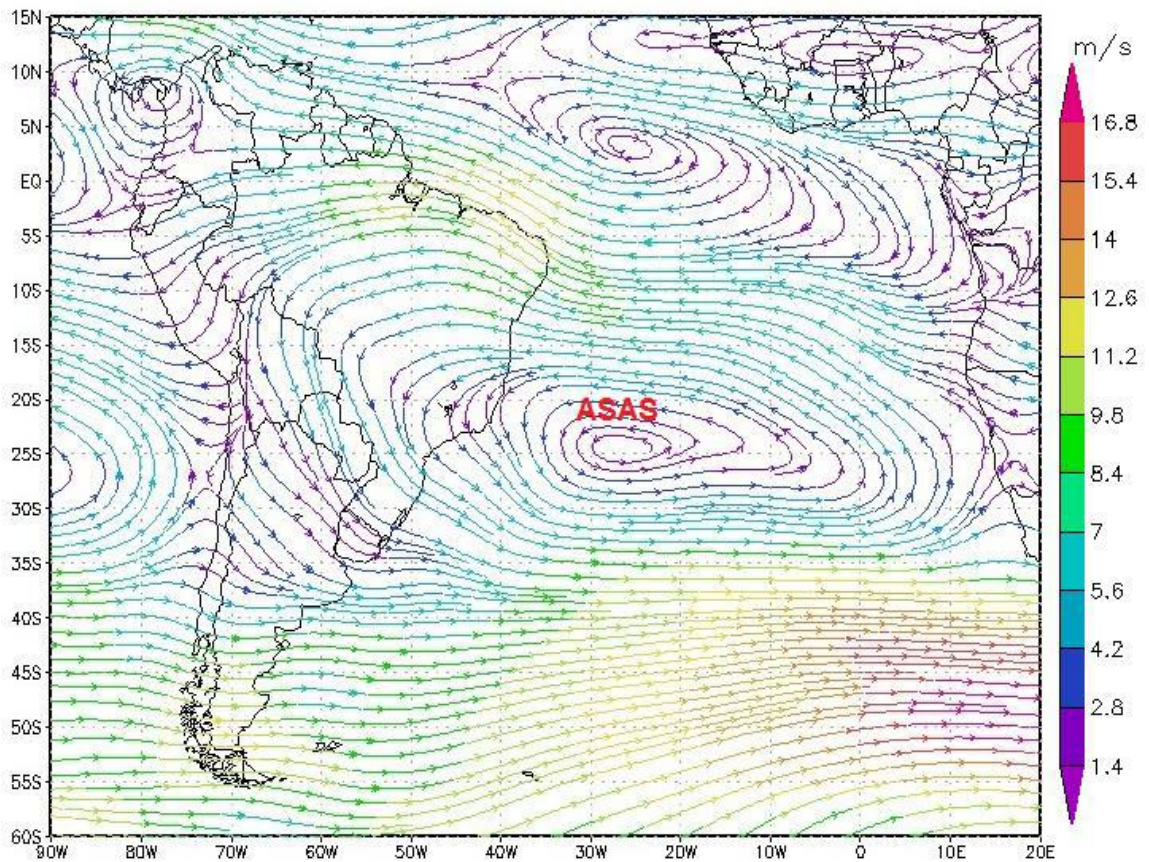
Especificamente na bacia do Rio Doce, além da atuação da ZCAS, outros sistemas atmosféricos dinâmicos desempenham um papel significativo nos padrões de precipitação, conforme destacado por Cupolillo (2015). Entre eles, estão: a Alta da Bolívia (AB), que transporta umidade da Amazônia para a região, favorecendo chuvas no oeste da Bacia; o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e o Cavado do Nordeste (CN), que promovem intensa subsidência do ar, resultando em uma descontinuidade pluviométrica marcada pela redução das chuvas na porção central da Bacia; e a ocorrência de bloqueios atmosféricos, que, usualmente, começam no 2º decêndio de janeiro, persistem até fevereiro e se dissipam no 1º decêndio de março, caracterizando um veranico climatológico na Bacia.

O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) (FIG. 5) é um sistema de grande relevância na dinâmica da circulação atmosférica, com atuação bem definida durante o verão e o inverno (SOARES, 2009). Trata-se de um sistema de alta pressão atmosférica associado à Massa Tropical Atlântica, marcado por altas temperaturas e elevados índices de umidade sobre o oceano (NIMER, 1989).

Segundo Nimer (1989), durante a estação chuvosa, o aquecimento continental, aliado à alta umidade, tornam a atmosfera instável. Esse cenário facilita a elevação do ar aquecido e menos denso, que transporta a umidade para as camadas mais altas da atmosfera, favorecendo a formação de nuvens e ocasionando volumes significativos de precipitação. Ainda segundo o autor, nesse período, o ASAS restringe-se ao Oceano Atlântico, enquanto o continente é dominado por um sistema de baixa pressão.

Durante a estação seca, o ASAS influencia o interior da América do Sul, promovendo uma intensa subsidência atmosférica que reduz os níveis de umidade. Essa condição resulta em dias de céu limpo predominante, com ausência de precipitação e aumento da poluição atmosférica, já que esse sistema bloqueia a passagem de frentes e favorece a ocorrência de inversão térmica (VIANELLO e MAIA, 1986).

Figura 5- Posição média Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) a 850 hPa.



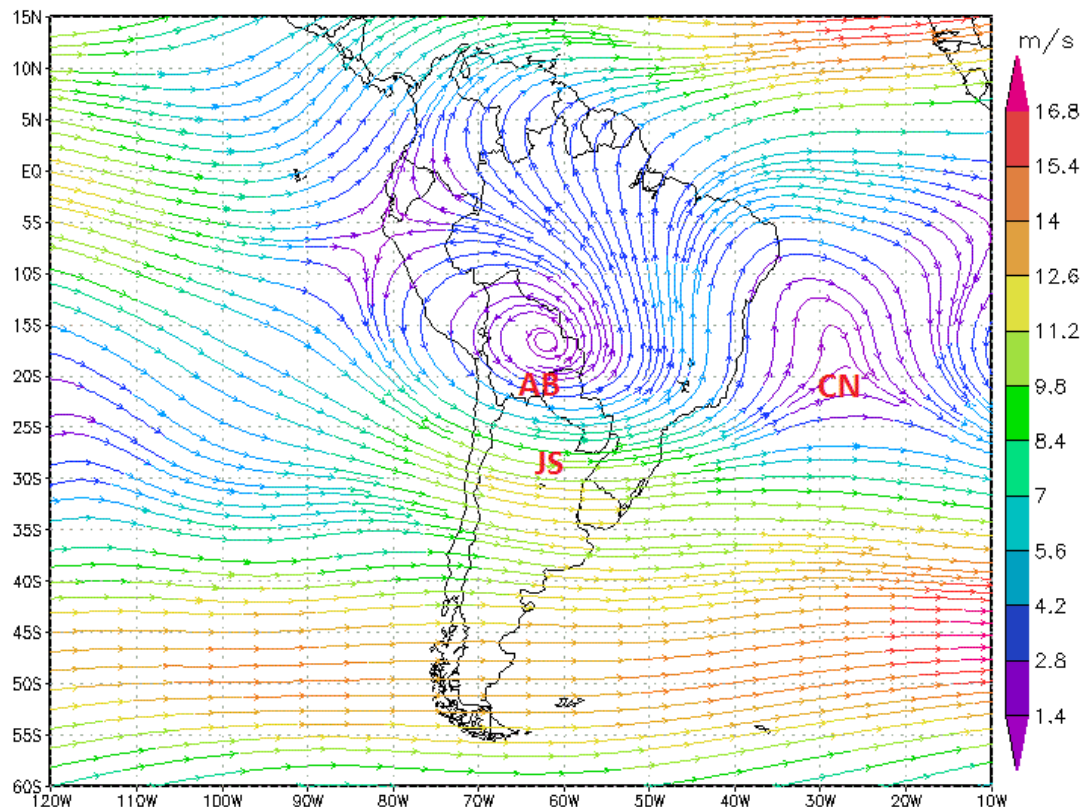
Fonte: LIMA, 2019.

Para Silva e Reboita (2013), o ASAS e a ZCAS contribuem para a precipitação em Minas Gerais, principalmente nos meses entre outubro e março. Os autores relatam que a convecção, no Estado, enfraquece e provoca estiagem devido à redução da temperatura na superfície e à atuação de forma anti-horária do ASAS, que leva a umidade vinda da Amazônia para o oceano Atlântico.

A Alta da Bolívia (AB) é um sistema de alta pressão em altos níveis, ocorrendo preferencialmente no verão e estabelecendo com centro no Altiplano Boliviano apenas durante o verão, para depois se deslocar para dentro do continente (FIG. 6). No outono, o anticiclone na alta troposfera move-se em direção ao Oceano Atlântico, dissipando-se totalmente no inverno e reaparecendo na primavera, com seu centro localizado na Amazônia (LIMA, 2019).

Segundo Souza (2009), este sistema está relacionado a um ciclone térmico conhecido como Baixa do Chaco (BC), que se forma devido ao intenso aquecimento superficial na área do planalto (abrangendo a Bolívia, o norte do Chile e o Peru) e à forte convecção sobre a região Amazônica.

Figura 6 - Interação entre a Alta da Bolívia (AB), Cavado do Nordeste (CN) e Jato Subtropical (JS) a 200 hPa.



Fonte: NOAA. Elaborado por LIMA, 2019.

O Cavado do Nordeste-CN é um mecanismo atmosférico que altera o regime de chuvas no Sudeste por apresentar um escoamento de leste para oeste (FIG. 6). Ele é classificado como um tipo de cavado invertido atuante em Minas Gerais, ocasionando longos períodos de estiagem na estação seca e veranicos na estação chuvosa, em função da forte subsidência do ar à superfície (ANTUNES, 2018).

De acordo com Cupolillo (2015), os veranicos geram uma interrupção nas precipitações e provocam vários dias com baixas totais de precipitação, ou ausência total de chuvas no período chuvoso. Em determinados lugares, o intervalo pode ser de 10 a 20 dias sem precipitação, podendo comprometer o abastecimento de água em regiões urbanas, interferir no desenvolvimento de biomas e em áreas que estão inseridas em unidades de conservação.

Outro mecanismo atmosférico que atua para a formação de chuvas no Sudeste são os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN). São fenômenos meteorológicos caracterizados pela formação de circulação ciclônica na alta troposfera, estendendo-se até os níveis médios da atmosfera. Segundo Reis (2018), o centro destes sistemas destaca-se por apresentar temperaturas mais frias em comparação com sua periferia. A detecção desses vórtices ocorre tipicamente a uma altura de 200 mb, onde eles se inclinam verticalmente em direção ao ar mais

frio, seguindo um movimento subsidente no centro do vórtice e ascendente em sua periferia. Estes sistemas exibem uma curta duração de atividade, podendo persistir por vários dias ou semanas, assumindo uma característica de quase estacionários.

2.3 Evapotranspiração

O clima desempenha um papel crucial na determinação das exigências hídricas para o crescimento e rendimento ideais das culturas, sem enfrentar quaisquer restrições significativas. As necessidades hídricas de uma cultura são comumente quantificadas por meio da taxa de evapotranspiração, geralmente expressas em milímetros por dia ou milímetros por período específico. Essa medida representa a quantidade de água necessária para o processo combinado de evaporação e transpiração, constituindo uma base essencial para a gestão eficiente dos recursos hídricos em sistemas agrícolas e para otimizar a produtividade de acordo com as condições climáticas predominantes (DOORENBOS; KASSAM, 1994).

A evapotranspiração constitui o processo de liberação de água pela vegetação, na forma de vapor, para a atmosfera. A compreensão da evapotranspiração, aliada ao acúmulo de água proveniente das precipitações, desempenham um papel crucial na avaliação da disponibilidade hídrica de determinada região, destacando-se como um elemento de grande relevância na ecologia vegetal e no planejamento agrícola. Esse processo pode ser conceituado como a combinação da transpiração vegetal e da evaporação apresentada pela vegetação. A transpiração vegetal ocorre por meio dos estômatos e da cutícula das plantas, utilizando a água absorvida pelo sistema radicular ao longo do perfil do solo explorado. Já a evaporação refere-se à perda de água presente na superfície vegetal e no solo. Dessa forma, a evaporação é caracterizada como um processo físico, enquanto a transpiração é considerada um processo biológico (TUBELIS; NASCIMENTO, 1986).

Por meio da compreensão do potencial de evapotranspiração, é possível inferir a quantidade de água requerida e identificar os períodos sazonais de excesso e déficit de precipitação, fornecendo informações sobre enchentes e redução do volume dos rios. O aspecto mais crucial para os planos de aproveitamento agrícola reside na capacidade de reconhecer os meses nos quais as culturas, conforme suas exigências específicas, têm maior ou menor disponibilidade de água no solo (NIMER e BRANDÃO, 1989).

De acordo com Pereira *et al.* (2007), a evapotranspiração consiste no processo conjunto de transferência de água para a atmosfera por evaporação da água do solo e por

transpiração das plantas. Dependendo das condições da vegetação, do tamanho da área vegetada e do suprimento de água pelo solo, a evapotranspiração pode ser dos seguintes tipos: potencial, real, de oásis e de cultura:

- Evapotranspiração potencial (ETP): pode ser considerada como a porção de água que seria utilizada por uma extensa superfície vegetada, em crescimento ativo, cobrindo totalmente a superfície do solo e sem restrição hídrica.
- Evapotranspiração real (ETR): definida como a quantidade de água realmente utilizada por uma extensa superfície vegetada, em crescimento ativo, cobrindo totalmente a superfície do solo, porém, com ou sem restrição hídrica. Quando não há restrição hídrica, a evapotranspiração real se iguala à potencial ($ETR=ETP$). Nesse sentido, nota-se que a evapotranspiração real pode ser menor ou igual à evapotranspiração potencial ($ETR \leq ETP$).
- Evapotranspiração de oásis (ETO): definida como a porção de água utilizada por uma pequena área vegetada (irrigada) que é cercada por uma pequena área seca, de onde provém energia por advecção (transporte lateral de calor por deslocamento de massa de ar), aumentando a quantidade de energia disponível. Dessa forma, a evapotranspiração de oásis é maior que a evapotranspiração potencial ($ETO > ETP$).
- Evapotranspiração de cultura: é a medida de água utilizada por uma cultura, em qualquer fase de seu desenvolvimento, desde o plantio/semeadura até a colheita, quando não houver restrição hídrica. Por este motivo, também é chamada de evapotranspiração máxima de cultura.

De acordo com Ometto (1981), a perda de água que uma cultura sofre em um determinado momento é denominada evapotranspiração real. Caso a cultura esteja em condições conforme previsto pela evapotranspiração potencial, a evapotranspiração real equivale à própria potencial. Ou seja, ao contrário da evapotranspiração potencial, a evapotranspiração real é altamente variável, sujeita a diversas condições específicas.

A satisfação da necessidade hídrica da cultura ocorre através da absorção de água pelo sistema radicular a partir do solo. A taxa efetiva de absorção de água do solo pela cultura, em comparação com sua evapotranspiração máxima, é condicionada pela presença adequada de água no solo ou pela possibilidade de a cultura enfrentar estresse devido à escassez hídrica. Essa relação dinâmica entre a disponibilidade de água no solo e as exigências hídricas da cultura

desempenha um papel crucial na determinação do desempenho e do desenvolvimento ideais da cultura, exercendo impacto direto sobre a produtividade e a qualidade das colheitas (DOORENBOS; KASSAM, 1994).

Sob um aspecto fisiológico, as plantas possuem mecanismos para ajustar sua taxa efetiva de evapotranspiração como uma estratégia para preservar água em condições desfavoráveis. Quando o potencial matricial da água não atinge níveis elevados ou o déficit de saturação do vapor de água na atmosfera é significativo, a planta responde reduzindo a atividade dos estômatos. Essa adaptação fisiológica permite que a planta otimize o aproveitamento da água disponível, priorizando a sobrevivência em ambientes desafiadores, nos quais a conservação da água é essencial para sua adaptação e persistência (OMETTO, 1981).

De acordo com Tubelis e Nascimento (1986), a medida da evapotranspiração é realizada por meio de evapotranspirômetros, sendo o Thornthwaite-Mather o mais comumente utilizado no Brasil para medir a evapotranspiração potencial. Esses instrumentos consistem em recipientes enterrados, preenchidos com o mesmo solo retirado durante a escavação. A superfície gramada do evapotranspirômetro deve estar nivelada com o gramado da estação meteorológica. A quantificação da evapotranspiração potencial ocorre através do total de água utilizada pela vegetação em um dia, calculado pela diferença entre as quantidades de água introduzida e a quantidade percolada (Equação 1):

(1)

$$ETP = P + I - C$$

Sendo:

ETP: evapotranspiração potencial (mm/dia).

P: precipitação (mm/dia).

I: irrigação (mm/dia).

C: água percolada (mm/dia).

Em diversas regiões do mundo, a distribuição da precipitação pluviométrica não é uniforme, caracterizando-se por estações de abundância e excesso, bem como por períodos de escassez e déficit. Do ponto de vista ecológico e agroclimatológico, as estações de déficit de chuvas são mais relevantes, pois definem limites rigorosos de tolerância para as espécies vegetais. O "veranico", um fenômeno de seca dentro da estação chuvosa que pode persistir por duas ou três semanas, interrompe a estação de maior potencial de evapotranspiração, afetando

severamente as culturas tradicionais. Compreender as causas do "veranico" torna-se uma preocupação para climatologistas, que buscam delimitar as áreas sujeitas ao fenômeno, avaliar seus efeitos ecológicos e sociais, além de determinar a probabilidade de sua ocorrência. Ao realizar essas tarefas, os órgãos de planejamento podem obter um documento valioso para os ruralistas interessados na produção e rendimento agrícola (NIMER e BRANDÃO, 1989).

2.4 Balanço Hídrico Climatológico

O cálculo do balanço hídrico climatológico (BHC) é uma metodologia essencial para avaliar a disponibilidade de água no solo para as comunidades vegetais. Esse processo envolve a análise da relação entre a precipitação e a evapotranspiração potencial, considerando a capacidade de armazenamento de água no solo (TUBELIS; NASCIMENTO, 1986). Essa abordagem climática visa determinar a quantidade de água presente no solo e disponível para as plantas ao longo de diferentes períodos do ano. A capacidade máxima de armazenamento de água no solo, determinada pelas entradas e saídas de água, é meticulosamente considerada. Essa análise detalhada possibilita uma compreensão abrangente do equilíbrio hídrico, desempenhando um papel crucial na melhoria das práticas agrícolas e na garantia do fornecimento adequado de água às plantas (TUBELIS, 2001).

Segundo Ometto (1981), as solicitações da planta junto ao solo, da atmosfera junto à planta e solo como armazenador de água, ficam bem caracterizadas quando do conhecimento do BHC. Ele contabiliza toda a água envolvida entre os sistemas solo, planta e atmosfera, podendo oferecer a qualquer instante a quantidade de água disponível, contida em um perfil de solo predeterminado. O BHC é, portanto, uma ferramenta extremamente útil, tanto no aspecto de solução imediata quanto e, principalmente, no aspecto analítico de uma situação passada. Também é caracterizado como indicador de potencial climatológico de local para um vegetal qualquer.

O solo é considerado um reservatório natural de água para a vegetação. A entrada de água é representada pela precipitação e irrigação, enquanto a saída é a evapotranspiração. Ele apresenta uma capacidade de armazenamento de água, que, uma vez satisfeita, permite a percolação da água excedente para o lençol freático (TUBELIS; NASCIMENTO, 1986).

Para Pereira *et al.* (1997), o BHC funciona como um sistema contábil que monitora a distribuição da água no solo, aplicando o princípio de conservação de massa para água ao volume de solo vegetado. A variação no armazenamento ao longo do tempo reflete o equilíbrio

entre as entradas e saídas de água no volume controlado. Basicamente, existem seis possíveis entradas: chuva, orvalho, escoamento superficial, drenagem lateral, ascensão capilar e irrigação; e quatro possíveis saídas: evapotranspiração, escoamento superficial, drenagem lateral e drenagem profunda.

A estimativa do BHC pode ser realizada por meio dos métodos de Thornthwaite, desenvolvido em 1948, e de Thornthwaite-Mather, desenvolvido em 1955. O método de Thornthwaite pressupõe que a água do solo está igualmente disponível para as plantas desde a capacidade de campo até o ponto de murchamento permanente. Em contraste, o método de Thornthwaite-Mather leva em consideração, para se calcular o BHC, que a disponibilidade da água no solo diminui à medida que o armazenamento reduz, aspecto levado em conta no cálculo da evapotranspiração real (TUBELIS; NASCIMENTO, 1986).

O BHC de um local é o resultado da atuação conjunta dos regimes pluviométrico e energético. Tendo em vista as variações espaciais e temporais da evapotranspiração potencial e da precipitação, as regiões brasileiras têm regimes hídricos diferentes. Esse método desempenha um papel crucial na tomada de decisões relacionadas à gestão sustentável dos recursos naturais, contribuindo para a promoção de práticas agrícolas e florestais mais eficientes e adaptadas às características climáticas específicas de cada região.

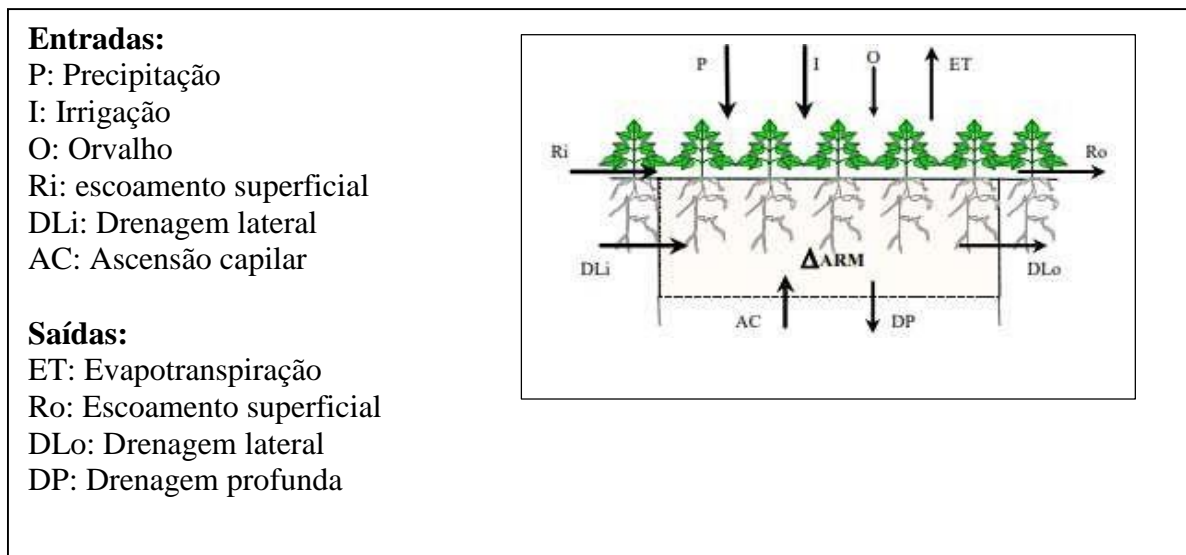
De acordo com Nimer e Brandão (1989), a compreensão dos valores médios anuais de precipitação, ano após ano, desempenha um papel crucial na formulação de políticas para o planejamento econômico regional. Isso se deve ao fato de que esses dados são essenciais para a análise do potencial hídrico disponível para os projetos de irrigação do solo, regularização de rios, fornecimento de água às comunidades, entre outros elementos. O sucesso dessas iniciativas está intrinsecamente ligado aos níveis de disponibilidade dos recursos hídricos.

O método do BHC apresentado por Thornthwaite (1948) admite que, quando as culturas cobrem integralmente a superfície do solo e há disponibilidade de água no solo, elas realizam a evapotranspiração em razão da evapotranspiração potencial. No entanto, quando a água disponível no solo se esgota, a evapotranspiração ocorre a uma taxa reduzida denominada evapotranspiração real (TUBELIS, 2001).

O método do BHC é empregado para quantificar a água presente no solo, utilizando o Princípio de Conservação de Massa em uma porção de solo com vegetação (FIG.7). A variação no armazenamento de água nesse volume específico (ΔARM), ao longo de um intervalo de tempo, reflete a equação entre a entrada e saída de água desse volume de controle. Dado que a precipitação é expressa em milímetros, ou seja, em litros (ou quilogramas) de água

por metro quadrado de superfície, a fim de facilitar o cálculo do BHC, também se adota uma área superficial de 1 m² para o volume de controle (PEREIRA *et al.*, 1997).

Figura 7 - Representação esquemática dos fluxos do BHC



Fonte: PEREIRA *et al.*, 2007.

Segundo Pereira *et al.* (1997), as entradas de chuva e orvalho são influenciadas pelo clima regional, enquanto as demais são dependentes do tipo de solo e relevo da área. A irrigação, essencial para manter o armazenamento adequado às necessidades das plantas, é uma função intrínseca ao BHC, integrando os efeitos do clima, solo e tipo de vegetação. O clima emerge como a força motriz central desse sistema. As entradas e saídas do escoamento superficial e drenagem lateral tendem a se compensar, desde que a superfície externa do volume de controle não seja muito grande. Drenagem profunda e ascensão capilar representam, respectivamente, saída e entrada de água pela área inferior do volume de controle. A drenagem profunda expressa o excesso de água que penetrou no volume pelas chuvas ou irrigação. Quanto mais profundo o volume de controle, menor a drenagem profunda e maior a ascensão capilar. Assim, o BHC do volume de controle pode ser expresso por meio da seguinte forma (Equação 2):

(2)

$$\pm\Delta\text{ARM} = P + I - ET + AC - DP$$

De acordo com Tubelis (2001), para se realizar o cálculo do BHC em uma determinada localidade, é essencial ter conhecimento apenas das variáveis de precipitação

pluvial e evapotranspiração potencial; as demais variáveis climáticas são derivadas do próprio cálculo do BHC. A medição das chuvas ocorridas em um posto pluviométrico possibilita a obtenção da precipitação pluvial. Da mesma forma, os valores de temperatura do ar registrados em um posto termométrico podem ser utilizados para calcular a evapotranspiração potencial.

Segundo Pereira *et al.* (1997), a ascensão capilar (AC), que ocorre em períodos secos, e a drenagem profunda (DP), que acontece em períodos extremamente chuvosos, podem ser determinadas utilizando-se conhecimentos de física de solos. O volume de controle é estabelecido pela interação entre solo, planta e clima. Em ambientes onde o solo é profundo e a demanda atmosférica é elevada, as raízes tendem a se aprofundar em busca de maior disponibilidade de água para atender a essa demanda, resultando em um investimento considerável no desenvolvimento do sistema radicular como estratégia de sobrevivência para as plantas. Em contrapartida, em situações de demanda atmosférica mais baixa, um volume de solo menor é suficiente para supri-la. Em solos argilosos, caracterizados por uma maior capacidade de retenção de água, as raízes não necessitam se estender tanto quanto em solos arenosos, que retêm uma quantidade menor de água. O crescimento do sistema radicular, portanto, se ajusta de forma natural para manter um nível adequado de água disponível para as plantas.

O BHC possui diversas aplicações, incluindo a avaliação da disponibilidade hídrica regional, caracterização de secas, zoneamento agroclimático e determinação das melhores épocas de semeadura. Essa ferramenta é crucial para orientar práticas agrícolas e compreender o comportamento ambiental, considerando as variações no regime termopluiométrico em relação à média. O equilíbrio hídrico é fundamental financeiramente, evitando perdas significativas de produção e lucros em momentos desfavoráveis. Destacando-se como uma ferramenta essencial para previsão, implementação e monitoramento de sistemas de supervisão ou orientação regional, o BHC possibilita uma compreensão aprofundada das condições hídricas locais, promovendo uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos e uma adaptação precisa das práticas agrícolas às características climáticas específicas da região (PEREIRA *et al.*, 1997; TUBELIS, 2001).

O conhecimento do BHC em um local serve a diferentes propósitos, variando de acordo com as perspectivas de climatologistas e hidrologistas. Para o climatologista, o foco está na superfície propícia ao cultivo de vegetais essenciais à população, especialmente em solos de topografia favorável. Isso envolve a consideração da água disponível para as plantas, com destaque para fatores como precipitação, irrigação, evapotranspiração e variação no

armazenamento de água no solo. O escoamento superficial é desconsiderado nessa abordagem, assumindo que culturas economicamente viáveis são cultivadas em áreas com topografia favorável, facilitando a mecanização. Práticas culturais, como o plantio em curvas de nível, são relevantes para eliminar o escoamento superficial, evidenciando a interconexão entre fatores climatológicos e práticas agrícolas na otimização do uso da água disponível para as plantas. Para o hidrologista, tanto a superfície de cultivo quanto a drenagem profunda são importantes na determinação das capacidades da bacia de captação como reservatório de águas superficiais e no possível suprimento de água aos lençóis de água subterrânea. Ambas as perspectivas destacam a importância do BHC para orientar práticas agrícolas, gestão de recursos hídricos e adaptação às condições climáticas específicas da região (OMETTO, 1981).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Obtenção e tratamento dos dados

Os dados climatológicos utilizados neste estudo abrangem um período de 18 anos, de 2005 a 2022. Destaca-se que a estação convencional do INMET, em Governador Valadares, operou de forma irregular, apresentando diversas falhas na série temporal. Dessa forma, optou-se por utilizar apenas os dados consistentes, sem lacunas, disponíveis entre 2005 e maio de 2007 nessa estação. A partir de 2007, a sequência foi mantida com os registros da estação automática, garantindo a continuidade da série até 2022. Esse período foi escolhido para assegurar uma análise climatológica baseada em um conjunto de dados confiáveis, que permitissem a identificação de padrões de variabilidade climática, tendências e os índices de precipitação e temperatura na região ao longo dos anos.

Inicialmente, a proposta deste trabalho era utilizar os dados das estações meteorológicas da Vale, do aeroporto de Governador Valadares, do INMET e da ANA, a fim de realizar uma análise mais abrangente e detalhada das condições climatológicas no entorno do MONAE. Todavia, não foi possível obter os dados das estações meteorológicas do aeroporto e da Vale, uma vez que não foram disponibilizados pelas respectivas instituições. Essa limitação levou à utilização exclusiva dos dados do INMET e da ANA, que, apesar de restringirem a diversidade de fontes, ainda garantem uma base sólida e confiável para a realização do diagnóstico climatológico.

Dessa forma, os dados da área urbana de Governador Valadares foram obtidos tanto da estação meteorológica do INMET, localizada no *Campus* do IFMG, que forneceu informações sobre precipitação e temperatura, quanto da estação pluviométrica da ANA, da qual foram utilizados os dados de precipitação (Quadro 1). As informações foram coletadas diretamente nos sites do INMET e do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), assegurando a confiabilidade e a precisão dos dados utilizados na pesquisa.

Quadro 1- Identificação e localização das estações meteorológica do INMET e pluviométrica da ANA.

LOCALIDADE	LAT	LONG	ALT(mts)	Identificação
Governador Valadares	-18.8303	- 41.9770	198,24	Est. Meteorológica Cód. A532
Governador Valadares	-18.8831	- 41.9503	150	Est. pluviométrica Cód. 1841020
Pico da Ibituruna	-18.8866	- 41.9159	1080,2	Não possui estação meteorológica

Fonte: INMET, ANA, IEF, 2024.

Quanto aos dados do MONAE, devido à ausência de uma estação meteorológica em seu território, optou-se por utilizar os dados de precipitação do grupo *Climate Hazards Infrared Precipitation with Stations* (CHIRPS), e, para temperatura, utilizou-se o critério físico citado por Vianello (2012) e Ayoade (2011).

O CHIRPS desenvolveu técnicas avançadas para a produção de mapas climáticos, especialmente em áreas com dados de superfície escassos. Este conjunto de dados de precipitação quase global cobre as latitudes de 50°S a 50°N em todas as longitudes e abrange o período de 1981 até quase a presente data. Por meio da reanálise e técnicas de interpolação avançadas, o CHIRPS oferece estimativas de alta resolução espacial de 0,05°, baseadas em observações de infravermelhos da Nuvem Fria.

Os dados CHIRPS são disponibilizados nos formatos NetCDF, GeoTiff e Esri BIL, com as unidades em mm por período de tempo (por exemplo, mm por dia, mm por pântada, mm por mês). Para este estudo, foram utilizadas as imagens GeoTiff das pântadas em mm, referentes ao período de 2005 a 2022. A precipitação foi calculada através da extração do valor do pixel da imagem para cada pântada, utilizando-se o ArcGis e as coordenadas geográficas do local. Em seguida, os valores de precipitação em pântadas foram somados para se encontrar o valor decenal de cada mês, em cada ano.

Já para os dados de temperatura, utilizou-se o critério físico indicado por Vianello (2012) e Ayoade (2011): “a temperatura na troposfera cai rapidamente com a altitude, numa razão média de 6,5°C/Km ou 0,65°C a cada 100 metros”.

Tendo em vista que o ponto selecionado no Pico da Ibituruna possui 1.080 metros de altitude, e a estação meteorológica do INMET, 198,24 metros de altitude, calculou-se a diferença de altitude entre esses dois pontos, que resultou em 881,76 metros. Com isso, utilizando-se o critério físico citado acima, pode-se observar que há uma diferença de temperatura entre os dois pontos correspondente a 5,73°C, ou seja, o Pico da Ibituruna apresenta 5,73°C a menos que a estação meteorológica do INMET.

Segundo a *World Meteorological Organization* - WMO (2012) – Organização Meteorológica Mundial, a representatividade de uma observação é o grau que descreve com precisão o valor da variável necessária para uma finalidade específica. Conseqüentemente, não é uma qualidade fixa de nenhuma observação, mas resulta da avaliação comum da instrumentação, do intervalo da medida e da exposição de encontro às exigências de alguma aplicação particular.

Deste modo, a WMO (2012) exemplifica que as observações sinóticas devem tipicamente ser representativas de uma área até 100 quilômetros em torno da estação, assim como para aplicações em escalas regionais e locais, a área considerada pode ter dimensões variantes de 10 a 30 quilômetros.

Ainda segundo a WMO (2012), as escalas meteorológicas horizontais podem ser classificadas como se segue, com um fator dois de incerteza:

a) Microescala (menos de 100 m) para os produtos agrícolas, meteorologia, por exemplo, evaporação;

(b) Topoescala ou escala local (100 m a 3 km), por exemplo, poluição do ar, tornados;

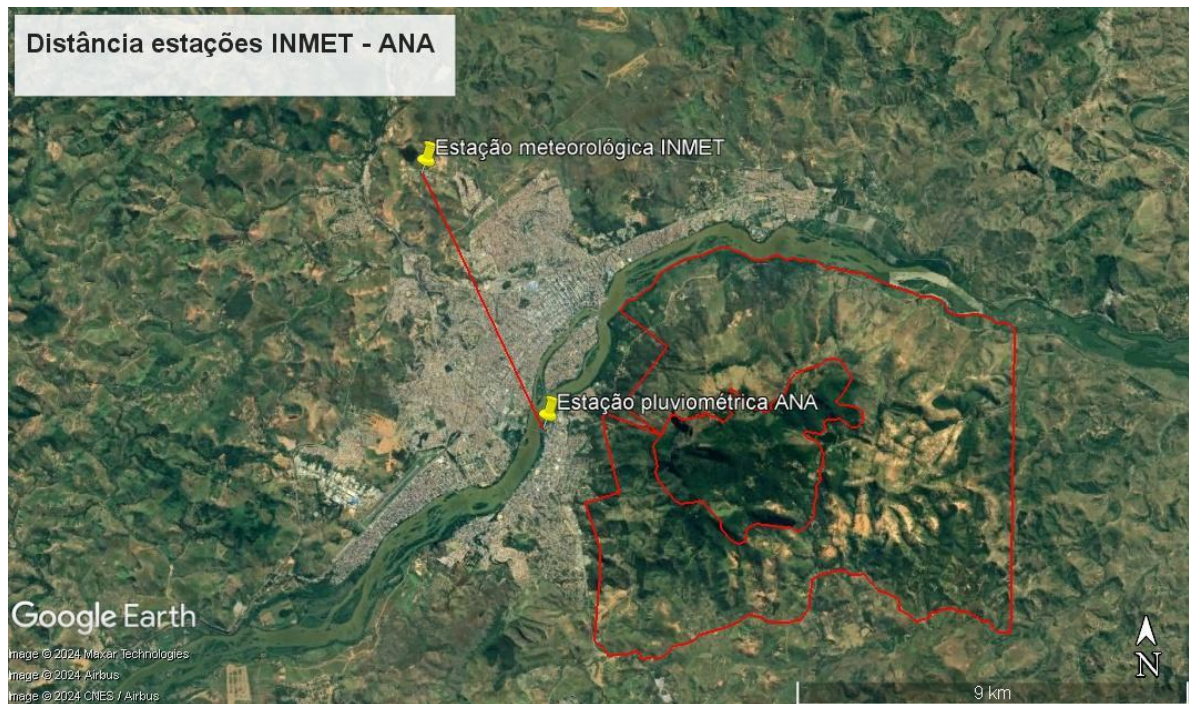
(c) Mesoescala (3 a 100 km), por exemplo, tempestades, mar e brisas de montanha;

d) Grande escala (100 a 3.000 km), por exemplo, frentes, vários ciclones, aglomerados de nuvens;

e) Escala planetária (superior a 3.000 km), por exemplo, ondas troposféricas superiores longas.

Considerando que a estação pluviométrica da ANA coleta exclusivamente dados de precipitação, foi necessário utilizar os registros de temperatura da estação meteorológica do INMET, em que a representatividade dos dados da estação atendem às exigências da WMO (2012), tendo em vista que a distância entre a estação meteorológica do INMET e a estação pluviométrica da ANA é de 6,53 km (FIG.8).

Figura 8 - Distância entre a estação meteorológica do INMET e a estação pluviométrica da ANA.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Os dados, originalmente em formato .xls, foram processados diretamente no *Microsoft Excel*. Primeiramente, foram extraídos os dados de precipitação e temperatura, seguidos pelos valores de precipitação, evapotranspiração e negativa acumulada. Em seguida, foram dispostos no programa computacional *Excel*, previamente ajustados conforme o método de Rolim *et al.* (1998), para se calcular as médias de temperatura e o total de precipitação durante o período analisado (FIG. 9).

Figura 9 - Programa Excel adaptado por ROLIM et al. (1998) para a realização do balanço hídrico climatológico.

Balanço Hídrico Sequencial por Thornthwaite & Mather (1955)													
Glaucio de Souza Rolim Paulo Cesar Sentelhas Departamento de Ciências Exatas - Área de Física e Meteorologia DCE - ESALQ / USP BHseq V6.3 2002													
CIDADE		GOV. VALADARES ANA		LATITUDE		-18,83		l=		110,7			
CAD		100		ANO		2005 a 2022		a=		2,46			
Se não for utilizar esse parâmetro digitar " = " (Igual)													
Arm do período anterior		=		NDA inic		1						Tela Normal (CTRL -)	
Neg-Acum do período ante		0,00		Número de Linhas		36		Ajustar				Tela Inteira (CTRL+I)	
Tempo	Num de	NDA	T	P	N	ETP	P-ETP	NEG-AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
DECÊNDIOS	Dias		°C	mm	horas	Thornthwaite1948	mm		mm	mm	mm	mm	mm
D1	10	1	25,4	15,43	13,1	45,01	-29,6	-29,6	74,39	-25,61	41,0	4,0	0,0
D2	10	11	26,1	19,65	13,1	47,88	-29,2	-57,8	56,09	-18,30	37,9	9,9	0,0
D3	11	21	26,1	41,31	13,0	52,73	-11,4	-69,2	50,04	-6,05	47,4	5,4	0,0
N1	10	32	25,7	55,23	12,8	45,79	9,4	-52,0	59,48	9,44	45,8	0,0	0,0
N2	10	42	25,7	72,82	12,7	45,45	27,4	-14,1	86,85	27,37	45,4	0,0	0,0
N3	10	52	25,5	71,77	12,5	43,68	28,1	0,0	100,00	13,15	43,7	0,0	14,9
D1	10	62	26,2	74,07	12,3	46,14	27,9	0,0	100,00	0,00	46,1	0,0	27,9
D2	10	72	26,2	95,16	12,2	45,67	49,5	0,0	100,00	0,00	45,7	0,0	49,5
D3	11	82	26,6	68,53	12,0	51,09	17,4	0,0	100,00	0,00	51,1	0,0	17,4
J1	10	93	26,8	41,20	11,8	46,37	-5,2	-5,2	94,96	-5,04	46,2	0,1	0,0
J2	10	103	26,7	51,32	11,6	45,36	6,0	0,0	100,00	5,04	45,4	0,0	0,9
J3	11	113	27,0	46,16	11,4	49,97	-3,8	-3,8	96,26	-3,74	49,9	0,1	0,0
F1	10	124	26,9	45,85	11,3	44,50	1,3	-2,4	97,61	1,35	44,5	0,0	0,0
F2	10	134	26,9	35,98	11,1	43,95	-8,0	-10,4	90,13	-7,48	43,5	0,5	0,0
F3	8	144	26,9	26,61	11,0	34,78	-8,2	-18,6	83,06	-7,07	33,7	1,1	0,0
M1	10	152	27,2	59,74	10,9	43,62	16,1	-0,8	99,17	16,12	43,6	0,0	0,0
M2	10	162	26,6	36,51	10,9	41,85	-5,3	-6,2	94,02	-5,15	41,7	0,2	0,0
M3	11	172	26,1	32,22	10,9	43,89	-11,7	-17,8	83,66	-10,36	42,6	1,3	0,0
A1	10	183	26,0	30,65	10,9	39,57	-8,9	-26,8	76,53	-7,14	37,8	1,8	0,0
A2	10	193	25,3	16,66	10,9	36,97	-20,3	-47,1	62,46	-14,07	30,7	6,2	0,0
A3	10	203	25,0	13,54	11,0	36,17	-22,6	-69,7	49,81	-12,65	26,2	10,0	0,0
M1	10	213	23,6	9,83	11,2	31,43	-21,6	-91,3	40,14	-9,68	19,5	11,9	0,0
M2	10	223	22,8	12,83	11,3	29,19	-16,4	-107,7	34,08	-6,06	18,9	10,3	0,0
M3	11	233	22,6	7,79	11,5	32,01	-24,2	-131,9	26,75	-7,33	15,1	16,9	0,0
J1	10	244	22,5	2,61	11,6	29,18	-26,6	-158,4	20,51	-6,24	9,9	20,3	0,0
J2	10	254	21,6	4,51	11,8	26,66	-22,1	-180,6	16,43	-4,07	8,6	18,1	0,0
J3	10	264	21,4	2,11	12,0	26,54	-24,4	-205,0	12,87	-3,56	5,7	20,9	0,0
J1	10	274	21,0	1,05	12,2	25,64	-24,6	-229,6	10,07	-2,81	3,9	21,8	0,0
J2	10	284	21,4	2,60	12,4	27,50	-24,9	-254,5	7,85	-2,22	4,8	22,7	0,0
J3	11	294	21,5	1,92	12,5	31,02	-29,1	-283,6	5,87	-1,98	3,9	27,1	0,0
A1	10	305	21,8	0,86	12,7	29,67	-28,8	-312,4	4,40	-1,47	2,3	27,3	0,0
A2	10	315	22,4	2,57	12,9	32,03	-29,5	-341,9	3,28	-1,12	3,7	28,3	0,0
A3	11	325	22,9	4,37	13,0	37,52	-33,1	-375,0	2,35	-0,92	5,9	32,2	0,0
S1	10	336	24,0	1,26	13,1	38,74	-37,5	-412,5	1,62	-0,73	2,0	36,7	0,0
S2	10	346	24,8	4,22	13,1	42,16	-37,9	-450,4	1,11	-0,51	4,7	37,4	0,0
S3	10	356	24,8	12,54	13,1	42,29	-29,7	-480,2	0,82	-0,28	12,8	29,5	0,0
TOTAIS			756,0	1330,0	432,1	966,3			2894,2	473,38	807,4	58,0	422,6
MÉDIAS			21,0	36,9	12,0	26,8			80,4		25,2	1,6	11,7

Fonte: ROLIM et al. (1998).

Estes dados foram agrupados em períodos decendiais (10 em 10 dias), gerando 36 decêndios anuais, sendo nove meses com trinta e um dias, nos quais a média do 3º decêndio é elaborada com onze dias (Quadro 2). No mês de fevereiro, o 3º decêndio é calculado para oito dias e, nos anos bissextos, a média refere-se a nove dias (CUPOLILLO, 2015).

Quadro 2 - Decêndios anuais de janeiro a dezembro.

Decêndios	Datas	Decêndios	Datas
1	01-10 de janeiro	19	01-10 de julho
2	11-20 de janeiro	20	11-20 de julho
3	21-31 de janeiro	21	21-31 de julho
4	01-10 de fevereiro	22	01-10 de agosto
5	11-20 de fevereiro	23	11-20 de agosto
6	21-28 de fevereiro	24	21-31 de agosto
7	01-10 de março	25	01-10 de setembro
8	11-20 de março	26	11-20 de setembro
9	21-31 de março	27	21-30 de setembro
10	01-10 de abril	28	01-10 de outubro
11	11-20 de abril	29	11-20 de outubro
12	21-30 de abril	30	21-31 de outubro
13	01-10 de maio	31	01-10 de novembro
14	11-20 de maio	32	11-20 de novembro
15	21-31 de maio	33	21-30 de novembro
16	01-10 de junho	34	01-10 de dezembro
17	11-20 de junho	35	11-20 de dezembro
18	21-30 de junho	36	21-31 de dezembro

Fonte: Adaptado de CUPOLILLO, 2015.

A precipitação média sazonal para cada decêndio foi calculada por meio do somatório da frequência de ocorrência da variável pluviosidade para a série dos trinta e seis decêndios, dentro do período determinado (2005 a 2022), para cada local analisado.

Para o cálculo da precipitação, tem-se (Equação 3):

(3)

$$Pm = \frac{\sum_{i=1}^{nd} di}{N}$$

em que:

Pm = Precipitação média sazonal para cada decêndio;

nd= número de decêndios em cada ano;

di= número de cada elemento climatológico por decêndios;

$\sum_{i=1}^{nd} di$ =somatório das precipitações;

N = número de anos para cada local.

A temperatura média sazonal para cada decêndio foi calculada por meio do somatório da frequência de ocorrência da variável para cada decêndio na série dos trinta e seis decêndios, dentro do período determinado (2005 a 2022), para cada local analisado (Equação 4):

(4)

$$T_m = \frac{\sum_{i=1}^{nd} d_i}{N}$$

em que:

T_m = temperatura média sazonal para cada decêndio;

nd = número de decêndios em cada ano;

d_i = número de cada elemento climatológico por decêndios;

$\sum_{i=1}^{nd} d_i$ = somatório das temperaturas;

N = número de anos para cada local.

3.2 Elaboração de gráfico Balanço Hídrico Climatológico Decendial

Para elaboração dos gráficos de BHC, foram utilizados dados de temperatura e precipitação da estação meteorológica do INMET e os dados de precipitação da estação pluviométrica da ANA. Já para o MONAE, os dados de precipitação referentes aos anos de 2005 a 2022 foram retirados do CHIRPS, conforme método relatado acima.

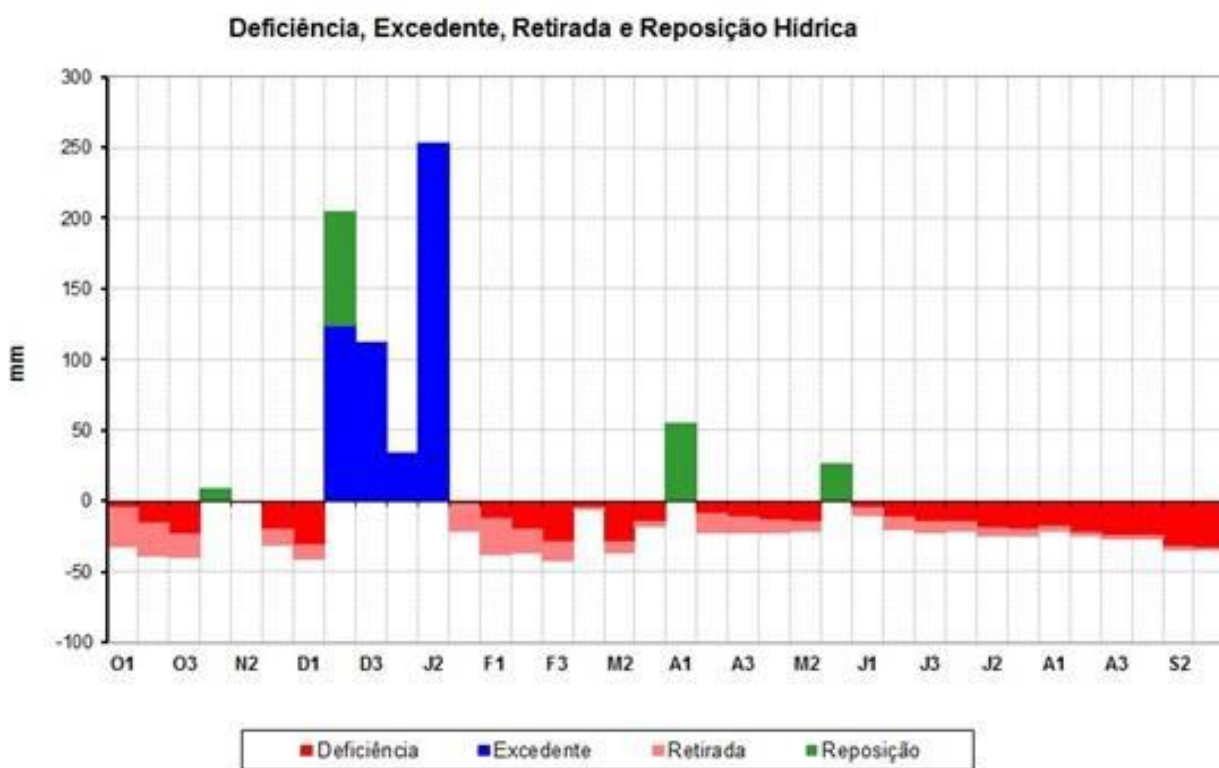
A representação do BHC permite a visualização do ritmo anual de precipitações nas regiões estudadas e separadas por decêndios, identificando peculiaridades em cada etapa, como períodos de estiagem dentro da estação chuvosa, chamados veranicos.

Os BHCs foram calculados a partir do método de Thornthwaite e Mather (1955). Na concepção de Nimer e Brandão (1989), os elementos utilizados para o cálculo do BHC são: a) armazenamento (ARM), que diz respeito ao volume de água retido no solo e disponibilizado para as plantas; b) negativa acumulada (NEG.ACUM), que representa o déficit de água no solo. Cada solo possui um limite máximo de armazenamento, devido à sua textura, espessura e à necessidade hídrica da vegetação. A capacidade de campo assumida para a região foi de 100

mm em regiões que apresentam latossolos (NIMER e BRANDÃO, 1989).

Assim, os dados decendiais de precipitação são representados graficamente (FIG.10), dando origem a barras que refletem as variáveis em estudo: deficiência, excedente, retirada e reposição. Da esquerda para a direita, ordenam-se os decêndios referentes aos meses de: outubro (O1, O2, O3), novembro (N1,N2,N3) e dezembro (D1, D2, D3), janeiro (J1, J2, J3), fevereiro (F1,F2 , F3), março (M1, M2, M3), abril (A1, A2, A3), maio (M1, M2, M3), junho (J1, J2, J3), julho (J1, J2, J3), agosto (A1, A2, A3) e setembro (S1, S2, S3).

Figura 10 - Exemplo de Balanço Hídrico Climatológico decendial do PERD (2012-2013).



Fonte: ANTUNES; CUPOLILLO, 2017.

A deficiência hídrica (vermelho) é indicada quando o BHC assume valores negativos, ou seja, quando a quantidade de chuva que penetra no solo é inferior ao total de água perdida por evaporação e transpiração das plantas. Por outro lado, o excedente hídrico (azul) é observado quando o BHC é positivo, indicando que a quantidade de água proveniente da precipitação excede a demanda das plantas e a evaporação. A reposição hídrica (verde) refere-se às primeiras chuvas que começam a reabastecer o solo após a estação seca; já a retirada hídrica (rosa) representa a máxima capacidade de perda de água pelo solo e pelas plantas.

3.3 Sistema de Informação Geográfica-SIG

Para a criação dos mapas de pluviosidade e temperatura, foi utilizado o Sistema de Informação Geográfica - SIG - que é um sistema computacional capaz de capturar, armazenar, consultar, manipular e analisar dados referenciados da superfície terrestre. Segundo Lisboa Filho e Iochpe (1996), citado por Antunes (2018), o SIG representa uma categoria específica de sistemas de informação que são dedicados ao processamento de dados geográficos, capacitando os usuários a realizar análises espaciais complexas. Essas ferramentas são desenvolvidas para atender a requisitos específicos, facilitando a atualização e a criação de bancos de dados e a produção de mapas temáticos.

Os dados levantados podem receber diversos tratamentos dentro do ambiente do SIG, sendo que um deles é a interpolação para criação de mapas. A interpolação é um método amplamente utilizado para estimar a espacialização de dados meteorológicos. Segundo Silva, Caiado e Caiado (2013), essa técnica permite determinar o valor de uma variável em pontos não amostrados a partir de dados observados em locais distribuídos ao longo de uma região. É importante destacar que, nesse processo, os valores estimados tendem a ser mais semelhantes aos de pontos próximos, em comparação aos de pontos mais distantes.

Os métodos de interpolação utilizados são aqueles que proporcionam melhor visibilidade para a leitura da interpretação dos diferentes dados (Cupolillo, 2015; Antunes, 2018; Lima, 2019; Vieira, 2020; Vieira e Cupolillo, 2021). No presente estudo, foi utilizado o inverso do quadrado da distância (IDW), que diz respeito ao método puramente matemático, que estima um valor para os locais não amostrados, como uma média dos valores dos dados dentro de uma vizinhança. Assim, faz com que os pesos dos dados sejam avaliados durante o processo de interpolação, de modo que a influência de cada ponto seja inversamente proporcional à distância do ponto de origem. Este mesmo interpolador foi utilizado por Antunes (2018), Lima (2019), Vieira (2020) e Lima *et al.* (2023).

Para a confecção dos mapas, o procedimento contemplou a localização de cada estação e do MONAE no sistema de coordenadas WGS 84, de modo a espacializar cada elemento climático nas estações seca e chuvosa. A partir disso, foi feita a interpolação dos dados e foram produzidos trinta e seis mapas decendiais de temperatura e trinta e seis de precipitação, dentro do ambiente do programa computacional Arcgis 10.5.

Uma observação importante é a seleção das cores nos mapas, em que a transição do azul para o vermelho significa índices mais baixos de precipitação, acompanhada por tonalidades de verde, amarelo e laranja. Da mesma forma, nos mapas de temperatura, essa gama

de cores, do azul ao vermelho, reflete as temperaturas mais altas, com nuances de verde, amarelo e laranja.

3.4 Critérios adotados para espacialização dos aspectos dinâmicos

Com base nos dados disponíveis nos portais do CDC/NOAA (*Climate Diagnostic Center/ National Oceanic and Atmospheric Administration*), foram elaborados mapas de campos de linha de corrente para os níveis atmosféricos de 200 hPa e 850 hPa para o período de 18 anos (2005 a 2022). Esses mapas foram gerados utilizando-se o *software* GrADS, permitindo a análise detalhada das condições atmosféricas e das dinâmicas de circulação em diferentes altitudes.

O domínio espacial para análise abrangeu a América do Sul e os oceanos Atlântico e Pacífico, delimitado pelas coordenadas geográficas entre 15° de latitude norte, 60° de latitude sul, 120° de longitude oeste e 10° de longitude leste. Os campos decendiais de precipitação foram gerados a partir dos dados pentadais (cinco dias) do *CMAP (Merged Analysis of Precipitation)*, que integra dados de satélites para calcular médias pentadais diárias correspondentes a cada decêndio. Essa abordagem permite maior precisão na delimitação dos processos dinâmicos atmosféricos, incorporando variáveis como componentes meridionais e zonais do vento, convergência e divergência.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos pela aplicação da metodologia previamente descrita. Serão exibidos os BHC decendiais da área urbana de Governador Valadares, assim como os do MONAE Pico da Ibituruna.

Em seguida, a análise incluiu 36 (trinta e seis) mapas de frequência média decendiais de precipitação e 36 (trinta e seis) de temperatura, divididos em estações chuvosa e seca, referentes ao período de 2005 a 2022.

Por fim, serão apresentados 36 (trinta e seis) mapas decendiais de linha de corrente dos altos níveis (200 hPa) e 36 (trinta e seis) dos baixos níveis (850 hPa) da atmosfera, para o período de 2005 a 2022.

4.1 Balanços Hídricos Climatológicos Decendiais

Os resultados das análises dos dados das estações meteorológica do INMET, pluviométrica da ANA e do MONAE estão apresentados em gráficos (Figuras 11, 12 e 13 respectivamente) que mostram a reposição, o excedente, a retirada e a deficiência hídrica de cada local. Observa-se que os decêndios são distribuídos de outubro a março, correspondendo à estação chuvosa na bacia do Rio Doce, e de abril a setembro, à estação seca (CUPOLILLO, 2015).

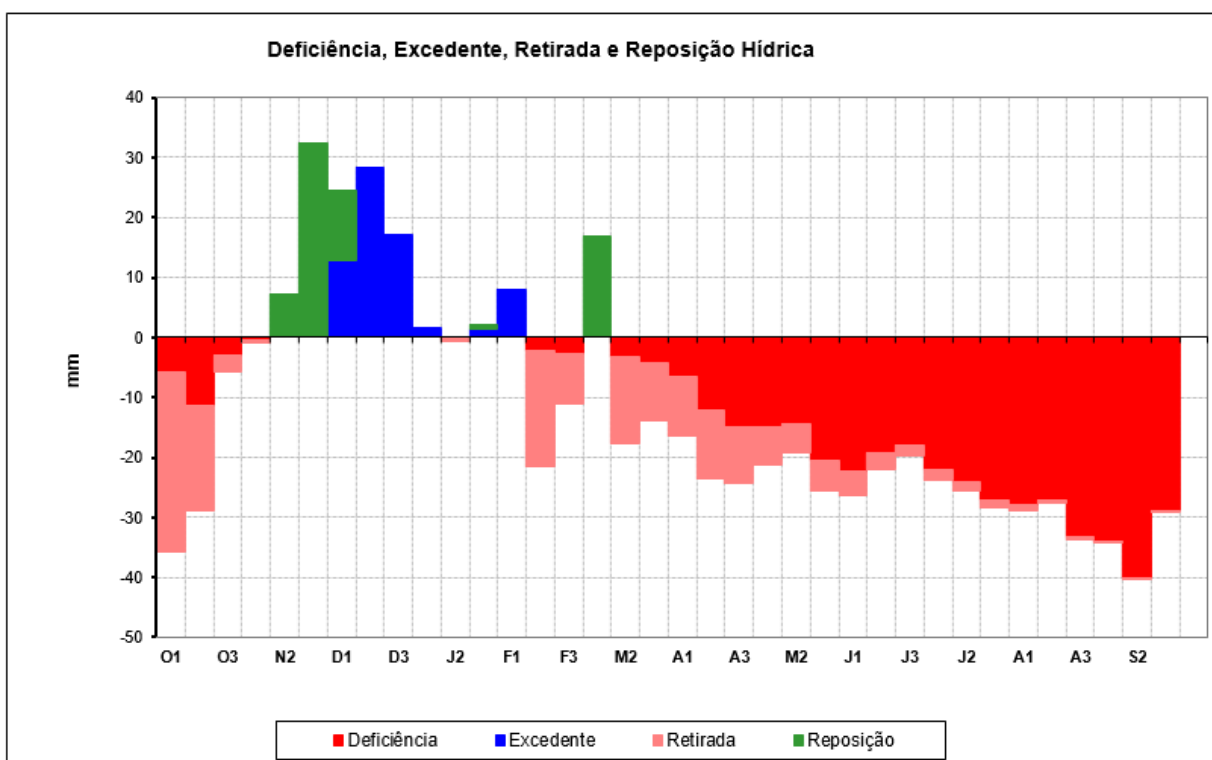
As estações do INMET e da ANA apresentam totais pluviométricos relativamente semelhantes. O segundo decêndio de dezembro (D2) foi identificado como o período com maior excedente hídrico em ambas as estações, enquanto o segundo decêndio de setembro (S2) registrou a maior deficiência hídrica nas estações estudadas.

Na estação meteorológica do INMET (Fig. 11), observou-se um excedente hídrico de 28,4 mm no segundo decêndio de dezembro (D2) e uma deficiência de -40 mm no segundo decêndio de setembro (S2). Já na estação pluviométrica da ANA (Fig. 12), o excedente foi de 49,5 mm no segundo decêndio de dezembro (D2), enquanto a deficiência alcançou -37,4 mm no segundo decêndio de setembro (S2).

Nos BHC decendiais de cada estação, observa-se a ocorrência de veranicos climáticos em janeiro e fevereiro. Esse fenômeno é caracterizado como um período de dias consecutivos secos dentro da estação chuvosa. Essa interrupção resulta em problemas de abastecimento e consumo de água para a população, além de prejudicar a sobrevivência da

fauna e flora. O veranico é causado pelo posicionamento anômalo da Alta da Bolívia, que permite o avanço de um cavado no continente, gerando um bloqueio atmosférico e forte subsidência. Esse bloqueio, ocasionado pelo Cavado do Nordeste, permanece semiestacionado sobre Minas Gerais, conseqüentemente na região leste, provocando a subsidência do ar seco sobre a superfície, favorecendo a ocorrência de veranico climático, conforme será visto mais adiante (FIG. 25).

Figura 11 - Balanço Hídrico Climatológico Decendial, Estação Meteorológica INMET, 2005- 2022.



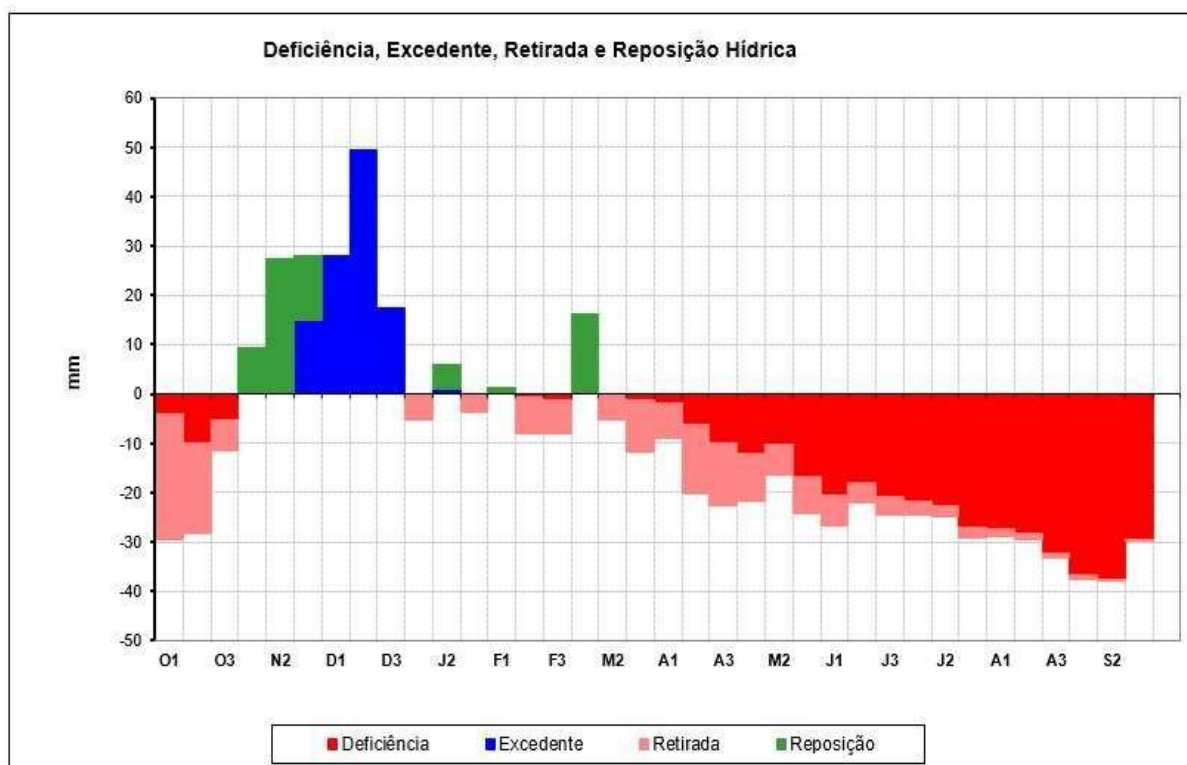
Fonte: INMET, 2024.

Na estação meteorológica do INMET (FIG. 11), todos os 3 decêndios de outubro e o 1º de novembro apresentam retirada e deficiência de água no solo. A partir do 2º decêndio de novembro, começa uma reposição hídrica, que aumenta no 3º decêndio de novembro, culminando em um excedente hídrico no 2º decêndio de dezembro, que se estende até o 3º decêndio. Os decêndios de dezembro são particularmente importantes devido às cotas pluviométricas mais altas, com destaque para o 2º decêndio, que registra o maior excedente hídrico, atingindo 28,4 mm. A partir do 3º decêndio de dezembro, essas cotas começam a diminuir, tendência que continua até o 1º decêndio de janeiro. No entanto, durante o 2º decêndio de janeiro, o excedente hídrico desaparece, dando lugar à retirada hídrica, devido ao veranico climático.

No 3º decêndio de janeiro, a reposição hídrica retorna e gera um excedente hídrico no 1º decêndio de fevereiro. No entanto, há uma nova interrupção das precipitações nos 2º e 3º decêndios de fevereiro (veranico climático), seguida de uma reposição hídrica no 1º decêndio de março. Destaca-se que a estação seca começa antecipadamente, no 2º decêndio de março, e se estende até o 1º decêndio de novembro.

Dessa forma, no BHC decencial da estação meteorológica do INMET, podem-se contabilizar 24 decêndios com deficiência hídrica e 2 veranicos climáticos, sendo um no 2º decêndio de janeiro e outro no 2º e 3º decêndios de fevereiro.

Figura 12 - Balanço Hídrico Climatológico Decencial, Estação Pluviométrica ANA, 2005-2022.



Fonte: ANA, 2024.

Na estação pluviométrica da ANA (FIG. 12), todos os 3 decêndios de outubro (mês que marca o início da estação chuvosa) apresentam retirada e deficiência de água no solo. A partir do 1º decêndio de novembro, começa uma reposição hídrica, que aumenta no 2º decêndio, culminando em um excedente hídrico no 2º decêndio de dezembro, que se estende até o 3º decêndio. Os decêndios de dezembro são os mais importantes devido às cotas pluviométricas mais altas, com destaque para o 2º decêndio, que registra o maior excedente hídrico, atingindo 49,5 mm. A partir do 3º decêndio de dezembro, essas cotas começam a diminuir, com retirada hídrica observada já no primeiro decêndio de janeiro. No entanto, durante o 2º decêndio de

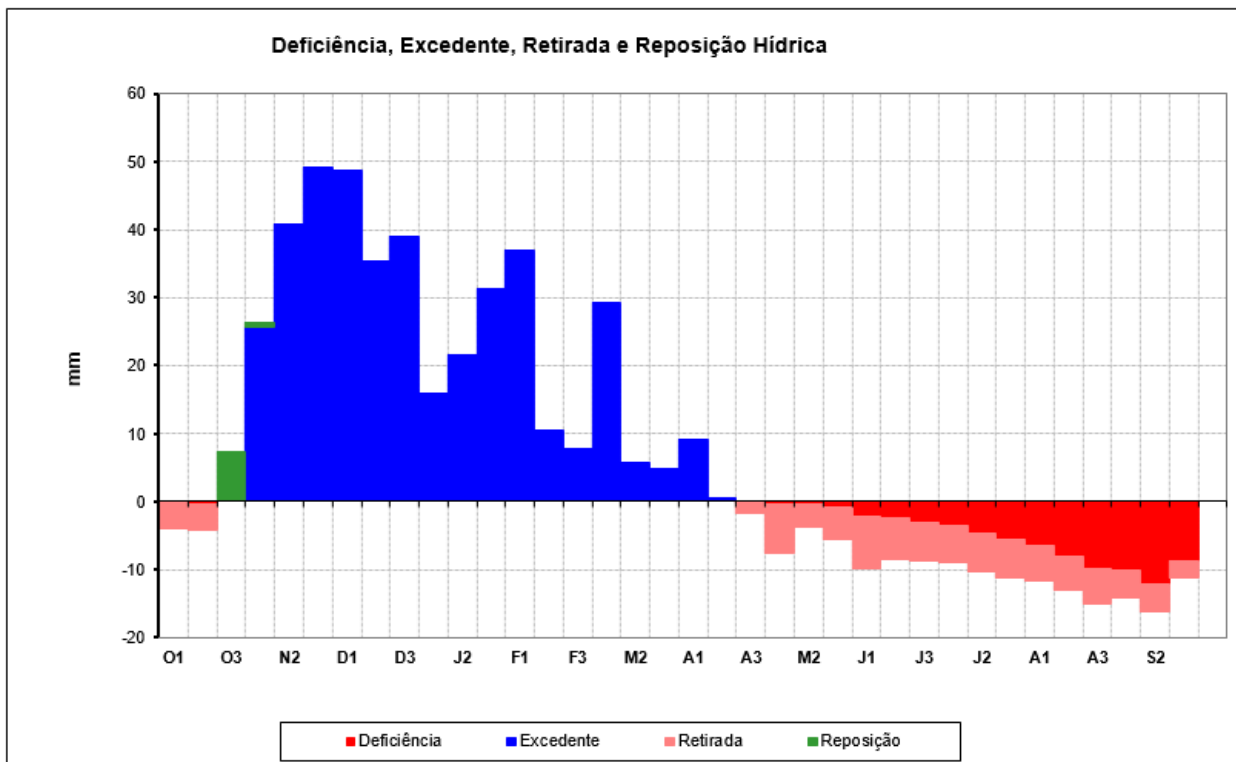
janeiro, nota-se uma reposição hídrica, que é seguida por outra retirada hídrica no próximo decêndio.

No 1º decêndio de fevereiro, observa-se uma pequena reposição, seguida de mais dois decêndios com retiradas hídricas. O 1º decêndio de março encerra a estação chuvosa com uma reposição hídrica, que dá lugar à estação seca, estendendo-se até o 3º decêndio de outubro.

Portanto, no BHC decendial da estação pluviométrica da ANA, podem-se contabilizar 23 decêndios com deficiência hídrica e 3 veranicos climáticos, respectivamente, nos decêndios: 1º de janeiro, 3º de janeiro e 2º e 3º decêndios de fevereiro.

O BHC decendial do MONAE Pico da Ibituruna (FIG.13) apresentou total pluviométrico diferente dos BHCs decendiais da ANA e do INMET.

Figura 13 - Balanço Hídrico Climatológico Decendial, MONAE, 2005-2022.



Fonte: CHIRPS, 2024.

Os dois primeiros decêndios de outubro (O1 e O2), que marca o início da estação chuvosa, apresentam retirada e deficiência de água no solo. A partir do 3º decêndio de outubro (O3), começa a reposição hídrica, culminando em um excedente hídrico no 1º decêndio de novembro (N1), que se estende até o 2º decêndio de abril (A2). O 3º decêndio de novembro (N3) é o mais importante por apresentar a cota pluviométrica mais alta, sendo esta de 49,2 mm. A partir do 2º decêndio de março, essas cotas começam a diminuir, tendência que continua até

o 2º decêndio de abril, quando, em seu 3º decêndio, o excedente hídrico desaparece, dando lugar à retirada hídrica e início à estação seca, que se prolonga até o 2º decêndio de outubro. Assim como nas estações analisadas, o 2º decêndio de setembro (S2) registrou a maior deficiência hídrica no MONAE, sendo esta -12,2 mm.

Pode-se observar uma queda acentuada nos índices de precipitação durante o 2º e 3º decêndios de fevereiro (F2 e F3). Contudo, esse evento não foi caracterizado como um veranico, uma vez que o fenômeno é definido como um período seco dentro da estação chuvosa. No caso analisado, não houve um período seco, mas apenas uma redução nos índices de precipitação. Dessa forma, no BHC decendial do MONAE Pico da Ibituruna, podem-se contabilizar 18 decêndios com deficiência hídrica.

O Quadro 3 apresenta o número de decêndios com déficits hídricos apurados pelos BHC elaborados, em que é possível averiguar a diferença no número de decêndios com deficiência hídrica da área urbana (INMET e ANA) para o MONAE Pico da Ibituruna.

Quadro 3 - Número de decêndios com deficiência hídrica nas estações meteorológicas por período.

Estações meteorológicas	Estação Seca - 2005 – 2022		
	Decêndio do Início	Decêndio do Final	Quant. de Decêndios
INMET	2º Mar.	1º Nov.	24
ANA	2º Mar.	3º Out.	23
MONAE Pico da Ibituruna	3º Abr.	2º Out.	18

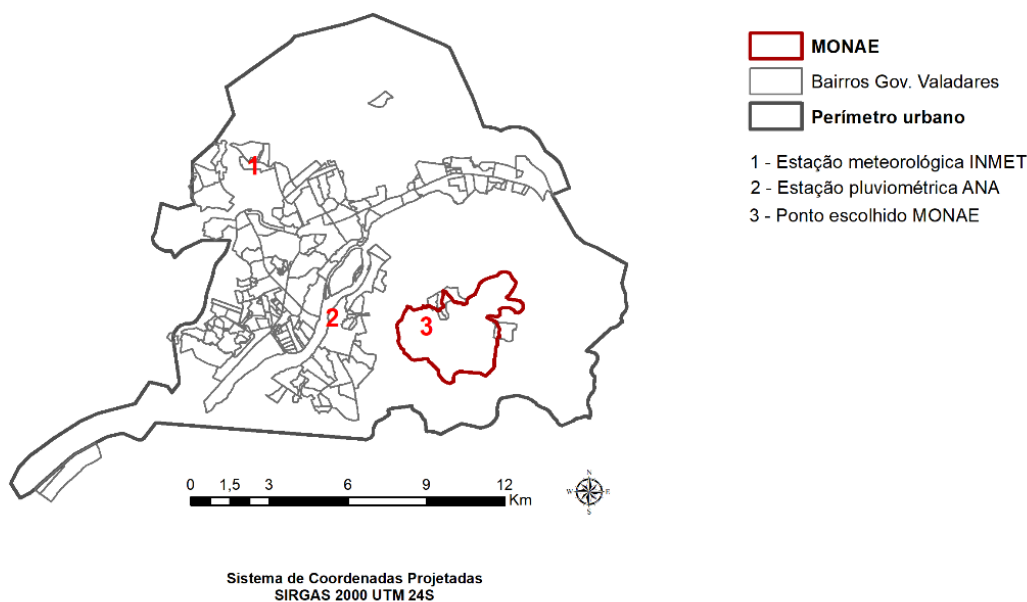
Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Observa-se que a estação chuvosa no MONAE tem início no 3º decêndio de outubro, enquanto, na área urbana de Governador Valadares, ocorre um atraso, começando em novembro. Especificamente, na estação pluviométrica da ANA, o período chuvoso inicia no 1º decêndio de novembro e, na estação do INMET, no 2º decêndio do mesmo mês. Essa diferença temporal pode estar associada à influência da topografia local, conforme destacado por Cupolillo *et al.* (2008) em estudo realizado na bacia do Rio Doce, no qual se verificou que a região serrana apresenta os maiores valores de precipitação em toda a estação chuvosa.

4.2 Espacializações da média decendial das precipitações

Após a análise dos BHC decendiais, foram elaborados 36 mapas decendiais de precipitação e 36 de temperatura, os quais permitiram observar a distribuição espacial destes elementos climáticos nos períodos chuvosos e secos na área urbana de Governador Valadares e no MONAE (FIG. 14).

Figura 14 - Área de interpolação dos dados (Perímetro urbano de Governador Valadares e MONAE Pico da Ibituruna).



Fonte: ANA, IBGE, PMGV, INMET, 2024.

4.2.1 Estação chuvosa

O início da estação chuvosa é visualizado nos mapas decendiais de outubro (APÊNDICE A, FIG. 1A). Assim, no 1º decêndio de outubro, as maiores médias estão concentradas na área do MONAE com valores de até 20 mm.

Os valores pluviométricos são praticamente os mesmos para o MONAE no 2º decêndio de outubro, com valores até 21,7 mm. Todavia, para a área urbana, esses valores tiveram aumento significativo, principalmente na região em que se localiza a estação meteorológica do INMET, que dobrou os valores de um decêndio para o outro.

O 3º decêndio evidenciou um aumento nos volumes de precipitação, com variação de 36 mm a 46,9 mm, sendo que a área urbana recebeu o maior volume de precipitação, e a área

do MONAE, a menor média de precipitação, de 36 mm a 37,8 mm.

No mês de novembro (APÊNDICE A FIG. 2A), houve um aumento da precipitação em comparação aos decêndios do mês anterior. No 1º decêndio de novembro, os menores índices de pluviosidade concentraram-se na região em que está localizada a estação meteorológica do INMET, sendo estes de 44,8 mm a 46,5 mm, e os maiores índices de pluviosidade, na região em que está localizada a estação pluviométrica da ANA, com valores acima de 55 mm. A área do MONAE apresentou o índice máximo de 51,7 mm.

No 2º decêndio, apesar de os índices pluviométricos apresentarem um aumento significativo em relação ao 1º, pode-se observar o mesmo comportamento das precipitações, ou seja, um maior índice na região da estação pluviométrica da ANA, atingindo valores acima de 72 mm, seguido da região do MONAE, apresentando valores acima de 66 mm, e com um menor índice de precipitação, a região da estação do INMET.

Já no 3º decêndio, houve uma mudança no comportamento das precipitações, sendo a região da estação da ANA a que recebeu menores índices pluviométricos; em seguida, a região do MONAE e, por último, a área em que se localiza a estação do INMET, que apresentou o maior índice, sendo este de 76 mm.

O mês de dezembro (FIG.15) destaca-se por um aumento expressivo nas precipitações, que vão de 60,3 mm a 95,2 mm dentro do mês. No 1º decêndio, os valores das precipitações atingiram, no máximo, 74,1 mm, na região do MONAE e da estação da ANA. Na área da estação do INMET, os índices chegaram a 71,2 mm.

No 2º decêndio, houve um aumento expressivo do volume das precipitações na região da estação da ANA, atingindo valores máximos de 95,2 mm. A região da estação do INMET também apresentou um aumento em relação ao decêndio anterior, atingindo totais de 77,7 mm. Já na região do MONAE, houve uma queda nos índices pluviométricos, que não ultrapassaram 66,1 mm.

No 3º decêndio, observa-se que houve uma queda dos índices pluviométricos, que foram de 67,4 mm a 68,5 mm. Dessa forma, nota-se que não houve muita diferença na distribuição das precipitações nas áreas estudadas, sendo que a área do MONAE obteve menores índices pluviométricos, e a região da estação da ANA, os maiores índices.

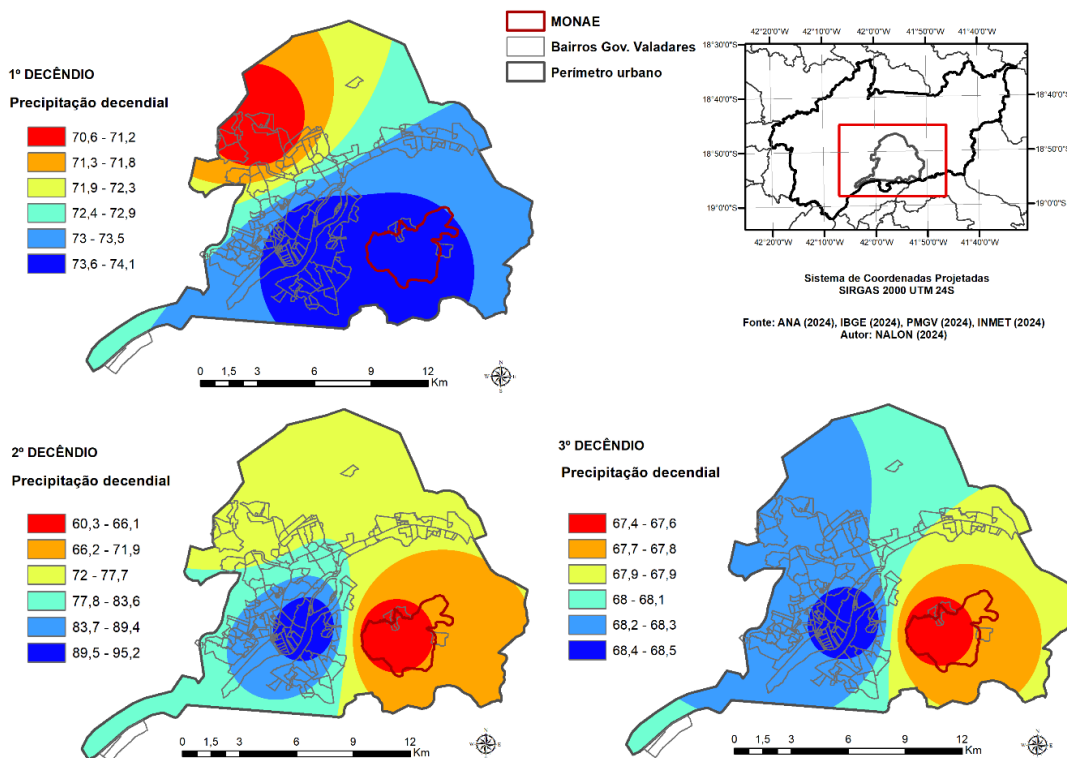
No mês de janeiro (FIG.16), nota-se que ocorreu uma diminuição das médias em comparação com os meses de novembro e dezembro. No 1º decêndio, os índices pluviométricos variaram de 41,2 mm a 47,9 mm, sendo que a região do MONAE e da estação da ANA apresentaram os menores índices, e a região da estação do INMET, os maiores.

O 2º decêndio apresentou um aumento nas precipitações, sendo que a região da estação da ANA mostrou índices maiores em relação às outras regiões analisadas. Os índices pluviométricos continuaram aumentando no 3º decêndio, atingindo a marca de 59,3 mm na região do MONAE, que foi o local que apresentou o maior registro.

O 1º decêndio de fevereiro evidenciou os maiores valores pluviométricos para todo o mês, com índices de 45,9 mm a 62 mm (FIG. 17). No 2º e 3º decêndios de fevereiro, as cotas de precipitação sofreram quedas abruptas, não ultrapassando 36 mm. A área do MONAE foi a que registrou maiores índices nos três decêndios. Essa queda nos índices pluviométricos indica a presença de um veranico climático no 2º e 3º decêndios de fevereiro, que resulta de uma massa de ar seca, provocando a interrupção da precipitação na região durante o período chuvoso.

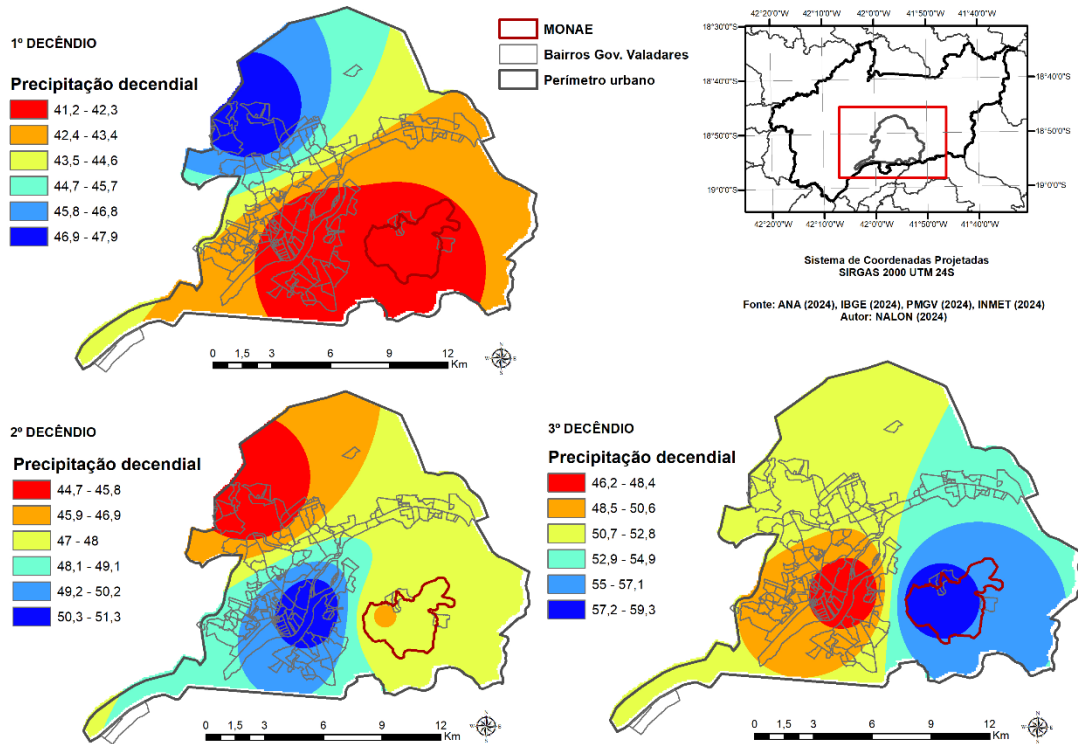
O mês de março (APÊNDICE A FIG. 3A) apresentou um aumento dos índices de precipitação no 1º decêndio, tendo em vista que os decêndios de fevereiro (2º e 3º) sofreram com o veranico. O 1º decêndio apresentou médias de 54,1 mm a 60,6 mm. Nos 2º e 3º decêndios, os índices pluviométricos sofreram uma queda abrupta, demonstrando, assim, o término da estação chuvosa na região.

Figura 15 - Média decendial de precipitação do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de dezembro.



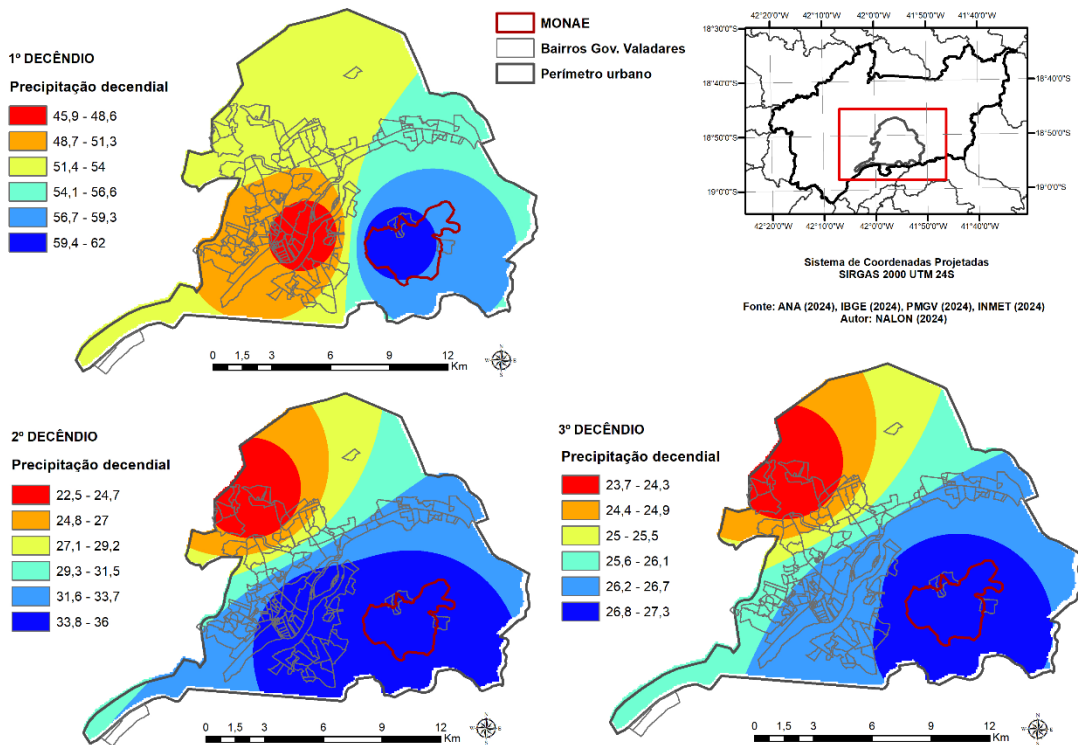
Fonte: INMET, ANA, CHIRPS, 2024.

Figura 16 - Média decencial de precipitação do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de janeiro.



Fonte: INMET, ANA, CHIRPS, 2024.

Figura 17 - Média decencial de precipitação do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de fevereiro.



Fonte: INMET, ANA, CHIRPS, 2024.

4.2.2 Estação Seca

No mês de abril, o 1º decêndio apresenta os maiores índices pluviométricos, que vão de 23,1 mm a 30,7 mm (APÊNDICE A FIG. 4A). Neste decêndio, a região do MONAE apresenta índices pluviométricos iguais aos da estação da ANA, e a região da estação do INMET apresenta os menores índices. Já no 2º e 3º decêndio, as precipitações apresentam um declínio, confirmando, assim, o final da estação chuvosa e o início da estação seca. Nestes dois decêndios, a região do MONAE apresentou índices pluviométricos maiores que os das outras regiões analisadas.

Em maio, os três decêndios apresentaram índices pluviométricos muito baixos (APÊNDICE A FIG. 5A), sendo que o maior índice, de 12,8 mm, foi registrado na região da estação da ANA no 2º decêndio. Pode-se observar uma alternância nos registros nos três decêndios, sendo que, no 1º, a região da estação do INMET apresentou índices maiores; no 2º, na região da estação da ANA, enquanto, no último decêndio, os maiores registros ocorreram na região do MONAE.

Em junho (APÊNDICE A FIG. 6A), foram registrados índices pluviométricos ainda menores do que em maio, sendo que o maior registro foi de 6,8 mm, na região da estação do INMET, no 3º decêndio. Pode-se observar que, apesar de, no 1º decêndio, a região do MONAE apresentar maiores índices pluviométricos em relação às outras áreas analisadas, o local não evidenciou grandes variações durante o mês, registrando o maior índice, de 4,3 mm, no 1º decêndio.

As médias de precipitação para o mês de julho continuaram diminuindo, variando de 1,1 a 3,3 mm (APÊNDICE A FIG. 7A). No 1º e no 3º decêndios, nota-se uma diferença entre os índices pluviométricos da região do MONAE e da estação da ANA, sendo que a área do MONAE apresentou índices maiores que os outros lugares analisados. Já no 2º decêndio, esses índices foram praticamente iguais para o MONAE e a estação da ANA, diferenciando mais na região da estação do INMET, que obteve os menores registros.

O mês de agosto apresentou registros pluviométricos bem reduzidos (APÊNDICE A FIG. 8A). O 1º decêndio obteve os menores índices, variando de 0,8 mm a 2,3 mm, sendo a área do MONAE com os maiores. No 2º decêndio, houve um aumento nos índices pluviométricos, principalmente para a região da estação do INMET; porém, para a região do MONAE, não houve um aumento significativo. Já no 3º decêndio, apesar de, na região do MONAE, terem sido registrados valores menores que na região da estação da ANA, houve um

aumento nos registros pluviométricos para aquele local, com 3,7 mm.

No mês de setembro (APÊNDICE A FIG. 9A), no 1º e no 2º decêndios, a área do MONAE revelou índices maiores que as outras analisadas. Já no 3º decêndio, a região do MONAE registrou índices pluviométricos inferiores em relação às demais. Nota-se que os registros pluviométricos dessa área dobraram quando comparados com o 1º e 2º decêndios, e observa-se um aumento nos índices pluviométricos a partir do 3º decêndio, para todos os locais, indicando, assim, o fim da estação seca e o início da estação chuvosa na região.

4.3 Espacializações da média decendial das temperaturas

4.3.1 Estação Chuvosa

Os mapas decendiais de temperatura ilustram o critério físico utilizado para estimar os dados do MONAE, indicado por Vianello (2012) e Ayoade (2011), que traz que “a temperatura na troposfera cai rapidamente com a altitude, numa razão média de 6,5°C/km ou 0,65°C a cada 100 metros”.

Observa-se que as temperaturas do mês de outubro (APÊNDICE B, FIG.1B) não diferem muito de um decêndio para o outro, sendo que, no 1º, variam entre 19,7°C e 25,4°C. No 2º, as temperaturas ficam entre 20,3°C e 26,1°C, e, no 3º decêndio, oscilam entre 20,4°C e 26,1°C.

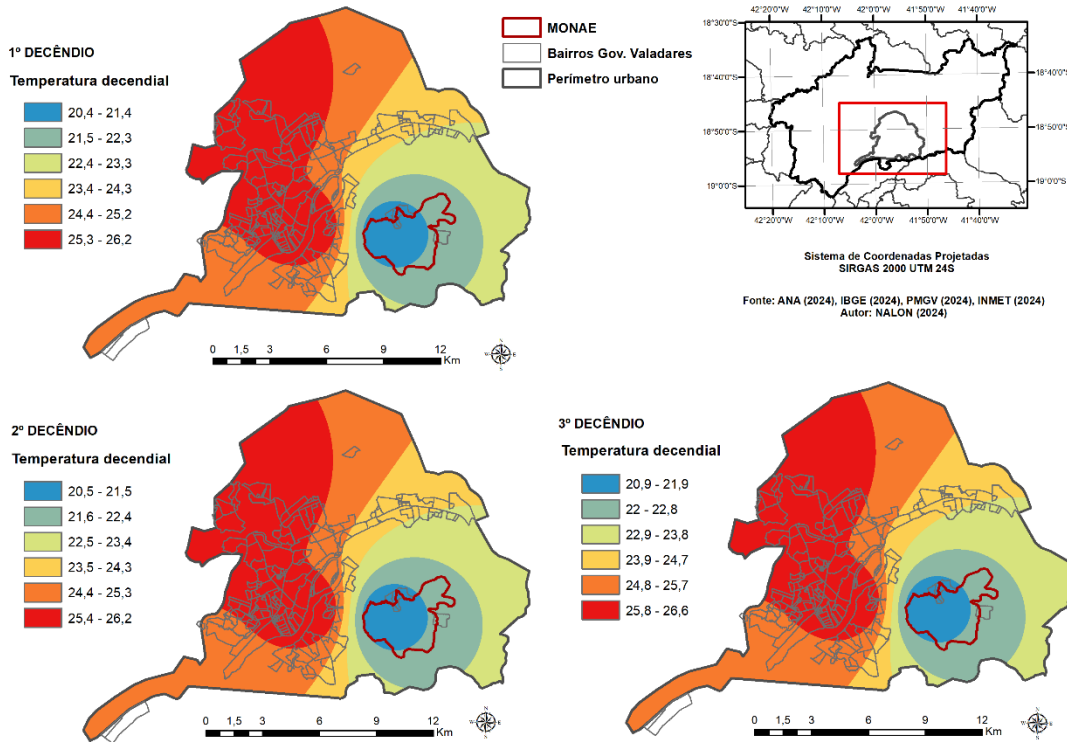
O mês de novembro (APÊNDICE B, FIG.2B) ainda apresenta temperaturas semelhantes entre os decêndios. O 1º e o 2º possuem as mesmas temperaturas, que ficam entre 20°C e 25,7°C, e o 3º apresenta índices que variam entre 19,7°C e 25,5°C.

Em dezembro (FIG.18), nota-se que o 1º e o 2º decêndios apresentam praticamente as mesmas temperaturas, que variam entre 20,4°C e 26,2°C. Já no 3º, observa-se um pequeno aumento nas temperaturas, variando entre 20,9°C e 26,6°C.

No mês de janeiro (FIG.19), nota-se que as temperaturas dos três decêndios foram muito semelhantes, oscilando entre 21°C e 27°C, e o mesmo aconteceu em fevereiro (FIG.20), cujas temperaturas variaram de 21,2°C a 26,9°C.

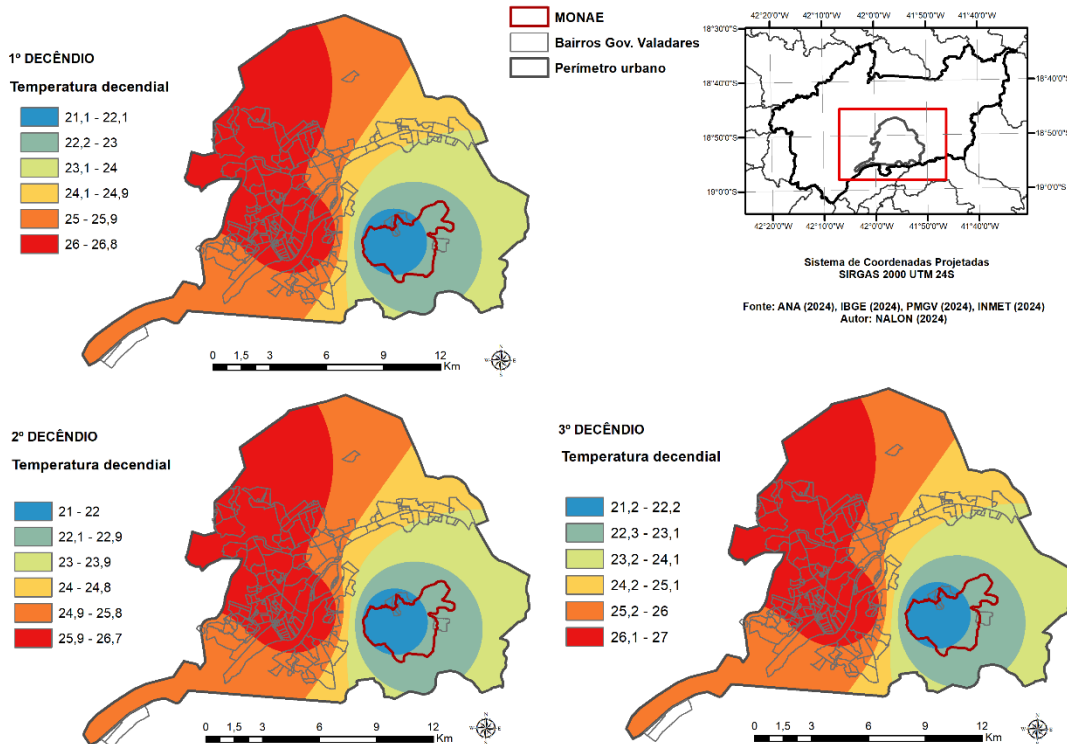
Em março (APÊNDICE B, FIG. 3B), o 1º decêndio apresenta temperaturas um pouco acima dos outros dois, variando de 21,4°C a 27,2°C. No 2º decêndio, as médias são de 20,9°C a 26,6°C, e, no último do mês e também o último da estação chuvosa, as temperaturas variam entre 20,4°C e 26,1°C.

Figura 18 - Média decenal de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de dezembro.



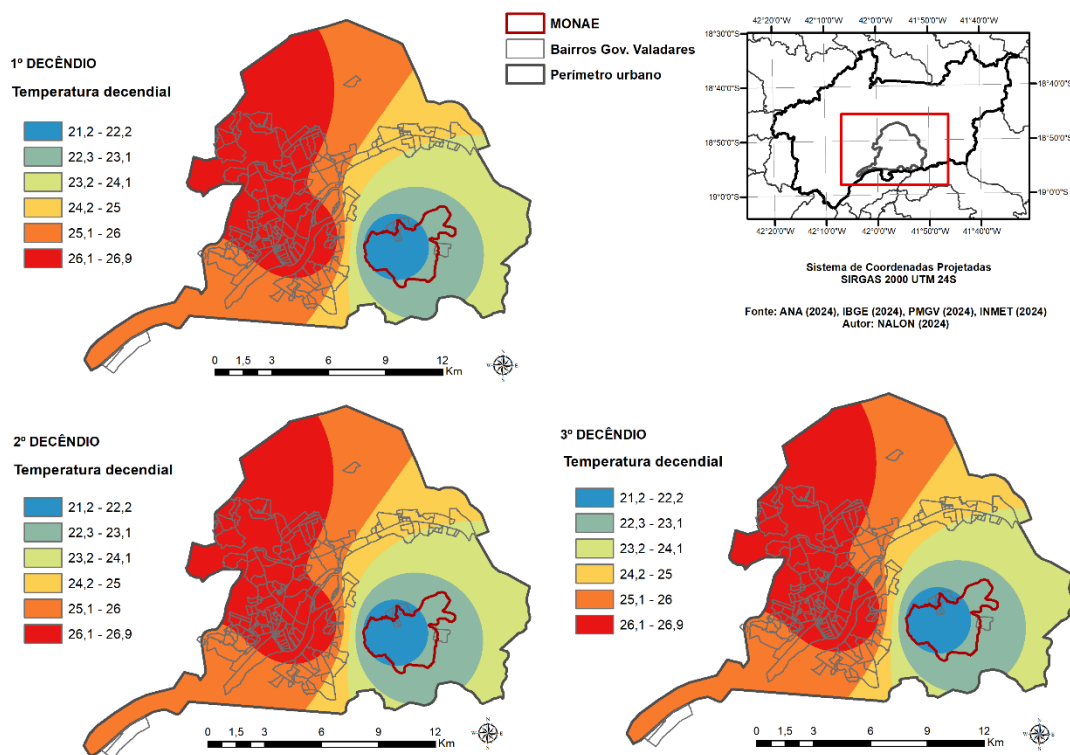
Fonte: INMET, CHIRPS, 2024.

Figura 19 - Média decenal de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de janeiro.



Fonte: INMET, CHIRPS, 2024.

Figura 20 - Média decenal de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de fevereiro.



Fonte: INMET, CHIRPS, 2024.

4.3.2 Estação Seca

Na estação seca, as temperaturas permanecem altas no mês de abril (APÊNDICE B, FIG. 4B), com médias entre 19,3°C e 26°C. No 1º decêndio, os valores variam entre 20,3°C e 26°C. No 2º, as médias são de 19,6°C a 25,3°C; e no 3º, as médias variam de 19,3°C a 25°C.

Em maio (APÊNDICE B, FIG. 5B), as temperaturas começam a cair, variando de 16,9°C a 23,6°C. O 1º decêndio apresenta temperaturas mais altas, com médias entre 17,8°C e 23,6°C. No 2º, as temperaturas apresentam valores entre 17°C e 22,8°C, e o 3º revela temperaturas um pouco menores, variando de 16,9°C a 22,6°C.

No mês de junho (APÊNDICE B, FIG. 6B), as temperaturas apresentam-se entre 15,7°C e 22,5°C. O 1º decêndio apresenta temperaturas médias entre 16,8°C e 22,5°C; no 2º, as temperaturas variam entre 15,8°C e 21,6°C, e o 3º apresenta as menores temperaturas, entre 15,7°C e 21,4°C.

Em julho (APÊNDICE B, FIG. 7B), registram-se as menores temperaturas do ano, com variações entre 15,2°C e 21,5°C. No 1º decêndio, as temperaturas vão de 15,2°C a 21°C; no 2º, variam entre 15,7°C e 21,4°C, e, no 3º, entre 15,8°C e 21,5°C.

O mês de agosto (APÊNDICE B, FIG. 8B) revela um aumento na temperatura, variando entre 16,1°C e 22,9°C, o qual ocorre de forma gradual, sendo que, no 1º decêndio, a variação fica entre 16,1°C e 21,8°C; no 2º, entre 16,7°C e 22,4°C; e, no 3º, entre 17,2°C e 22,9°C.

Em setembro (APÊNDICE B, FIG. 9B), finaliza-se a estação seca, com temperaturas mais elevadas, entre 18,3°C e 24,8°C. O 1º decêndio tem variação entre 18,3°C e 24°C, enquanto, nos 2º e 3º decêndios, permanecem as temperaturas mais altas, de 19°C a 24,8°C.

O Quadro 4 apresenta, de forma sintetizada, as médias de precipitação e temperatura no MONAE dos meses com maiores índices de precipitação na estação chuvosa e de menores índices na estação seca, assim como as temperaturas mais elevadas e mais baixas em cada período.

Quadro 4 - Análise da média de precipitações e temperaturas do MONAE Pico da Ibituruna (2005 a 2022).

Parâmetro	Estação Chuvosa	Estação Seca
Precipitação	Decêndios mais chuvosos	Decêndios mais secos
	3º novembro: 72,6 mm a 73,2 mm 1º dezembro: 73,6 mm a 74,1 mm	1º e 2º de julho: 2,5 mm a 2,6 mm 1º agosto: 2,1 mm a 2,3 mm
	Decêndios com menores temperaturas	
Temperatura	1º outubro e 3º novembro: 19,7°C a 20,7°C	1º, 2º e 3º de julho: 15,2°C a 16,8°C
	Decêndios com maiores temperaturas	
	1º, 2º, 3º janeiro, 1º, 2º, 3º fevereiro, 1º março: 21 a 22,4°C	1º abril: 20,3°C a 21,3°C

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

4.4 Aspectos Dinâmicos

Em decorrência de sua localização latitudinal e da variação topográfica de seu território, Minas Gerais possui uma climatologia complexa, que faz da região um importante espaço de transição climática. A bacia do Rio Doce reflete, em escala menor, esse comportamento climático diversificado. Os mecanismos dinâmicos em média e larga escalas

que afetam o Estado também influenciam o regime hídrico da Bacia. Nesse sentido, serão analisados, por meio da climatologia de campos decendiais das linhas de corrente, nos níveis de altitude de 200 hPa e 850 hPa, os mecanismos atmosféricos que atuam sobre a bacia do Rio Doce e, conseqüentemente, sobre o MONAE Pico da Ibituruna durante o período de 2005 a 2022.

Os campos de linha de corrente revelaram a atuação de importantes mecanismos atmosféricos que influenciam a climatologia do MONAE. Entre eles, destacam-se: a Alta da Bolívia (AB), o Cavado do Nordeste (CN), o Jato Subtropical (JS), o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e a Zona de Convergência da América do Sul (ZCAS). Tais condições dinâmicas foram pesquisadas por Cupolillo (2015), para toda a bacia do Rio Doce, e por Antunes (2018), Lima (2019) e Vieira (2020).

4.4.1 Estação Chuvosa

A análise dos campos atmosféricos, no nível de 200 hPa, revela que, a partir do 1º decêndio de setembro (FIG. 21a), inicia-se a configuração da Alta da Bolívia (AB) na porção noroeste do país. Nos 2º (FIG. 21b) e 3º decêndios (FIG. 21c) do mês, a AB desloca-se e se posiciona sobre a região amazônica, indicando um processo de transição da estação seca para a estação chuvosa, previsto para o mês de outubro. O Jato Subtropical (JS), em sua posição zonal, estende-se do estado de Minas Gerais até a porção meridional da América do Sul. Já a nível de 850 hPa, nota-se a circulação anticiclônica do ASAS transportando umidade do oceano Atlântico para o continente, contribuindo para o início das primeiras chuvas na região do MONAE. No que se refere ao JS, em sua posição zonal, estende-se do sul do Brasil até a porção meridional da América do Sul.

Em outubro, no 1º decêndio (FIG. 22a), a nível de 200hPa, AB se mantém posicionada na região da Amazônia. A partir do 2º decêndio (FIG. 22b), observa-se que ela se desloca em direção à Região Centro-Oeste. Concomitantemente a esse fato, na porção leste do continente, limítrofe ao oceano Atlântico, começa a se configurar um mecanismo denominado Cavado do Nordeste (CN). Quanto ao JS, em sua posição zonal, estende-se do sul de Minas Gerais até a porção meridional da América do Sul. No nível de 850 hPa (FIG. 22d, 22e, 22f), o ASAS inicia seu deslocamento para o leste, diminuindo gradativamente sua influência sobre Minas Gerais. Em relação ao JS, em sua posição zonal, estende-se do sul do Brasil até a porção meridional da América do Sul.

Em novembro, sugere-se o aumento gradativo da umidade direcionada pela AB na Região Sudeste e, conseqüentemente, em Minas Gerais, contribuindo para o início das chuvas intensas no estado (FIG.23a, 23b, 23c), enquanto a atuação do CN é muito discreta e com pouca influência sobre a região. Quanto ao JS, em sua posição zonal estende-se do sul de Minas Gerais até a porção meridional da América do Sul. Nos campos de 850 hPa (FIG.23d, 23e, 23f), o ASAS encontra-se no Oceano Atlântico, com seu giro anti-horário, direcionando a umidade para o continente. O JS, em sua posição zonal, estende-se do sul do Brasil até a porção meridional da América do Sul.

Nos decêndios de dezembro, os campos de 200hPa (FIG.24a, 24b, 24c) demonstram a forte influência da AB, direcionando a umidade da Amazônia para o estado de Minas e, conseqüentemente, para o MONAE, contribuindo para o aumento de chuvas intensas na região. Quanto ao CN, este mecanismo se mantém, ainda, sobre o Oceano Atlântico, mas com sua forma bem acentuada, indicando possível influência sobre o continente. O JS, em sua posição zonal, estende-se do sul do Brasil até a porção meridional da América do Sul. Em 850 hPa, nos decêndios de dezembro (FIG. 24d, 24e, 24f), observa-se a confluência do escoamento sobre Minas Gerais, transportando umidade da Amazônia para o Estado, responsável pela formação da ZCAS. Os mapas decendiais de precipitação do mês de dezembro (FIG.15) coincidem com o período mais chuvoso no MONAE. Em relação ao JS, em sua posição zonal, localizando-se na porção meridional do continente.

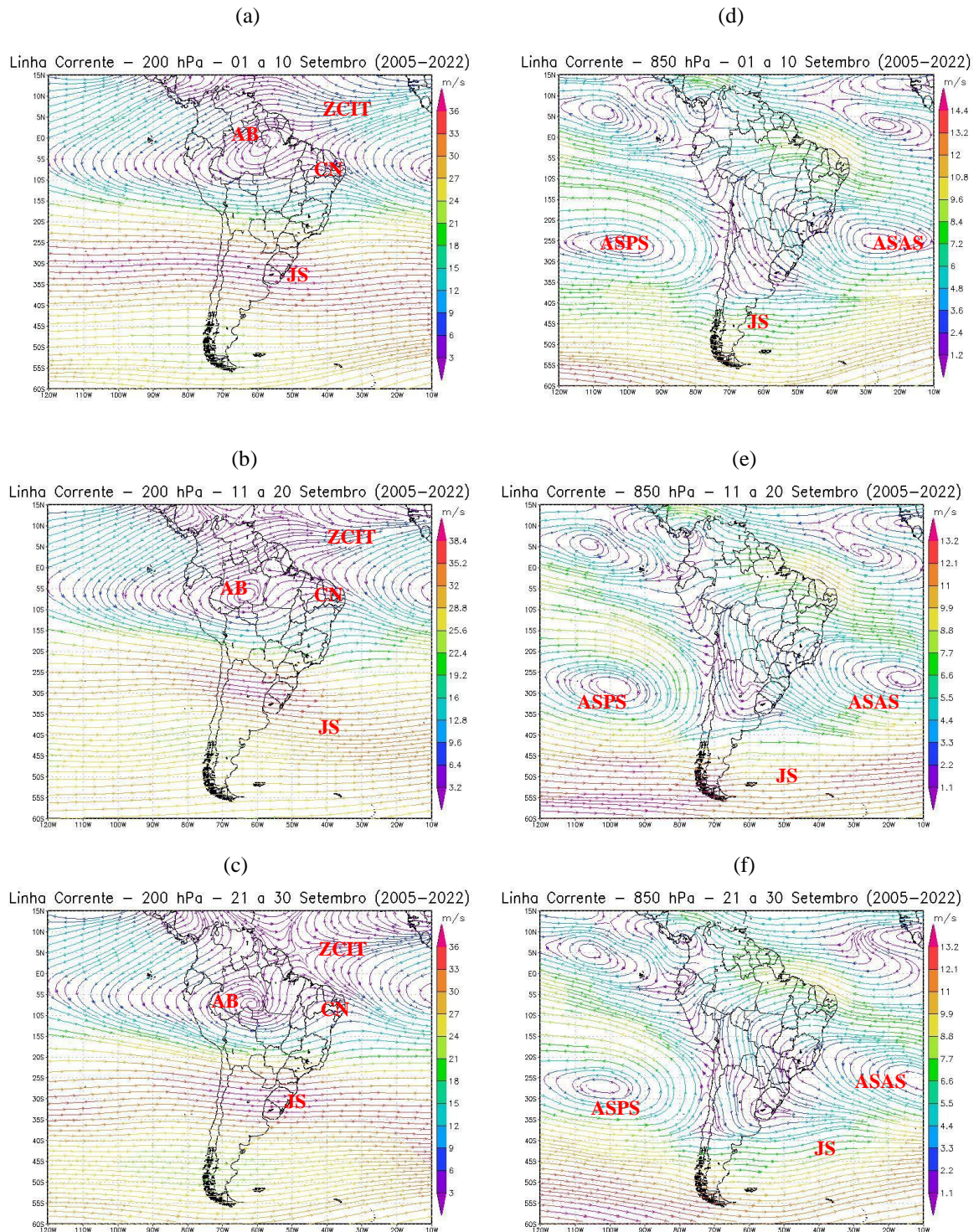
Em janeiro, a 200 hPa (FIG. 25a, 25b, 25c), o CN inclina-se em direção ao continente, iniciando a influência da subsidência sobre a superfície. A partir do 2º até o 3º decêndio, apesar da confluência do escoamento sobre Minas Gerais (FIG. 25d, 25e, 25f), o CN se fecha e forma um bloqueio atmosférico, contribuindo para a ocorrência do veranico climático, que pode ser observado também nos mapas decendiais de precipitação de fevereiro (FIG. 17). No que se refere ao JS, em sua posição zonal, estende-se do sul do Brasil até a porção meridional da América do Sul. Nos níveis de 850 hPa, o ASAS avança para o Sudeste, diminuindo o índice de chuvas no estado de Minas Gerais. O JS, em sua posição zonal, localiza-se na porção extrema meridional do continente.

Em fevereiro, a 200 hPa (FIG. 26a, 26b, 26c), o CN inclina-se em direção ao continente, iniciando a influência da subsidência sobre a superfície, até o 3º decêndio, apesar da confluência do escoamento sobre Minas Gerais. No que se refere ao JS, em sua posição zonal, estende-se do sul do Brasil até a porção meridional da América do Sul. No nível de 850 hPa (FIG. 26d, 26e, 26f), o ASAS avança para a Região Sudeste do Brasil, diminuindo o índice

de chuvas no estado de Minas Gerais. Em relação ao JS, em sua posição zonal, localiza-se na porção extrema meridional do continente.

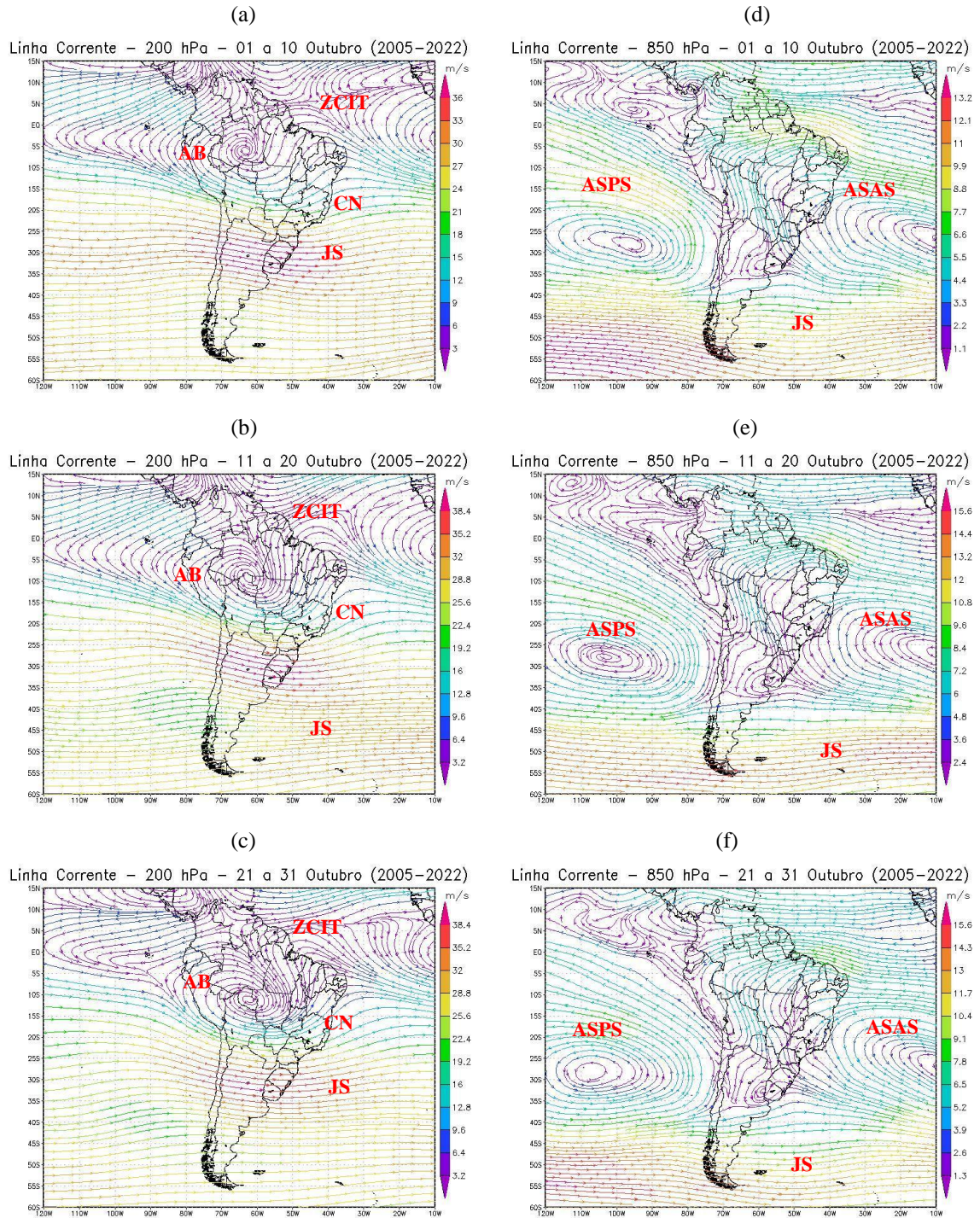
Em março (APÊNDICE C FIG. 1C, a, b, c), no nível de 200 hPa, a AB desloca-se para sudeste, e o CN, para leste, permitindo que sejam restabelecidas, na superfície, condições favoráveis à penetração dos sistemas frontais e à confluência de umidade de origem amazônica, reconstituindo o mecanismo favorável à ocorrência de chuvas sobre Minas Gerais, situação que pode ser observada no mapa de precipitação do mês de março, em seu 1º decêndio (APÊNDICE A FIG. 3A). No que se refere ao JS, em sua posição zonal, estende-se do sul do Brasil até a porção meridional da América do Sul. No nível de 850 hPa (APÊNDICE C FIG. 1C, d, e, f), o ASAS avança para a Região Sudeste do Brasil, diminuindo o índice de chuvas no estado de Minas Gerais. Em relação ao JS, em sua posição zonal, localiza-se na porção extrema meridional do continente.

Figura 21 - Campos de linhas de corrente 200 hPa (a, b, c) e 850 hPa (d, e, f), 1°, 2° e 3° decêndios de setembro (2005-2022). AB (Alta da Bolívia), CN (Cavado do Nordeste), JS (Jato Subtropical), ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), ASPS (Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul) e ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul).



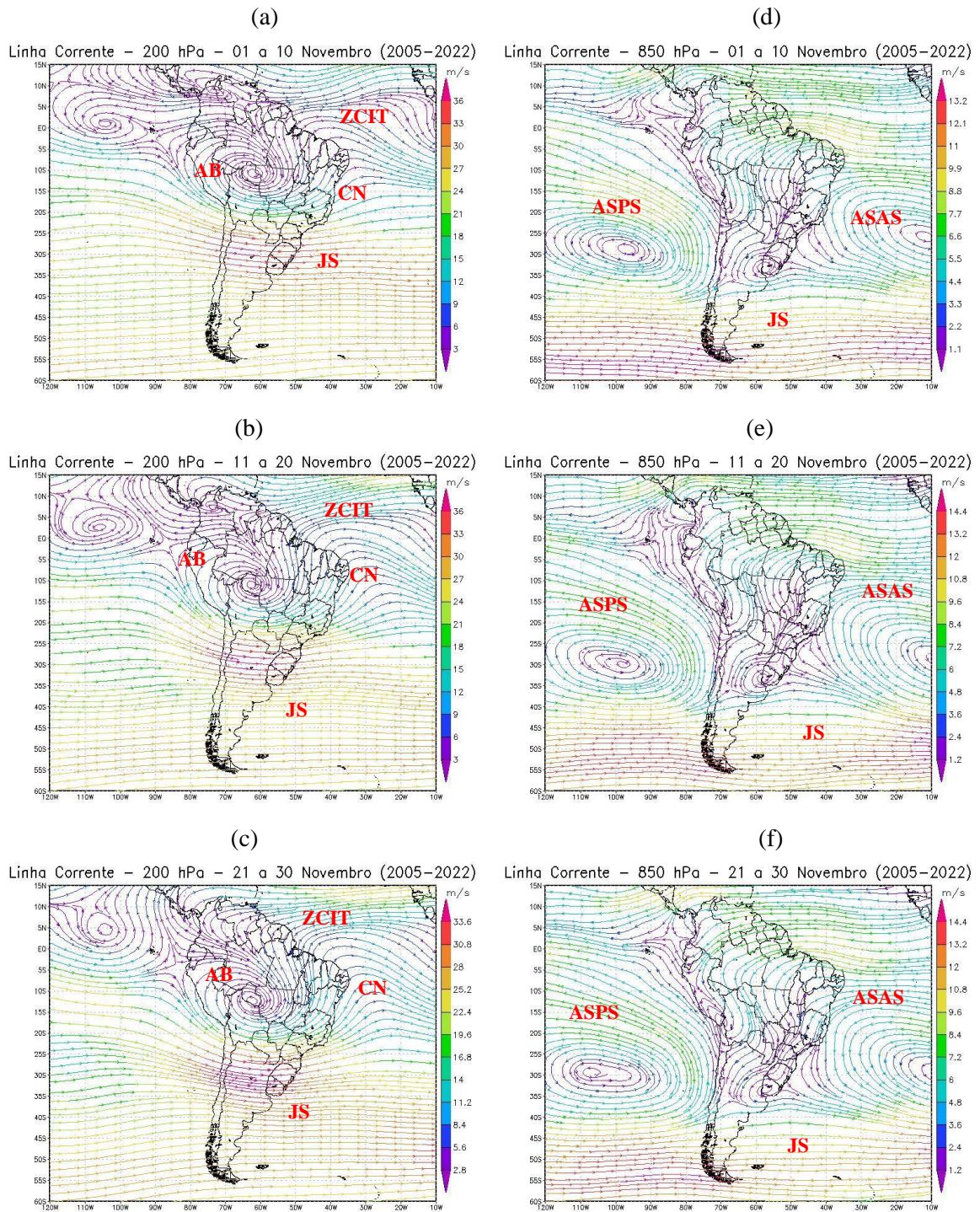
Fonte de dados: NOAA, 2024.

Figura 22 - Campos de linhas de corrente 200 hPa (a, b, c) e 850 hPa (d, e, f), 1º, 2º e 3º decêndios de outubro (2005-2022). AB (Alta da Bolívia), CN (Cavado do Nordeste), JS (Jato Subtropical), ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), ASPS (Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul) e ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul).



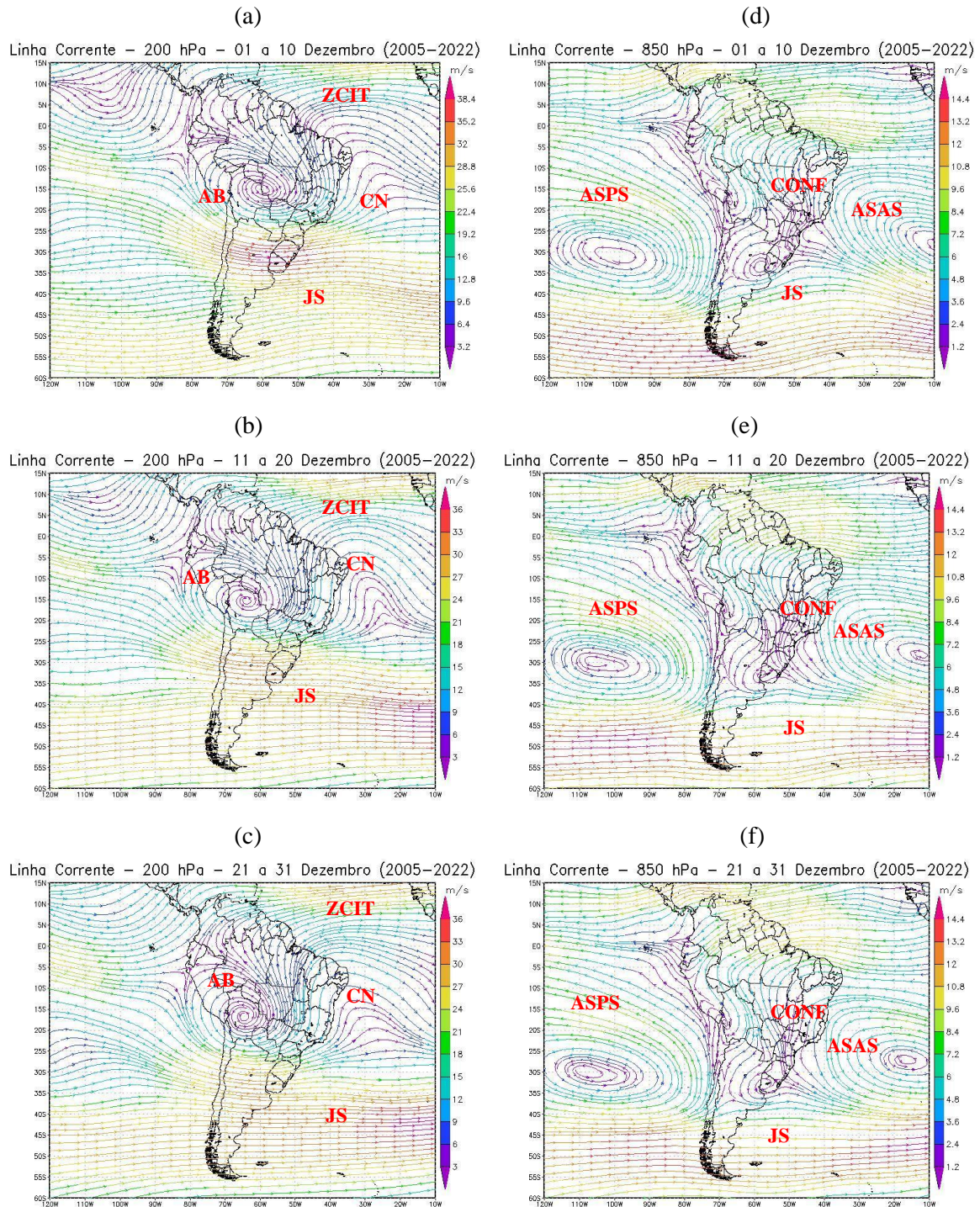
Fonte de dados: NOAA, 2024.

Figura 23 - Campos de linhas de corrente 200 hPa (a, b, c) e 850 hPa (d, e, f), 1º, 2º e 3º decêndios de novembro (2005-2022). AB (Alta da Bolívia), CN (Cavado do Nordeste), JS (Jato Subtropical), ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), ASPS (Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul) e ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul).



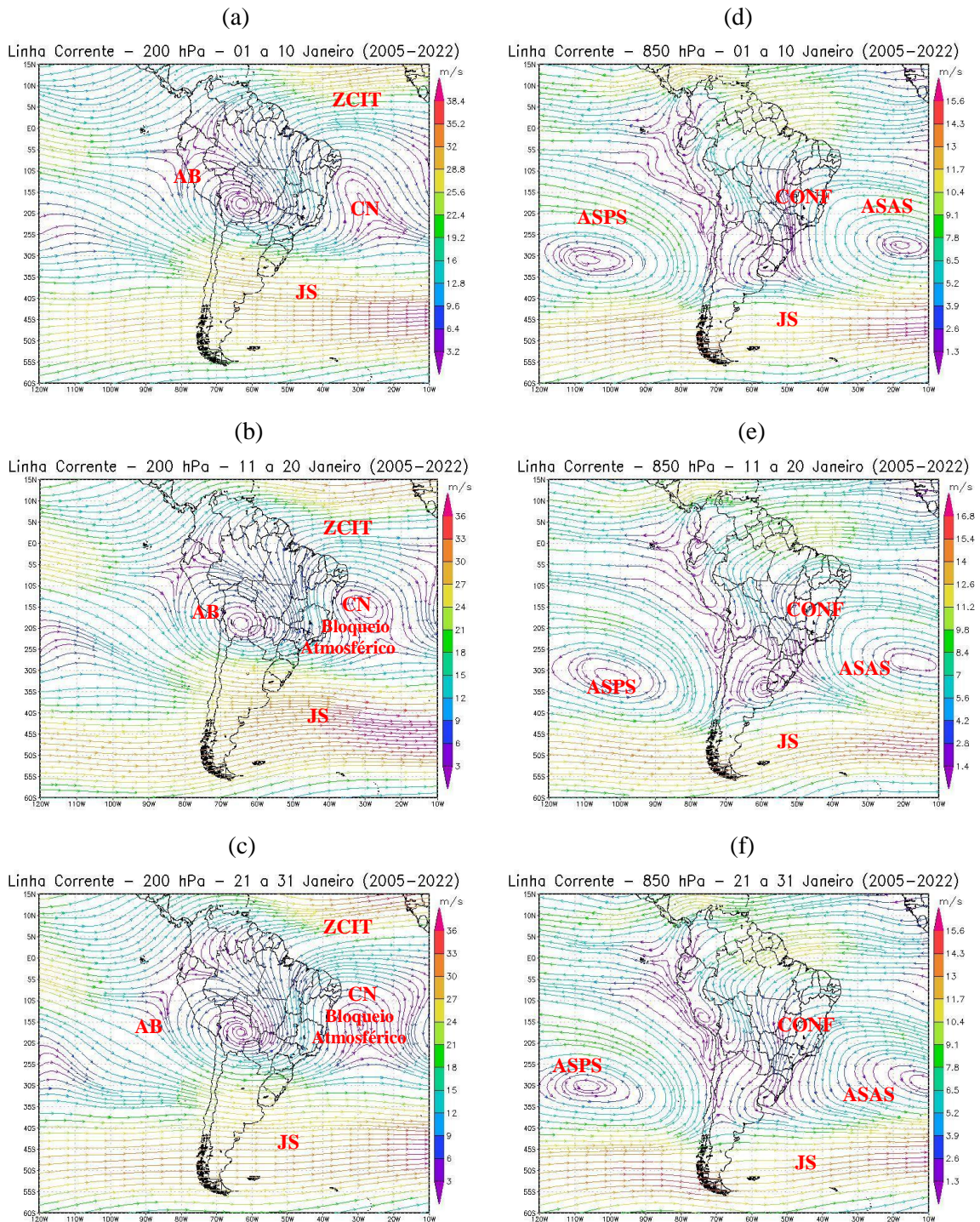
Fonte de dados: NOAA, 2024.

Figura 24 - Campos de linhas de corrente 200 hPa (a, b, c) e 850 hPa (d, e, f), 1º, 2º e 3º decêndios de dezembro (2005-2022). AB (Alta da Bolívia), CN (Cavado do Nordeste), JS (Jato Subtropical), ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), ASPS (Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul) e ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul), CONF (Confluência - transporte de umidade).



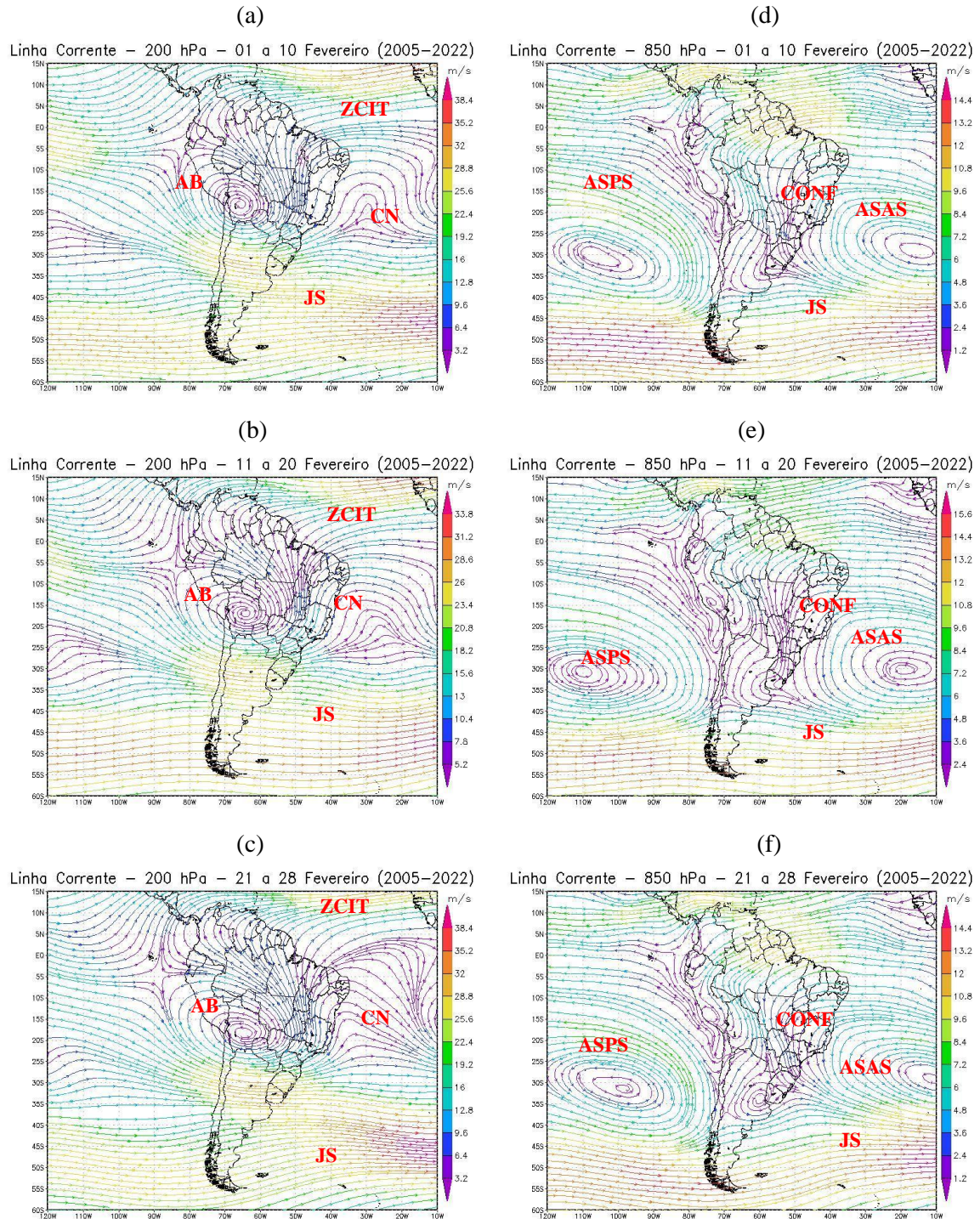
Fonte de dados: NOAA, 2024.

Figura 25 - Campos de linhas de corrente 200 hPa (a, b, c) e 850 hPa (d, e, f), 1º, 2º e 3º decêndios de janeiro (2005-2022). AB (Alta da Bolívia), CN (Cavado do Nordeste), JS (Jato Subtropical), ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), ASPS (Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul) e ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul), CONF (Confluência - transporte de umidade).



Fonte de dados: NOAA, 2024.

Figura 26 - Campos de linhas de corrente 200 hPa (a, b, c) e 850 hPa (d, e, f), 1º, 2º e 3º decêndios de fevereiro (2005-2022). AB (Alta da Bolívia), CN (Cavado do Nordeste), JS (Jato Subtropical), ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), ASPS (Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul) e ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul), CONF (Confluência - transporte de umidade).



Fonte de dados: NOAA, 2024.

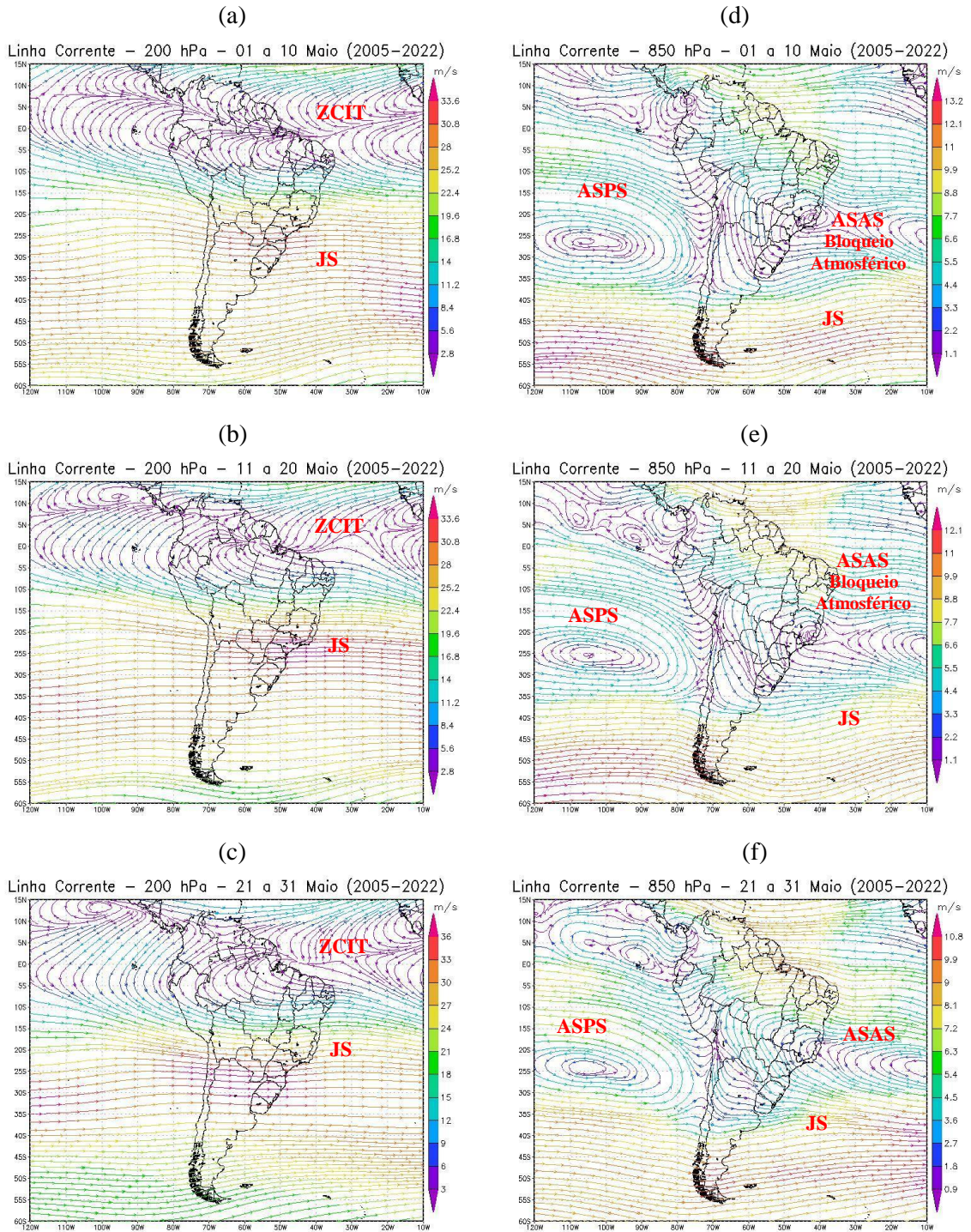
4.4.2 Estação Seca

Em abril (APÊNDICE C, FIG. 2C), no 1º decêndio, no nível de 200hPa, identifica-se que a AB está recuando para sua posição de origem, enquanto o CN está enfraquecendo seu posicionamento, e o JS, em sua posição zonal, está situado desde o sul de Minas até a porção meridional do continente. No nível de 850hPa, o ASAS encontra-se com seu núcleo, situado no Oceano Atlântico e estendendo-se para o interior do continente. Com relação ao JS, mantém-se em sua posição zonal, localizado na porção sul do continente.

No mês de maio, no nível de 200hPa (FIG. 27a, 27b, 27c), nota-se que a AB perde força na América do Sul, e o JS mantém-se em sua posição zonal, estendendo-se de Minas Gerais até a porção sul do continente. No nível de 850 hPa (FIG. 27d, 27e, 27f), o ASAS avança para o continente, e, na sua borda oriental, forma-se um bloqueio atmosférico sobre Minas Gerais no 1º e 2º decêndios. A partir do 3º decêndio, o bloqueio se desfaz, persistindo a ação do ASAS sobre o continente. Com relação ao JS, mantém-se em sua posição zonal, localizado na porção sul do continente. Todos os decêndios do mês apresentaram diminuição nos índices de precipitação no MONAE (APÊNDICE A, FIG. 5A).

Nos meses de junho, julho e agosto (APÊNDICE C, FIG. 3Ca, 3Cb, 3Cc, FIG. 4Ca, 4Cb, 4Cc e FIG. 5Ca, 5Cb, 5Cc), no nível de 200 hPa, a AB não é configurada no território da América do Sul. O JS, mantendo-se em sua posição zonal, estende-se de Minas Gerais até a porção sul do continente. Durante esses meses, em 850hPa, o ASAS ganha destaque sobre o MONAE, contribuindo para longos períodos de estiagem. O JS, em sua posição zonal, estende-se do sul do Brasil até a porção meridional do continente sul-americano.

Figura 27 - Campos de linhas de corrente 200 hPa (a, b, c) e 850 hPa (d, e, f), 1º, 2º e 3º decêndios de maio (2005-2022). JS (Jato Subtropical), ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), ASPS (Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul) e ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul).



Fonte de dados: NOAA, 2024.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A análise dos resultados do diagnóstico climatológico do Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna (MONAE) revelou diversas considerações importantes acerca das dinâmicas atmosféricas e seus impactos na região. Cada uma dessas considerações será detalhada a seguir, destacando os principais fatores que influenciam o comportamento climático local.

a) Em relação aos balanços hídricos climatológicos decendiais:

A análise comparativa evidencia que a reposição hídrica no MONAE ocorre antes da reposição hídrica na área urbana de Governador Valadares. Na área urbana, durante os decêndios de outubro, as precipitações permanecem insuficientes para atender à reposição e ao excedente hídrico. A recarga hídrica inicia apenas em novembro, sendo registrada no 1º decêndio, na estação pluviométrica da ANA, e no 2º, na estação meteorológica do INMET. Por outro lado, no MONAE, a reposição hídrica tem início já no 3º decêndio de outubro.

Os maiores índices pluviométricos no MONAE são registrados no 3º decêndio de novembro, enquanto, na área urbana, ocorrem em dezembro, mês que concentra os maiores valores de precipitação da estação chuvosa (outubro a março). Em janeiro e fevereiro, as médias de precipitação começam a decrescer na área urbana, onde também são observados veranicos climáticos em ambos os meses. No entanto, no MONAE, embora ocorra uma queda acentuada nos índices pluviométricos nos 2º e 3º decêndios de fevereiro, não se consideraram veranicos climáticos.

Outro ponto de destaque é a diferença na duração da estação chuvosa entre as duas áreas. O MONAE apresenta uma estação chuvosa mais longa, com 18 decêndios de precipitações significativas e 18 de estação seca. Em contrapartida, a área urbana de Governador Valadares registra 24 decêndios de estação seca na estação meteorológica do INMET e 23 na estação pluviométrica da ANA. Isso reflete a influência do relevo e das características ambientais do MONAE na modulação do regime climático local.

b) Em relação à espacialização das precipitações:

Ao analisar a espacialização das precipitações, observa-se que, durante a estação chuvosa (outubro a março), o MONAE apresentou 7 decêndios com índices pluviométricos superiores aos registrados na área urbana. Por sua vez, na área urbana, a estação da ANA também registrou 7 decêndios com os maiores índices pluviométricos, enquanto a estação do

INMET, 4, com os maiores valores. Esse comportamento indica uma dinâmica pluviométrica semelhante entre a área urbana e o MONAE durante o período chuvoso, influenciada por sistemas atmosféricos que atuam em Minas Gerais (Alta da Bolívia (AB) e as frentes frias que avançam para a Região Sudeste, formando a Zona de Convergência da América do Sul (ZCAS), interagindo com o relevo local. A ZCAS, ao estacionar sobre o estado de Minas Gerais, gera episódios de intensa precipitação.

Em fevereiro, verificou-se uma queda acentuada no regime de chuvas na área urbana, caracterizando um veranico climático. Esse fenômeno é associado ao Cavado do Nordeste (CN), que promove uma forte subsidência do ar e a formação de um bloqueio atmosférico, iniciado no 2º decêndio de janeiro, estendendo-se até fevereiro e se dissipando no 1º decêndio de março. No entanto, no MONAE, embora também tenha ocorrido uma redução nos índices de precipitação nesse período, não se considerou como veranico climático.

Na estação seca (abril a setembro), o MONAE apresentou 11 decêndios, com índices pluviométricos superiores aos da área urbana. Na área urbana, a estação do INMET registrou índices maiores em 5 decêndios, e a estação da ANA, em apenas 2. Durante esse período, a atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) contribuiu significativamente para a redução das precipitações. Segundo Silva e Reboita (2013), o ASAS, ao induzir uma circulação anti-horária, direciona a umidade para o oceano e reduz a temperatura da superfície, enfraquecendo a precipitação e favorecendo períodos de estiagem.

c) Em relação à espacialização das temperaturas:

A análise das temperaturas mostra que, durante a estação chuvosa, os meses de janeiro, fevereiro e março registraram as maiores médias, variando entre 21°C e 27°C.

A interpolação dos dados revelou um padrão claro: tanto na estação chuvosa quanto na seca, as temperaturas no MONAE são mais baixas em comparação à área urbana de Governador Valadares. A diferença média entre as duas altitudes é de 5,73°C, com o Pico da Ibituruna apresentando temperaturas significativamente menores em relação à estação meteorológica do INMET. Esse comportamento está em conformidade com o critério físico descrito por Vianello (2012) e Ayoade (2011), que mencionam que “a temperatura na troposfera diminui rapidamente com a altitude, numa taxa média de 6,5°C por quilômetro, ou 0,65°C a cada 100 metros”. Esse gradiente térmico ilustra a influência direta da altitude do MONAE na modulação do clima local.

d) Em relação à análise dos aspectos dinâmicos:

Os mecanismos atmosféricos que desempenham um papel crucial no regime hídrico da bacia do Rio Doce e, conseqüentemente, na área de estudo, são diversos e interconectados. A Alta da Bolívia (AB) destaca-se por transportar umidade da Amazônia para a bacia, favorecendo as precipitações. O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e o Cavado do Nordeste (CN) são responsáveis por intensificar a subsidência do ar, promovendo uma redução significativa no regime de chuvas. Além disso, a formação de um bloqueio atmosférico, que, geralmente, se estabelece no segundo decêndio de janeiro, perdurando como CN em fevereiro e dissipando-se no primeiro decêndio de março, é característica de um veranico climático.

No presente estudo, durante a estação seca, destacou-se a influência do Cavado do Nordeste (CN) em 200 hPa, que atuou como um bloqueio, impedindo a entrada de frentes úmidas no Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna (MONAE) em 850 hPa. Além disso, a presença do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) gerou uma circulação anômala anticiclônica, intensificando a subsidência do ar, o que favoreceu a ocorrência de períodos secos, queda nos índices pluviométricos do MONAE e episódios de veranico.

Na estação chuvosa, os padrões se invertem em 850 hPa, com a formação de uma esteira de umidade composta por ar quente e úmido proveniente da Amazônia, intensificando as condições de instabilidade atmosférica na Região Sudeste do Brasil. Em níveis superiores, a 200 hPa, a circulação divergente, associada à Alta da Bolívia (AB), direcionam a umidade da região boliviana para o sudeste, contribuindo para a formação de nebulosidade e chuvas intensas de verão na área de estudo. Esse mecanismo favorece o desenvolvimento da Zona de Convergência da América do Sul (ZCAS).

Os resultados desta pesquisa têm o potencial de servir como fonte de conhecimento para estudos futuros, considerando a importância do entendimento das características climáticas locais. Essa compreensão é essencial não apenas para a preservação da biodiversidade, mas também para fomentar o turismo e orientar o desenvolvimento de atividades sustentáveis pela população residente na unidade de conservação.

Dentre as diversas possibilidades de avanço na compreensão deste tema, são sugeridas as seguintes ações futuras:

- a) Instalar rede de estações meteorológicas nos quadrantes Norte, Sul, Leste e Oeste, limítrofes à zona de amortecimento do MONAE;

- b) Espacializar riscos climáticos, como o veranico, relacionando-os com aspectos dinâmicos atmosféricos;
- c) Aplicar novas metodologias para determinar o início e o fim da estação chuvosa no MONAE, com o objetivo de detalhar resultados;
- d) Aplicar a metodologia deste estudo em outras unidades de conservação, no sentido de avaliar a eficiência destes procedimentos;
- e) Aplicar estudos sobre veranicos, tomando como critérios de dia seco, 1 mm, 5 mm, 10 mm, 15 mm e 20 mm, no sentido de contribuir com valorosas informações nas áreas de planejamento climático e de recursos hídricos.
- f) Aplicar estudos associados aos mecanismos atmosféricos de larga escala.

Pode-se destacar a relevância do Diagnóstico Climatológico do MONAE na compreensão das dinâmicas climáticas locais, demonstrando uma contribuição significativa tanto para a preservação ambiental quanto para o planejamento sustentável da região. A identificação de diferenças notáveis entre os regimes hídrico e térmico do MONAE e da área urbana de Governador Valadares, influenciadas pelo relevo e pelos mecanismos atmosféricos, evidencia a importância da conservação desse patrimônio natural. A maior duração da estação chuvosa no MONAE e a ausência de veranicos climáticos reforçam seu papel estratégico na regulação hídrica regional, enquanto o gradiente térmico observado realça a influência da altitude no comportamento climático local.

Entretanto, o estudo também apontou limitações que devem ser abordadas em futuras pesquisas, como a ausência de uma rede meteorológica na região e a necessidade de metodologias mais detalhadas para avaliar fenômenos climáticos específicos. A aplicação dos resultados alcançados em outros contextos e unidades de conservação apresenta um potencial significativo para ampliar a compreensão sobre as dinâmicas atmosféricas e seus impactos, além de contribuir para o planejamento climático e a gestão de recursos hídricos em escala regional. Por fim, ao unir a análise técnica à proposição de estratégias futuras, este trabalho reafirma seu valor como ferramenta de suporte para ações de conservação, manejo sustentável e desenvolvimento de políticas públicas voltadas à mitigação de riscos climáticos e à valorização do MONAE como um espaço de equilíbrio ecológico e de promoção da sustentabilidade.

PRODUTO TÉCNICO-TECNOLÓGICO

O Produto Técnico-Tecnológico (PTT) é o resultado de um trabalho desenvolvido por professores e alunos de cursos de pós-graduação *Stricto Sensu*, com o objetivo de oferecer soluções práticas para os desafios enfrentados no exercício profissional, evidenciando a colaboração entre a academia e a sociedade.

Na área das Ciências Ambientais, são considerados dez tipos principais de PTT para a avaliação do Programa de Pós-Graduação (PPG): Carta/Mapa ou Similar; Curso de Formação Profissional; Empresa ou Organização Social Inovadora; Manual/Protocolo; Material Didático; Patente depositada, concedida ou licenciada; Processo/Tecnologia e Produto/Material não Patenteável; *Software*/Aplicativo; Tecnologia Social; e Produto Bibliográfico Técnico/Tecnológico (CAPES, 2019).

No presente estudo, o Material Didático foi escolhido como Produto Técnico-Tecnológico (PTT). A CAPES (2019) define material didático como o “produto de apoio/suporte com fins didáticos na mediação de processos de ensino e aprendizagem em diferentes contextos educacionais”.

Dessa forma, foi elaborado um guia informativo voltado para os turistas que visitam o MONAE Pico da Ibituruna, com o objetivo de fornecer informações climáticas acessíveis e detalhadas do local, promovendo uma visita mais consciente e conectada com as características da unidade de conservação.

Os mapas de temperatura e precipitação, do período de 2005 a 2022, fazem parte do guia, apresentando ferramentas valiosas para se entender as variações climáticas ao longo do ano. Esses dados auxiliam no planejamento de atividades, ajudando a escolher os períodos mais adequados para cada tipo de vivência. Além disso, compreender o comportamento do clima em áreas protegidas contribui para o desenvolvimento de um turismo sustentável, que respeita os ciclos naturais e minimiza impactos negativos.

De acordo com a CAPES (2019), a avaliação de um Produto Técnico-Tecnológico (PTT) é baseada em cinco critérios: aderência (obrigatório), impacto, aplicabilidade, inovação e complexidade. É essencial que haja harmonia entre a linha de pesquisa e o projeto, para garantir que o PTT seja qualificado e adequado ao Programa de Mestrado e à área de Ciências Ambientais. Nesse sentido, em conformidade com a CAPES, o guia de “Climatologia do Pico da Ibituruna” é um PTT que integra todos estes critérios:

1. Aderência (Critério obrigatório):

O guia “*Climatologia do Pico da Ibituruna*” se ajusta diretamente à linha de pesquisa em Planejamento e Gestão Ambiental, uma vez que fornece subsídios técnicos e científicos para o entendimento das dinâmicas climáticas de uma área de relevante interesse ecológico e turístico. Ao mapear e diagnosticar padrões climáticos, o guia auxilia na elaboração de estratégias para a gestão sustentável do MONAE, promovendo a integração entre preservação ambiental e o uso racional dos recursos naturais.

2. Impacto

O impacto do guia é significativo, tanto no âmbito social quanto ambiental. Ele contribui para a conscientização dos turistas sobre a importância do respeito às variações climáticas e às características ambientais do Pico da Ibituruna. Além disso, auxilia na promoção de práticas turísticas sustentáveis e na redução de impactos negativos, como incêndios florestais e degradação ambiental, fomentando o desenvolvimento local e o turismo responsável.

3. Aplicabilidade

O guia possui alta aplicabilidade, sendo uma ferramenta prática para visitantes, gestores ambientais, educadores e pesquisadores. Fornece informações claras e acessíveis para o planejamento de visitas seguras, além de orientar a preservação ambiental da unidade de conservação. Sua utilidade se estende a políticas de educação ambiental, podendo ser amplamente distribuído em escolas, centros de visitantes e plataformas digitais.

4. Inovação

A proposta é inovadora por traduzir dados científicos sobre climatologia, geralmente, restritos a especialistas, em um formato acessível e atrativo ao público leigo. Ao conectar conhecimento técnico a uma experiência prática, o guia oferece uma abordagem interdisciplinar que une turismo, educação ambiental e gestão climática, preenchendo uma lacuna na comunicação entre ciência e sociedade.

5. Complexidade

O desenvolvimento do guia exige a integração de múltiplos conhecimentos, como climatologia, geografia, ecologia, gestão ambiental e *design* informativo. A interpretação de dados climáticos, a adaptação ao público-alvo e a consideração dos impactos sazonais sobre a

biodiversidade e o turismo demonstram a complexidade envolvida na concepção do produto. Além disso, o guia precisa ser visualmente atraente e didático, demandando estratégias para alcançar diversos perfis de usuários.

Dessa forma, nota-se que o material didático foi idealizado para contribuir diretamente com o fortalecimento do turismo sustentável, promovendo a conscientização dos visitantes sobre as especificidades climáticas do MONAE e sua relevância no contexto ambiental regional.

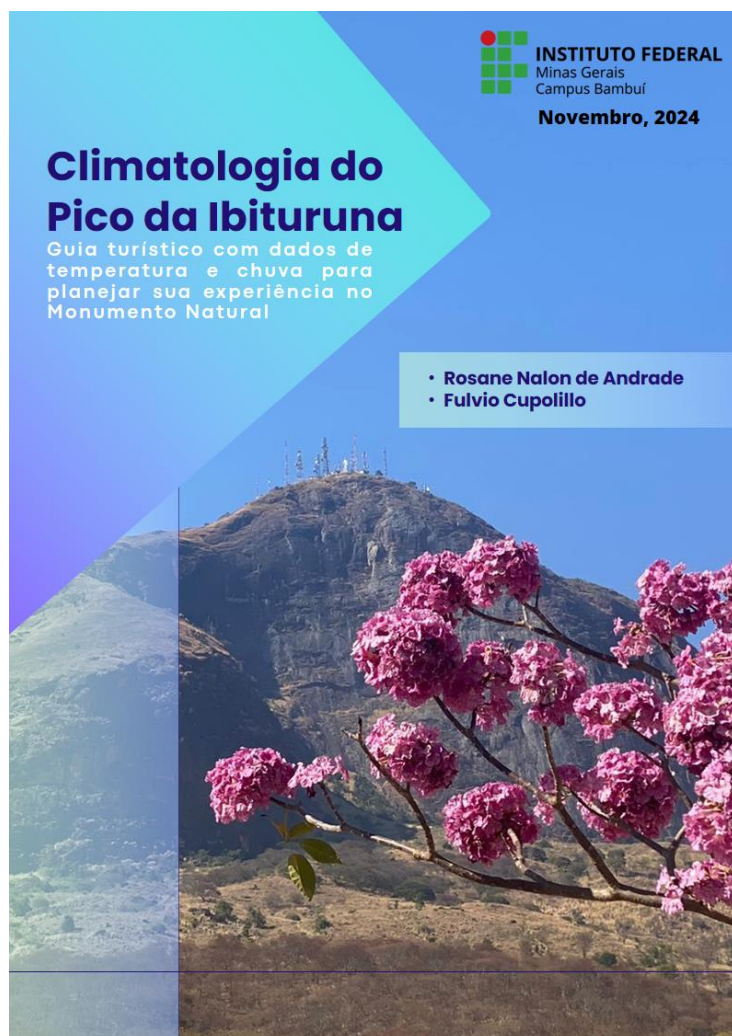
Para o processo de elaboração, foram obedecidas as etapas estabelecidas por Almeida (2017): definição do tema, definição dos tópicos, pesquisa bibliográfica, elaboração do roteiro e desenvolvimento do material didático.

De acordo com a autora, ao iniciar a produção de materiais educativos, é fundamental responder a três perguntas-chave: **o que ensinar, para quem ensinar e como ensinar**. Definir "o que ensinar" implica identificar os conteúdos mais relevantes, alinhando-os aos objetivos pedagógicos e às necessidades contextuais. Em "para quem ensinar", é essencial compreender o público-alvo, suas características, interesses e níveis de conhecimento prévio, de modo a garantir que o material seja adequado e acessível. Por fim, "como ensinar" refere-se à escolha das metodologias, recursos e abordagens mais eficazes para promover o engajamento e a aprendizagem significativa, considerando o equilíbrio entre teoria e prática.

A estrutura do guia "*Climatologia do Pico da Ibituruna*" foi organizada de forma clara e objetiva, conforme descrito a seguir:

- **Pré-texto:**
 - Capa (FIG. 28);
 - 2ª Capa;
 - Apresentação, acompanhada de uma ilustração do Pico da Ibituruna.

Figura 28 - Capa do material didático.

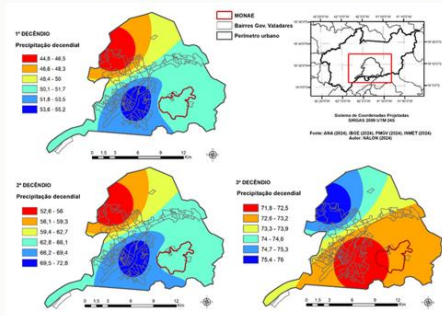


Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

- **Conteúdo:**
 - Introdução, apresentando o objetivo e a relevância do guia;
 - Localização do Pico da Ibituruna, com detalhes geográficos e contextuais;
 - Informações climatológicas, com dados de análise da média de precipitações e temperaturas do MONAE (FIG.29);
 - Cuidados em diferentes períodos climáticos:
 - Durante o período chuvoso;
 - Durante o período seco;
 - Em qualquer estação, com recomendações gerais.

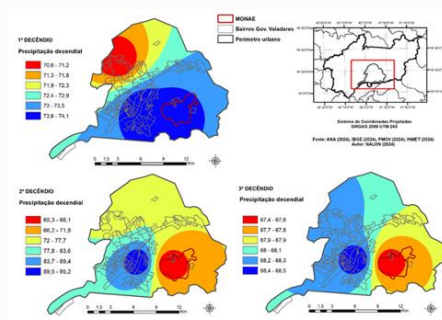
Figura 29 - Informações climatológicas do MONAE.

Figura 2 - Média decenal de precipitação do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de novembro



Fonte: INMET, ANA, CHIRPS, 2024.

Figura 3 - Média decenal de precipitação do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de dezembro



Fonte: INMET, ANA, CHIRPS, 2024.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

• Pós-texto:

- Conclusão, destacando os principais pontos abordados (FIG. 30);
- Referências utilizadas na elaboração do guia;
- 3ª Capa com imagens do MONAE e com informações sobre o direito de publicação das imagens utilizadas na elaboração do guia.

Figura 30 - Conclusão do guia.

CONCLUSÃO

O Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna é um espaço de rara beleza e importância ambiental, oferecendo experiências únicas de contato com a natureza. No entanto, sua preservação e o desfrute seguro dependem de um entendimento profundo das características climáticas locais e do compromisso de cada visitante em adotar práticas responsáveis.

Compreender os desafios e cuidados necessários durante os períodos chuvosos e secos é essencial para planejar visitas conscientes e garantir tanto a segurança individual quanto a proteção dos ecossistemas. Respeitar os regulamentos da unidade de conservação, estar atento às condições climáticas e seguir as orientações deste guia são passos fundamentais para uma experiência enriquecedora e sustentável.

Ao apreciar a biodiversidade, as vistas espetaculares e os encantos do Pico da Ibituruna, cada visitante contribui para a valorização desse patrimônio natural e para a promoção de um turismo sustentável. Que sua visita seja repleta de aprendizado, contemplação e respeito à natureza!



19

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Por fim, este produto técnico serve como uma ferramenta educativa e prática, auxiliando visitantes, gestores e a comunidade local a compreenderem as particularidades climáticas do MONAE e a se prepararem adequadamente para as diferentes condições sazonais. Ainda, contribui para a preservação ambiental, o uso responsável dos recursos e a valorização do Pico da Ibituruna como um patrimônio natural e turístico de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS

ABREU, M. L. Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: de Nimer (1977) a Zona de Convergência do Atlântico Sul. **Revista Geonomos**, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p. 17-22, Dez.1998.

ALMEIDA, Ma. D. M. **Elaboração de materiais educativos**. Disciplina Ações Educativas na Prática de Enfermagem Escola de Enfermagem da Universidade de São Paulo, São Paulo – 2017. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4412041/mod_resource/content/1/ELABORA%C3%87%C3%83O%20MATERIAL%20EDUCATIVO.pdf. Acesso em 02 out. 2024.

AMARO, H. A.; LACERDA, E. G.; MOLION, L. C. B. **Um episódio da Zona de Convergência na América do Sul**. Rev. Bras. Geof. vol.17 n.2 -3, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Séries Históricas de Estações. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 05 abril 2024.

ANTUNES, D. A.; CUPOLILLO, F. Parte1: **Análise comparativa dos Balanços Hídricos Climatológicos Decendiais no PERD**: Período 2005-2015, em relação ao ano anômalo de 2012 e 2013. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, Anais. Bahia: Juazeiro, 2017.

ANTUNES, D.A. **Diagnóstico Climatológico do Parque Estadual do Rio Doce - PERD**. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - IFMG, Bambuí, 2018. 140 p.

ARAUJO, M.A.R; CABRAL, R.F.B; MARQUES, C.P. Uma breve história sobre a gestão de unidades de conservação no Brasil. **Unidades de conservação no Brasil: o caminho da Gestão para Resultados**/Organizado por NEXUS – São Carlos: RiMa Editora, 2012. 536p.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Tradução de M.J. Z. Santos. 16. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 332 p.

BRASIL. Lei ° 9.985/00. **Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**. Brasília. 2000.

CAPES. **Produção técnica - Relatório de Grupo de trabalho: Orientação CAPES**. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, p. 1–81, 2019.

CHIRPS. Climate Hazards Infrared Precipitation with Stations. 2024. Disponível em: <https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>. Acesso em 20 jun 2024.

CUPOLILLO, F., ABREU, M. L. de; VIANELLO, R. L. Climatologia da Bacia do Rio Doce e sua relação com a topografia local. **Geografias**: Revista do Departamento de Geografia/Programa de Pós-graduação em Geografia, Departamento de Geografia do Instituto de Geociências, UFMG – v. 4 n. 2 (jul/dez) 2008, 45–60p.

CUPOLILLO, F. **Diagnóstico Hidroclimatológico da Bacia do Rio Doce**. 1ª. ed. Saarbrücken - Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015. v. 1. 224p.

DIAS, E.A.O.; CUNHA, D.M.; NALON, R.A.; ABREU, F.G. **Incêndios florestais na região do Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna, Governador Valadares – MG, no período de 2013 a 2021**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL NATAL, XIV, 2023, Natal/RN, IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, p. 1-9.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**; Campina Grande, UFPB, 1994, 306 p.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). **ArcGIS Professional GIS for the desktop, versão 10.5, 2015**. Disponível em: <http://www.esri.com/software/arcgis/index.html> . Acesso em 20 set 2024.

GEORGE MASON UNIVERSITY GrADS versão 2.0.2, 2016. Disponível em: <http://cola.gmu.edu/grads/>. Acesso em 20 ago 2024.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (IEF) - MG. **Plano de Manejo do Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna**, 2022.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Roteiro Metodológico para Elaboração e Revisão de Planos de Manejo das Unidades de Conservação Federais**. Organizadores: Ana Rafaela D'Amico, Erica de Oliveira Coutinho e Luiz Felipe Pimenta de Moraes. Brasília: ICMBio, 2018. 208 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET), **Histórico de dados meteorológicos**. Ano 2005 a 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 05 abril 2024.

LIMA, J. M. **Análise espaço-temporal das chuvas persistentes na região do Parque Estadual do Rio Doce – PERD (2005 A 2015)**. Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. Bambuí, 2019. 346 p.

LIMA, J.M.; CUPOLILLO, F.; MAGALHAES JUNIOR, A. P. Panorama da sazonalidade climática da bacia do rio Doce: subsídios à gestão das unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos. **Geografia: desenvolvimento científico e tecnológico 4**/Organizador Adilson Tadeu Basquerote. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.

MINAS GERAIS. Constituição (1989). **Constituição do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. 1989.

MINAS GERAIS. Lei nº 21.158/14, de 17 de janeiro de 2014. **Estabelece os limites do Monumento Natural Estadual Pico do Ibituruna, no município de Governador Valadares, e dá outras providências**. Belo Horizonte.2014.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 1989. p.422.

NIMER, E; BRANDÃO, A. M. P. M. **Balanço hídrico e clima da região dos Cerrados**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 166 p.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). Disponível em: <https://www.psl.noaa.gov/>. Acesso em: 20 ago 2024.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981. 440p.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A. SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R; SENTELHAS, P.C. **Meteorologia agrícola**. Piracicaba: ESALQ-Depto de Ciências Exatas. Fevereiro de 2007. 192p.

PRIMACK, R.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina: Efraim Rodrigues, 2001. 328 p.

QUADRO, M. F. L. **Estudo de episódios de zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)– Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 94p, 1994.

REIS, J. S. **Características dinâmicas e termodinâmicas dos vórtices ciclônicos de altos níveis no Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas. Natal, 76p, 2018.

ROLIM, G. de S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n.1, 1998.

SILVA, E. D. da.; REBOITA, M. S. Estudo da precipitação no estado de Minas Gerais-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v.13. n. 9, jul-dez. 2013. Disponível: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/33345/22585>. Acesso em 17 ago 2024.

SILVA, J. N.; DA SILVA CAIADO, E; CAIADO, M. A. C. **Escolha de Parâmetro para Interpolação de Precipitação Diária Utilizando o Interpolador Inverse Distance Weight (IDW)**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves, 2013.

SOARES, H.C. **Estudo das condições atmosféricas e oceânicas do Atlântico Sudoeste e suas associações com extremos de captura da sardinha-verdadeira**. 2009. Dissertação (mestrado em Meteorologia)- Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais-INPE, São José dos Campos, 2009. 150f.

SOUZA, R. L. F. **Variabilidade interdecadal da precipitação da Amazônia Ocidental brasileira**. Dissertação (mestrado em Meteorologia) Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió, 2009. 80p.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. do. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo; Nobel. 1 ed.4reimp.1986. p.374.

TUBELIS, A. **Conhecimentos práticos sobre clima e irrigação**. Viçosa; Aprenda Fácil. 2001. p. 215.

VIANELLO, R. L.; MAIA, L. F. P. G, **Estudo Preliminar da Climatologia Dinâmica do Estado de Minas Gerais**. In: I CONGRESSO INTERAMERICANO DE METEOROLOGIA, 1986. Brasília. *Anais I*. p. 185-194.

VIANELLO, R. L.; ADIL, R. A. **Meteorologia básica e aplicações**. 2ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012. p. 460.

VIEIRA, C. A. **Estudo da atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) sobre a região do Parque Estadual do Rio Doce (PERD) e seu entorno**. Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. Bambuí, 2020. 176 p.

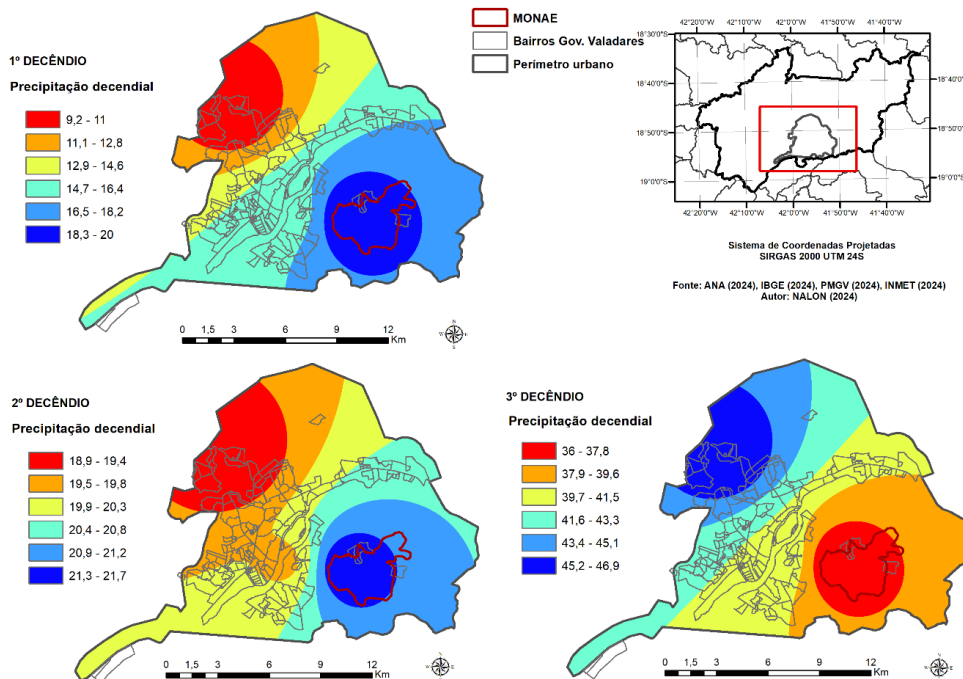
VIEIRA, C. A., & CUPOLILLO, F. (2021). **Estudo da Atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) no Parque Estadual do Rio Doce (PERD) e seu Entorno na Estação Chuvosa**. *Revista Brasileira De Climatologia*, 28, 830–857.

World Meteorological Organization. **Guide to the global observing system**. n.488, Genebra, Suíça. 172p. 2012.

APÊNDICES

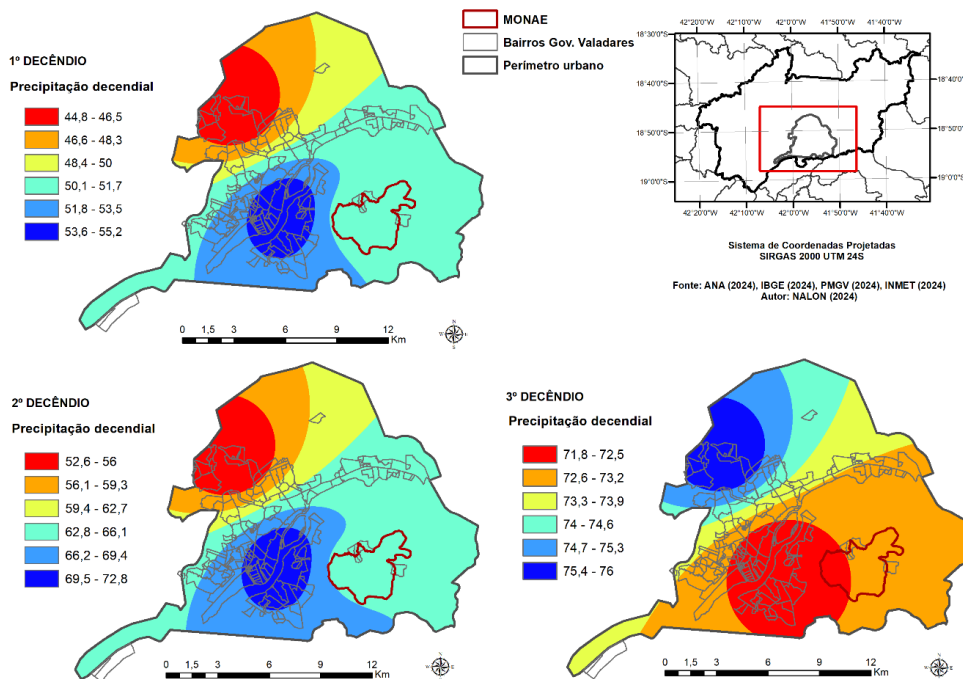
APÊNDICE A – MÉDIA DECENDIAL DE PRECIPITAÇÃO

FIGURA 1A - Média decendial de precipitação do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de outubro



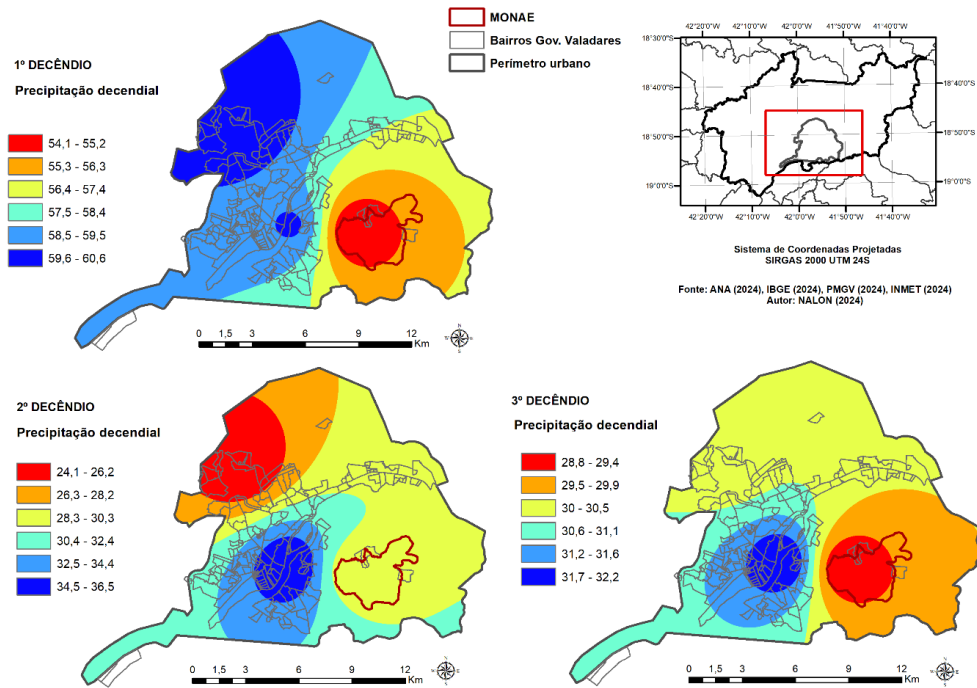
Fonte: INMET, ANA, CHIRPS, 2024.

FIGURA 2A - Média decendial de precipitação do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de novembro



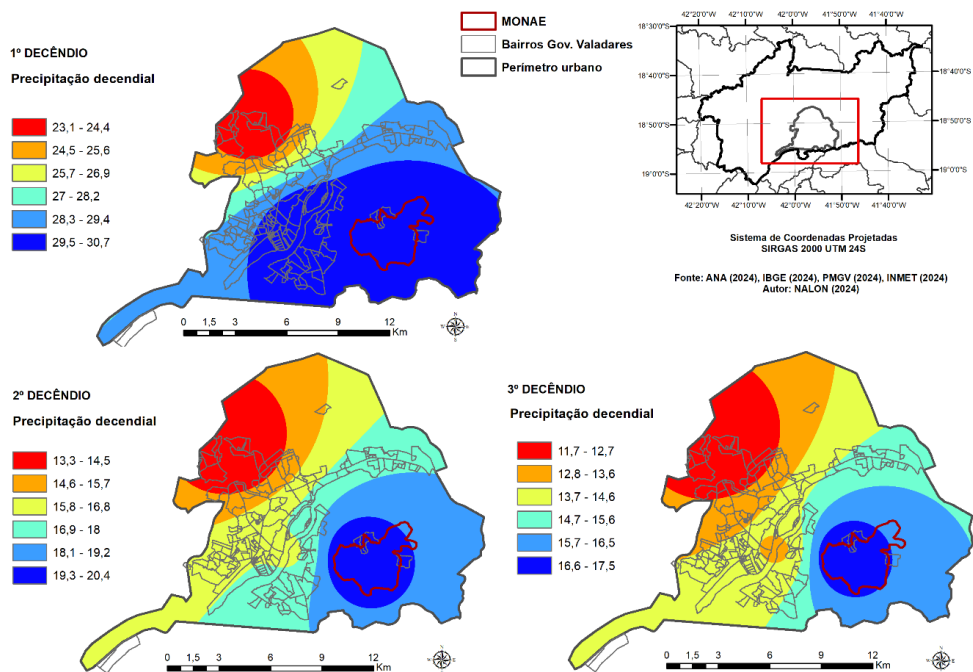
Fonte: INMET, ANA, CHIRPS, 2024.

FIGURA 3A - Média decendial de precipitação do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de março



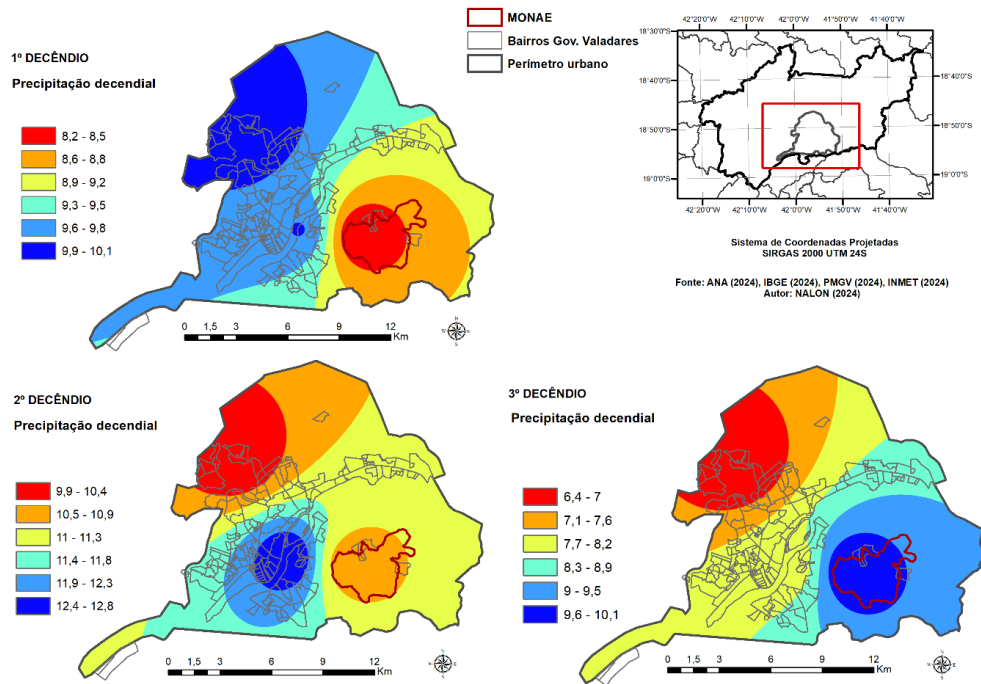
Fonte: INMET, ANA, CHIRPS, 2024.

FIGURA 4A - Média decendial de precipitação do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de abril



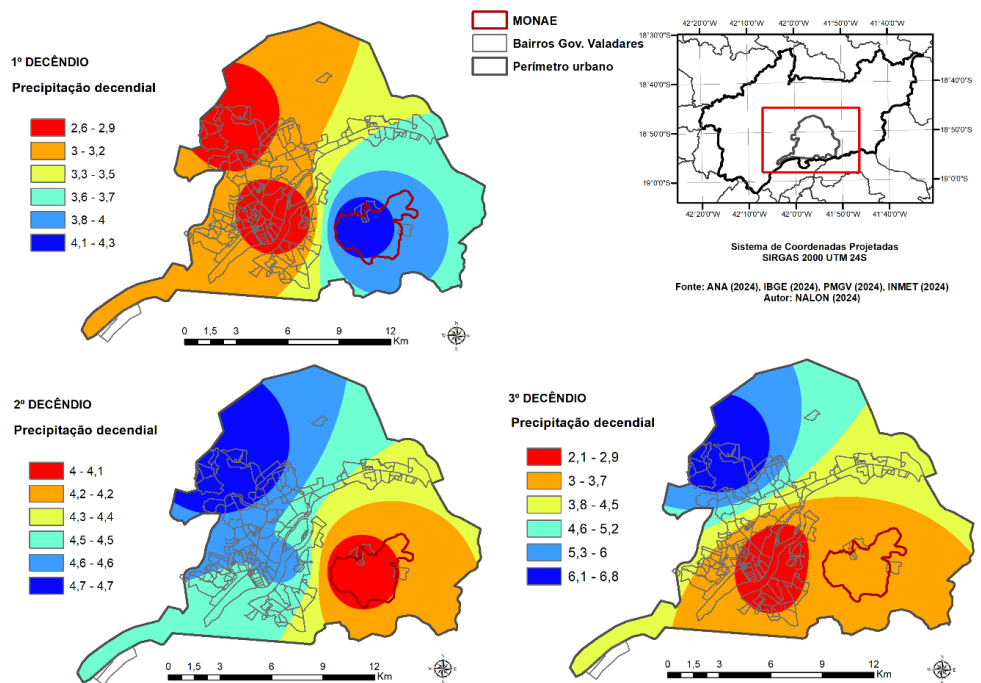
Fonte: INMET, ANA, CHIRPS, 2024.

FIGURA 5A - Média decendial de precipitação do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de maio



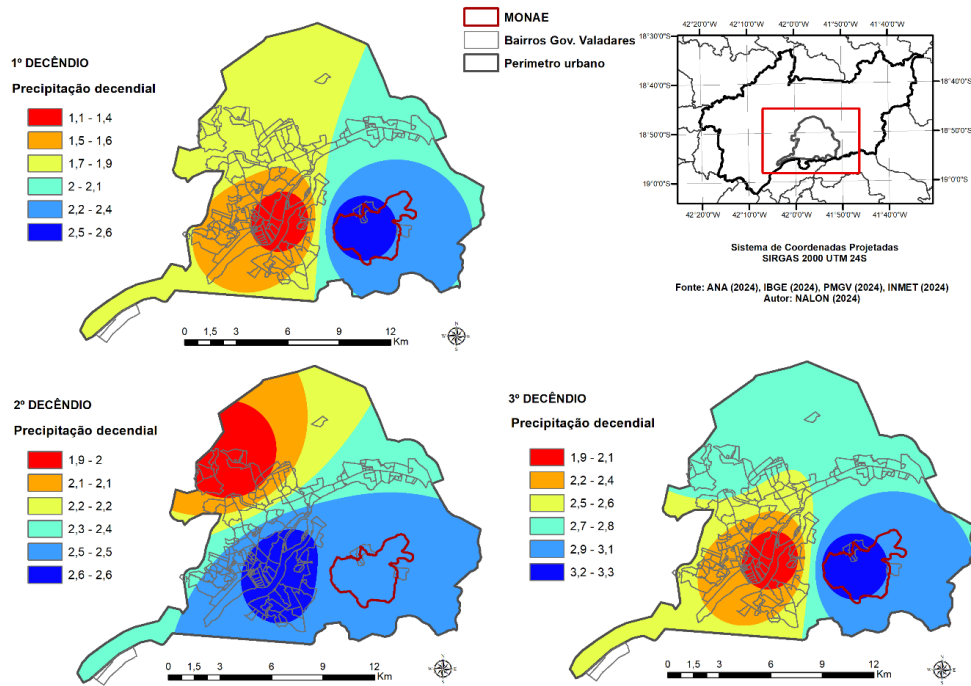
Fonte: INMET, ANA, CHIRPS, 2024.

FIGURA 6A - Média decendial de precipitação do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de junho



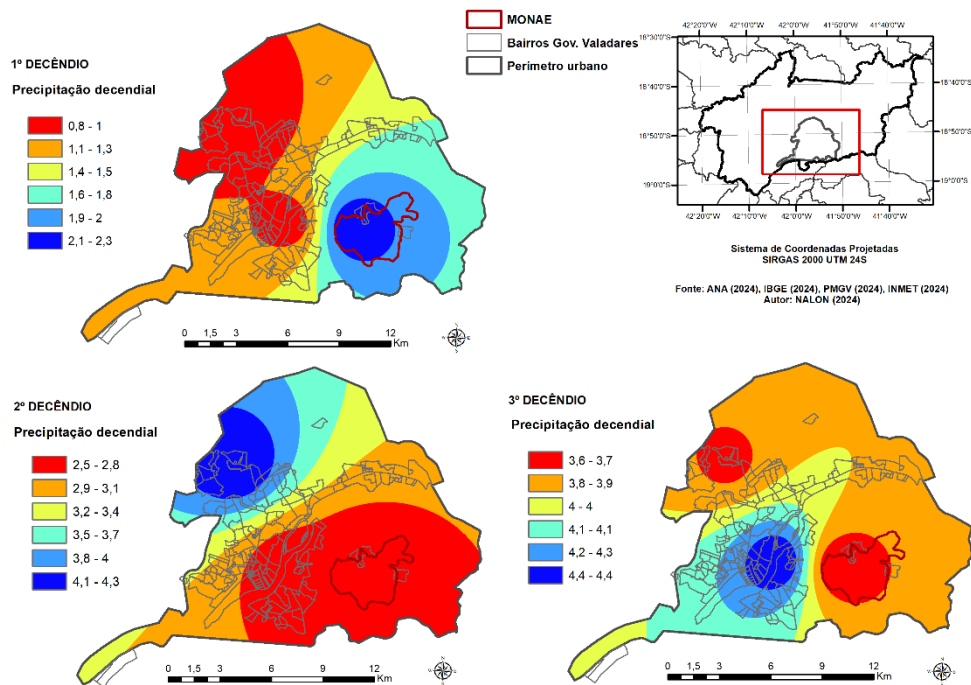
Fonte: INMET, ANA, CHIRPS, 2024.

FIGURA 7A - Média decenal de precipitação do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de julho



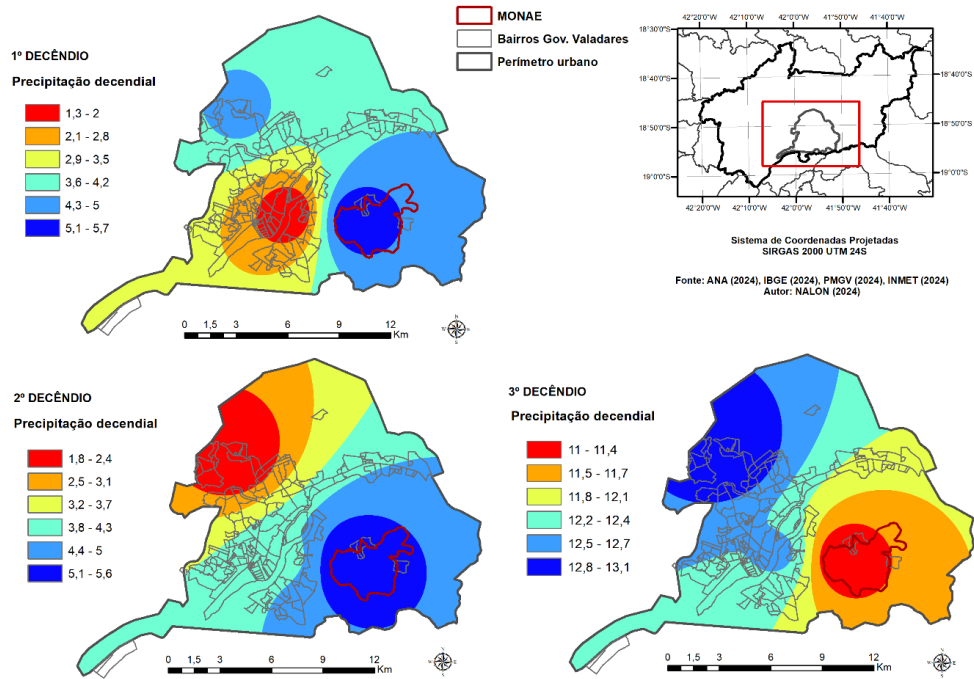
Fonte: INMET, ANA, CHIRPS, 2024.

FIGURA 8A - Média decenal de precipitação do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de agosto



Fonte: INMET, ANA, CHIRPS, 2024.

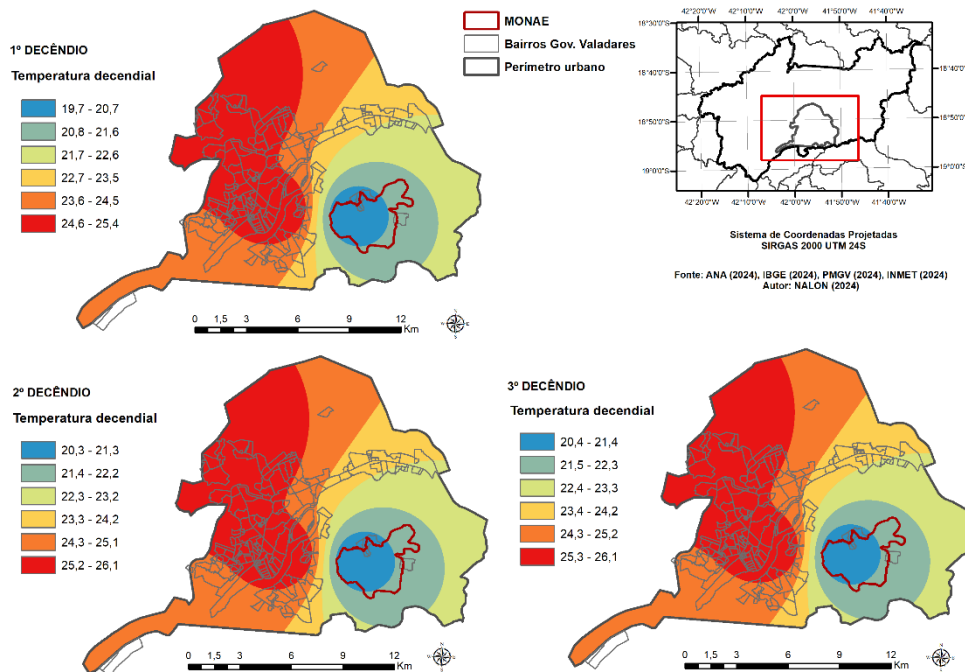
FIGURA 9A - Média decenal de precipitação do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de setembro



Fonte: INMET, ANA, CHIRPS, 2024.

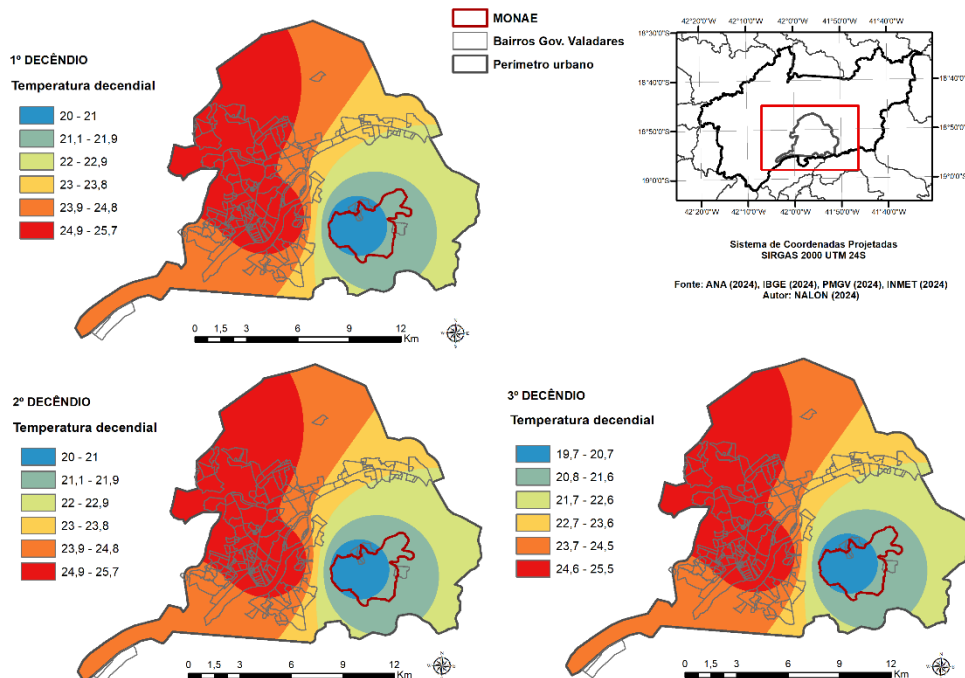
APÊNDICE B - MÉDIA DECENCIAL DE TEMPERATURA

FIGURA 1B - Média decencial de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de outubro



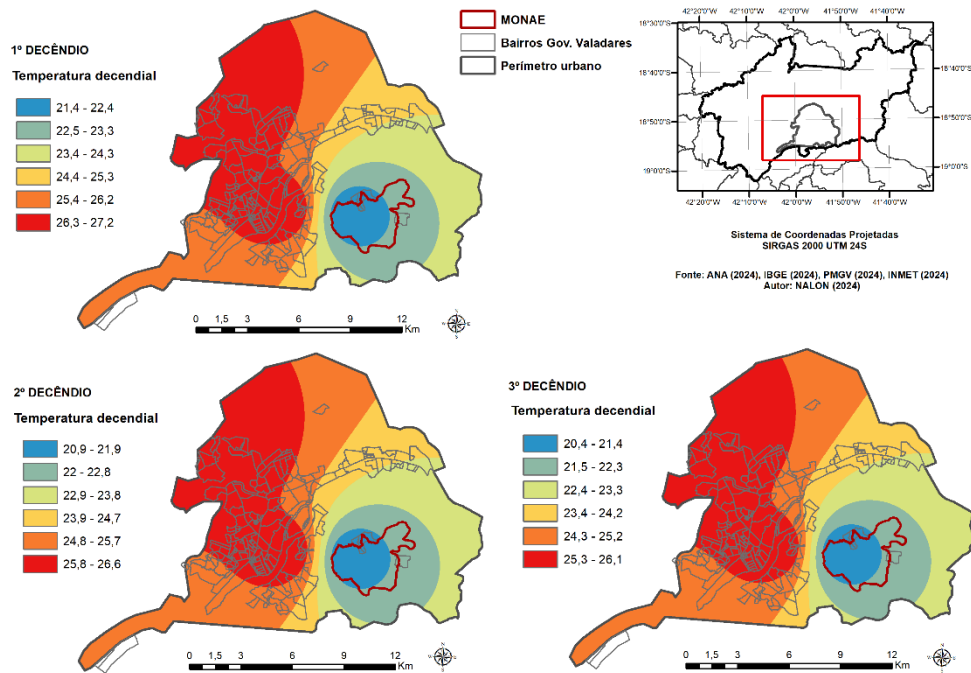
Fonte: INMET, CHIRPS, 2024.

FIGURA 2B - Média decencial de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de novembro



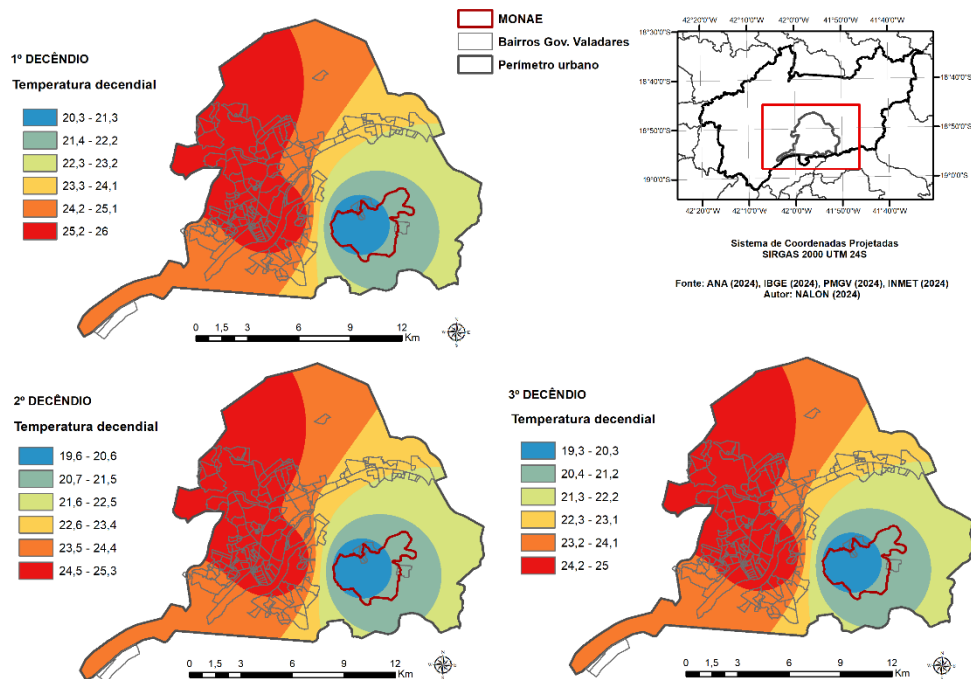
Fonte: INMET, CHIRPS, 2024.

FIGURA 3B - Média decenal de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de março



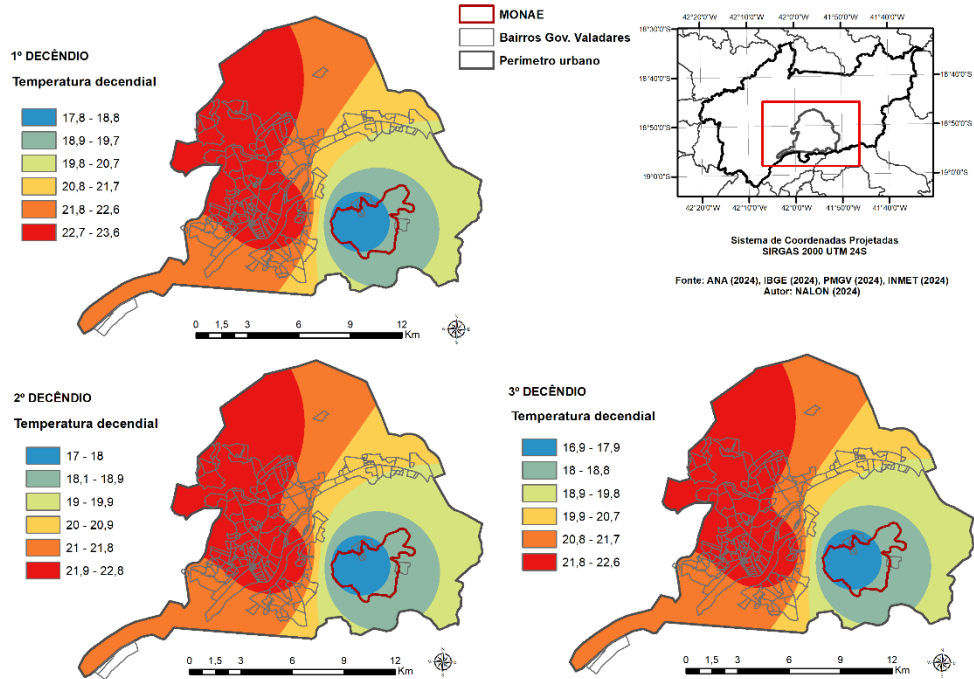
Fonte: INMET, CHIRPS, 2024.

FIGURA 4B - Média decenal de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de abril



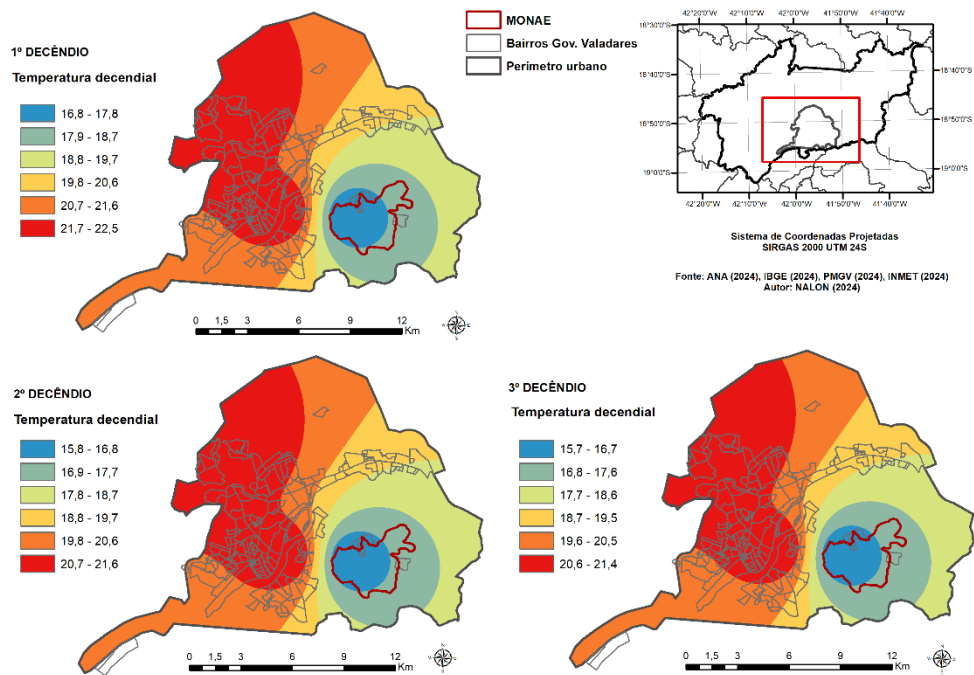
Fonte: INMET, CHIRPS, 2024.

FIGURA 5B - Média decendial de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de maio



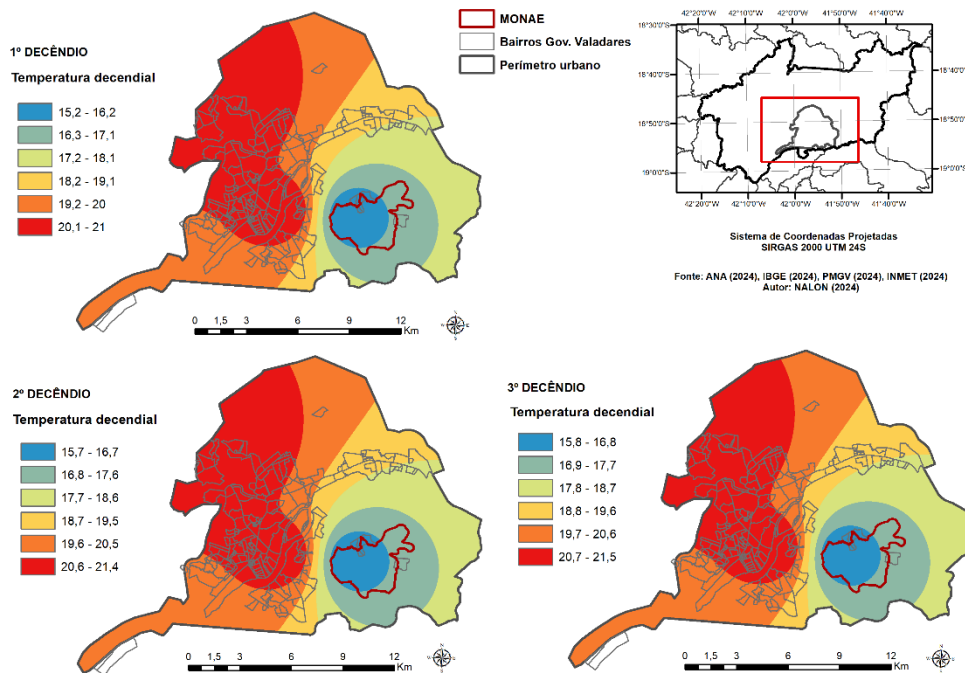
Fonte: INMET, CHIRPS, 2024.

FIGURA 6B - Média decendial de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de junho



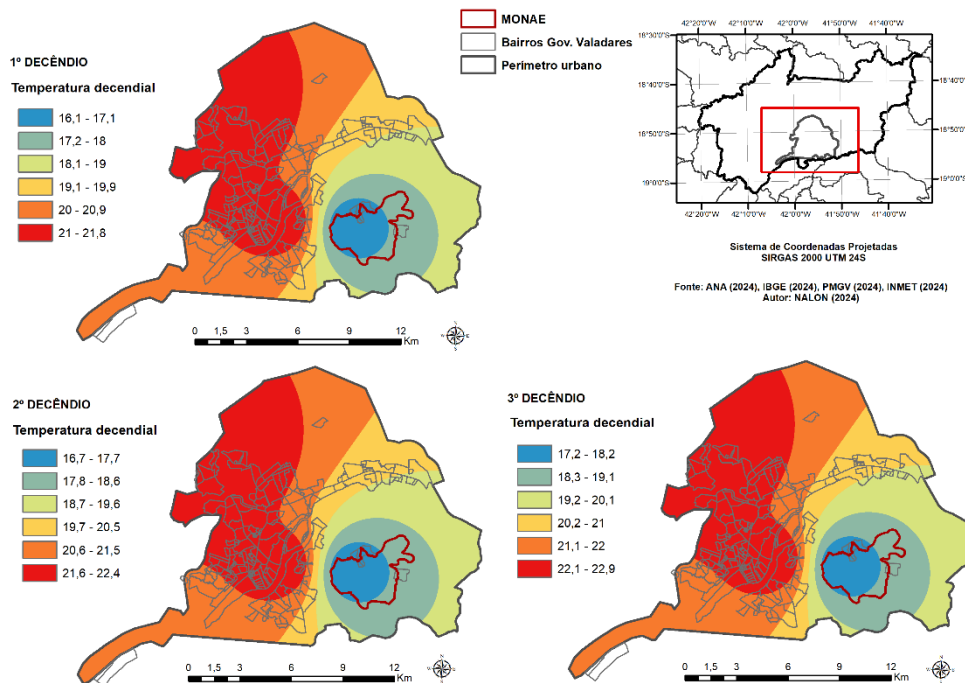
Fonte: INMET, CHIRPS, 2024.

FIGURA 7B - Média decencial de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de julho



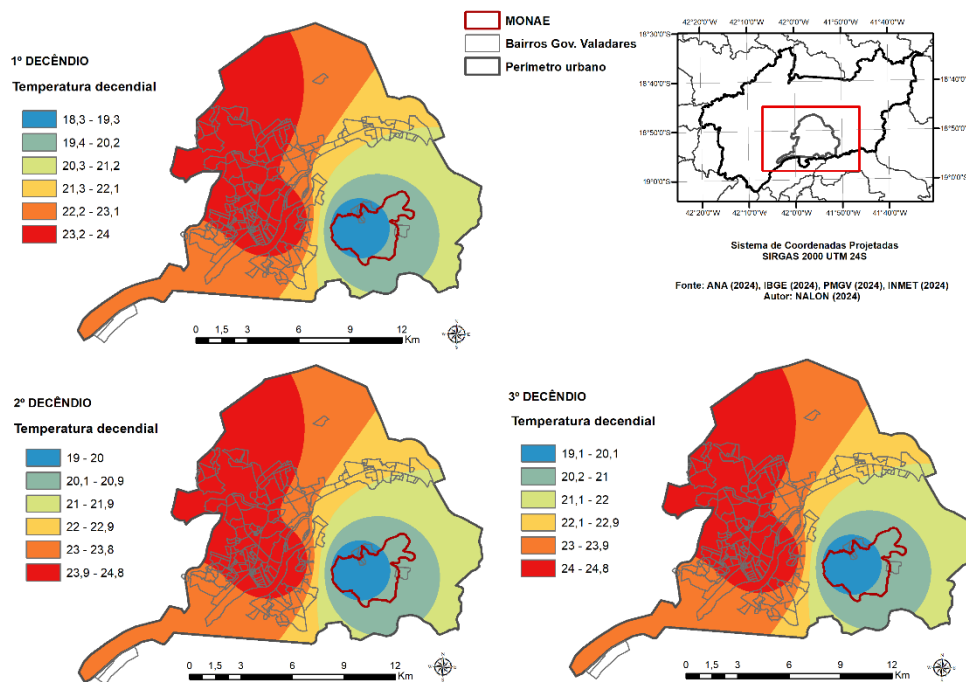
Fonte: INMET, CHIRPS, 2024.

FIGURA 8B - Média decencial de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de agosto



Fonte: INMET, CHIRPS, 2024.

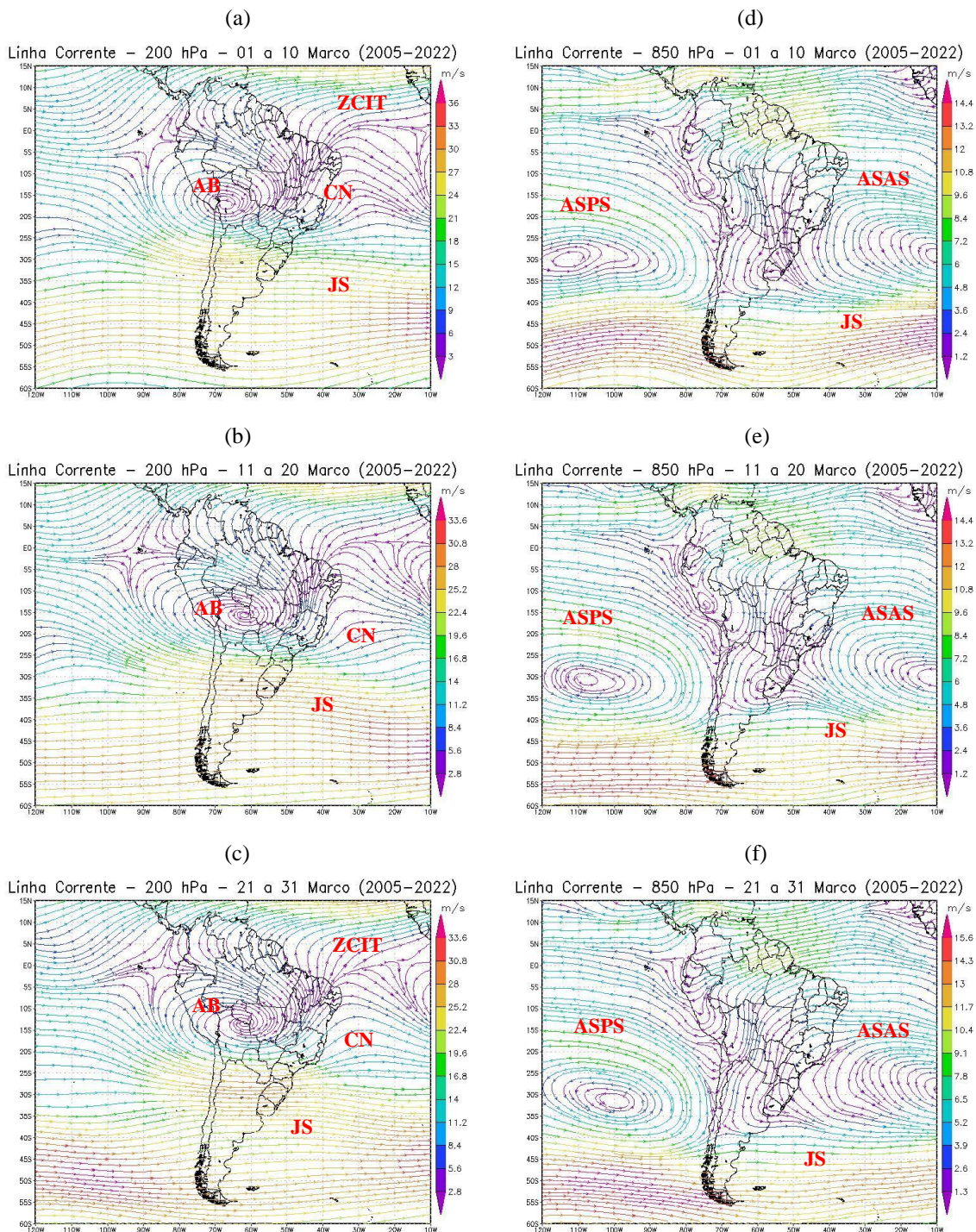
FIGURA 9B - Média decendial de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de setembro



Fonte: INMET, CHIRPS, 2024.

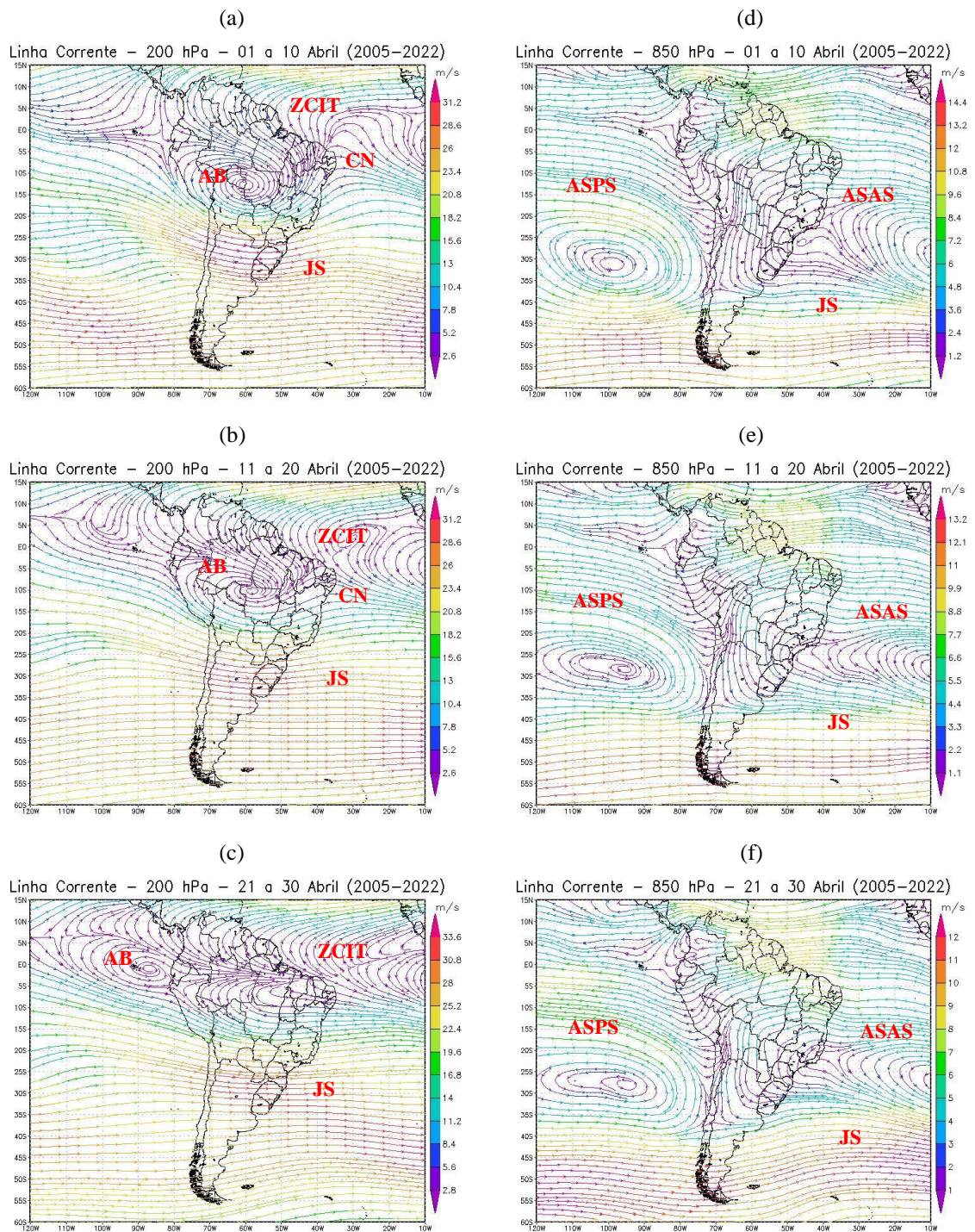
APÊNDICE C - CAMPOS DE LINHAS DE CORRENTE 200 E 850 HPA

FIGURA 1C - Campos de linhas de corrente 200 hPa (a, b, c) e 850 hPa (d, e, f), 1º, 2º e 3º decêndios de março (2005-2022). AB (Alta da Bolívia), CN (Cavado do Nordeste), JS (Jato Subtropical), ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), ASPS (Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul) e ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul).



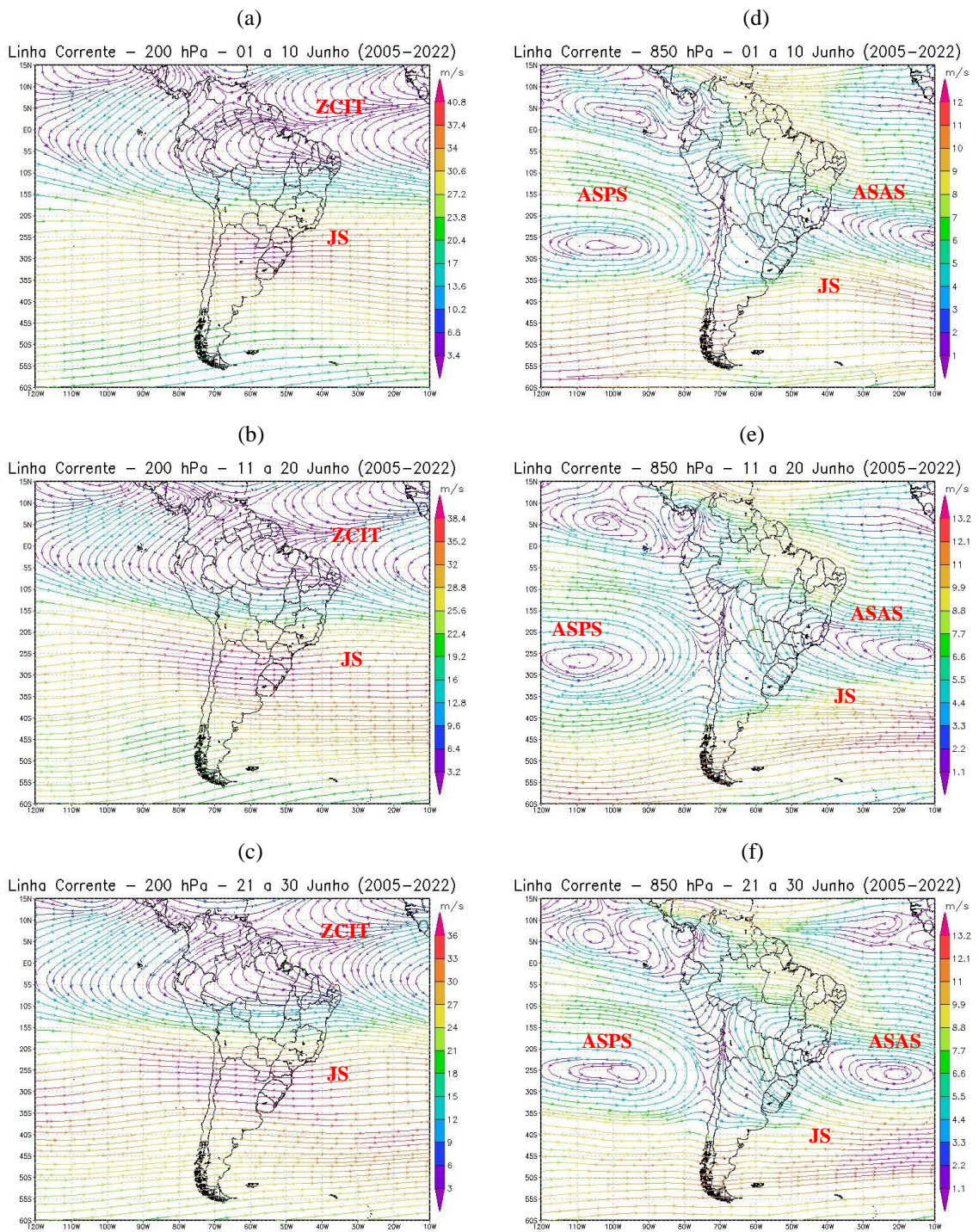
Fonte de dados: NOAA, 2024.

FIGURA 2C - Campos de linhas de corrente 200 hPa (a, b, c) e 850 hPa (d, e, f), 1º, 2º e 3º decêndios de abril (2005-2022). AB (Alta da Bolívia), CN (Cavado do Nordeste), JS (Jato Subtropical), ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), ASPS (Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul) e ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul).



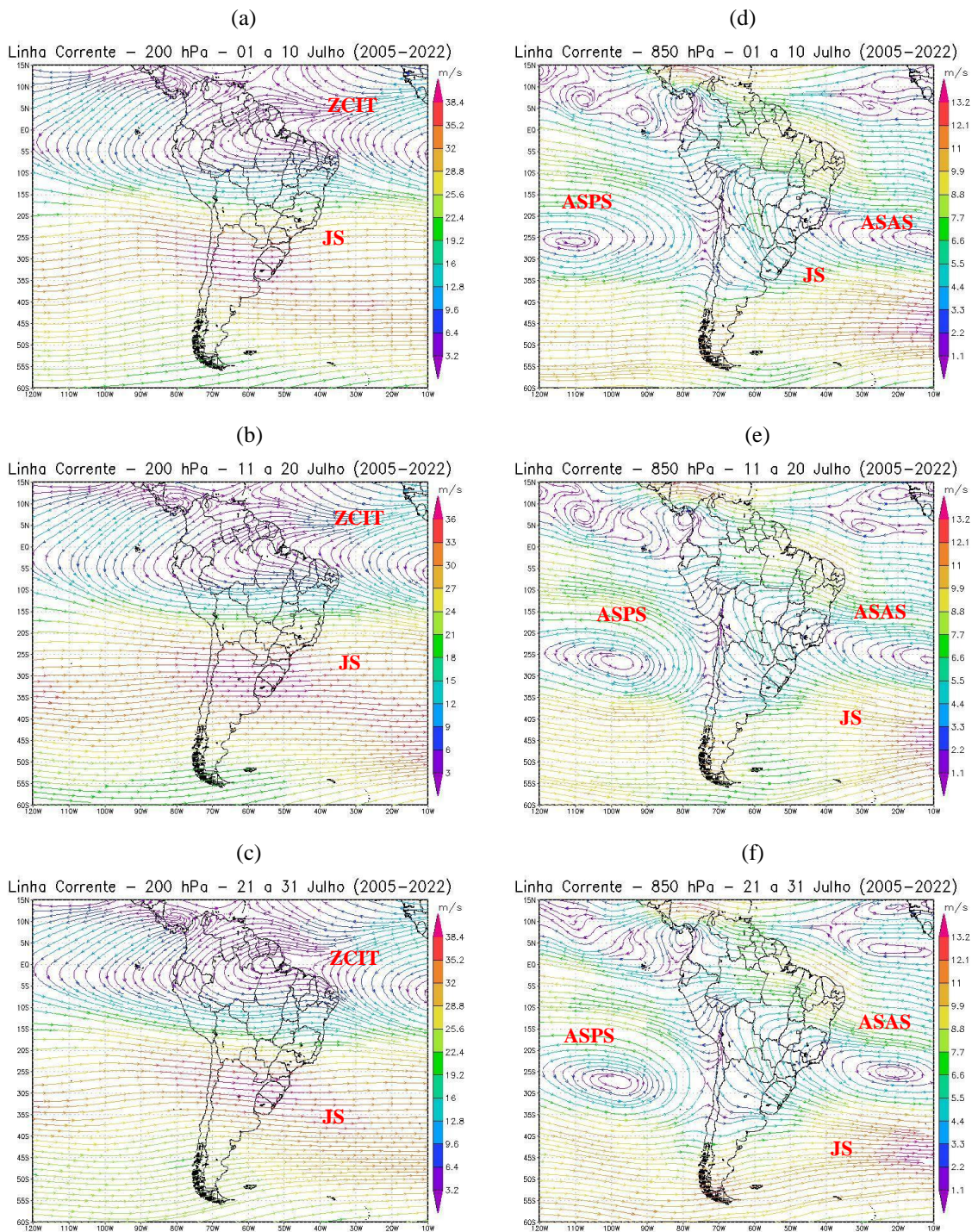
Fonte de dados: NOAA, 2024.

FIGURA 3C - Campos de linhas de corrente 200 hPa (a, b, c) e 850 hPa (d, e, f), 1°, 2° e 3° decêndios de junho (2005-2022). JS (Jato Subtropical), ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), ASPS (Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul) e ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul).



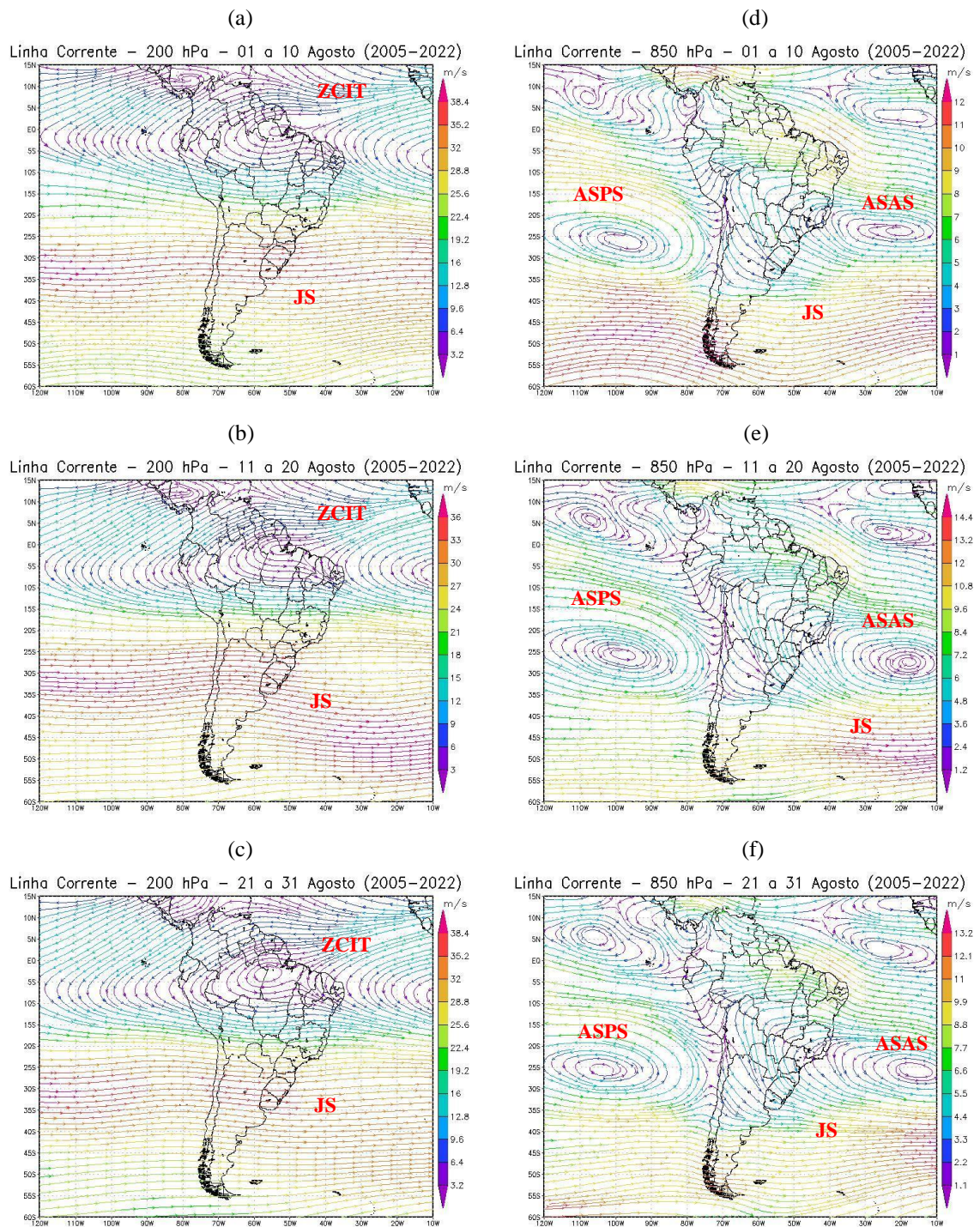
Fonte de dados: NOAA, 2024.

FIGURA 4C - Campos de linhas de corrente 200 hPa (a, b, c) e 850 hPa (d, e, f), 1º, 2º e 3º decêndios de julho (2005-2022). AB (Alta da Bolívia), JS (Jato Subtropical), ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), ASPS (Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul) e ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul).



Fonte de dados: NOAA, 2024.

FIGURA 5C - Campos de linhas de corrente 200 hPa (a, b, c) e 850 hPa (d, e, f), 1º, 2º e 3º decêndios de agosto (2005-2022). AB (Alta da Bolívia), JS (Jato Subtropical), ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), ASPS (Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul) e ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul).



Fonte de dados: NOAA, 2024.

APÊNDICE D – PRODUTO TÉCNICO-TECNOLÓGICO

Guia informativo: “Climatologia do Pico da Ibituruna”



Climatologia do Pico da Ibituruna



INSTITUTO FEDERAL
Minas Gerais
Campus Bambuí

FICHA TÉCNICA PARA A PRODUÇÃO TÉCNICA E TECNOLÓGICA

2024. MESTRADO PROFISSIONAL EM SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA AMBIENTAL (MPSTA) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG)
Não há direitos reservados. A reprodução está autorizada, no todo ou em parte, desde que a obra original seja devidamente referenciada.

GESTORES DO IFMG:

IFMG/BAMBUÍ – Fazenda Varginha – Rodovia Bambuí/Medeiros – Km 05
Caixa Postal 05 – Bambuí – MG - 38900-000 - www.bambui.ifmg.edu.br

REITOR DO IFMG – Prof. Dr. Rafael Bastos Teixeira

PRÓ-REITORA DE INOVAÇÃO, PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – Prof. Dra. Gislayne Elisana Gonçalves

DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO DO IFMG – Prof. Dr. Venilson Luciano Benigno Fonseca

DIRETOR GERAL DO IFMG/BAMBUÍ – Prof. Dr. Humberto Garcia de Carvalho

DIRETOR DE INOVAÇÃO, PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO DO IFMG/BAMBUÍ – Prof. Dr. Gustavo Augusto Soares

COORDENADORA DO MPSTA/IFMG BAMBUÍ – Prof. Dra. Ana Cardoso Clemente Ferreira Filha de Paula

AUTORES

Rosane Nalon de Andrade (Aluna)

Estudante do MPSTA – IFMG Campus Bambuí

Fúlvio Cupolillo (Orientador)

Professor Doutor do Programa de Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental – IFMG

Fábio Monteiro Cruz (Colaborador)

Professor Doutor do IFMG – Campus Governador Valadares

Jean Monteiro Lima (Colaborador)

Egresso do MPSTA – IFMG Campus Bambuí

Kissilla Alves Pinheiro Tusthler (Design e Ilustração)

IMAGENS

Catologação - Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

A554d Andrade, Rosane Nalon de.
Climatologia do Pico da Ibituruna: guia turístico com dados de temperatura e chuva para planejar sua experiência no Monumento Natural. / Rosane Nalon de Andrade, Fúlvio Cupolillo. – Bambuí: IFMG, 2024.
20 p. : il. ; color.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental.

1. Produto técnico. 2. Sistemas atmosféricos. 3. MONAE Pico da Ibituruna.
4. Governador Valadares/MG. I. Cupolillo, Fúlvio. II. Título.

Apresentação

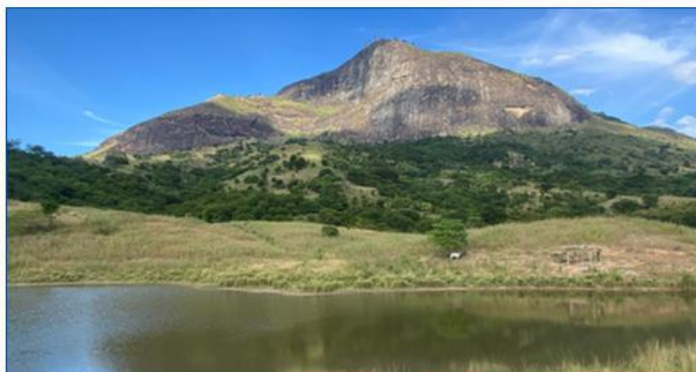
Bem-vindo ao Guia Turístico "Climatologia do Pico da Ibituruna", um material desenvolvido especialmente para você, que deseja explorar o Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna, de forma planejada e enriquecedora.

As unidades de conservação têm atraído cada vez mais visitantes interessados em suas belezas naturais, atividades ao ar livre e experiências inesquecíveis. Esse crescimento reflete a valorização da natureza e a busca por um contato mais próximo com o meio ambiente. Porém, para garantir uma visita segura e bem aproveitada, é essencial conhecer as características climáticas da região.

Neste guia, reunimos informações detalhadas sobre temperatura e precipitação do Pico da Ibituruna. Com esses dados, você poderá planejar sua visita considerando as melhores condições para trilhas, contemplação e atividades esportivas, além de evitar surpresas desagradáveis, como chuvas inesperadas ou calor intenso.

Entender o clima não é apenas uma questão de conforto, mas também de segurança e preservação. O preparo adequado respeita a dinâmica natural do local e contribui para a conservação de um dos mais importantes monumentos naturais de Minas Gerais.

Desejamos que este guia seja uma ferramenta valiosa para enriquecer sua experiência no Pico da Ibituruna, permitindo que você viva momentos inesquecíveis em harmonia com a natureza. Boa leitura e ótima aventura!



Introdução

As unidades de conservação são áreas especialmente protegidas, devido à sua relevância ambiental, histórica ou cultural, desempenhando papel fundamental na conservação da biodiversidade e no equilíbrio ecológico. No Brasil, essas áreas estão organizadas em diferentes categorias, segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), criado pela Lei Federal n.º 9.985, de 18 de julho de 2000, que as divide em dois grandes grupos: as Unidades de Proteção Integral, destinadas à preservação dos ecossistemas, e as Unidades de Uso Sustentável, que conciliam a conservação com atividades humanas, de forma responsável.

Entre essas categorias, os Monumentos Naturais se destacam como áreas de proteção integral voltadas à preservação de sítios naturais de rara beleza cênica, singularidade geológica ou relevância ambiental. O Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna (MONAE), localizado em Governador Valadares, Minas Gerais, é um exemplo marcante dessa categoria. Tombado para fins de conservação e declarado como Monumento Natural pela Constituição Estadual de Minas Gerais, de 1989, no art. 84 do ato das disposições constitucionais transitórias, a unidade de conservação teve seus limites definidos com a publicação da Lei Estadual n.º 21.158, de 17 de janeiro de 2014.

Administrada pelo Instituto Estadual de Florestas, a unidade de conservação é reconhecida por suas paisagens deslumbrantes e sua importância como ponto de turismo ecológico. O Pico da Ibituruna é também um espaço privilegiado para atividades como trilhas, observação da natureza e esportes radicais, como o voo livre.

A região do Médio Rio Doce é habitada há séculos por povos originários que possuem uma rica e centenária cultura, como por exemplo, os Krenak, que são os últimos representantes dos Botocudos. Esses povos sempre demonstraram profundo respeito e cuidado com o meio ambiente, protegendo áreas que, atualmente, são reconhecidas como unidades de conservação. O Pico da Ibituruna, uma dessas unidades, carrega em seu nome uma forte conexão com essa herança cultural. Do ponto de vista etimológico, "Ibituruna" tem origem no tupi e significa "Pedra Negra", refletindo tanto a identidade indígena quanto as características marcantes da paisagem local.

Para que a experiência do visitante seja plena e segura, o conhecimento sobre o clima do local é indispensável. Os mapas de temperatura e precipitação são ferramentas valiosas para entender as variações climáticas ao longo do ano. Esses dados auxiliam no planejamento de atividades, ajudando a escolher os períodos mais adequados para cada tipo de vivência. Além disso, compreender o comportamento do clima em áreas protegidas contribui para o desenvolvimento de um turismo sustentável, que respeita os ciclos naturais e minimiza impactos negativos. Este guia foi elaborado com o objetivo de oferecer informações climáticas acessíveis e detalhadas sobre o Pico da Ibituruna, promovendo uma visitação mais consciente e conectada com as características únicas deste monumento natural.

INFORMAÇÕES CLIMATOLÓGICAS

A dinâmica climática do estado de Minas Gerais proporciona uma ampla variabilidade de climas, pois se encontra em uma região tropical de transição climática. O Estado possui duas estações distintas e bem definidas: um verão úmido e quente, que contrasta com um inverno seco e ameno. Especificamente em Governador Valadares e, conseqüentemente, no MONAE, a estação seca inicia em abril e finaliza em setembro, já a chuvosa começa em outubro e vai até março (CUPOLILLO, 2015).

Em pesquisa recente, Dias *et al.* (2023) constataram que os incêndios florestais na unidade de conservação e em sua zona de amortecimento concentram-se, predominantemente, no trimestre de agosto a outubro. Esse período coincide com o final da estação seca e o início da estação chuvosa, caracterizando um momento de transição climática na região.

Para conhecer o clima da unidade de conservação, foi necessário utilizar uma série de dados climatológicos de dezoito anos, referentes ao intervalo de 2005 a 2022, agrupados em períodos decendiais (10 em 10 dias), gerando 36 decêndios anuais. Os dados da área urbana de Governador Valadares foram obtidos tanto da estação meteorológica do INMET quanto da estação pluviométrica da ANA (Tab. 1).

Tabela 1 - Identificação e localização das estações

LOCALIDADE	LAT	LONG	ALT(mts)	Identificação
Governador Valadares	-18.8303	- 41.9770	198,24	Est. Meteorológica Cód. A532
Governador Valadares	-18.8831	- 41.9503	150	Est. pluviométrica Cód. 1841020
Pico da Ibituruna	-18.8866	- 41.9159	1080,2	Não possui estação meteorológica

Fonte: INMET, ANA, IEF, 2024.

Quanto aos dados do MONAE, devido à ausência de uma estação meteorológica em seu território, optou-se por utilizar os dados de precipitação do grupo *Climate Hazards Infrared Precipitation with Stations* (CHIRPS) e, para temperatura, o critério físico citado por Vianello (2012) e Ayoade (2011): “a temperatura na troposfera cai rapidamente com a altitude, numa razão média de 6,5°C/km ou 0,65°C a cada 100 metros”.

Tendo em vista que o ponto selecionado no Pico da Ibituruna possui 1.080 metros de altitude, e a estação meteorológica do INMET, 198,24 metros de altitude, calculou-se a diferença de altitude entre esses dois pontos, que resultou em 881,76 metros. Com isso, utilizando-se o critério físico citado acima, pode-se observar que há uma diferença de temperatura entre os dois pontos correspondente a 5,73°C, ou seja, o Pico da Ibituruna apresenta 5,73°C a menos que a estação meteorológica do INMET.

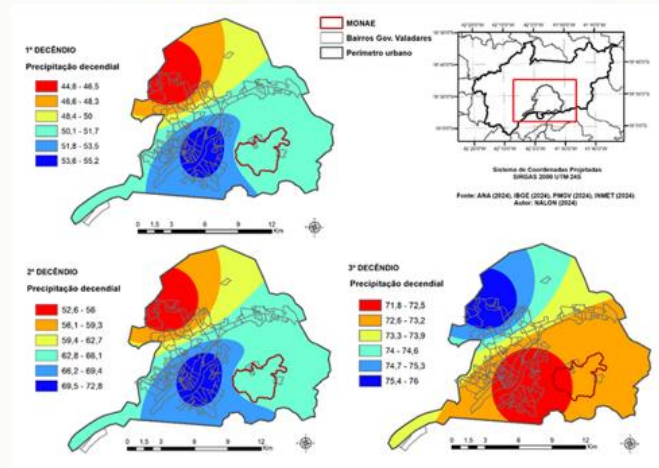
Em seguida, para a confecção dos mapas, foi utilizado o interpolador IDW (inverso do quadrado da distância), gerando mapas decendiais de precipitação e de temperatura, no *software* ArcGIS 10.5.

Estação Chuvosa (outubro a março)

Durante a estação chuvosa, os decêndios com maiores índices de precipitação no MONAE são: 3º decêndio de novembro, com precipitação entre **72,6 mm** e **73,2 mm** (FIG.2) e o 1º decêndio de dezembro, com registros de **73,6 mm** a **74,1 mm** (FIG.3), sendo os períodos mais chuvosos do ano.

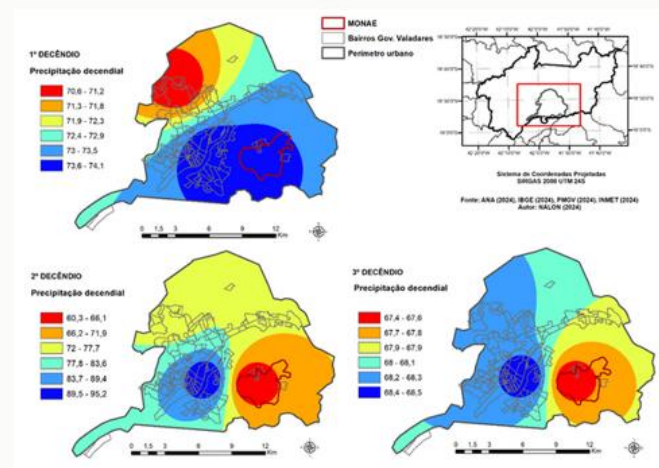
No que diz respeito às temperaturas, os decêndios mais quentes incluem os três de janeiro (FIG.4), fevereiro (FIG.5) e o 1º de março (FIG.6), com temperaturas máximas de **21°C** a **22,4°C**. Já os menores valores ocorrem no 1º decêndio de outubro (FIG.7) e no 3º de novembro (FIG. 8), variando entre **19,7°C** e **20,7°C**.

Figura 2 - Média decenal de precipitação do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de novembro



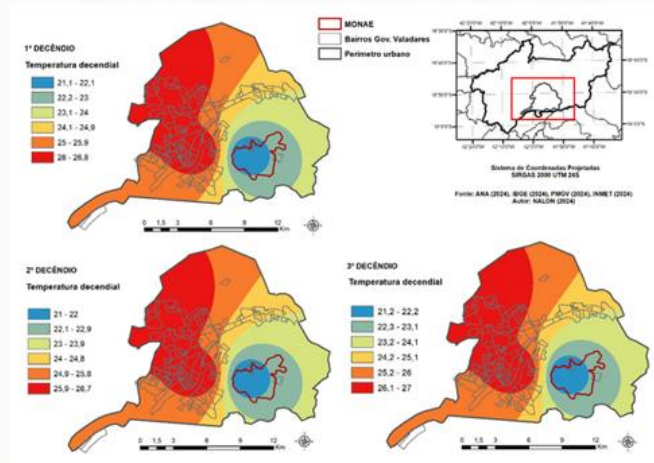
Fonte: INMET, ANA, CHIRPS, 2024.

Figura 3 - Média decenal de precipitação do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de dezembro.



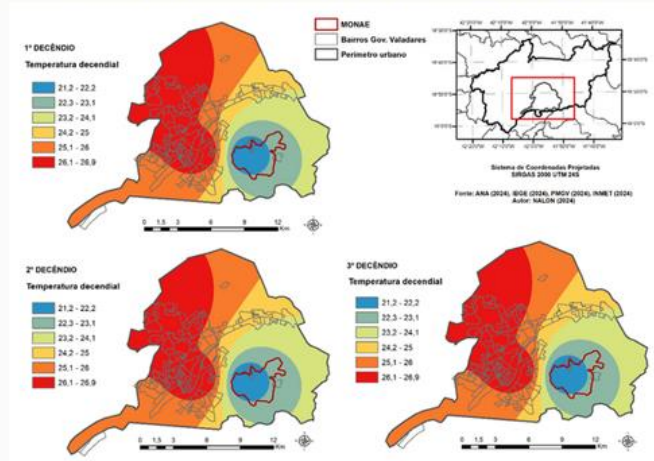
Fonte: INMET, ANA, CHIRPS, 2024.

Figura 4 - Média decenal de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de janeiro.



Fonte: INMET, ANA, CHIRPS, 2024.

Figura 5 - Média decenal de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de fevereiro.



Fonte: INMET, ANA, CHIRPS, 2024.

Figura 6 - Média decenal de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de março.

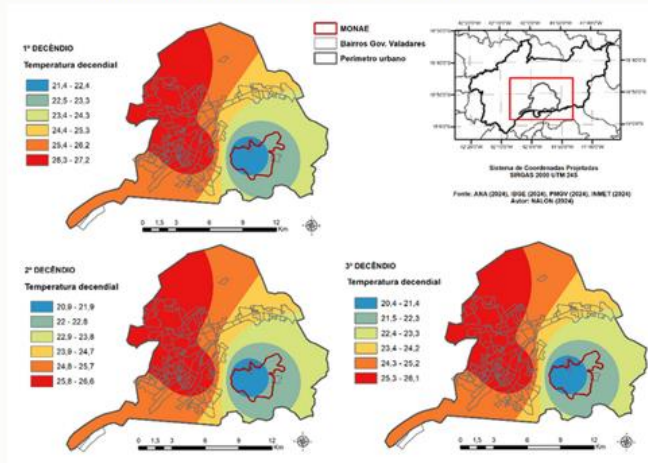


Figura 7 - Média decenal de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de outubro.

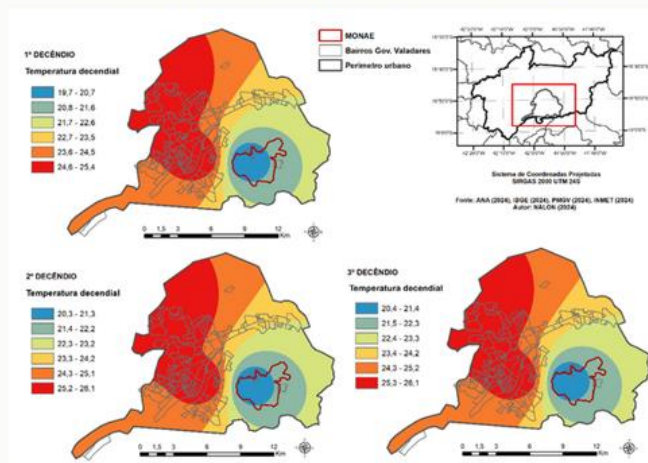
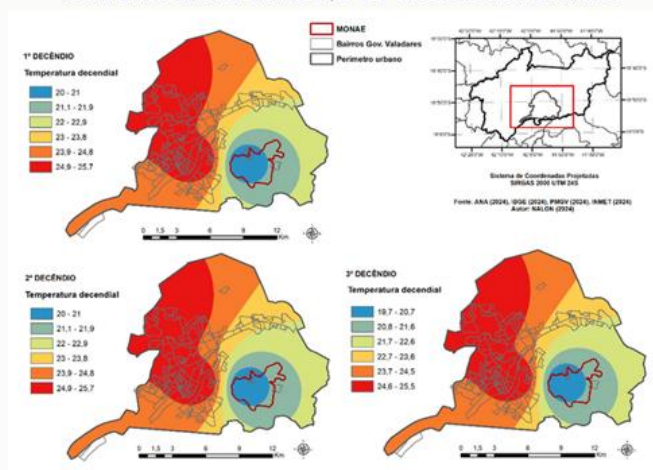


Figura 8 - Média decendial de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de novembro.



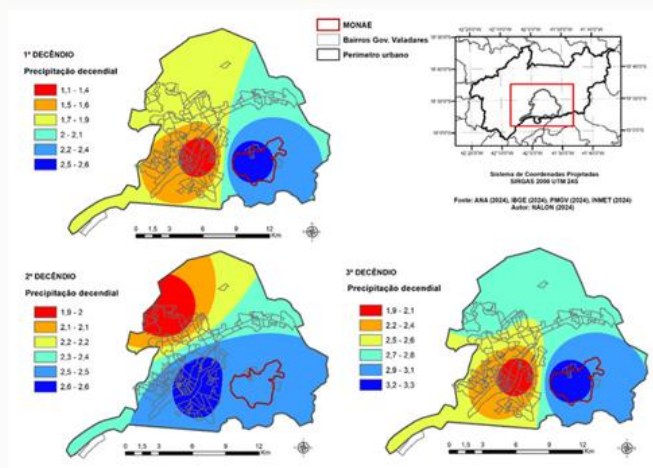
Fonte: INMET, ANA, CHIRPS, 2024.

Estação Seca (abril a setembro)

Na estação seca, os decêndios com os menores índices de precipitação são: o 1º e o 2º decêndios de julho, com precipitação entre **2,5 mm** e **2,6 mm** (FIG.9), e o 1º decêndio de agosto, com registros dos menores índices, de **2,1 mm** a **2,3 mm** (FIG.10).

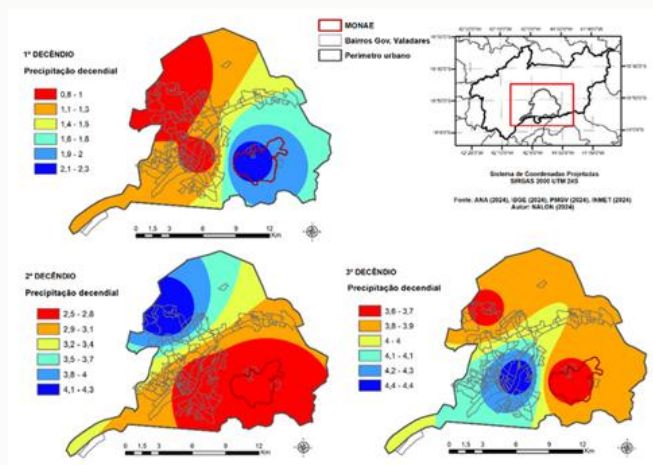
Nesse período, as menores temperaturas do ano são observadas nos três decêndios de julho, com médias entre **15,2°C** e **16,8°C** (FIG.11). Já o mais quente durante a estação seca é o 1º decêndio de abril, com temperaturas variando entre **20,3°C** e **21,3°C** (FIG.12).

FIGURA 9 - Média decenal de precipitação do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de julho.



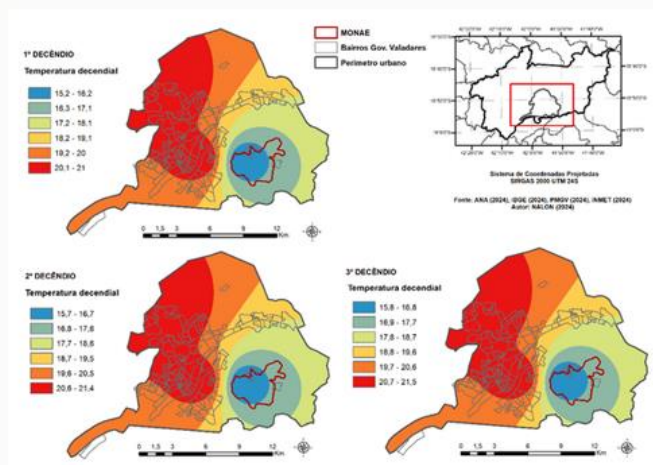
Fonte: INMET, ANA, CHIRPS, 2024.

FIGURA 10 - Média decenal de precipitação do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de agosto.



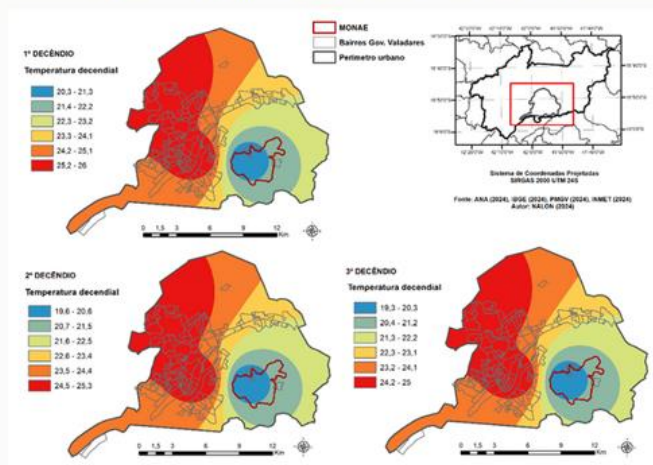
Fonte: INMET, ANA, CHIRPS, 2024.

FIGURA 11 - Média decenal de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de julho.



Fonte: INMET, CHIRPS, 2024.

FIGURA 12 - Média decenal de temperatura do perímetro urbano de Governador Valadares e do MONAE Pico da Ibituruna do 1º, 2º e 3º decêndios de abril.



Fonte: INMET, CHIRPS, 2024.

A **Tabela 2** apresenta, de forma sintetizada, as médias de precipitação e temperatura dos meses com maiores índices de chuva na estação chuvosa e de menores índices na estação seca, assim como as temperaturas mais elevadas e mais baixas em cada período. Esses dados permitem identificar padrões sazonais e compreender melhor a dinâmica climática do MONAE.

Tabela 2 – Análise da média de precipitações e temperaturas do MONAE (2005 a 2022).

Parâmetro	Estação Chuvosa	Estação Seca
	Decêndios mais chuvosos	Decêndios mais secos
Precipitação	3º novembro: 72,6mm a 73,2mm	1º e 2º de julho: 2,5mm a 2,6mm
	1º dezembro: 73,6mm a 74,1mm	1º agosto: 2,1mm a 2,3mm
	Decêndios com menores temperaturas	
Temperatura	1º outubro e 3º Novembro: 19,7°C a 20,7°C	1º, 2º e 3º de julho: 15,2°C a 16,8°C
	Decêndios com maiores temperaturas	
	1º, 2º, 3º janeiro, 1º, 2º, 3º fevereiro, 1º Março: 21 a 22,4°C	1º abril: 20,3°C a 21,3°C

Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

CUIDADOS EM DIFERENTES PERÍODOS CLIMÁTICOS

O MONAE Pico da Ibituruna é uma unidade de conservação que apresenta desafios específicos para visitantes devido às características de seu clima e relevo. Confira as dicas para garantir segurança e aproveitar ao máximo sua visita, tanto nos períodos chuvosos quanto nos secos.

Durante o Período Chuvoso

- **Evite áreas de risco:** chuvas intensas podem causar erosões, deslizamentos e aumento do volume dos cursos d'água. Mantenha-se em trilhas sinalizadas.
- **Atenção ao clima:** sempre consulte a previsão antes da visita. Evite caminhadas longas se houver possibilidade de tempestades.
- **Cuidados com a pista:** as estradas de acesso podem ficar escorregadias. Reduza a velocidade e esteja atento às condições do terreno.
- **Proteção contra a chuva:** leve capas de chuva e proteja eletrônicos e equipamentos fotográficos em embalagens à prova d'água.
- **Evite descargas elétricas:** em caso de tempestade, não permaneça em locais abertos ou pontos elevados, como os mirantes.



Durante o Período Seco

- **Hidratação é essencial:** o clima pode ser quente e seco, especialmente, em altitudes mais elevadas. Leve bastante água.
- **Risco de Incêndios:** esteja atento a possíveis focos de queimadas e evite o uso de fogo em áreas naturais.
- **Proteja-se do sol:** use chapéu, óculos escuros e protetor solar, para evitar queimaduras. Prefira horários mais frescos para trilhas, como o início da manhã ou o final da tarde.
- **Cuidado com animais silvestres:** a vegetação seca pode facilitar avistamentos de fauna local. Respeite os animais e mantenha distância.



Dicas gerais para qualquer estação

- **Prepare-se adequadamente:** use calçados antiderrapantes, roupas confortáveis e mochila leve.
- **Leve um kit de primeiros socorros:** inclua itens básicos, como curativos, antissépticos e medicamentos pessoais.
- **Descarte de lixo:** leve todo o lixo gerado de volta para áreas urbanas, respeitando o princípio do mínimo impacto.
- **Informe-se sobre regulamentos:** consulte o órgão gestor da unidade de conservação sobre regras específicas para a visita.

Com planejamento e respeito ao ambiente natural, a experiência no Pico da Ibituruna será segura e memorável em qualquer época do ano.



CONCLUSÃO

O Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna é um espaço de rara beleza e importância ambiental, oferecendo experiências únicas de contato com a natureza. No entanto, sua preservação e o desfrute seguro dependem de um entendimento profundo das características climáticas locais e do compromisso de cada visitante em adotar práticas responsáveis.

Compreender os desafios e cuidados necessários durante os períodos chuvosos e secos é essencial para planejar visitas conscientes e garantir tanto a segurança individual quanto a proteção dos ecossistemas. Respeitar os regulamentos da unidade de conservação, estar atento às condições climáticas e seguir as orientações deste guia são passos fundamentais para uma experiência enriquecedora e sustentável.

Ao apreciar a biodiversidade, as vistas espetaculares e os encantos do Pico da Ibituruna, cada visitante contribui para a valorização desse patrimônio natural e para a promoção de um turismo sustentável. Que sua visita seja repleta de aprendizado, contemplação e respeito à natureza!



REFERÊNCIAS

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Tradução de M.J. Z. Santos. 16. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 332 p.

BRASIL. Lei nº 9.985/00. **Regulamenta o art. 225, § 1º, Incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**. Brasília. 2000.

CHIRPS. **Climate Hazards Infrared Precipitation with Stations**. 2024. Disponível em: <https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>. Acesso em 20 jun 2024.

CUPOLILLO, F. **Diagnóstico Hidroclimatológico da Baía do Rio Doce**. 1ª. ed. Saarbrücken - Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015. v. 1. 224p.

DIAS, E.A.O.; CUNHA, D.M.; NALON, R.A.; ABREU, F.G. **Incêndios florestais na região do Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna, Governador Valadares – MG, no período de 2013 a 2021**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL NATAL, XIV, 2023, Natal/RN, IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, p. 1-9.

IEF - INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - MG. **Plano de Manejo do Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna**, 2022.

MINAS GERAIS. Constituição (1989). **Constituição do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. 1989.

MINAS GERAIS. Lei nº 21.158/14, de 17 de janeiro de 2014. **Estabelece os limites do Monumento Natural Estadual Pico do Ibituruna, no município de Governador Valadares, e dá outras providências**. Belo Horizonte.2014.

VIANELLO, R. L.; ADIL, R. A. **Meteorologia básica e aplicações**. 2ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012. p. 460.



"Todas as fotos utilizadas na produção deste material fazem parte do acervo do Instituto Estadual de Florestas (IEF) e possuem autorização para sua publicação."



ANEXO



ANEXO VIII - MODELO DE CARTA DE INTENÇÃO DE PARCERIA

Pelo presente Termo de Parceria, o Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais, situado no endereço Rodovia João Paulo II, 4143, Serra Verde, na cidade Belo Horizonte CEP 31630-900, CNPJ nº 18746164/0001-28, declara colaborar na execução do Projeto do discente Rosane Nalon de Andrade, concorrente a uma vaga no “Curso de Pós-graduação Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental”, do *Campus* Bambuí, em Bambuí (MG).

Nome do Projeto apresentado no Processo Seletivo do MPSTA 2022

DIAGNÓSTICO CLIMATOLÓGICO DO MONUMENTO NATURAL ESTADUAL PICO DA IBITURUNA

Cidade na qual será realizada a execução do Projeto

Governador Valadares/MG

Atividade(s) na empresa/órgão

Servidora pública – Atua como gerente do Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna.

Suporte da empresa/órgão na execução do Pré-projeto (marque as opções):

- infraestrutura disponível.
- quadro de funcionários.
- recursos financeiros.
- outros suportes (descrever): Acesso ao acervo técnico do IEF-MG.

Contrapartida do discente para a empresa/órgão referente ao desenvolvimento do Projeto:

- 1- Disponibilização dos dados obtidos no desenvolvimento da pesquisa.
- 2- Disponibilização dos gráficos de balanço hídricos e mapas de pluviosidade e temperatura.
- 3- Disponibilização de informações que possam contribuir para o conhecimento do clima da unidade de conservação gerida pelo órgão parceiro.

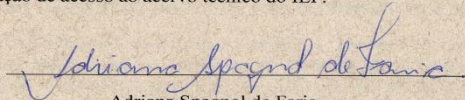
Em: 01/07/2022

Nome e assinatura do candidato

Eu, Adriana Spagnol de Faria, representante do Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais, CNPJ 18746164/0001-28 declaro haver interesse desta empresa em contribuir com o desenvolvimento do Projeto do discente Rosane Nalon de Andrade. Sendo assim, fica firmado o compromisso da empresa nos seguintes pontos:

- 1- Disponibilização de infraestrutura que o órgão possui.
- 2- Apoio na interlocução com outros órgãos, caso seja necessário.
- 3- Disponibilização de acesso ao acervo técnico do IEF.

Em: 01/07/2022.



Adriana Spagnol de Faria
Supervisora da URFBio Rio Doce – IEF
MASP 1303455