



**UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PRPPG**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS**  
**MESTRADO ACADÊMICO EM GEOGRAFIA – MAG**

**JUCIER RICARTE SARAIVA**

**O ESTUDO DO CLIMA URBANO DE PEQUENAS CIDADES DO SEMIÁRIDO  
BRASILEIRO: O CASO DE CAJAZEIRAS - PB**

**SOBRAL/CE**

**2023**

JUCIER RICARTE SARAIVA

**O ESTUDO DO CLIMA URBANO DE PEQUENAS CIDADES DO SEMIÁRIDO  
BRASILEIRO: O CASO DE CAJAZEIRAS - PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Geografia, da Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Geografia.

**Área de Concentração:** Organização, Produção e Gestão do Território no Semiárido.

**Linha de Pesquisa:** Análise ambiental e estudos integrados da natureza

ORIENTADOR (A): **Profa. Dra. Isorlanda Caracristi.**

**SOBRAL/CE**

**2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Estadual Vale do Acaraú

Sistema de Bibliotecas

Saraiva, Jucier Ricarte

O ESTUDO DO CLIMA URBANO DE PEQUENAS CIDADES DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: O CASO DE CAJAZEIRAS - PB / Jucier Ricarte Saraiva. -- Sobral, 2023.

171 f. il. color.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Isorlanda Caracristi.

Dissertação - Universidade Estadual Vale do Acaraú,  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PROP GEO/UVA,  
Centro de Ciências Humanas

1. Clima Urbano. 2. Pequena Cidade. 3. Semiárido. I. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PRPPG  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS  
MESTRADO ACADÊMICO EM GEOGRAFIA – MAG

### **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Título da dissertação:** O ESTUDO DO CLIMA URBANO DE PEQUENAS CIDADES DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: O CASO DE CAJAZEIRAS – PB

**Data da defesa:** 27 de março de 2023

**Autor:** Jucier Ricarte Saraiva

**Orientador (a):** Profa. Dra. Isorlanda Caracristi.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Geografia, da Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Geografia. Área de Concentração: Organização, Produção e Gestão do Território no Semiárido. Linha de Pesquisa: Análise ambiental e estudos integrados da natureza

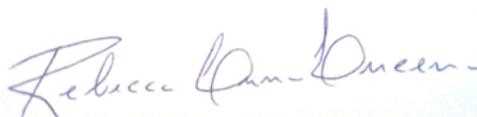
Dissertação apresentada em: 27/03/2023

Banca Examinadora



---

**Profa. Dra. Isorlanda Caracristi**  
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)  
Orientadora



---

**Profa. Dra. Rebecca Luna Lucena**  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)  
Avaliador(a) externo



---

**Prof. Dr. Jander Barbosa Monteiro**  
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)  
Avaliador(a) interno

**SOBRAL/CE**

**2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a DEUS, por ter me guiado, capacitado e dado força até o presente momento, por sempre está constantemente me motivando com aprovações e obstáculos.

À professora Isorlanda Caracristi, por ter tido me acolhido e proposto o desafio da pesquisa em Climatologia Geográfica e pela orientação dada no sentido de superar tal desafio, bem como pelas orientações e ter valorizado minhas valências e corrigidos as deficiências.

Ao professor Henaldo Gomes que sempre esteve me apoiando e incentivando a fazer o mestrado e mostrando as minhas capacidades para ir além da graduação.

Ao meu pai Jose Saraiva Pereira que não está vivo, mas com certeza está orgulhoso e seria o maior apoiador e a minha mãe Maria Ricarte da Conceição me incentivou a fazer o mestrado do MAG - UVA, agradeço a eles pelo esforço ao me criaram, e dentro de suas possibilidades, deram tudo de si para que assim eu realizasse meus sonhos e alcançasse meus objetivos.

Quero agradecer a UVA - Universidade Estadual Vale do Acaraú – Sobral por me proporcionar a realização de um sonho e me capacitando para ser cada vez mais um profissional melhor, agradeço ainda a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento (FUNCAP).

Quero agradecer aos meus colegas de orientação Jamila e Carol, todos os amigos da turma 2021 do Mestrado Acadêmico em Geografia, pelos momentos vividos, pela partilha de saberes, pelas horas de lazer, pelo apoio, pelas conversas, pelas sugestões e críticas construtivas.

Agradeço ao professor Jander e a professora Rebeca pela disponibilidade de se fazer presente durante as qualificações, como também na defesa de dissertação.

## RESUMO

Desde o surgimento até o desenvolvimento de técnicas e, conseqüentemente, a transcorreção do processo de industrialização, ocasionou uma intensificação do aparecimento da urbanização em toda a superfície terrestre. Isso repercutiu na mudança climática desde a escala local até a global, suscitando inquietações na comunidade científica e na sociedade sobre o futuro climático do mundo. Esse cenário propiciou o surgimento de fóruns e eventos em busca de acordos intragovernamentais para a redução dos níveis de poluição e manipulação do meio ambiente. O presente estudo tem por objetivo analisar a contribuição do clima urbano em cidades pequenas do semiárido brasileiro, por meio da exploração acerca do microclima local, uso e ocupação do solo na cidade de Cajazeiras-PB. A pesquisa baseada na aplicação da teoria do Sistema de Clima Urbano criada por Monteiro (1976) e foi realizada em cinco etapas, a saber: etapa 1 - Busca de literatura sobre a cidade e bibliografia referente ao tema; etapa 2 - Reconhecimento da área de estudo, demarcação e escolha dos pontos de coleta de dados, assim como a instalação dos suportes (PVCs) e dos aparelhos coletores de dados; etapa 3 - Coleta de dados; etapa 4 - Análise comparativa dos dados do INMET em conjunto com os modelos Termohigrômetro datalogger Icel HT-4010, instalado ao longo da cidade de Cajazeiras-PB; etapa - Construção e decoração de gráficos. A pesquisa observou variações comportamentais nos registros de dados, onde as áreas com características similares apresentaram divergências. Por fim o trabalho proporcionou verificar a existência de quatro microclimas locais, bem como o alcance do objetivo delimitado.

**Palavras-Chaves:** Clima Urbano, Pequena Cidade, Semiárido.

## ABSTRACT

From the emergence to the development of techniques and, consequently, the industrialization process, there has been an intensification of the emergence of urbanization throughout the Earth's surface. This has had repercussions on climate change from the local to the global scale, raising concerns in the scientific community and in society about the future of the world's climate. This scenario has led to the emergence of forums and events in search of intra-governmental agreements to reduce pollution levels and manipulate the environment. The aim of this study is to analyze the contribution of the urban climate in small cities in the Brazilian semi-arid region, by exploring the local microclimate, land use and occupation in the city of Cajazeiras-PB. The research was based on the application of the Urban Climate System theory created by Monteiro (1976) and was carried out in five stages: stage 1 - Search for literature on the city and bibliography on the subject; stage 2 - Recognition of the study area, demarcation and choice of data collection points, as well as the installation of supports (PVCs) and data collection devices; stage 3 - Data collection; stage 4 - Comparative analysis of INMET data in conjunction with the Icel HT-4010 Thermohygrometer datalogger models, installed throughout the city of Cajazeiras-PB; stage - Construction and decoration of graphs. The research observed behavioral variations in the data records, where areas with similar characteristics differed. Finally, the work enabled the existence of four local microclimates to be verified, as well as the achievement of the defined objective.

**Key-words:** Urban Climate, Small Town, Semi-arid.

**RESUMEN**

Desde la aparición hasta el desarrollo de las técnicas y, en consecuencia, la aceleración del proceso de industrialización, se ha intensificado la aparición de la urbanización en toda la superficie terrestre. Esto ha repercutido en el cambio climático a escala local y global, suscitando preocupación en la comunidad científica y en la sociedad sobre el futuro del clima mundial. Este escenario ha provocado la aparición de foros y eventos en busca de acuerdos intragubernamentales para reducir los niveles de contaminación y manipular el medio ambiente. El objetivo de este estudio es analizar la contribución del clima urbano en pequeñas ciudades de la región semiárida brasileña, explorando el microclima local y el uso y ocupación del suelo en la ciudad de Cajazeiras-PB. La investigación se basó en la aplicación de la teoría del Sistema Climático Urbano creada por Monteiro (1976) y se realizó en cinco etapas: Etapa 1 - Búsqueda de literatura sobre la ciudad y bibliografía sobre el tema; Etapa 2 - Reconocimiento del área de estudio, demarcación y elección de los puntos de recolección de datos, así como la instalación de soportes (PVCs) y dispositivos de recolección de datos; Etapa 3 - Recolección de datos; Etapa 4 - Análisis comparativo de los datos del INMET en conjunto con los modelos de datalogger Termohigrómetro Icel HT-4010, instalados en toda la ciudad de Cajazeiras-PB; Etapa 5 - Construcción y decoración de gráficos. La investigación observó variaciones de comportamiento en los registros de datos, donde áreas con características similares diferían. Finalmente, el trabajo permitió verificar la existencia de cuatro microclimas locales, así como alcanzar el objetivo definido.

**Palabras clave:** Clima Urbano, Ciudad Pequeña, Semiárido.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Localização geográfica de Cajazeiras no Estado da Paraíba	16
<b>Figura 2</b>	Zona central de Cajazeiras de 2021	17
<b>Figura 3</b>	Zona central de Cajazeiras de 1929	17
<b>Figura 4</b>	Circunvizinhança rural	18
<b>Figura 5</b>	Parede do Açude Grande no período de construção entre (1913-1917)	19
<b>Figura 6</b>	Mapa de localização dos pontos de coletas de dados em Cajazeiras – PB	37
<b>Figura 7</b>	Perfil altimétrico em 3D	39
<b>Figura 8</b>	Mapa exploratório-reconhecimento de solos do município de Cajazeiras-PB	41
<b>Figura 9</b>	Mapa hidrográfico de Cajazeiras – PB	43
<b>Figura 10</b>	Mapa geomorfológico de Cajazeiras – PB	44
<b>Figura 11</b>	Mapa geológico da cidade de Cajazeiras - PB	45
<b>Figura 12</b>	Mapa de uso e ocupação do município de Cajazeiras-PB	49
<b>Figura 13</b>	Região de Influência das Cidades – 2007	51
<b>Figura 14</b>	Esquematização da Célula de Walker sobre a Bacia do Pacífico Tropical	67
<b>Figura 15</b>	Esquematização da circulação atmosférica de grande escala no sentido zonal (Célula de Walker) modificada em associação ao episódio El Niño sobre o Oceano Pacífico	67
<b>Figura 16</b>	(a) Diagrama Esquemático da Circulação de Hadley-Walker sobre a América do Sul tropical e o setor do Atlântico Sul Tropical	68
	(b) diagrama esquemático da Célula de Hadley	68
<b>Figura 17</b>	Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)	69

<b>Figura 18</b>	Eixo de confluência (circundado em vermelho) dos ventos alísios de sudeste com os de nordeste – ZCIT	70
<b>Figura 19</b>	Zona de Convergência Intertropical-ZCIT mostrada através das imagens do satélite METEOSAT-7, recepcionadas pela estação de recepção de dados de satélite da FUNCEME	70
<b>Figura 20</b>	“A”: Dipolo do Atlântico positivo (Não Favorável a Chuvas no Nordeste)	71
<b>Figura 21</b>	“B”: Dipolo do Atlântico Negativo (Favorável a Chuvas no Nordeste)	71
<b>Figura 22</b>	Zona de Convergência Intertropical	72
<b>Figura 23</b>	Oceano Atlântico Sul mais Frio	73
<b>Figura 24</b>	Oceano Atlântico Sul aquecido mais que o normal	73
<b>Figura 25</b>	Localização do Planalto da Borborema no Nordeste	74
<b>Figura 26</b>	Representação do Planalto da Borborema e Chuvas Orográficas	75
<b>Figura 27</b>	Chuva Orográfica	77
<b>Figura 28</b>	Cavado do Nordeste ocasionando Mudança	77
<b>Figura 29</b>	Cavado do Nordeste ocasionando na Circulação Atmosférica	77
<b>Figura 30</b>	Imagens do Satélite Meteosat-7- canal infravermelho: a) dia 21/01/96 às 21:00h local, e b) dia 24/04/97 às 08:00h local	78
<b>Figura 31</b>	VCANS de nível regional sobre o Nordeste	81
<b>Figura 32</b>	Linhas de Instabilidade (LI) na imagem de satélite GOES	84
<b>Figura 33</b>	Seção vertical esquemática de um sistema de Linha de Instabilidade tropical	86
<b>Figura 34</b>	Diagrama esquemático de interação entre grande escala e escala convectiva	87
<b>Figura 35</b>	Ciclo de vida de MCCs sobre latitudes médias da América do Sul para as estações quentes	88

<b>Figura 36</b>	Localizações dos centros dos CCM conforme suas áreas de extensão máxima	89
<b>Figura 37</b>	Anomalia de TSM em dezembro de 2009	91
<b>Figura 38</b>	Comportamento da Célula de Circulação Zonal de Walker em condições de a) El Niño; b) La Niña	92

## LISTA DE QUADROS

- Quadro 1** Categorias taxonômicas de organização geográfica do clima e suas articulações com clima urbano 25
- Quadro 2** Comparativo das categorias taxonômicas de organização geográfica do clima e suas articulações com clima urbano – Monteiro (1976) e Ribeiro (1993) 27
- Quadro 3** Tipos e subtipos de continentalidade no intervalo de Ic 34
- Quadro 4** População Total, Rural/Urba e Taxa de Urbanização - Cajazeiras – PB 52

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b>	Insolação mensal de cajazeiras-PB	47
<b>Gráfico 2</b>	Temperatura média compensada, anual (°C)	95
<b>Gráfico 3</b>	Temperatura máxima média, anual (°C)	96
<b>Gráfico 4</b>	Temperatura mínima média, anual/mensal (°C)	97
<b>Gráfico 5</b>	Registros dos parâmetros segundo o INMET (2000 à 2021)	98
<b>Gráfico 6</b>	Temperaturas médias °C	99
<b>Gráfico 7</b>	Temperaturas mínimas °C	100
<b>Gráfico 8</b>	Temperaturas máximas °C	101
<b>Gráfico 9</b>	Médias da umidade relativa do ar	102
<b>Gráfico 10</b>	Máxima temperatura por mês em cada PDC.	103

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>20</b>
2.1 CONCEITUAÇÃO SOBRE CIDADES MÉDIAS E PEQUENAS .....	20
2.2 O CLIMA: CONCEITOS E ESCALA DE ANÁLISES .....	23
2.2.1 Microclimas.....	28
2.2.2 Clima urbano .....	29
2.2.3 O Sistema Clima Urbano e seus canais de percepção.....	31
2.2.4 Efeitos da continentalidade.....	33
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>34</b>
3.1 SISTEMAS DE CLIMA URBANO (S.C.U.) .....	35
3.2 SUBSISTEMA TERMODINÂMICO .....	35
3.3 DETALHAMENTO METODOLÓGICO .....	36
3.3.1 Revisão de literatura.....	36
3.3.2 Instalação e coleta de dados de superfície (termohigrômetros) .....	36
3.3.3 Procedimentos para a análise dos dados primários e dados produzidos por estações meteorológicas .....	38
3.3.4 Produtos cartográficos.....	39
<b>4. CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE CAJAZEIRAS-PB</b> .....	<b>39</b>
4.1 ELEMENTOS GEOECOLÓGICOS .....	39
4.2 ELEMENTOS GEOURBANOS.....	48
<b>5. OS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES NO NORDESTE, NA PARAÍBA E NA CIDADE DE CAJAZEIRAS-PB</b> .....	<b>53</b>
5.1 A PARTICIPAÇÃO DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS NAS PRECIPITAÇÕES NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL (NEB) .....	54
5.1.1 Insumos do sistema.....	54
5.1.2 Operadores do sistema (a atmosfera) .....	55
5.1.3 Sistemas de circulação das perturbações .....	57
5.1.4 A atuação da Zona de convergência intertropical .....	68
5.1.5 Os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL).....	78
5.1.6 Os VCANS e a atuação sobre o NEB .....	80
5.1.7 As linhas de instabilidades.....	82
5.1.8 Os Complexos Convectivos de Mesoescala – CCM´S .....	87
5.1.9 As teleconexões - El niño e La niña.....	90
<b>6. OS PRODUTOS DO CANAL TERMODINÂMICO DO S.C.U. DE CAJAZEIRAS-PB: EXPRESSÃO LOCAL DAS INTER-RELAÇÕES DE USO E OCUPAÇÃO E PARÂMETROS CLIMÁTICOS DE UMA CIDADE PEQUENA.</b> .....	<b>94</b>
6.1 ANÁLISE INTERANUAL DO CAMPO TÉRMICO.....	94

6.2	ANÁLISES ANUAIS DO CAMPO TÉRMICO.....	97
6.3	O CAMPO TÉRMICO NA CIDADE DE CAJAZEIRAS-PB.....	106
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>108</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>112</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>128</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de industrialização, impulsionado, primeiramente, pela Inglaterra no século XVIII, perpetuou-se por meio da globalização econômica capitalista que ocorreu em meados do século XX, após os países que compõem a África, América do Sul e Central, quase a totalidade da Ásia e Oceania (países subdesenvolvidos e emergentes) terem se inserido numa economia industrial, a denominada industrialização tardia. O fenômeno global da urbanização resulta desse processo de industrialização, porém, nos países subdesenvolvidos/emergentes, a urbanização se deu em curto espaço de tempo, de forma acelerada e desordenada, resultante do êxodo rural.

Essa industrialização e consequente urbanização, originada e perpetuada mundialmente, tinha como base produtiva a exploração predatória dos recursos naturais e da mão de obra trabalhadora, principalmente, nos países fora do eixo econômico europeu e norte-americano.

Esse modelo econômico e produtivo hegemônico promoveu, em várias escalas, graves problemas ambientais e sociais, que resultaram na atual crise climática, o aquecimento global e seus reflexos regionais e locais. Esse cenário de degradação ambiental e poluição atmosférica levou cientistas, ativistas e organizações em âmbito internacional a se preocuparem e se organizarem em prol da mitigação dos impactos socioambientais e econômicos decorrentes desse modelo depredador de produção e acumulação de capital.

Tais inquietações fizeram acontecer eventos na busca de acordos climáticos, assim, destacam-se os seguintes: Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (ou Conferência de Estocolmo) em 1972, Conferência de Nairóbi em 1982, Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD, também conhecida como ECO 92, Rio 92 ou Cúpula da Terra) no ano de 1992, Conferência das Partes denominada de COP que se iniciou em 1995 e atualmente se encontra na 26<sup>o</sup> edição, sendo realizado anualmente em diversas cidades pelo planeta Terra (ALMEIDA, 2017).

No contexto nacional, foram desenvolvidas pesquisas com ênfase nos processos de desertificação e no clima urbano das grandes metrópoles, promovidas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA),

Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e pelos Departamentos de Geografia e de Agronomia das instituições públicas de ensino superior.

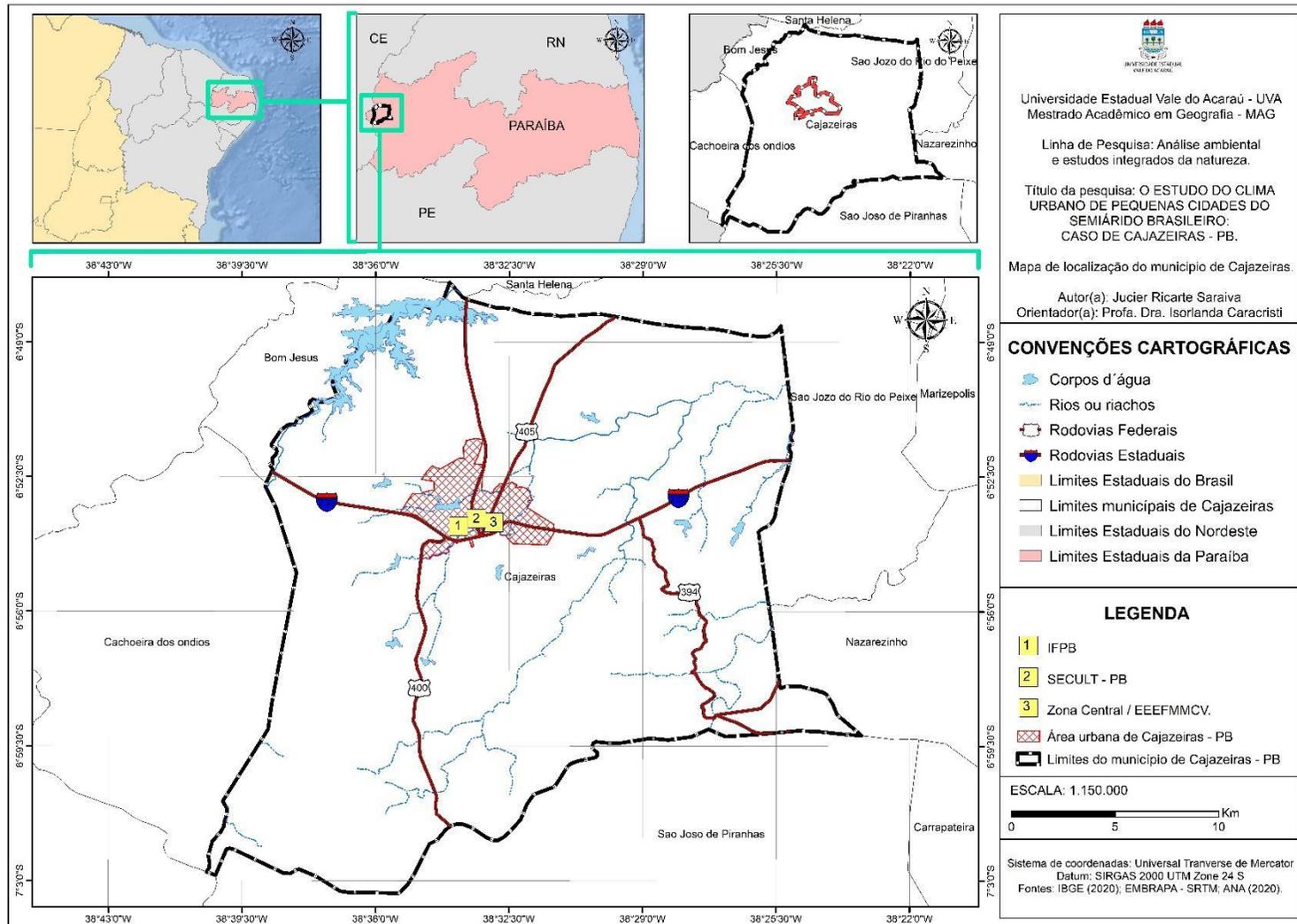
Na perspectiva geográfica, os estudos climáticos tiveram forte avanço a partir da década de 80 com a redemocratização do país, e centraram-se prioritariamente no clima das grandes cidades, enfocando os fenômenos das ilhas de calor, inversão térmica, poluição atmosférica e eventos extremos relacionados às inundações e às secas.

Antecipando seu tempo, na década 1970, o geógrafo Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, então professor da Universidade de São Paulo (USP), desenvolve a proposição teórico-metodológica da Análise Rítmica em Climatologia (1971) e do Sistema Climático Urbano S.C.U. (1976) que permite estudos climáticos em escalas temporais e espaciais associadas ao espaço geográfico e seus elementos sociais e naturais. A proposição do S.C.U. de Monteiro, possibilitara pesquisas climáticas urbanas para além das grandes cidades, podendo-se aplicar em pequenos e médios centros urbanos, considerando as características específicas de seus elementos geourbanos (elementos/relações/organizações socioespaciais) e geoecológicos (elementos naturais/ambientais).

No entanto, somente com a ampliação e interiorização dos cursos de pós-graduação em Geografia, a partir dos anos 2000, é que os estudos geográficos de clima urbano se voltam para as pequenas e médias cidades do Brasil, incluindo aquelas inseridas na região semiárida do Nordeste (MUNIZ, BRITO e CARACRISTI, 2021).

A cidade de Cajazeiras, situada no interior semiárido da Paraíba (Figura 1), apesar de ser um importante centro urbano do sertão paraibano, tem na presente pesquisa seu primeiro estudo climático, o que exemplifica o fato acima referido.

Figura 1: Localização geográfica de Cajazeiras no Estado da Paraíba.



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados do IBGE, 2015.

Durante o período de graduação surgiram indagações sobre o estudo do clima urbano, porém, a partir dos estudos acerca da cidade de Cajazeiras-PB, notou-se que não havia exploração em relação ao assunto, sendo assim, a pesquisa se inicia no programa de Mestrado Acadêmico em Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú (MAG/UVA), onde durante a leitura e buscas por bibliografias da temática e durante o estágio de reconhecimento de pontos estratégicos, foram observados aspectos geourbanos na cidade estudada neste trabalho, dentre os quais se destacam os seguintes: a questão da ausência de arborização (principalmente no centro da cidade) ou insuficiente, fluxo de veículos e pessoas (principalmente oriundos de outras cidades ao entorno e de outros estados), a fator da depressão sertaneja e as queimadas que são constantes na cidade.

Cajazeiras, por se inserir na classificação de cidade pequena (IBGE, 2010), não passou ilesa perante as transformações espaciais/ambientais provocadas pelo uso e ocupação do solo em que as ações de conservação e preservação dos sistemas naturais/ambientais foram negligenciadas. Problemas ambientais que tornam mais severas à semiaridez assolam os centros urbanos de Cajazeiras e suas áreas circunvizinhas, dentre esses é possível mencionar: desmatamento indiscriminado, impermeabilização do solo, degradação dos sistemas hídricos, loteamento de terras sem plano de conservação, inexistência de ações de arborização, de planejamento socioambientais sustentáveis e de preocupação com os impactos da expansão urbana desordenada.

**Figura 2 e 3:** Zona central de Cajazeiras de 2021 e 1929



**Fonte:** <http://cajazeiras.weebly.com/histoacuteria.html>

Pelo exposto acima, torna-se de extrema importância promover estudos climáticos em escala local e microclimática voltados à análise dos parâmetros que mais atingem a qualidade de vida da população em pequenas cidades semiáridas como Cajazeiras, isto é, a temperatura e a umidade relativa do ar, que afetam diretamente o conforto térmico. Associando tal aspecto à ausência de análises climáticas envolvendo a área de estudo, reforça-se a justificativa científica e social da proposta da presente pesquisa.

Como exposto anteriormente, cabe indagar: quais os diferentes microclimas existentes na cidade de Cajazeiras (PB)? Na existência de diferentes microclimas urbanos, quais fatores são influenciadores para dada diferenciação?

Sendo Cajazeiras uma pequena cidade, onde o perímetro urbano se funde ao meio rural, os elementos geocológicos do entorno da cidade produzem alterações nos parâmetros climáticos das áreas de expansão urbana? Sendo Cajazeiras uma pequena cidade no interior do semiárido brasileiro distante do litoral, o efeito da continentalidade torna-se um determinante climático?

Em vista disso, o presente trabalho se propõe a contribuir com os estudos de clima de pequenas cidades do semiárido brasileiro, por meio da análise dos microclimas de Cajazeiras (PB), relacionando-os aos fatores climáticos locais e ao uso e ocupação do espaço urbano e da circunvizinhança rural.

**Figura 4:** circunvizinhança rural



**Fonte:** Silva, 2017.

Além disso, a presente pesquisa busca identificar e analisar os microclimas existentes e seus fatores determinantes por meio da produção de dados primários de temperatura e umidade relativa do ar de vários pontos representativos da diversidade ambiental e socioespacial urbana de Cajazeiras, visando identificar e analisar os microclimas existentes e seus fatores determinantes.

Por fim, este estudo busca, ainda, analisar a influência local climática do uso e ocupação e das características geoambientais (elementos geoecológicos) das áreas circunvizinhas ao perímetro urbano de Cajazeiras. Produzir dados e informações climáticas que possam subsidiar o planejamento e as ações do poder público municipal voltadas a otimizar a relação entre crescimento urbano e qualidade socioambiental num contexto de semiaridez.

**Figura 5:** Parede do Açude Grande no período de construção entre (1913-1917)



**Fonte:** José Adnailton Pereira de Souza, 2014.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 CONCEITUAÇÃO SOBRE CIDADES MÉDIAS E PEQUENAS**

Quando se fala no termo cidade, a primeira visão que se enxerga são os elementos humanos como edifícios, avenidas e estruturas básicas. No entanto, o conceito do termo cidade vai além disso.

Na compreensão de Assis (2006), a definição de cidade corresponde à área do território que abriga habitualmente a maior parte das transações financeiras, sociais e culturais onde concentra altos números populacionais.

O entendimento de Costa Trindade Amorim (2010) destaca que as cidades são a dinamicidade dos elementos humanos que são capazes de modificar em definitivo dado local.

Na concepção de Nascimento, Borges e Chagas (2017) as cidades constituem um espaço, onde esse deve ser entendido como um conjunto de característica social de múltiplos agentes que de acordo com suas ações, interesses políticos, econômico e social que moldam o território físico.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017, IBGE) uma cidade deve ser definida pelas suas ligações urbano-rurais, bem como pelos fluxos de bens, pessoas, recursos naturais, capital, trabalho, serviços, informação e tecnologia.

Dessa forma, ambos interpõem nas suas conceituações elementos intrínsecos. No entanto, os conceitos que mais se adequam ao trabalho são as definições de Nascimento, Borges e Chagas (2017) e a do IBGE (2017), pois, um destaca as especificidades oriundas das interligações citadas pelo outro.

Já quanto à classificação ao porte das cidades, existe uma variada gama destas. No que concerne a Silva (2013), as cidades brasileiras devem ser classificadas em: pequeno, médio e grande porte. Já Vasconcelos (2015) afirma que as cidades brasileiras devem ser classificadas em níveis, sendo esses: local, regional e nacional. No entanto, na compreensão de Bernardi (2006), a classificação destas deveria ser feita por escala, sendo essas: polo, metrópole nacional, megalópole e metrópole global.

Pelo conceito de cidade escolhido anteriormente, dentre as classificações acima mencionadas a que melhor define hoje o padrão das cidades é a de

Nascimento, Borges e Chagas (2017), por trabalho sobre a atuação dos múltiplos agentes.

Conceituar o termo cidade por si só já apresenta suas dificuldades e divergências, onde tem-se a imagem que as cidades são os elementos humanos, como edifícios, avenidas e estruturas básicas, no entanto, o conceito do termo cidade vai bem mais além.

Nesse sentido, percebe-se que conceituar a terminologia cidade é uma tarefa árdua, porém, nota-se um consenso entre ambos, onde para o surgimento desta se fazem necessários a existência de fluxo de bens e pessoas, número de pessoas maior na zona urbana em comparação com a zona urbana, cidade e serviços.

O conceito de cidade média e pequena, quando analisado o todo de um dado lugar, pode ser difícil aferir o porte da cidade em análise, pois, algumas localidades têm determinados atributos e importância local pela sua oferta de bens e serviços, sendo assim, é necessário entender o que seria cidade de porte pequeno e médio.

Dessa forma Oliveira (2006) caracteriza uma cidade de porte pequeno como detendo desempenho econômico quase inexistente, onde é predominante o emprego através do serviço público, ausência de influências sobre as cidades circunvizinhas, economia baseada em atividades rurais, e a fraca capacidade no oferecimento de serviços.

De acordo com Fernandes (2018) as cidades tidas com pequenas devem ser analisadas por abordagens quantitativas (internacionalmente uma cidade pequena tem no máximo 20 mil habitantes, porém no Brasil o IBGE define com até 100 mil habitantes) e qualitativas (pelas relações e influências e a formação socioespacial para com as cidades circunvizinhas da região), pois, podemos observar que na abordagem quantitativa são levantado e destacado apenas os números, ou seja, não irá mostrar os aspectos reais de uma cidade, já quanto à qualitativa é verificado todo um contexto ao qual a localidade se encontra, indo desde a influência em geral sobre as demais cidades que circundam e/ou outros elementos isolados, (podendo ser a oferta e qualidade da saúde, educação, emprego, lazer, consumo de produtos básicos, consumo de produtos de alto padrão, viagens aéreas, entre outros elementos).

Já quando se fala em cidades de porte médio, torna-se complexo definir o que seria ou quais atributos têm maior relevância para caracterizar, definir, demarcar, listar e conceituar tal denominação perante uma cidade.

Na compreensão de Brito, Carvalho et al (2014) destaca que muitos pesquisadores definem como critério para classificar as cidades em pequenas, médias e grandes portes apenas o critério quantitativo populacional, no entanto, ele destaca a busca de outros itens para poder se fazer uma conceituação e entendimento próximo da exatidão. Dessa forma, é frisado pelos autores em trabalhar com dados diversos como a demografia, a socioeconomia, o grau de urbanização, a centralidade, os níveis de hierarquia, a estrutura interna, a polaridade, dentre outros, isso por conta da desconcentração industrial que ocorreu no Brasil.

O entendimento de Bogniotti (2018, p. 30) “A caracterização da cidade média sim, esta atendeu a critérios metodológicos que envolvem a combinação de três pontos conjuntamente: tamanho demográfico, funções urbanas e organização do espaço intraurbano”.

Já para Maia (2010, pág. 23):

Dessa forma, a noção de cidade média aqui adotada corresponde às cidades que apresentam uma concentração e centralização econômicas expressivas, provocadas pela confluência do sistema de transporte, podendo ser reconfiguradas pela incorporação de novas atividades do setor agropecuário que, por sua vez, redefinem a indústria, o comércio e os serviços.

Isso converge como o conceito do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística ao caracterizar as cidades médias como sendo as que detém mais de 100.000 habitantes, justamente por entender que essa cidade centraliza poder econômico e influência.

Diante da complexa dificuldade em definir o conceito e em que categoria hierárquica dada cidade pertence, a definição de Maia (2010) é a que atende de forma aproximada a tal complexidade, pois, faz um apanhado de critérios importante mencionados aqui nesta pesquisa.

## 2.2 O CLIMA: CONCEITOS E ESCALA DE ANÁLISES

O clima é a soma de eventos atmosféricos inferidos também de meteorológicos, atuantes em uma dada região e época, através de um histórico de observações num período mínimo de 30 anos.

Segundo Almeida (2016, p. 48), “o clima é a generalização ou a integração das condições do tempo, ou seja, a sequência cronológica com, pelo menos, 30 anos de dados. Dessa forma, o clima refere-se a uma descrição média (média climatológica)”.

Na concepção de Rodrigues, Lima Júnior et al (2015), o clima é o estudo por um tempo médio para um determinado período ou mês de uma dada localidade, assim como soma das observações de características atmosféricas e dados estatísticos de possíveis condições do local ou região.

Já no entendimento Andrade e Basch (2011, p. 1) “o clima de uma região ou local é o conjunto das condições meteorológicas predominantes nessa região ou local durante um longo intervalo de tempo, com uma duração mínima de três décadas”. Em que estes o caracterizam da seguinte forma: “O clima é caracterizado pelos valores médios dos diferentes elementos meteorológicos, pela variabilidade destes (estatísticas de ordem mais elevada como variâncias, covariâncias, correlações) e por informação sobre a ocorrência de eventos extremos”. Nessa citação acima Andrade e Basch fazem a caracterização já no propósito de demonstrar que tais fatores e elementos de acordo como cada individualidade local o clima pode variar.

De acordo com Vilela (2007), a definição do clima consiste em uma análise do conjunto de elementos climáticos e sua interação com fator intrínseco ao local em estudo.

No entendimento de Caracristi (2007) a definição perpassa pela compreensão do tempo, fazendo-se assim desfixação de que o clima é algo fechado a dados elementos atuantes em tal área, mas sim, considerar tais elementos com somatórios de fatores climáticos e do tempo.

Para Ribeiro (1993), o clima é, por sua vez, um conjunto integrado de fenômenos que se somam no transcorrer do tempo e no espaço, formando um tecido ou tipo passíveis de medição quanto ao seu tamanho (extensão) e em seu ritmo (duração). O mesmo destaca que o fenômeno climático é formado por um conjunto de elementos naturais intrigados no mesmo tempo e espaço num processo de recíprocas trocas energética e interdependente.

De acordo com Fiorin e Ross (2015, pag. 15/16) o clima “é o conjunto de fenômenos atmosféricos, também ditos meteorológicos, característicos que ocorrem em uma determinada região e época, obtida com históricos de observações de 30 anos”.

Dessa forma, serão adotados dois conceitos de clima pelo fato de se adequarem a proposta do projeto, sendo esses: Caracristi (2007) pelo fato de destacar somatórias de elementos e do tempo/espaço e Rodrigues, Lima Júnior et al (2015) por considerar que o clima consiste no estudo de um dado local por um período médio ou meses.

É imprescindível em qualquer trabalho delimitar o espaço a ser trabalhado, para que assim se possa alcançar os objetivos traçados de forma concisa e coesa, e, dessa maneira, explorar o objeto de estudo com objetividade e clareza, a fim de apresentar a compreensão precisa do fenômeno em questão.

Diante da relevância em demarcar a área de estudo na pesquisa geográfica, é indispensável, quando se trabalha com clima urbano, a busca pela escolha, entendimento e compreensão sobre o que são e quais são as escalas climáticas, bem como sua funcionalidade e aptidões para obtenção de dados durante os estudos e adequações na execução de determinado trabalho.

A escala climática ao entendimento de Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 22) refere-se “a dimensão, ordem ou grandeza, espacial (abrangência) e temporal (duração), segundo a qual os fenômenos climáticos são estudados”. Este conceito é compreendido por Ribeiro (1993) e Monteiro (1976).

Quanto a funcionalidade descrita por Monteiro (1976), faz-se necessário destacar a necessidade de compreender as grandezas, pois essas são divididas em sete ordens, e suas dimensões vão desde metros a milhões de quilômetro. São destacados, ainda, os espaços climáticos aos quais cada um tem à sua correspondente ordem de grandeza, bem como o seu espaço urbano respectivo, para que assim o estudo possa ser realizado de forma mais objetiva e precisa, como pode ser visto no quadro a seguir.

**Quadro 1:** Categorias taxonômicas de organização geográfica do clima e suas articulações com clima urbano.

ORDENS DE GRANDEZA (GAILLEUX & TRICART)	UNIDADES DE SUPERFÍCIE	ESCALAS CARTOGRÁFICAS DE TRATAMENTO	ESPAÇOS CLIMÁTICOS	ESPAÇOS URBANOS	ESTRATÉGIAS DE ABORDAGEM		
					MEIOS DE OBSERVAÇÃO	FATORES DE ORGANIZAÇÃO	TÉCNICAS DE ANÁLISE
II	10 <sup>6</sup> MILHÕES DE Km	I: 45.000.000 E: 10.000.000	ZONAL	-	SATÉLITES NEFANÁLISES	LATITUDE CENTROS DE AÇÃO ATMOSFÉRICA	CARACTERIZAÇÃO GERAL COMPARATIVA
III	10 <sup>4</sup> MILHARES DE Km	I: 5.000.000 E: 2.000.000	REGIONAL	-	CARTAS SINÓTICAS SONDAGENS AEROLÓGICAS REDE METEOROLÓGICA DE SUPERFÍCIE	SISTEMAS METEOROLÓGICOS (CIRCULAÇÃO SECUNDÁRIA)	REDES TRANSECTOS
IV	10 <sup>2</sup> CENTENAS DE Km	I: 1.000.000 E: 500.000	SUB-REGIONAL (FÁCIES)	MEGALÓPOLE - GRANDE ÁREA METROPOLITANA		FATORES GEOGRÁFICOS REGIONAIS	MAPEAMENTO SISTEMÁTICO
V	10 DEZENAS DE Km	I: 250.000 E: 100.000	LOCAL	ÁREA METROPOLITANA METRÓPOLE	POSTO METEOROLÓGICO REDE COMPLEMENTAR	INTEGRAÇÃO GEOECOLÓGICA AÇÃO ANTRÓPICA	ANÁLISE ESPACIAL
VI	10 <sup>2</sup> CENTENAS DE Km	I: 50.000 E: 25.000	MESOCLIMA	CIDADE GRANDE BAIRRO OU SUBÚRBIO DE METRÓPOLE	REGISTROS MÓVEIS (EPISÓDICOS)	URBANISMO	ESPECIAIS
-	DEZENAS DE METROS	I: 10.000 E: 5.000	TOPOCLIMA	PEQUENA CIDADE FÁCIES DE BAIRRO/SUBÚRBIO DE CIDADE	(DETALHE)	ARQUITETURA	
-	METROS	I: 2.000	MICROCLIMA	GRANDE EDIFICAÇÃO HABITAÇÃO SETOR DE HABITAÇÃO	BATERIAS DE INSTRUMENTOS ESPECIAIS	HABITAÇÃO	

Fonte: Monteiro (1975).

Já Ribeiro (1993) tem como compreensão da delimitação de escala climática em aspectos gerais divergentes quanto a Monteiro, no entanto, em termos de foco conceitual são relativamente semelhantes, onde Ribeiro caracteriza as grandezas ditas por Monteiro como sendo níveis de interação, sendo esses três (macroclimática, mesoclimática e microclimática) e não sete, bem como os espaços climáticos apresentados como cinco (clima zonal, clima regional, mesoclima ou clima local, topoclima e microclima) e sendo denominados de ordens de grandezas sendo assim diferentes em denominação e número, porém o que torna as denominações e divisões semelhantes são as conceituações e delimitações espaciais. O Quadro 2 apresenta um comparativo entre as categorias taxonômicas de organização geográfica do clima propostas por Monteiro (1976) e Ribeiro (1993), destacando suas articulações com o clima urbano. Ambos os autores classificam os espaços climáticos e urbanos de forma a compreender as diferentes escalas de interação entre o clima e o ambiente construído.

Segundo Monteiro (1976), as ordens de grandezas climáticas são divididas em três níveis principais: regional, local e microclimático. No nível regional, temos o clima que abrange uma grande extensão geográfica e apresenta características comuns em uma determinada região. No nível local, encontramos o mesoclima ou clima local, que é influenciado por características específicas de uma área menor, como topografia e cobertura vegetal. Já no nível microclimático, observamos variações climáticas em escala ainda menor, como aquelas causadas por grandes edificações ou pequenos espaços urbanos. Por sua vez, Ribeiro (1993) introduz os níveis interativos, que correspondem às escalas de interação entre o clima e o ambiente urbano. No nível sub-regional, encontramos o mesoclima ou clima local, que é influenciado por fatores regionais e locais. No nível metropolitano, temos as grandes áreas metropolitanas, onde o clima é modificado pela urbanização intensa e pela presença de grandes edificações. Finalmente, no nível local, observamos o clima em áreas específicas, como bairros ou subúrbios de cidades. Essa classificação permite uma melhor compreensão das diferentes escalas de interação entre o clima e o ambiente urbano, fornecendo subsídios para o planejamento e gestão de áreas urbanas em diferentes contextos geográficos. A partir desses dados, é possível desenvolver estratégias de adaptação e mitigação dos efeitos climáticos nas cidades, promovendo o bem-estar e a qualidade de vida da população urbana.

**Quadro 2:** Comparativo das categorias taxonômicas de organização geográfica do clima e suas articulações com clima urbano – Monteiro (1976) e Ribeiro (1993).

Ordens de grandezas (Monteiro)	Níveis interativos (Ribeiro)	Espaços climáticos (Monteiro)	Ordens de grandezas (Ribeiro)	Espaços urbanos (Monteiro)	Espaços de abordagens (Ribeiro)
III	Nível mesoclimático	Regional	Clima Regional	Metrópole-grandes áreas metropolitanas	Metrópole-grandes áreas metropolitanas
IV		Sub-Regional (fáceis)			
V	Nível microclimático	Local	Mesoclima ou clima local	Área metropolitana – metrópole	Cidades médias e pequenas
VI		Mesoclima		Cidade grande – bairro ou subúrbio de metrópole	
-		Topoclima	Topoclima	Pequena cidade fáceis / subúrbio de cidade	Pequena cidade fáceis / subúrbio de cidade
-		Microclima	Microclima	Grandes edificações de habitação setor de habitação	Grandes edificações de habitação setor de habitação

**Fonte:** Autoria própria.

A tabela demonstra a diferença nas denominações e sua semelhança quanto ao raio de funcionalidade e aplicabilidade de cada divisão e subdivisão. Esse fato se deve por conta de Monteiro ser um dos precursores sobre os estudos de clima urbano no Brasil, então, isso significa que Ribeiro equacionou a estrutura de acordo com a demanda que os estudos da época exigiam assim como o próprio Monteiro.

No entendimento de Vilela (2007) o clima apresenta duas escalas climáticas. Dessa maneira, é preciso ressaltar que as escalas climáticas são denominadas: espacial e temporal. A escala espacial denota sub escalas e subclassificações, sendo essas a horizontal (com a subclassificação Microescala, Escala Local e Meso escala) e vertical (tendo a subclassificação Microclima, Topoclima, Mesoclima, Local, Sub-regional, Regional e Zonal).

Diante desta clara semelhança, observa-se que a cidade em estudo (Cajazeira-PB) se insere no nível interativo microclimático e ordem de grandeza mesoclimático /clima local conforme Ribeiro (1996) ou grandeza V e espaço climático sendo o local diante da concepção de Monteiro (1976), pelo fato do espaço de abordagem atuarem em cidades medias, pequenas ou mesmo em regiões metropolitanas, ou seja, condizentes com as especificidades da cidade em estudo.

Dessa forma, é concesso entre Monteiro (1976), Ribeiro (1996), Pillar (1995) e Araújo (2014) que a escala climática ao qual tem maior nível de percepção e detecção em relação as mudanças no clima é, justamente, a escala microclimática e a topoclimática, logo, a escala adotada neste estudo está situada entre a microclimática e a topoclimática.

### **2.2.1 Microclimas**

Na compreensão de Ribeiro (1993) o clima apresenta níveis diferentes de grandezas, totalizando cinco, sendo esses: o nível clima zonal, clima regional, mesoclima ou clima local, topoclima e microclima.

Como esse trabalho tem por objetivo a pesquisa sobre os microclimas de Cajazeiras-PB, será conceituado o que seria o microclima, para assim alcançar o objetivo do trabalho.

No entendimento de Ribeiro (1993, p. 6) o microclima “define-se através da magnitude das trocas gasosas e energéticas entre as feições ou estruturas

particularizadas (inclusive objetos, plantas e animais) dispostas na superfície da Terra e o ar que as envolve”.

Para Vilela (2007), o clima apresenta duas escalas climas: a espacial e a temporal. Na escala espacial denota sub escalas e subclassificações sendo essas a horizontal (com a subclassificação Microescala, Escala Local e Mesoescala) e vertical (tendo a subclassificação Microclima, Topoclima, Mesoclima, Local, Sub - regional, Regional e Zonal).

Sendo assim, o conceito a se aplicar à pesquisa será o de Ribeiro (1993), que ressalta a interação e a influência diária que o(s) microclima(s) exercem sobre cada escala climática, sendo assim, tal conceito tem sua aplicabilidade na cidade estudada na presente pesquisa.

### **2.2.2 Clima urbano**

No entendimento de Andrade (2005) a qualidade de vida deve ser sempre ser posta como fator primordial no planejamento de uma cidade, bem como conceito chave no desenvolvimento desta, sendo assim, o clima urbano é uma premissa obrigatória, seja no planejamento ou no componente ambiental, devido seu papel eficaz na função de melhoramento da qualidade da vida humana.

A mínima interferência que seja em qualquer elemento climático danificará o equilíbrio do clima local, sendo assim, a crescente escalada da cidade em estudo desde a metade do século passado acarretou uma mudança no microclima local.

Dessa forma, a afirmação acima está em consonância com a teoria de Dias e Nascimento (2014, p. 5) ao afirmarem que “o clima urbano é, portanto, resultado da interferência de todos os fatores atuantes sobre a atmosfera urbana e que agem no sentido de alterar o clima local”. Quando ambos falam em fatores atuantes, é possível dizer que estão se referindo aos processos humanos de modificação do espaço.

Com essa interferência exercida pelo homem sobre o meio natural e o seu equilíbrio, torna os elementos climáticos variáveis, tendo desta maneira comportamentos atípicos ao seu padrão natural.

Os comportamentos fora dos padrões naturais dos elementos climáticos podem ser intensificados ou reduzidos, a exemplo, a temperatura, que com o aumento das construções e pavimentação cresce tal fator do clima. De forma contrária acontece com o vento, que, ao passo da elevação do uso do ar condicionado na zona do

semiárido, decresce a velocidade do vento, tornando difícil a dissipação de parte da temperatura.

Tais fatores são também mencionados por Costa Trindade Amorim (2010) sendo essenciais ao cotidiano da humanidade, porém, têm vários fatores negativos ao seu uso intensificado, sendo causadores da transformação do microclima local:

- ✓ Retirada da vegetação original;
- ✓ Aumento da circulação de veículos e pessoas;
- ✓ Impermeabilização do solo;
- ✓ Mudanças no relevo (por meio de aterros, canalizações de rios e córregos, concentração de edificação, verticalização urbana);
- ✓ Instalação de equipamentos urbanos (parques, praças, edifícios, áreas industriais, residenciais etc.);
- ✓ Lançamento de partículas e gases poluentes na atmosfera.

Em destaque a tais fatores intensificadores da mudança do clima local, é afirmado por Barbirato, Barbosa e Torres (2012, p. 3) que a escalada da temperatura é condicionada pelas diversas atividades humanas, em que “este constitui fator significativo na modificação do balanço de energia”. Dessa forma, pode-se concluir que tais intensificações de atividades, ou até mesmo o exercício delas, são causadoras de diferentes microclimas no perímetro urbano.

No entendimento de Moura (2008), o clima urbano é dinâmico e está em constante mudança, cujo seu formato nunca está fechado ou definido e dessa torna-se complexo, além de ser muito diversificado com faixas e níveis.

Já em conformidade com Monteiro (1976, p.95), a definição de clima urbano seria de “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”. Dessa forma, percebe-se uma definição genérica ao conceito.

Na compreensão de Duarte e Caracristi (2005), o clima urbano se define como sendo estados da atmosfera de progressão de ritmos, em que dados fatores, ora são mais atuantes e outrora não.

A intrínseca relação e transmissão do fluxo de energia nos sítios urbanos, a qual é capaz de receber, difundir e refletir os fluxos de energia, onde diariamente alterna a tipologia temporal, que deve ser entendido como um “sistema aberto”; ou seja, as manifestações climáticas têm que visualizar as condições locais de forma

diferenciada e singular, tal identificação dos distintos tempos climáticos através do Sistema Clima Urbano (SCU) de Monteiro (1976):

O S.C.U. importa energia através do seu ambiente, é sede de uma sucessão de eventos que articulam diferenças de estados, mudanças e transformações internas, a ponto de gerar produtos que se incorporam ao núcleo e/ou são exportados para o ambiente, configurando-se como um todo de organização complexa que se pode enquadrar na categoria dos sistemas abertos. (MONTEIRO, 1976, p. 96).

Quanto à diferenciação climática dos espaços urbanos, Monteiro considera cada evento que acontece no perímetro em estudo, bem como os acontecimentos externos, pois cada detalhe pode perturbar o equilíbrio de dado clima, seja este um incêndio na área em estudo ou até mesmo derramamento de petróleo do outro lado do planeta.

De forma geral, o Sistema Climático Urbano (SCU) é constituído por uma série de subsistemas/canal integrados, os quais são acoplados de uma coparticipação do homem e da natureza refletindo o resultado final. Esses subsistemas/canais são físico-químico do canal da qualidade do ar, e o termodinâmico do canal conforto térmico.

### **2.2.3 O Sistema Clima Urbano e seus canais de percepção**

A formulação do Sistema Climático Urbano (S.C.U.) por Monteiro (1976) tem como fundamentação a Teoria Geral dos Sistemas (TGS), criada e desenvolvida por Bertalanfy, em 1973, que discorre sobre a intenção no âmbito da biologia teórica.

No entendimento de Sant'ana Neto (1998), a Teoria Geral dos Sistemas obteve função hegemônica no meio das Ciências Naturais devido a sua conceção e capacidade de compreensão da função atribuídas ao clima nos meios processuais dos ambientes naturais e antrópicos.

No entendimento de Monteiro e Mendonça (2003), a Teoria Geral dos Sistemas tem abordagens processuais as quais eram integradas, sendo as seguintes: o Campo Termo Hidrométrico como estudos sobre as ilhas de calor e/ou frescor urbano, conforto/desconforto térmico, das inversões térmicas; o Campo Físico-Químico ou Dispersão, por sua vez, caracteriza-se pela análise da dinâmica do ar e/na interação com a cidade, destacando-se as chuvas ácidas, a poluição do ar, a partir de uma relação entre a estrutura urbana e os ventos; por fim, quanto ao Campo

Hidrometeorológico, nesse caso, ele está voltado aos estudos das precipitações nos perímetros urbanos e seus impactos (processos de inundação e inundações nas cidades).

Nesse sentido, de acordo com Monteiro (1976), S.C.U. é o estudo de anomalias e o entendimento de ordenamentos climáticos particulares das cidades, centrado na atmosfera como operador do sistema. Nesse sentido, pode ser entendido por meio de três canais de percepção: o termodinâmico, o hidrometeorológico e o físico-químico.

Ainda de acordo com o autor, o subsistema termodinâmico pode ser entendido como o estudo da concepção das ilhas de calor e/ou desconforto térmico; o subsistema hidrometeorológico como o entendimento dos estudos relacionados às inundações e/ou enchentes nos centros urbanos; por fim, o subsistema físico-químico é compreendido como os estudos conectados à poluição do ar nas cidades.

Tal integração, segundo Silva et al. (2015), caracteriza a formulação do S.C.U. no Brasil, principalmente a partir dos estudos padronizados e dos métodos comparativos de dados sobre a temática em todas as partes do país, e a partir destas três abordagens, é possível compreender sua importância como referenciais para as pesquisas sobre o clima urbano. Dessa forma, a estrutura do S.C.U se configura por três subsistemas de acordo com o respectivo formato:

- I. Subsistema Termodinâmico, canal de conforto térmico;
- II. Subsistema Físico-Químico, canal da qualidade do ar;
- III. Subsistema Hidrometeorológico, canal de impacto meteorológico.

Para Freitas (2018), no que tange aos subsistemas termodinâmicos, estes são baseados na relação de conforto térmico (sensação e desempenho humano) do habitante na cidade, visando o conforto térmico do usuário na cidade.

Já para Ferreira e Júnior (2021, pág. 5) o subsistema termodinâmico ocorre na atmosfera da cidade, sendo este subsistema visto como produto da estrutura térmica espacial urbana, onde na obra “Teoria e clima urbano” (MONTEIRO, 1976) “não há referência direta de um conceito para a estrutura térmica espacial, no entanto, verifica-se sua condição por ser em passagens do texto, quadros, sínteses e em exemplos práticos”.

A presente pesquisa tem como foco, desse modo, o canal termodinâmico, justamente por ser uma região em que os aspectos da qualidade do ar não têm

relevância, bem como o canal de impacto meteorológico, pois são pouco significativos, visto que a localização da cidade em estudo se trata de uma região de clima semiárido.

#### **2.2.4 Efeitos da continentalidade**

O efeito da continentalidade é um fenômeno que afeta basicamente o continente, sendo mais intenso ou atuante em dadas áreas e menos abrasivo em outras.

Almeida (2016) conceitua o fenômeno continentalidade como sendo a distância de um dado lugar em relação ao mar, onde a intensidade deste evento varia quão mais próximo ou distante do mar o local se posiciona, em que os efeitos são curvas de amplitude térmica incrivelmente altas em relação as áreas litorâneas, no entanto Silva, Oliveira e Souza (2020) destacam que a latitude pode ser um fator contribuidor para a variação de intensidade, onde Pillar (2018) confirma tal destaque afirmando o efeito da continentalidade ser mais atuante no hemisfério Norte em que estão concentradas a maior parte das terras emersas.

Ayoade (1996) tem a mesma concepção referente à continentalidade, e segundo o autor, esse fenômeno se deve a cinco fatores, a saber: o primeiro seria por conta da superfície terrestre deter uma porcentagem de albedo superior a superfície aquático; o segundo seria pela transparência da água em relação a massa continental; o terceiro se deve ao processo de transferência de calor na água, que ocorre por meio de convecção, ao contrário do processo de condução, que é visto na transferência de energia para o solo; o quarto seria pela quantidade de energia que a água precisa absorver para elevar suas temperaturas, que seriam em torno de cinco vezes mais que o solo; e, por fim, o quinto se deve à continua evapotranspiração.

Segundo Arsénio (2003) a continentalidade pode ser classificada em tipos, sendo esses os seguintes: hiperoceânico, oceânico e continental que se podem dividir nos seguintes subtipos conforme o quadro 3.

**Quadro 3:** tipos e subtipos de continentalidade em do intervalo de Índice de Continentalidade.

Tipos de continentalidade	Subtipos de continentalidade	Ic (intervalo)
Hiperoceânico	Muito hiperoceânico	0-4
	Eu-hiperoceânico	4-8
	Pouco hiperoceânico	8-11
Oceânico	Semi-hiperoceânico	11-13
	Euoceânico	13-17
	Semicontinental	17-21
Continental	Subcontinental	21-28
	Continental	28- 46
	Hipercontinental	46-65

**Fonte:** Arsénio (2003).

Conforme pode ser observado no quadro acima, para cada tipo de continentalidade existem três subtipos correspondentes, existindo a atuação tanto do tipo quanto do subtipo. Na cidade de Cajazeiras-PB e no interior da região Nordeste, tem-se, justamente, a categoria continental atuante, devido a sua localização estar situada no centro da irradiação solar, tornando a intensidade do fenômeno ainda maior que o normal.

### 3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesta pesquisa se define como sendo um conjunto de processos metodológicos e técnicos assim empregados, cuja finalidade é condicionar ferramentas, informações e dados acerca do clima urbano da cidade de Cajazeiras-PB.

A presente pesquisa tem, em parte, o seu referencial teórico pautado no Sistema Clima Urbano de Monteiro (S.C.U., 1976), que visa compreender a organização climática da cidade através da interação entre natureza e sociedade, onde o S.C.U. se deve à sucessão de eventos que se articulam em diferentes estados, ou seja, as áreas ao entorno e no interior do fenômeno apresentam fluxo de energia de cada espaço urbano realizar uma reestruturação do clima local em períodos médios e longos. Dessa forma, o estudo enfatiza o canal térmico, considerando os parâmetros de temperatura e umidade relativa de ar.

### **3.1 SISTEMAS DE CLIMA URBANO (S.C.U.)**

O Sistema de Clima Urbano criado por Monteiro (1976) tem como característica principal ser do tipo aberto, pois, as ilhas de calor e a poluição são as maiores demonstrações das transformações sofridas no interior do sistema-produto.

O S.C.U. importa sua energia através do próprio ambiente, onde sucedem vários eventos que se articulam em diferentes estados, mudanças e transformações internas, fazendo com que sejam gerados produtos que se incorporem ao núcleo, podendo serem ou não exportados do próprio ambiente, onde se configura como um todo de uma estrutura complexa enquadrada em uma categoria dos sistemas abertos.

A energia circundante no S.C.U. é de natureza térmica, proveniente de fontes primárias, ou seja, do sol. Desse modo, a materialização da energia de um circuito regional ocorre no espaço urbano, desempenhando a função mais eficaz na ruminação, na absorção e no armazenamento térmico, possibilitando especificidades climáticas.

Na compreensão de Mendonça (1994, p. 25), “o Sistema Clima Urbano é uma proposição de abordagem geográfica do clima e da cidade, ou seja, envolve tanto os elementos de ordem meteorológica da atmosfera quanto os elementos da paisagem urbana em sua dinâmica”.

O método S.C.U. se baseia em três elementos chaves da climatologia (temperatura, umidade e pressão atmosférica), a partir dos quais são projetados acerca da cidade e de suas perturbações, onde a inovação desse método se deve ao estudo da sociedade como co-participadora e não como um antagonico do ambiente.

### **3.2 SUBSISTEMA TERMODINÂMICO**

Monteiro (1976) expõe que o Sistema Clima Urbano (S.C.U.) definindo como sistema aberto, adaptativo e evolutivo, sendo composto pelo clima local e pela cidade, é fragmentado em três subsistemas, sendo esses, respectivamente: termodinâmico, físico-químico e hidrodinâmico.

Este trabalho está pautado no subsistema Termodinâmico, em virtude de estar atrelado aos objetivos e ao intuito da pesquisa, tendo em vista que tal subsistema consiste na relação com o conforto térmico ambiental.

### **3.3 DETALHAMENTO METODOLÓGICO**

O presente trabalho foi realizado em seis etapas para obtenção dos objetivos estipulados, sendo respectivamente: etapa inicial – foram efetuadas buscas da literatura sobre a cidade e a bibliografia referente à temática; na segunda etapa - foi designada ao reconhecimento da área de estudo, demarcação e escolha dos pontos de coleta de dados e, ainda, à instalação dos suportes (PVCs) e dos aparelhos coletores de dados; por sua vez, a terceira etapa foi a coleta de dados; seguindo com a quarta etapa, que tem como objetivo a análise comparativa de dados do INMET e dos modelos Termohigromêtro datalogger Icel HT-4010 instalados ao longo da cidade de Cajazeiras-PB; quanto a quinta etapa do estudo, essa ocorreu a partir da construção de mapas; por fim, a sexta etapa foi destinada à confecção de gráficos.

#### **3.3.1 Revisão de literatura**

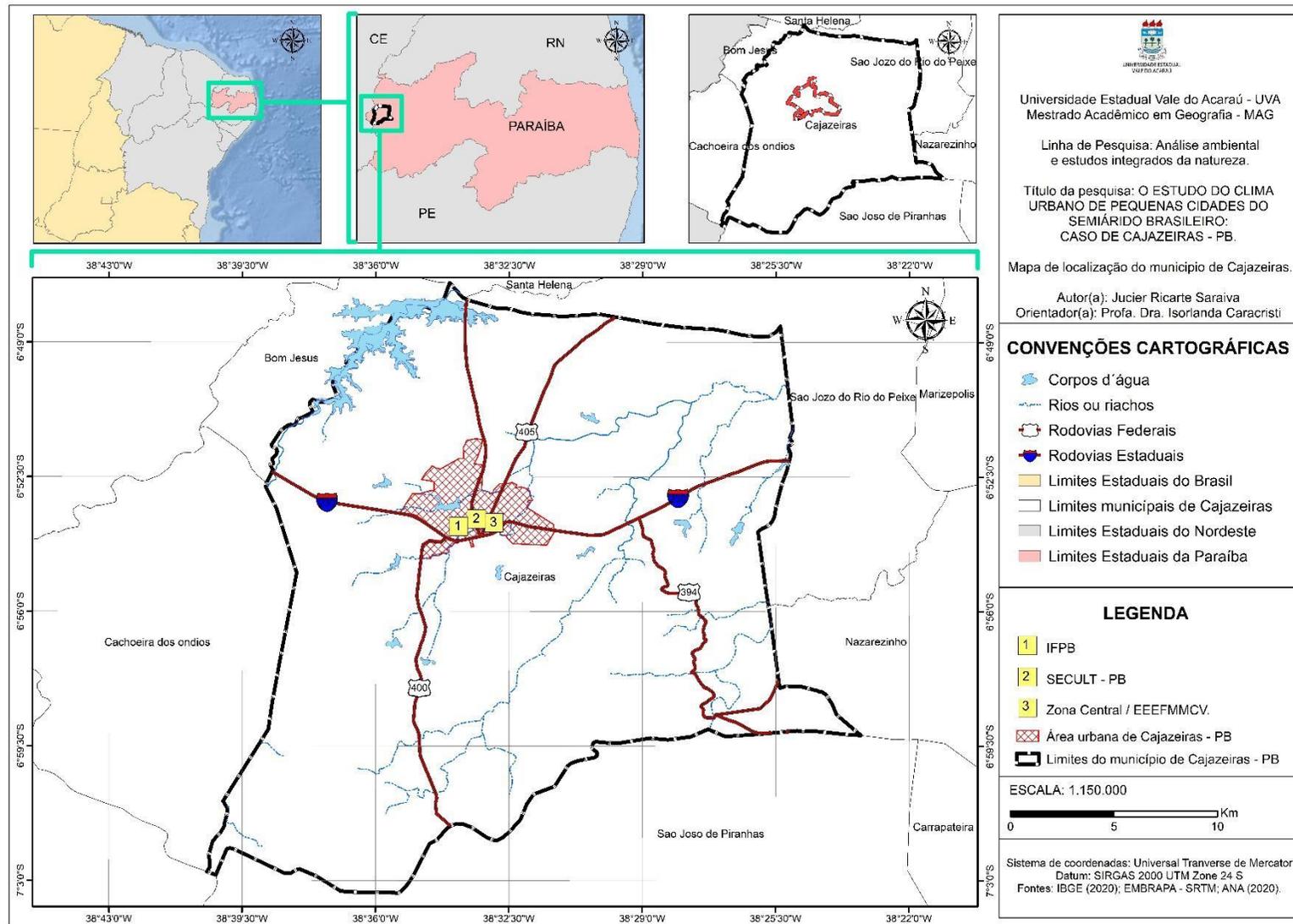
A primeira das etapas realizadas foi a busca de literaturas sobre o fenômeno pesquisado e sobre a cidade de Cajazeiras-PB (consistindo no levantamento de documentos, leituras, fichamentos, análises de referencial teórico e informações obtidas sobre o objeto de estudo).

Inicialmente, buscou-se bibliografia referente à cidade análise deste trabalho, com o intuito de obter dados climáticos ou estudos contendo reflexões acerca da temática; na sequência, buscou-se bibliografias referentes aos conceitos, métodos e terminologias essenciais para esta pesquisa, a fim de realizar fichamentos referentes às literaturas a serem adotadas neste trabalho.

#### **3.3.2 Instalação e coleta de dados de superfície (termohigrômetros)**

Na segunda etapa, realizou-se o reconhecimento das áreas e, posteriormente, da escolha da demarcação dos pontos estratégicos e da instalação suporte para os aparelhos coletores de dados modelos Termohigromêtro datalogger Icel HT-4010. Os pontos escolhidos foram os seguintes:

**Figura 6:** Mapa de localização dos pontos de coletas de dados em Cajazeiras – PB.



Fonte: Autoria própria.

Os pontos escolhidos para realização desta pesquisa são os seguintes: ponto 01 – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. A escolha se deve a sua localização por estar inserido na parte periférica da cidade de Cajazeiras-PB; ponto 02 – Secretaria de Cultura e Turismo - Prefeitura Municipal de Cajazeiras-PB. Nesse caso, também se deve a sua localização, porém, está na parte central e tem um corpo hídrico como influenciador; ponto 03 – Zona Central/EEEFM Monsenhor Constantino Vieira. A escolha se deu pelo fato dessa escola se encontrar localizada no centro da cidade e não ter arborização ao seu entorno.

O passo seguinte foram as instalações dos três aparelhos datalogger (Termohigromêtro datalogger Icel HT-4010) cidade Cajazeiras-PB, onde foram coletados os dados de temperatura e da umidade do ar, a partir dos quais foram, ao todo, realizadas 10 coletas, e cada amostra tem o período de permanência de 15 dias com intervalo de duas horas a cada registro. Isso se deve ao fato de, sobretudo, buscar-se entender a variação de temperatura e da umidade durante o dia e a amplitude térmica. Quanto à temporalidade, destacou-se que se deve ao fato das elevadas chances de perda de equipamentos em virtude da vulnerabilidade dos locais instalados. Assim, cada período de amostragem terá cerca de 200 registros, totalizando onze amostras, cerca de 2200 registros, aos quais dão início em agosto de 2021 e se estendem até junho de 2022.

A escolha das quantidades de dias se deu, sobretudo, devido ao tempo de utilização das baterias, uma vez que foi pensado em garantir o uso de tal equipamento por toda a pesquisa, como também foi intencionada a segurança dos equipamentos, tendo em vista que, por ficarem expostos na cidade, os riscos de serem afanados ou quebrados são grandes.

### **3.3.3 Procedimentos para a análise dos dados primários e dados produzidos por estações meteorológicas**

O procedimento seguinte consistiu na realização de análises comparativas dos dados obtidos no ano de 2021, por meio do datalogger, a partir dos dados adquiridos junto ao Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) entre os anos de 2005 e 2021.

A partir de tais procedimentos, elaborou-se um gráfico representativo dos dez meses com as temperaturas médias com dados Instituto Nacional de Pesquisas

Espaciais (INPE) e dados primários coletados demonstrados através do software Microsoft Excel 2010.

### 3.3.4 Produtos cartográficos

Esta etapa consistiu na construção de um mapa altimétrico, fazendo combinação de dados obtidos pelo datalogger e dados das estações meteorológicas (INMET), a fim de apresentar a depressão e pouca diversidade de relevo; por fim, realizou-se a análise dos dados, dos mapas e da aplicação do referencial teórico para que fosse possível alcançar os objetivos e a compreensão da temática (conforme pode ser visto na figura 7, o primeiro mapa de perfil topográfico em 3D).

**Figura 7:** Perfil altimétrico em 3D.



Fonte: Autoria própria

## 4. CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE CAJAZEIRAS-PB

### 4.1 ELEMENTOS GEOECOLÓGICOS

No entendimento de Neto (2015) o nome da cidade Cajazeiras deriva da existência em abundância da árvore *Spondias mombin* ou *Spondias lútea*, denominada localmente de Cajá, pois originou, primordialmente, o sítio Cajazeiras, fundado por Francisco Gomes de Brito.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2015) está inserida na mesorregião do Alto Sertão Paraibano a microrregião de Cajazeiras,

localiza-se às margens da BR-230, estando a 497 km da capital. Ainda segundo o IBGE, a cidade em estudo faz fronteira com os seguintes municípios: ao Oeste, Cachoeira dos Índios e Bom Jesus; ao Sul, São José de Piranhas; ao Norte, Santa Helena; ao Nordeste, São João do Rio do Peixe e na direção Sudeste, Nazarezinho. O município de Cajazeiras foi instituído à categoria de cidade no ano de 1876 quando foi desmembrado do município de Sousa.

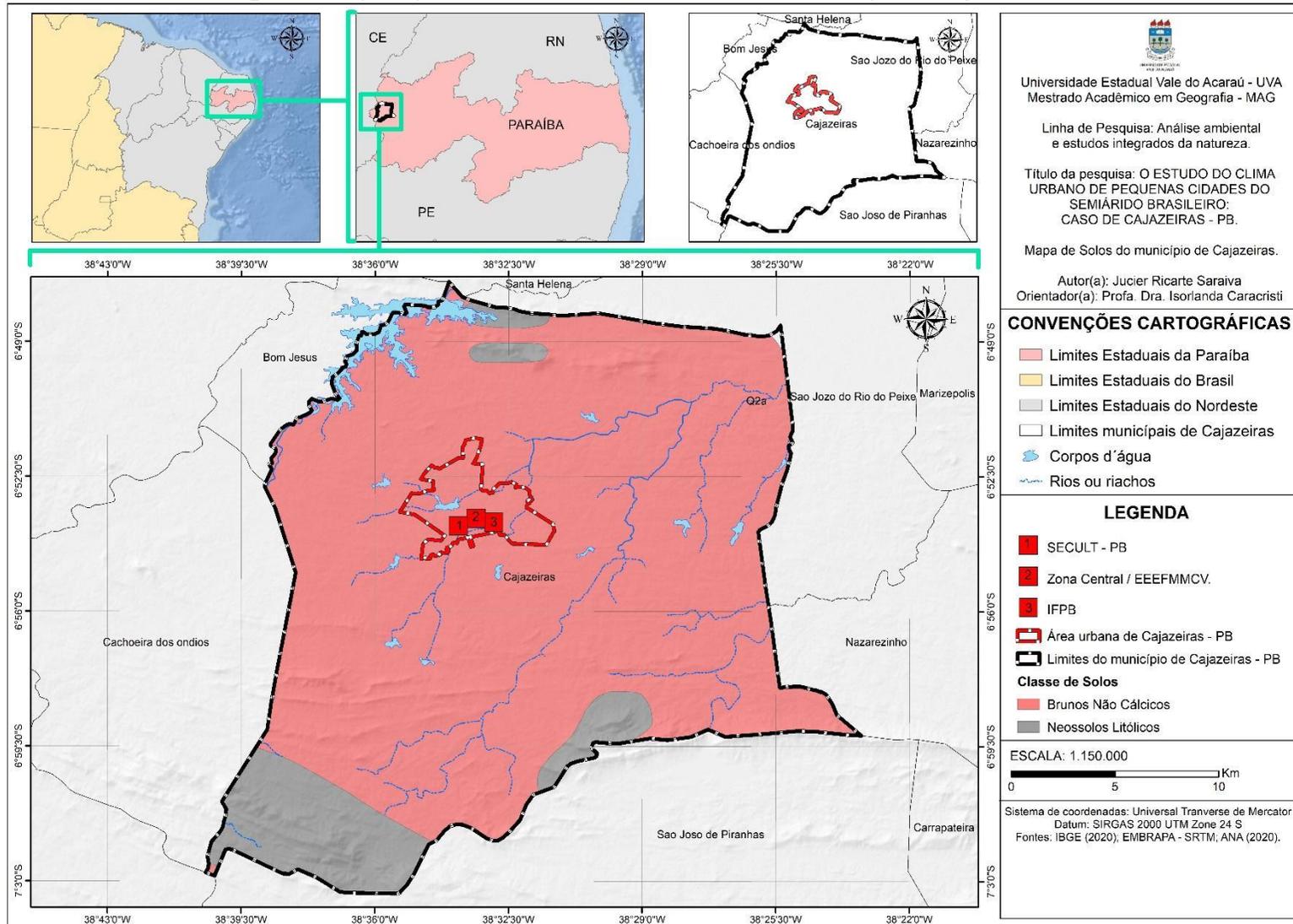
Segundo o Weather Spark (2022, pág. 1) “a estação seca é escaldante, de ventos fortes e de céu parcialmente encoberto. Ao longo do ano, em geral a temperatura varia de 19 °C a 38 °C e raramente é inferior a 18 °C ou superior a 39 °C”.

Segundo o Serviço Geológico do Brasil (SGB, 2005, p. 9), a cidade em estudo está inserida no denominado “Polígono das Secas”, classificado como semiárido quente e seco na classificação de Köppen. O SGB afirma que a cidade estudada apresenta um baixo e irregular regime de chuvas com média 880,6 mm/ano, ao qual a pluviometria máxima foi de 1961,0 mm/ano e 227,1 mm/ano de mínima, cujo de forma geral o município apresenta duas estações, sendo essas: uma seca, que constitui o verão (que se estende de agosto a dezembro) e outra chuvosa, denominada pelo sertanejo de inverno (compreendendo metade de janeiro a início de junho em média).

Quanto à vegetação, segundo Universidade Federal de Santa Catarina - Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED – UFSC, 2011) é predominantemente xerófila, com presença de cactáceas em que apresenta uma vegetação de pequeno a médio porte.

Para a EMBRAPA (2006), os solos são resultantes da desagregação e decomposição das rochas cristalinas do embasamento, onde no seu território existem dois tipos de solo, os brunos não cálcios (NC), e solos litólicos eutróficos (Re), dos quais o NC é predominante compondo mais de 70% do espaço físico da cidade como pode ser visto a seguir.

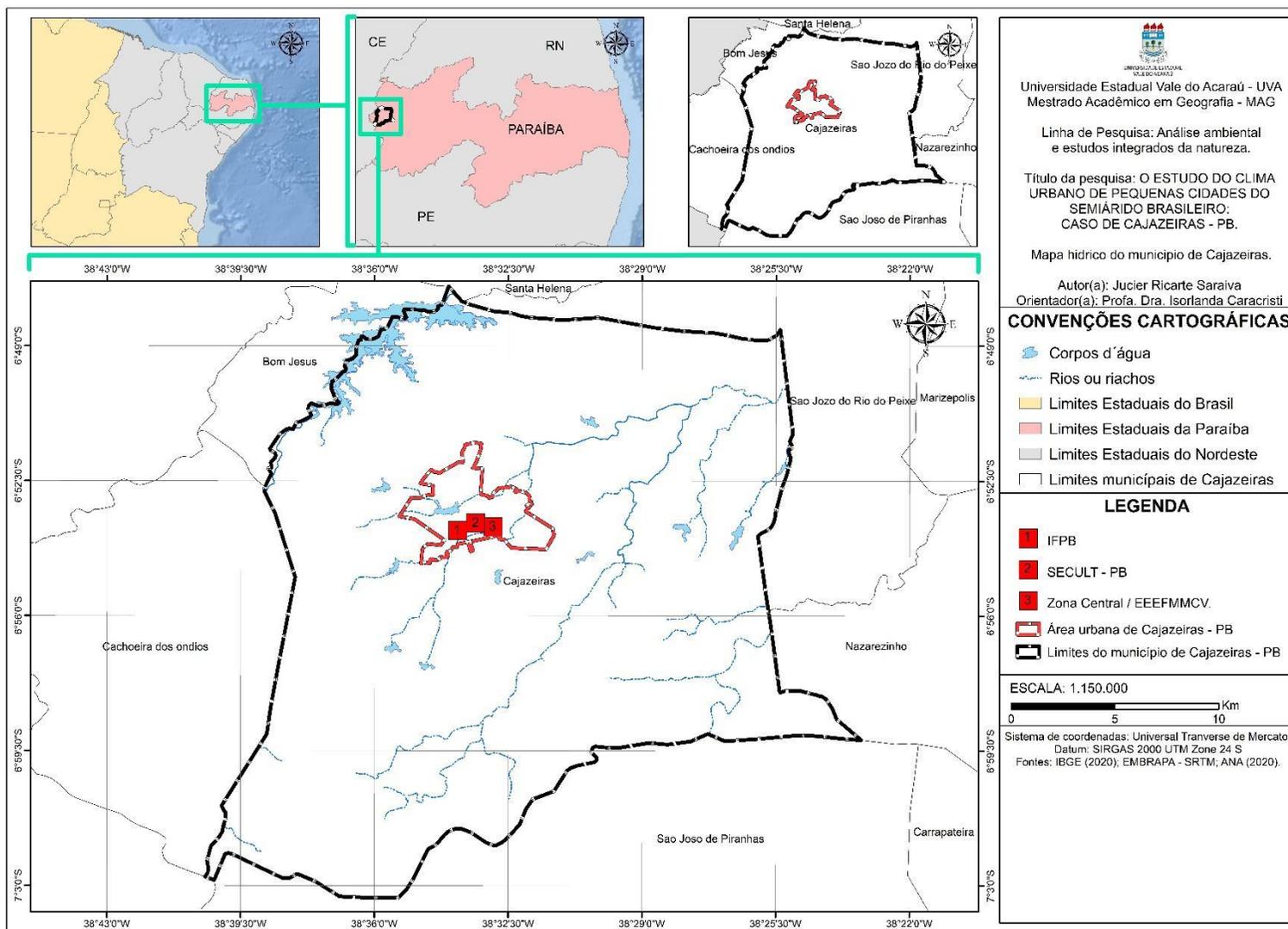
Figura 8: Mapa exploratório-reconhecimento de solos do município de Cajazeiras-PB.



Fonte: autoria própria

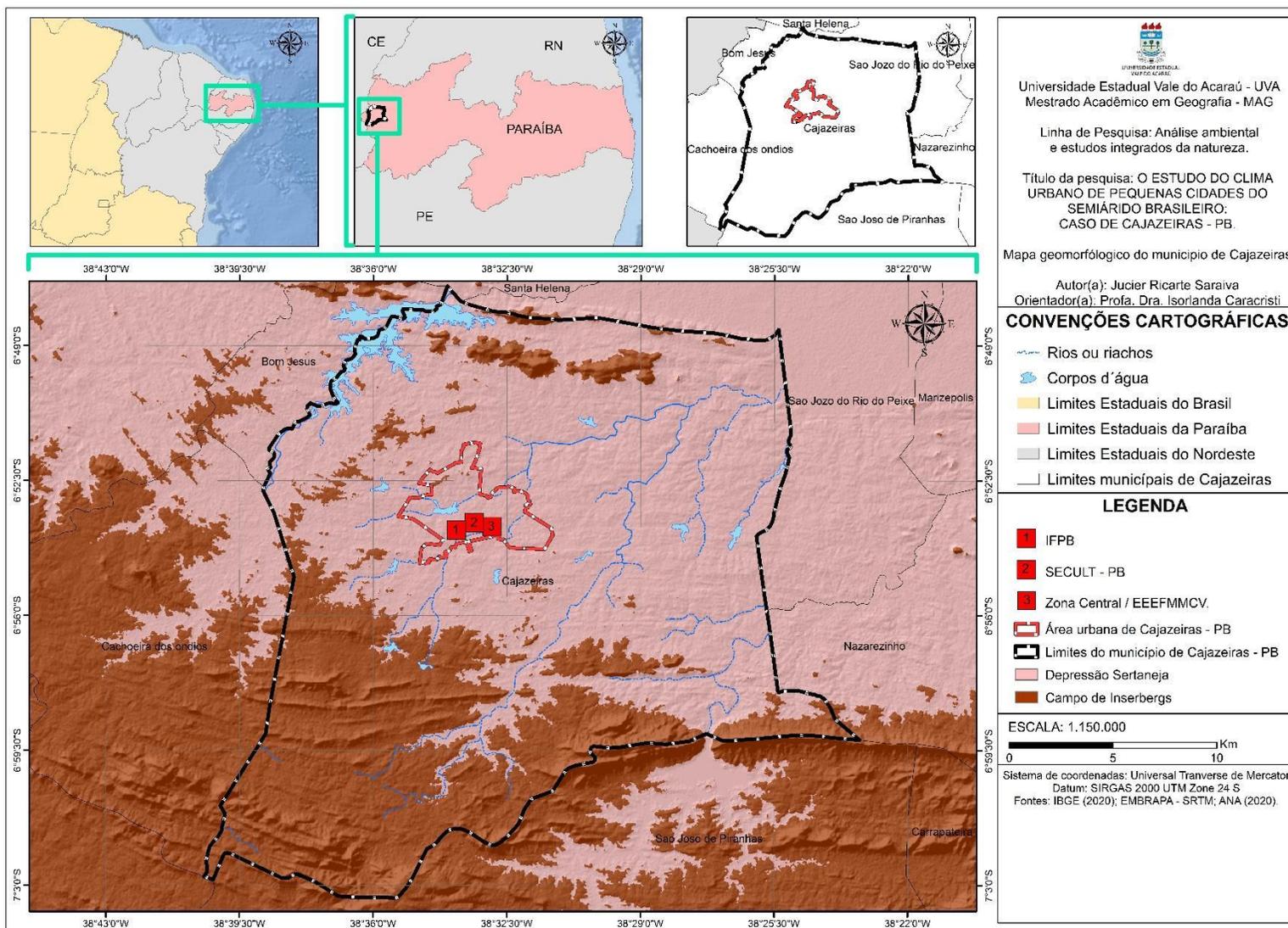
Quanto à rede de drenagem, SGB (2005) afirma que a rede de drenagem é do tipo intermitente, possuindo padrão detrítico em sua totalidade, devido às fraturas geológicas, que são angulares e retangulares, e, ainda, seu riachos e cursos d'água serem de porte pequeno (em destaque riachos Papa Mel, do Cipó, Terra Molhada, dos Mirandas do meio, da Caiçara, do Amaro e das Marimbas, e aos açudes Lagoa do Arroz, Escurinho, Descanso, Cajazeiras e Eng° Ávidos) constituídos no domínio da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas, que está inserida na sub-bacia do Rio do Peixe, encontrando-se inserida no relevo denominado "Planície Sertaneja", constituindo um extenso pediplano arrasado, destacando-se elevações residuais alongadas e alinhadas com o "trend" da estrutura geológica regional.

Figura 9: mapa hidrográfico de Cajazeiras - PB



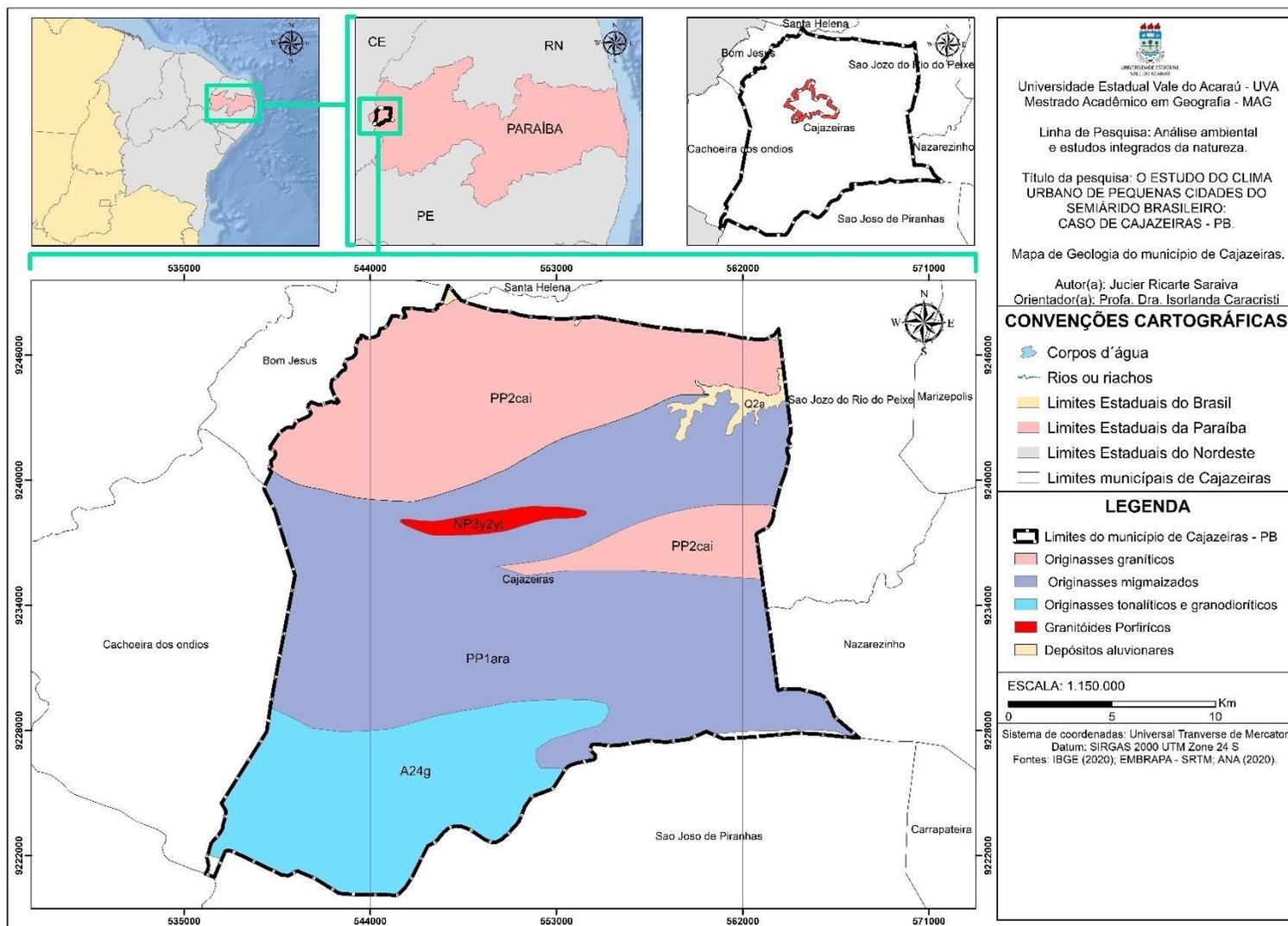
Fonte: autoria própria.

Figura 10: mapa geomorfológico de Cajazeiras – PB



Fonte: autoria própria.

Figura 11: mapa geológico da cidade de Cajazeiras - PB

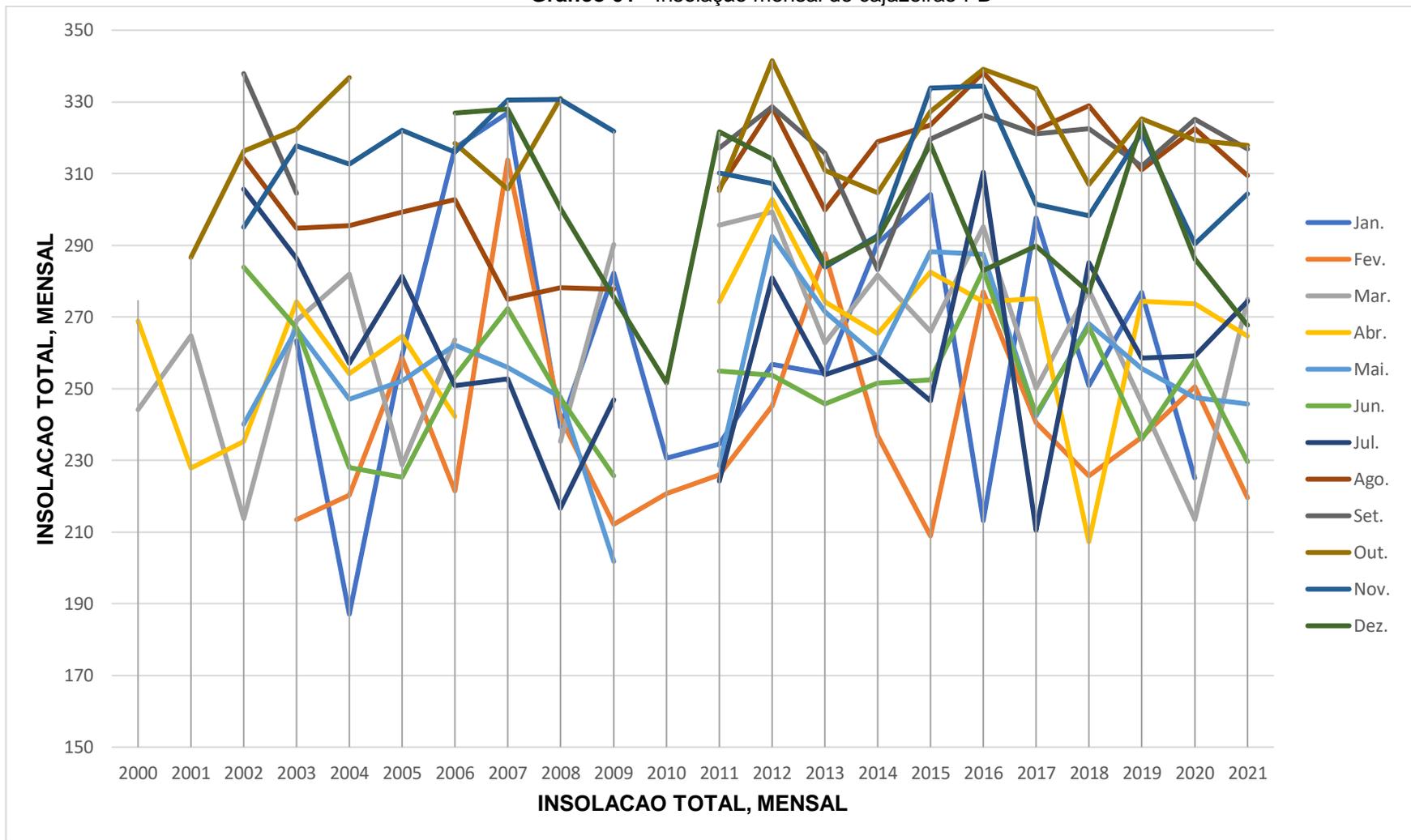


Fonte: autoria própria.

Os mapas acima apresentam características da cidade em pesquisa. Nesse sentido, deve-se iniciar destacando a parte sul do município como sendo mais elevada que a parte norte, leste e oeste, bem como é possível observar uma depressão na área chamada de depressão sertaneja, local onde se encontra o perímetro urbano, isso no que se refere ao mapa 6. Quanto ao mapa 7, é possível ressaltar a predominância geológica de origenasses de migmatizados na maior parte dos territórios, assim como origenasses graníticas, tonalíticos e granodioríticos, depósitos aluvionares, e granitóides profiricos.

A quantidade de insolação incidido na cidade de Cajazeiras – PB é elevada, tendo alguns meses do ano apresentado níveis acima dos padrões regionais, como pode ser visto no gráfico a seguir. Os meses de agosto a dezembro são os que apresentam maior nível de insolação, bem como uma elevação constante do ano de 2015 a 2022. No entanto, alguns anos não podem ser analisados devido à ausência de dados de vários fatores climáticos fornecidos pelo próprio INMET, principalmente entre os anos de 2009 a 2011.

Gráfico 01 - Insolação mensal de cajazeiras-PB



Fonte: autoria própria.

## 4.2 ELEMENTOS GEOURBANOS

De acordo com dados do IBGE (2010), a cidade de Cajazeiras – PB detém de um contingente populacional de 58.446 habitantes, ocupando área de 567,5 km<sup>2</sup>, concentrando em seu perímetro urbano 81,27% da população. Dessa forma, segundo Arruda (2014), tais números a coloca como a sétima cidade mais populosa do Estado da Paraíba, uma vez que essa possui densidade demográfica de 103,3 hab./km<sup>2</sup> estabelecidos em cerca de 3 km<sup>2</sup> do território da cidade, localizada no estado da Paraíba, Brasil, é uma cidade com uma história rica e diversificada. Seu nome deriva de uma árvore nativa da região, o cajazeiro, que era abundante na área antes da colonização.

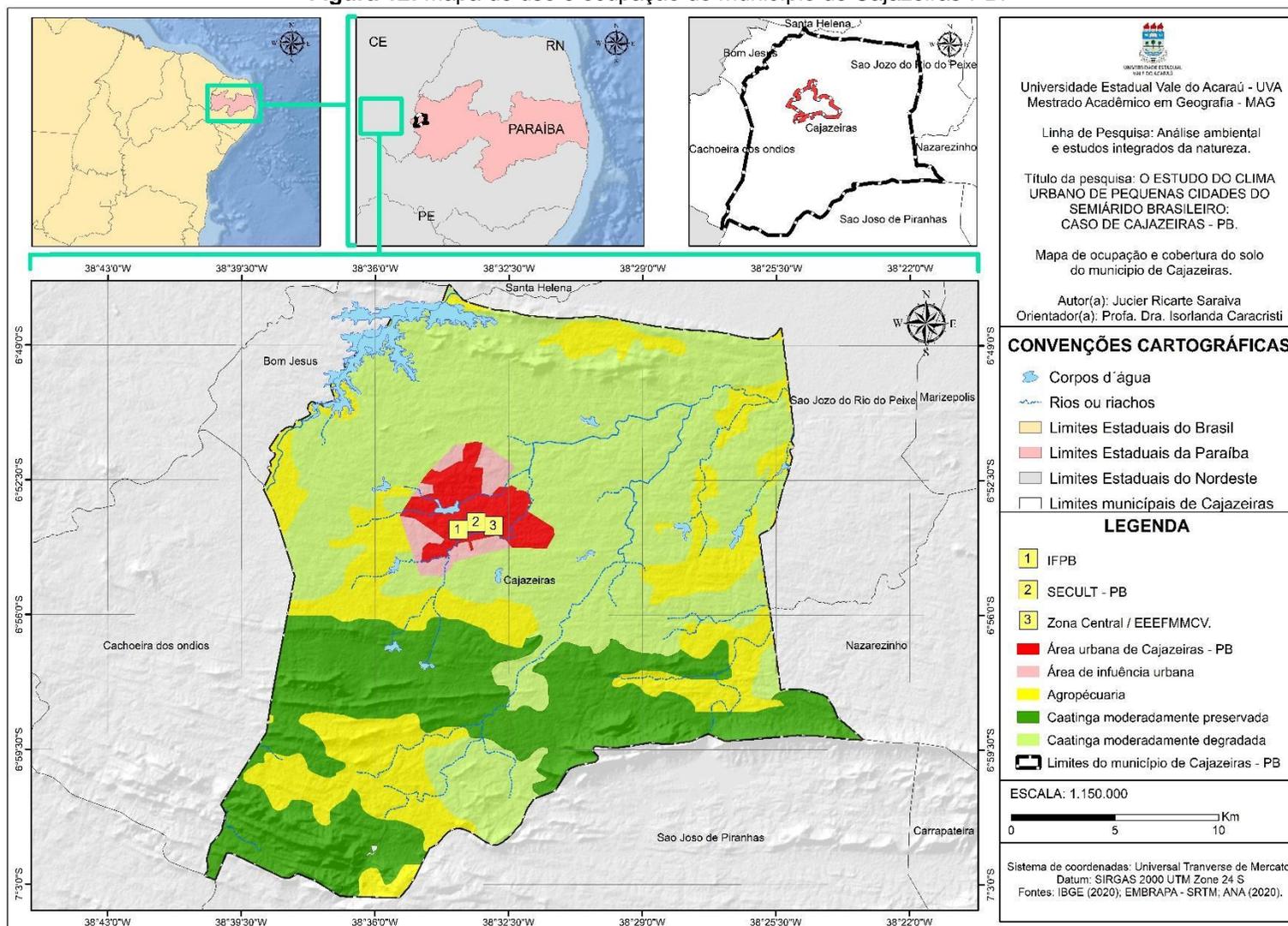
A história de Cajazeiras remonta aos tempos pré-colombianos, quando a região era habitada por povos indígenas, como os índios cariris. Com a chegada dos colonizadores portugueses no século XVI, a área foi gradualmente incorporada ao domínio colonial. No entanto, a penetração efetiva dos portugueses na região só ocorreu no século XVII, com a fundação de uma aldeia que viria a se tornar Cajazeiras.

Segundo Sousa (2016), a ocupação de cajazeiras teve início no século XVIII, com as expedições de povoamento do interior da colônia portuguesa. Cajazeiras serviu como rota e entreposto comercial, esse potencial voltado para o comércio entre as cidades de Icó/CE e Mombaça/CE foi notado pelo governador da capitania (Jerônimo José de Melo) onde realizou uma doação ao fundador da fazenda cajazeiras (Luiz Gomes de Albuquerque) no início do século XIX situado no território pertencente ao município em estudo.

No século XIX, com a construção da Estrada de Ferro Great Western, Cajazeiras viu um novo impulso em seu crescimento econômico. A chegada da ferrovia trouxe um aumento no comércio e na atividade industrial, além de facilitar o transporte de mercadorias e pessoas para outras regiões do país.

Neto (2015) afirma que a fazenda Cajazeiras teve sua notabilidade com a fundação da escolinha de serraria em 1829 pelo neto do senhor Luiz Gomes de Albuquerque (o fundador da escolinha foi Inácio de Souza Rolim que se consagrou padre em 1825), que teve um rápido reconhecimento regional no Nordeste brasileiro (a exemplo Pernambuco, Ceará, Rio Grande do Norte, Piauí e Maranhão), fazendo elevar de categoria rapidamente, onde em 1876 alcança ao status de cidade (podendo ser observado na imagem a seguir).

Figura 12: Mapa de uso e ocupação do município de Cajazeiras-PB.



Fonte: autoria própria.

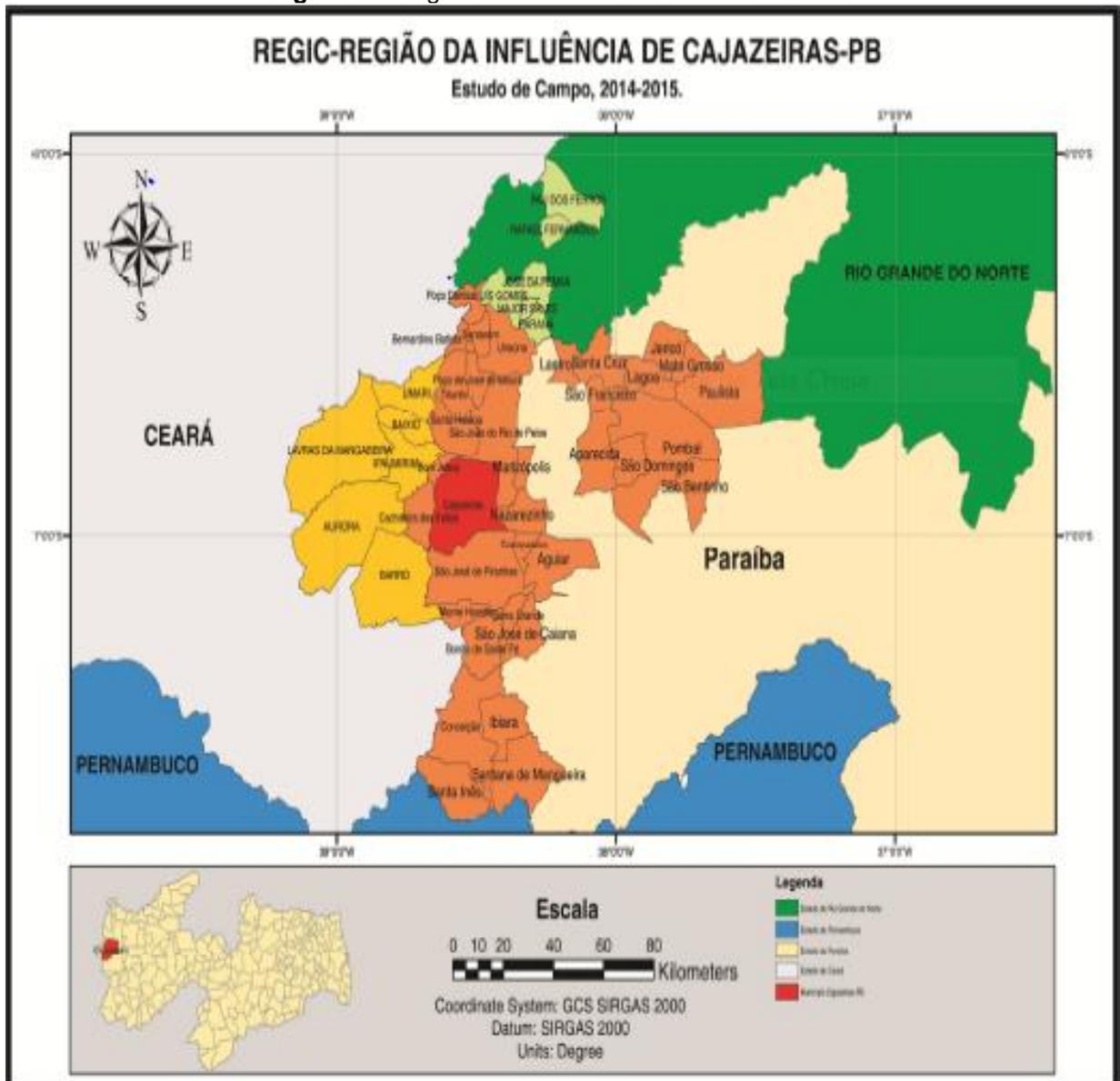
De acordo com Souza (2016), a elevação da categoria de cidade despertou o interesse do Governo Federal no século XX em fazer investimentos no município de Cajazeiras (instalação dos fios para o telégrafo, modernizando a cidade). Atrelado com o bom desempenho no comércio, produção de algodão e explosão do polo educacional, ocorreu, então, o surgimento da imprensa cajazeirense, a primeira “Usina” da região de beneficiamento do algodão (para fabricação de sabão e ração para o gado), a eletricidade, a concessionária de automóveis da Ford, surgimento de edificações modernos (construídas pela elite da cidade, como forma de imposição as elites regionais da época) e a criação da Escola Técnica em 1952.

Para Filho (2015), todas as conquistas educacionais e econômicas fizeram a cidade despertar o interesse da criação da primeira instituição de ensino superior da região FESC (Fundação de Ensino Superior de Cajazeiras) criada e fundada por Dom Zacarias de Moura e (FESC) no ano de 1965 que em 1970 se torna FAFIC, que mesmo com convênio do Estado da Paraíba se federaliza por insuficiência de recurso em 1997, tornando-se assim, Campus V da UFPB.

Filho (2015) ainda destaca a implantação no ano de 1999 do Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba (CEFET-PB, atualmente Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba), e o desmembramento em 2002 do Campus V da UFPB passando a ser denominado de Centro de Formação de Professores da UFCG, e no mesmo ano surge a Instituição de Ensino Superior (IES) a Faculdade Santa Maria (FSM), em 2009 é criada o IES da FASP, além destas a cidade comporta na modalidade Educação à Distância (EAD) – Instituto Superior de Educação e Ciências (ISEC), Universidade Paulista (UNIP) e Universidade Norte do Paraná (UNOPAR).

Por fim, Souza (2016) destaca que esse sucesso educacional fez com que a cidade se devolvesse no setor monetário tanto de bancos públicos quanto de privados (Banco do Brasil, Caixa Econômica Federal, Banco do Nordeste, Bradesco, Itaú, Santander e Pague Seguro) e setor de transporte, no automobilístico e motocicletas (Dical Fiat, Ford, Chevrolet, e Renault, Honda, Suzuki, Yamaha, Sundaw motos). Dessa maneira, a cidade de Cajazeiras se inseriu como polo de atração de pessoas por conter produtos e serviços implementados no decorrer da sua história, tornando-se metrópole local dentro do Estado Federativo que esta faz parte e do vizinho Estado Ceará (como mostra a imagem abaixo).

**Figura 13:** Região de Influência das Cidades – 2007.



Fonte: IBGE (2007).

A motivação da busca pelo entendimento sobre o assunto tão recorrente em nosso cotidiano, deu-se, sobretudo, em virtude da crescente urbanização nos municípios brasileiros e da escalada das variações dos climas urbanos, principalmente nas cidades de médio porte, uma vez que existe pouco conhecimento acerca dessas, devido à localização de tais cidades, bem como o entendimento sobre a relação dos fatores naturais (bióticos e abióticos) com os sociais.

Por tais peculiaridades e instigações sobre os municípios de médio porte, a cidade de Cajazeiras – PB foi escolhida para a pesquisa por não apresentar estudos da temática em questão, e sequer algum detalhamento sobre esse espaço de

vivência, bem como por não existir um aporte de conhecimento sobre tal fato citado anteriormente e demonstrado no quadro a seguir:

**Quadro 4:** População Total, Rural/Urba e Taxa de Urbanização - Cajazeiras – PB

<b>População Total, Rural/Urba e Taxa de Urbanização - Cajazeiras – PB</b>						
<b>População</b>	<b>População (1991)</b>	<b>% do Total (1991)</b>	<b>População (2000)</b>	<b>% do Total (2000)</b>	<b>População (2010)</b>	<b>% do Total (2010)</b>
<b>População total</b>	49.800	100,00	53.205	100,00	58.446	100,00
<b>Urbana</b>	38.329	76,97	41.964	78,87	47.501	81,27
<b>Rural</b>	11.471	23,03	11.241	21,13	10.945	18,73
<b>Taxa de Urbanização</b>	-	76,97	-	78,87	-	81,27

**Fonte:** Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2013; adaptado Saraiva, Jucier Ricarte, 2018.

Dessa forma, a relevância desta pesquisa está, sobretudo, na construção de um aporte teórico e contribuição sobre o estudo dos climas urbanos individuais de uma das cidades brasileiras de porte médio.

Tendo sua importância pela busca do entendimento acerca da interação entre fatores climáticos e uso do espaço urbano, de forma a analisar como estes influenciam na variação dos microclimas urbanos da cidade e, ainda, na localização destes dentro da área da cidade de Cajazeiras – PB.

Houve um crescimento constante na população total de Cajazeiras ao longo das três décadas analisadas. A população aumentou de 49.800 em 1991 para 58.446 em 2010, indicando um aumento significativo no número de habitantes na cidade durante esse período.

A maior parte desse crescimento populacional ocorreu na área urbana, como evidenciado pela população urbana em constante aumento. A população urbana passou de 38.329 em 1991 para 47.501 em 2010, representando um aumento de 24,0% ao longo do período analisado. Em contraste, a população rural apresentou uma tendência de queda ao longo das décadas. Embora tenha havido flutuações ao

longo dos anos, a população rural diminuiu de 11.471 em 1991 para 10.945 em 2010, indicando uma redução de 4,6% durante o período analisado.

A taxa de urbanização, que representa a proporção da população total que vive em áreas urbanas, aumentou significativamente ao longo do tempo. Em 1991, a taxa de urbanização era de 76,97%, aumentando para 78,87% em 2000 e atingindo 81,27% em 2010. Isso indica uma crescente concentração de pessoas em áreas urbanas, refletindo um processo de urbanização contínuo na cidade.

Essa análise sugere uma transformação demográfica significativa em Cajazeiras ao longo das décadas, com um aumento constante na população total impulsionado principalmente pelo crescimento urbano. Esse fenômeno pode estar relacionado a fatores como migração de áreas rurais para urbanas em busca de oportunidades econômicas, desenvolvimento urbano e industrialização.

## **5. OS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES NO NORDESTE, NA PARAÍBA E NA CIDADE DE CAJAZEIRAS-PB**

O capítulo tem como intuito estudar os parâmetros da cidade em estudo, como: ocupação do solo, temperatura e umidade, os quais são influenciados diretamente pela radiação e precipitação. Sendo assim, os insumos do sistema buscam o entendimento sobre a atuação da atmosfera diante de tais elementos, relacionando com os Sistemas de circulação das perturbações que existem na região. O trabalho se empenhara na participação dos sistemas atmosféricos nas precipitações na região Nordeste do Brasil (NEB), e, ainda, nas maneiras de atuação da Zona de Convergência Intertropical avaliando o impacto dos sistemas meteorológicos no âmbito da cidade, considerando especialmente o rebatimento em seu clima urbano e ambiente construído.

Ainda neste capítulo são analisadas as formas como os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) ou Ondas de Leste estão presentes e atuantes em Cajazeiras-PB, bem como as VCANs e a atuação sobre o NEB e as Linhas de Instabilidades. Além disso, estuda-se, ainda, o modo como os Complexos Convectivos de Mesoescala – CCM's se interligam ao clima urbano do município e qual as Teleconexões - El Niño e La Niña.

Por fim, realiza-se uma análise da oscilação dos insumos no período de 30 a 60 dias verificando a influência dos eventos já citados e o comportamento do clima urbano no período chuvoso, período padrão seco e período padrão normal.

## **5.1 A PARTICIPAÇÃO DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS NAS PRECIPITAÇÕES NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL (NEB)**

### **5.1.1 Insumos do sistema**

Os insumos dos sistemas climáticos devem ser entendidos como sendo os elementos que irão destacar as características predominantes no clima, ou seja, produção do clima.

Segundo Milen (2018), os insumos do sistema são os elementos fundamentais para a produção do clima, em outras palavras, são a matéria-prima imprescindível na constituição do clima.

Para Santos (1995) os insumos climáticos são os seguintes: temperatura, umidade relativa, chuva, vento, radiação solar, insolação, ainda para o mesmo o insumo pode ser físico, sendo expresso respectivamente: pelo balanço de energia, determinação do balanço hídrico, estudo do efeito da umidade no conforto térmico, estudo da ação do vento, determinação da evapotranspiração potencial, estudo da água no solo (e outros) a fim de relacionar com os dados biológicos.

O S.C.U. de Monteiro (1976) é um sistema climático aberto, que, segundo Júnior e Amorim (2016), os sistemas abertos têm sua composição baseada por elementos (partes) e a relação entre eles, ou seja, as relações são os laços que interligam os elementos entre si, tendo a caracterização estrutural do sistema de acordo com os respectivos parâmetros:

- **Entrada ou insumo** – é a força de arranque de um sistema, permite a operação do sistema;
- **Processamento ou transformação** – fenômeno que produz mudança; converte entradas em saídas;
- **Saída ou resultado** – finalidade para qual se reuniram elementos e relações do sistema;

- **Retroação ou retroalimentação** - função que visa comparar a saída a determinados padrões estabelecidos. Visa manter ou aperfeiçoar o desempenho do processo;
- **Ambiente** – é o meio que envolve o sistema.

Monteiro (1976) define os insumos como sendo os componentes que acarretarão a formação do clima ao qual precisa de um mecanismo acionador (no caso o sol), onde a interação entre os elementos geoecológicos e principalmente geourbanos formam um S.C.U. específico na escala da cidade (cidade média).

Dessa forma, fica claro a importância de entender quais são os insumos do sistema climático, devido este delinear as características predominante ao clima estudado, bem como também para entender quais elementos estão se relacionando de forma mais ou menos intensa de acordo com o S.C.U.

### 5.1.2 Operadores do sistema (a atmosfera)

A camada de ar envolvendo o planeta Terra, nomeada de atmosfera, concebe um agrupamento complexo composto de gases, materiais particulados e vapor d'água, onde é brando e intensamente dinâmica.

Para Monteiro (1976) o operador do sistema atmosférico tem como função acionar os componentes climáticos em todos os níveis, ao qual este é a energia solar, dando assim características a cada sistema atmosférico (Global, regional e local), bem como interação entre os elementos geoecológicos e principalmente geourbanos formando um S.C.U. específico na escala da cidade.

Segundo Dias e Silva (2009) a disposição desta camada ocorre devido à energia distribuída pelo sol, e sendo indicado através da movimentação das massas de ar em grande, média e pequena escala e nos baixos, médios e elevados níveis da troposfera. Tal movimentação no entendimento de Dias e Silva (2009) é realizada pela intensa troca de energia entre o sol e as águas dos oceanos (as correntes marítimas).

A energia disponibilizada pelo sol é equitativamente distribuída de forma heterógena sobre a superfície em função da inclinação do eixo do planeta Terra e da esfericidade do globo, beneficiando a concentração de altas temperaturas na região equatorial, em decorrência da incidência perpendicular dos raios solares, e temperaturas baixas nas áreas das extremidades do globo terrestre.

Perante tais dados, nota-se a existência de uma oscilação na distribuição do calor na superfície e na atmosfera através de deslocamento vertical e horizontal constante, buscará obstinadamente, nivelar a temperatura no globo terrestre. Tal alternância da temperatura e, por conseguinte, da pressão do ar atmosférico, é o componente fundamental e imprescindível para a circulação e a determinação da velocidade dos ventos.

A movimentação atmosférica conjuntamente chamada de circulação atmosférica ou sistemas atmosféricos, que ocorre em diferentes escalas, tem os Alísios, os Ventos de Oeste e Ventos Polares como movimentos intrínsecos da escala global, de modo que, ao se deslocarem sob a atmosfera, distribuem umidade e efetuam as trocas de energia, bem como permitir a incidência de reações químicas e fenômenos físicos, tendo como exemplo de tais incidências a condensação, a liberação de calor latente após a solidificação ou condensação do vapor d'água, a compressão do ar etc.

Os Sistemas Atmosféricos ou Sistemas Meteorológicos são engrenagens e procedimentos de diversas dimensões, os quais refletem os movimentos da atmosfera, onde consistem na estrutura fundamental para os componentes do tempo (temperatura, radiação solar, precipitação, vento, umidade, neblina, nevoeiro e nuvens) e segundo Atkinson e Gadd (1990, p. 22) "São ordenados numa hierarquia de dimensões que vão desde as chamadas ondas de Rossby, que em conjunto cobrem metade do planeta, até as circulações de microescala, com as dimensões de um campo de futebol".

No entendimento de Silva et al (2009) existem seis sistemas sinóticos atuantes no nordeste do Brasil em função de sua localização espacial, sendo estes os seguintes: as Frentes Frias (FFs), a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as Ondas de Leste (OLs), Vórtice Ciclônico da Atmosfera Superior (VCAS) denominado também de Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) e as Linhas de Instabilidade (LIs), dos quais as passagens são seguidas de instabilidades e chuvas. Este posicionamento, sucede todas as características de cada regime pluviométrico. Outro sistema bastante importante é o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), em que as condições de estiagem e secas prolongadas, usualmente, estão relacionadas a esse sistema.

De acordo com Silva et al (2009) o termo sistemas sinóticos deve ser utilizado para denominar um agrupamento de nuvens que interagem entre si, em escala sinótica, que variam entre 1000 a 10000Km, podendo estar relacionado aos elevados índices pluviométricos, onde se formam dinamicamente em consequência do comportamento da circulação atmosférica e atividade das massas de ar, sendo produtos dos movimentos ascendentes do ar úmido, ao qual se amplia com a redução da pressão conforme a altitude e o resfriamento, fazendo com que parte do vapor d'água se condense para produzir nuvens.

Ainda que se tenha evidenciado seis sistemas sinóticos atuantes na produção dos tipos de tempo no Nordeste, é apropriado salientar que tais sistemas são influenciados e influenciam outros sistemas operantes em outras partes da atmosfera, tendo como exemplo o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), responsável, usualmente, pela conjuntura das estiagens ou secas prolongadas, bem como as oscilações Intrazonais, similarmente chamadas de Oscilações 30 – 60 ou Madden-Julian.

Desta forma, falar-se-ia mais detalhadamente acerca dos correspondentes aos sistemas atuantes no Nordeste, os quais são resultantes, também, pelas condições momentâneas da atmosfera no município de Cajazeiras-PB.

### **5.1.3 Sistemas de circulação das perturbações**

Para o Boletim de Monitoramento e Análise Climática (1986), seja em qual for localidade da superfície terrestre, o clima é estabelecido, em sua maior parcela, pela circulação geral da atmosfera, que resulta na fase final da combinação entre o aquecimento diferencial da superfície do globo e pela radiação solar, onde a distribuição ocorre de forma assimétrica nos oceanos, e continentes, bem como as características topográficas expressas sobre os continentes. Fazendo com que, assim, tais resultados tenham padrões de circulação, que são gerados na atmosfera, onde são redistribuídos calor, umidade e momentum (quantidade de movimento) por toda a superfície terrestre. Contudo, esta redistribuição acontece de forma heterogênea, operando diversas vezes, com o intuito de reduzir as variações regionais dos componentes climáticos, ao qual são a temperatura e precipitação.

Segundo Azevedo et al. (1998) os elementos climáticos presentes na região Nordeste do Brasil fazem com que esta seja classificada como detendo um clima

tropical semiárido, pois apresenta numerosas variações temporais e espaciais, tanto na sua precipitação pluviométrica, quanto nas elevadas temperaturas ao longo do ano. No entanto, mesmo apresentando elevadas temperaturas registradas durante o ano, as amplitudes térmicas máximas não ultrapassam 6°C.

Para Ferreira e Mello (2005) a região do nordeste brasileiro está climaticamente associada às temperaturas elevadas durante o ano inteiro, tendo volumes térmicos altos, girando em torno de 6° C, porém a respectiva concordância térmica contraria com a grande variabilidade espacial e a tormenta das chuvas, onde no litoral, a média de precipitação anual ultrapassa os 1.600mm, em contrapartida no interior a média não excede os 400 mm na maior parte da dada região. Dessa forma, o Nordeste brasileiro é classificado como sendo uma região assimétrica, ao qual apresenta anos pluviometricamente abundantes, com enchentes funestativas podendo ser seguido de estiagens prolongadas.

Uvo e Berndtsson (1996) destacam que as origens de tais irregularidades são intensamente analisadas, os estudos são inclusivos, contudo, há inúmeros eventos atuais na Região, sejam estes isolados ou combinados, dentre esses é possível mencionar: como os movimentos das células de Hadley-Walker, A Zona de Convergência Intertropical, o elevado albedo da superfície, a penetração de Sistemas Frontais, as irregularidades de temperaturas das águas oceânicas do Atlântico e do Pacífico, As massas equatorial continental de brisas marítimas e terrestres, As linhas de instabilidade com massa equatorial continental atmosférica de grande escala etc.

Tais fatores, segundo Morgado (2011), se devem à favorável topografia da Região, que assemelha ser o agente causador em escala local das chuvas de barlavento, ao qual são evidenciavelmente mais chuvosos em relação à parte de sotavento, em algumas áreas, a circulação de vale e de montanha é configuravelmente admirável em relação do que todos os fatos acima citados, onde requerem observações mais aprofundadas suas especificidades, para identificar, de forma conclusiva, as razões da irregularidade climática no Nordeste Brasileiro.

Outrossim, Ayoade (1996) afirma que a circulação atmosférica tem como razão básica principal do movimento atmosférico, horizontal ou vertical, sendo a assimetria na radiação solar líquida, na umidade e no intervalo entre as baixas e as altas latitudes e no meio da superfície da Terra e a atmosfera, como também existem outros fatores

que influenciam a circulação atmosférica, com a topografia, a distribuição nas superfícies continentais e oceânicas e as correntes oceânicas.

Uma explicação dada por Morgado (2011) para a assimetria da movimentação atmosférica se deve a extensão da linha, quase paralela ao equador, onde as massas de ar dos dois hemisférios se contrapõem, resultando na combinação de uma Frente Intertropical. A elevação conjunto do ar na Frente Intertropical gera um cinturão sistemático e designado de doldrum, zona de aguaceiros e trovoadas, ao qual está condicionada pelo movimento geral do Sol na eclíptica. A ordenação desta frente varia conforme as estações do ano.

Morgado (2011) ainda destaca que tal configuração ocorre em ambos os hemisférios, e que, no hemisfério Norte, verifica-se a maior área continental de movimentação de massas de ar e frente intertropical, tendo em média temperatura superior ao hemisfério Sul. Por tal razão existe grande massa de ar frio na metade sul do planeta, pairando assim uma Frente Intertropical, situada acima da linha do equador, onde no verão norte a mencionada frente se estende a cerca de 10° Norte, alcançando seu posicionamento terminal no mês de setembro, no momento em que o polo Antártico está mais frio, já no verão sul, encontra-se mais próxima do equador, para atingir sua posição final no meridional no mês de março, onde necessita do intenso resfriamento do polo Ártico.

Segundo Mendonça (2007) as pressões atmosféricas ocorridas no hemisfério sul atuam simultaneamente com uma área de baixas pressões em relação ao oceano Atlântico e atraindo dessa forma o ar úmido de nordeste proveniente – fazendo intensificar de sobremodo a umidade da região, a bacia amazônica opera também como um relevante centro fabricante e exportador de massa de ar, mesmo sendo um local em que as temperaturas são significativamente elevadas, resultando em uma formação de centro de baixas pressões.

Em tal aspecto, o raio de ação do Atlântico, é responsável pela estação pluviometricamente positiva no Sul do Planeta Terra, ao qual atinge a sua maior pressão no inverno (julho) e sua menor pressão no verão (janeiro). Correspondente ao mesmo modo do período chuvoso do nordeste brasileiro que tem incidência se estendendo de janeiro a abril, durante a circulação acentuada para o sul da Frente Intertropical, mantendo-se secos os meses sobressalentes, perante o controle do

centro de ação do Atlântico estabelecido pela Massa Equatorial Atlântica (CAVALCANTI, 1982).

De acordo com Mendonça (2007) a circulação de ar na faixa tropical tem sua atuação predominantemente nas porções norte (MEAN) e extremo nordeste (MEAS) da América do Sul, onde sua maior amplitude térmica ocorre na estação de verão, quando o ar frio do hemisfério Norte impele a expansão do anticiclone dos Açores para sul, acarretando a massa de ar equatorial atlântica descaírem nas mais baixas latitudes do hemisfério Norte. Simultaneamente, a MEAS tem a sua maior extensão é devido à disposição do anticiclone de Santa Helena, que beneficia sua atuação sobre o litoral do Nordeste brasileiro. Dessa forma, tal massa de ar é produzida por duas correntes de circulação, sendo essas, uma inferior e a outra superior, ao qual ambas oscilam na mesma direção. Por meio da circulação inferior, sendo bastante amena devido se tratar da massa de ar polar velho, tem sua produção de umidade, oriundo da evaporação do oceano ao toque do intenso vento superficial.

Quanto à correnteza superior, ela se defronta com uma condição oposta, devido ser muito quente e seca. Os valores indicam uma intensa inversão de temperatura que a expande em relação à correnteza superficial. Dessa maneira, isso impede que ambas se combinem, mantendo o vapor centralizado na corrente superficial. Isso resulta em uma temperatura elevada, tanto na máxima quanto na mínima, à medida que a altitude aumenta.

No entendimento de Andrade (1998), as correntes de massas de ar garantem que a umidade da massa de ar e as taxas pluviométricas anuais diminuam do litoral em direção ao interior. No entanto, ao serem detectadas mais a oeste, surge a escarpa da Borborema, aumentando novamente os obstáculos devido à queda de chuvas orográficas.

Segundo Dias e Silva (2009), quando as duas correntes atingem suas bordas extremadas, seja no doldrum ou no litoral brasileiro, a ruptura termal, que atuava aumentando e neutralizando, cessa minimamente. Isso permite uma elevação impetuosa nas duas camadas do alísio. A primeira camada, por estar quase saturada, resfria-se devido ao gradiente adiabático úmido, enquanto a segunda camada é elevada a um gradiente adiabático seco. Esse episódio resulta em um aclive na temperatura em função da altitude e forte instabilidade, causando chuvas intensas no litoral, principalmente durante o inverno. Enquanto isso, o alísio é mais

sistematicamente resfriado devido ao seu arranjo com o ar polar marítimo, mantendo o interior seco, com exceção apenas das serras.

Morgado (2011) explica que, ao longo do período chuvoso no interior do Nordeste brasileiro, as precipitações não ocorrem diariamente, sendo descontinuadas por períodos de estiagem. Essa dinâmica está associada às oscilações da Frente Intertropical, que, por sua vez, está sujeita às variações das frentes polares do Atlântico Norte e Sul. Essas frentes atuam de maneira similar e simultânea à massa Equatorial continental.

A chamada Frente Polar Atlântica é caracterizada pela descontinuidade térmica na superfície, afastando os ventos circumpolares de oeste e sudoeste dos ventos mais quentes provenientes do centro de ação, com direções Nordeste e Noroeste. Essa frente estende-se, na América do Sul, desde o Chaco até a ilha Geórgia, cortando o litoral no Rio da Prata.

Morgado (2011) também explica que há uma renovação intensa do anticiclone frio, o que impede a Frente Polar Atlântica de se deslocar em direção ao equador. Isso faz com que ela avance em cunha, sob o ar tropical quente, resultando em ascensão, formação de nuvens, chuvas fortes e condições para a formação de gelo e trovoadas durante o período frontal. Esse fenômeno ocorre em condições de tempo frio e seco, com precedentes de intensas ondas de frio, seguidas por uma posterior elevação da temperatura.

No entendimento de Ferreira (2006), o sistema frontal dos ventos alísios é caracterizado por trovoadas severas, frequentemente associadas a linhas de convergência, dispostas com as frentes frias, quentes e oclusas. Essa é uma característica comum, especialmente ao longo das frentes frias, que estão associadas a ciclones extratropicais. A convergência dos ventos de superfície ocorre geralmente durante essas frentes. Os ventos na dianteira da frente fria sopram no hemisfério Sul regularmente de NE, enquanto na retaguarda sopram de SW, resultando em uma convergência do ar ao longo da frente fria e forçando a ascensão do ar quente.

Morgado (2011) esclarece que, devido à elevação da Frente Polar Atlântica no centro de atuação do Atlântico, esta é conduzida para latitudes menores, ou seja, retorna e vai sendo amortecida. Na sequência, ela é revigorada pelo próprio anticiclone polar quando a Frente Polar Atlântica se dissipa no trópico, sob a calefação geral.

No período mais preocupante, especificamente nas estações de verão e outono, nos meses de janeiro a março, as progressões da Frente Polar Atlântica são frequentemente tênues, não ultrapassando o trópico. Essa Frente fria encontra uma barreira natural no relevo no sentido Sudoeste-Nordeste, impedindo que ela alcance, e muito menos ultrapasse, a referida serra. Dessa forma, o primeiro fato caracteriza os anos secos, enquanto o segundo ocorre com bastante regularidade nos anos úmidos (CAVALCANTI, 1982).

Cohen et al. (2009), ao analisarem com maior detalhamento a massa equatorial continental da circulação secundária em ambos os casos, atuante entre as latitudes de 15° a 0°, identificam dois padrões distintos.

No primeiro caso, a Frente Polar Atlântica tem seu trajeto para o norte, inicialmente com orientação Noroeste-Sudeste. Devido à intensa radiação no continente, parte dela se dilui na sua parte ocidental, sobre o continente, enquanto a parte oriental perdura sobre o oceano com orientação Sudoeste-Nordeste. Esse arranjo ocorre devido à propensão da massa polar circular no oceano, e no litoral sul do Brasil, apresenta orientação Sudoeste-Nordeste. Nessa circunstância, as frentes apresentam baixo índice de energia, e a frente fria migra em direção ao Rio da Prata e ao trópico. Isso eleva a força da Frente Polar Atlântica, que tem orientação Sudoeste-Nordeste, operando para que o ponto médio de atuação do Atlântico seja direcionado para noroeste, permanecendo no Nordeste sob sua ação. Isso resulta em aumento da pressão e ventos de Leste e Sudeste, condições que produzem bom tempo e aquecimento no Nordeste, sob a inversão anticiclônica do centro de atuação, com nebulosidade em forma de cúmulos, sem trovoadas (COHEN et al., 2009).

Deste modo, a direção da frente fria no oceano, de Sudoeste-Nordeste, é seguida pela Frente Intertropical, que penetra pelo Maranhão e declina até o Estado de Goiás. O núcleo de atuação dos Açores introduz-se no Amazonas, ocasionando bom tempo. No entanto, as chuvas mantêm-se delimitadas a oeste do ponto médio de atuação dos Açores, devido às calmas águas continentais, e cessam nas regiões dos vales do São Francisco e Jaguaribe (LEITE et al., 2020).

Após um período de três dias, o deslocamento da frente fria do Rio da Prata até o Trópico adquire uma direção Leste-Oeste, diferentemente da direção similar à do litoral do Estado do Rio de Janeiro. Essa massa fria, esclarecida como rara e densa, não possui força suficiente para transpor a Serra do Mar, que tem uma altitude

média de 1.500 metros, permanecendo estagnada nas latitudes compreendidas entre 22° e 23° (LEITE et al., 2020).

Segundo Ferreira (2006), nessas conjunturas, todo o princípio da circulação é redirecionado para leste, afastando o ponto médio de atuação do Atlântico da região Nordeste. A pressão reduz, alinhando a frente fria no sentido Leste-Oeste e gerando na Frente Intertropical uma direção similar. Isso faz com que ela declina em latitudes maiores, onde se encontra o Nordeste do Brasil, uma vez que o ponto médio de atuação não mais se confronta. A dorsal dos Açores, que penetra no Amazonas, retorna para o norte enquanto a massa equatorial continental, situada entre a Frente Intertropical e a Frente Polar Atlântica, avança, formando um centro extenso envolto de calmaria. Esse centro se estende do Amazonas ao Nordeste, originando precipitações a oeste, que muitas vezes não ultrapassam a Serra de Ibiapaba, a leste do Amazonas, localizada no Estado do Ceará, e no médio vale do São Francisco, apresentando elevação de temperatura sob a defluência do bordo da massa equatorial atlântica.

Faz-se indispensável indicar que realizar um imenso distanciamento do centro de atuação se torna favorável à elevação da circulação atmosférica sobre a região Nordeste. No entanto, tal fenômeno ocorre após duas vias frontais consecutivas no Sul do Brasil se lançarem. Essa passagem, nos anos secos, não ocorre, e mesmo em anos tidos como de chuvas normais, a ocorrência é rara. Isso se deve à intervenção da frente polar, que resfria a região do Nordeste e, com acentuada radiação no verão, a condição de depressão local faz restabelecer o padrão característico da região, bloqueando assim o fornecimento do ar polar do Brasil (MARENGO, 2006).

Segundo Tubelis (1980), a distribuição da pressão atmosférica assegura que a incidência de massas continentais e oceânicas, ao longo dos paralelos, bloqueie as faixas de altas e baixas pressões que se fazem presentes sobre a superfície terrestre de forma homogênea, como descrito no parágrafo anterior. Essas faixas se formam nos centros de alta e baixa pressão, alguns sendo semifixos e outros tendendo a se deslocar de acordo com as estações do ano.

Como pode ser observado, a Frente Polar Atlântica, concebida na porção marítima, insiste em um trajeto em direção ao norte até o paralelo de 22° a 23°, onde se estaciona em média de um a dois dias. Isso cria o retorno de todo o princípio para leste, para em seguida sofrer ação de frontólise e retroceder com frente quente,

provocando chuvas constantes no Sudeste do Brasil, até desaparecer no oceano (NIMER, 1977).

O ponto médio de atuação do Atlântico retorna a dominar a costa e migra para o oeste à medida que a Baixa do Chaco se restitui. No litoral, amplifica sua pressão e temperatura devido à inversão que volta a obstruir a convecção. Isso remodela a monção, que passa a soprar para o Chaco com sentido Nordeste e Noroeste, regressando toda a circulação ao quadro normal. Antes da circulação se regularizar, o ar frio, que permaneceu estacionado no trópico, é injetado no centro de atuação, reforçando o alísio. Este, da mesma forma, é restaurado, avançando para a costa do Nordeste sob a forma de frentes tropicais, causando as perturbações conhecidas como ondas de leste (MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Segundo Silva et al. (2009), em anos secos, o ar polar geralmente não alcança as baixas latitudes, mas indiretamente resfria o interior do Brasil (Nordeste). Nessa região, o aquecimento do continente é elevado, sendo arrastado pelas correntes de Sudoeste da Alta Superior em direção ao norte, fortalecendo a instabilidade da massa equatorial continental, na qual as trovoadas são necessárias e dependentes do ar frio superior para ocorrerem além do aquecimento superficial.

O segundo fato a ser abordado nesse tópico é a massa fria, que se mostra mais intensa, e a Frente Polar Atlântica que cobre a Serra do Mar, desenvolvendo-se em direção ao norte, mantendo sempre a orientação Noroeste-Sudeste e causando perturbações do tipo frente fria (COHEN et al., 2009).

Para que todos esses fenômenos ocorram de fato, é necessário que durante os meses de dezembro a março, haja uma renovação intensa e frequente da Frente Polar Atlântica, com grandes frentes que se desenvolvem drasticamente até a Bahia (paralelo de 15°). Essas frentes são prontamente substituídas por novas formações, as quais ficam sob intensa atuação frontogenética. Todos esses princípios são atraídos drasticamente em direção ao sul. Simultaneamente, o centro de atuação do Atlântico deve migrar na mesma direção, proporcionando à Frente Intertropical, com orientação Leste-Oeste, descer em direção ao Nordeste, vencendo a Chapada do Araripe e a parte ocidental da Borborema, alcançando assim, com suas chuvas, o limite entre Ceará, Paraíba, Pernambuco e Bahia (COHEN et al., 2009).

De acordo com Pereira (2017), os ventos de Noroeste do antigo ar polar do hemisfério Norte, penetrando até uma altura de 1.500 metros, sob os alísios de Leste

do ponto médio de atuação do Atlântico, a frente domina o Pará e a costa do Maranhão ao Ceará, proporcionando inclinações de pressão e chuvas por todo o interior cearense e paraibano até Petrolina (cotovelo do São Francisco). Além disso, causa raros aguaceiros na Região. Já o ar mais seco do anticiclone do hemisfério Norte se conserva bem singularizado no Pará e Amapá, onde designa o bom tempo, e há redução da temperatura e elevação da pressão.

Para Souza (1998), da mesma forma, a Frente Intertropical é expulsa para o hemisfério meridional, e a Frente Polar Atlântica migra para o trópico, levando para o ponto médio de atuação para leste. Isso atrai, nesse mesmo sentido, a massa equatorial continental, que alcança o Nordeste de Sudoeste para Nordeste, com precipitações abrangendo desde a baixa da Frente Intertropical, durante um período de um a três dias. Essas precipitações adentram pelos vales do São Francisco e Jaguaribe até a Borborema e Chapada Diamantina.

Souza (1998) reflete que, se os fenômenos frontogenéticos não forem muito irradiados, as chuvas da massa equatorial continental ocorrem normalmente a oeste da Serra de Ibiapaba, desenvolvendo-se exclusivamente até o leste do Ceará e o São Francisco. Enquanto a Frente Intertropical, em sua trajetória para o sul, não ultrapassa a Borborema e a Chapada do Araripe.

Com essa Frente Intertropical apresentando uma declinação para o Nordeste, que excede a Borborema e Araripe, atingindo o paralelo de  $9^\circ$ , sua pressão declina e ocorrem chuvas esparsas na zona entre a frente e o paralelo de  $15^\circ$ , esvaziando o núcleo de ação. Enquanto isso, no Sul do Brasil, este volta a conter massa (representada na massa Tropical Atlântica), em parte constituída de ar polar velho com tempo moderado e chuvas irrelevantes. Quanto ao norte da Frente Intertropical, a pressão eleva-se sob a massa fria do hemisfério setentrional, visto que essas condições ocorrem sempre com as invasões dos northerns nas Antilhas, frequentes no inverno, entre os meses de janeiro a março.

Para Pereira (2017), quando a atuação da Frente Polar Atlântica é abrandecida, a Frente Intertropical se mantém retida no Atlântico Norte, e a representação isobárica se encontra ao seu normal, idêntico ao registrado no mês de julho. Conseqüentemente, com a elevada pressão nos Açores, confinada por um anticiclone quente bastante intenso, o Nordeste enfrenta uma forte seca (como ocorreu nas secas de 1877, 1915, 1919 e 1932).

No segundo cenário, se o verão de janeiro a março proporciona acentuadas e consecutivas passagens da Frente Polar Atlântica no Sul do Brasil, seguidas por outras nos Estados Unidos, o anticiclone quente dos Açores é assolado, acarretando modificações atmosféricas no Nordeste, como inundações graves (como aconteceu em 1912, 1971, 1924 e 1947). Ou seja, um bom inverno (COHEN et al., 2009).

Segundo Santos (1995), em anos secos e de chuvas normais, a porção ocidental da Frente Polar Atlântica, sob a forma da Frente Polar Reflexa, singularmente penetra pelo interior do Brasil até as latitudes baixas. A porção oriental, da mesma, raramente atinge o litoral do Nordeste. No entanto, a partir do mês de abril, adentrando na estação do outono, a Baixa do Chaco se apresenta assolada, permitindo, por vezes, o avanço da Frente Polar até a Amazônia ao longo do interior e ao litoral do Nordeste através da costa. Isso significa que a Frente Polar Atlântica, em abril, já possui quantidade significativa de massa e está iniciando sua inclinação para se direcionar ao Nordeste-Sudoeste e, posteriormente, Leste-Oeste. No entanto, nessas condições, o interior do Nordeste já não se beneficia das precipitações, pois a estação do outono está em estágio adiantado, e a Frente Intertropical não consegue atingir de forma suficiente o hemisfério Sul, e a atuação da massa equatorial continental é pouco notável, sendo substituída, a leste, pelos alísios.

Para Uvo e Berndtsson (1996), existem quatro mecanismos predominantes no regime de chuvas na região Nordeste: 1 - Eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS); 2 - Temperatura da superfície do mar (TSM) na bacia do oceano Atlântico, Ventos Alísios, Pressão ao Nível do Mar (PNM); 3 - Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o oceano Atlântico; 4- Frentes Frias; 5 - Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN).

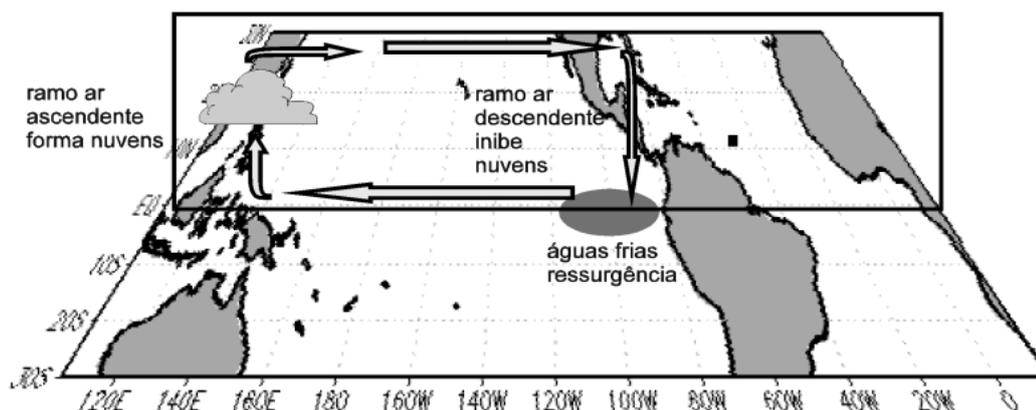
Ramos et al (1994) ressaltam a existência de outros mecanismos que desempenham papel relevante, dentre os quais se destacam as linhas de Instabilidade (LI), os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), e do efeito das brisas marítima e terrestre na precipitação.

Ferreira et al. (2005) destacam que a circulação atmosférica sobre a região tropical é intensamente modulada e modificada por padrões termodinâmicos sobre as bacias nos oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais. Em anos nos quais são detectadas anomalias positivas ou negativas da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) nessas bacias, a célula de Hadley (operante no sentido meridional com ramo ascendente sobre os trópicos e ramos descendentes nas latitudes subtropicais) e a célula de

Walker (operante no sentido zonal com ramo ascendente no Pacífico Oeste e ramo descendente no Pacífico Leste) são perturbadas. Isso ocorre devido a intensas anomalias na circulação atmosférica sobre os trópicos, observando-se que tais células são deslocadas de suas posições climatológicas (Figuras 14, 15 e 16). Como consequência, as impetuosidades e a extensão do período chuvoso nesta região também são impactadas.

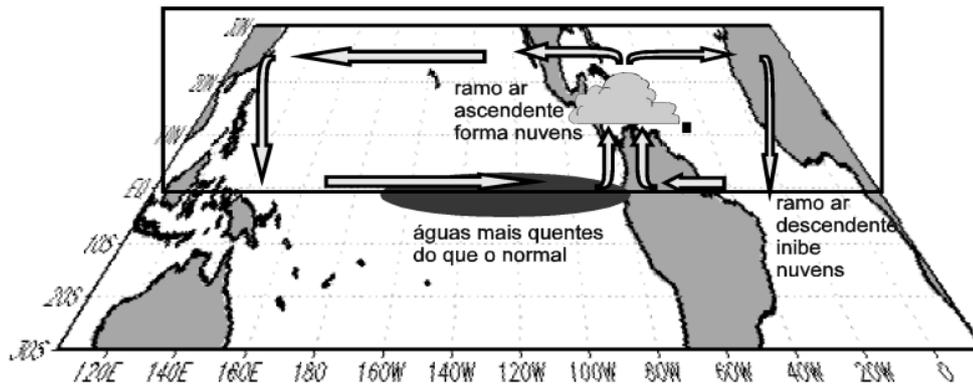
Os sistemas atmosféricos com maior influência na obstrução ou na ocorrência de chuvas na região Nordeste brasileira são representados de maneira sucinta nas imagens a seguir. (As imagens utilizadas foram dos satélites da série METEOSAT, recebidas diretamente da estação de recepção de dados de satélite da FUNCEME, localizada no município de Fortaleza, estado do Ceará.) Acompanhe a descrição a seguir.

**Figura 14:** Esquematisação da Célula de Walker sobre a Bacia do Pacífico Tropical. Sob condições normais observa-se o ramo ascendente da Célula de Walker (favorável à formação de nuvens convectivas profundas) sobre o Pacífico Oeste e Austrália onde tem-se águas quentes e pressões baixas. Por outro lado, sobre a região do Pacífico Leste, próximo do Peru e Equador, onde verifica-se a presença de águas frias (devido a ressurgência - afloramento na superfície das águas oceânicas advindas do fundo do Oceano Pacífico) e pressões altas, manifesta-se o ramo subsidente da Célula de Walker (que inibe a formação de nuvens).



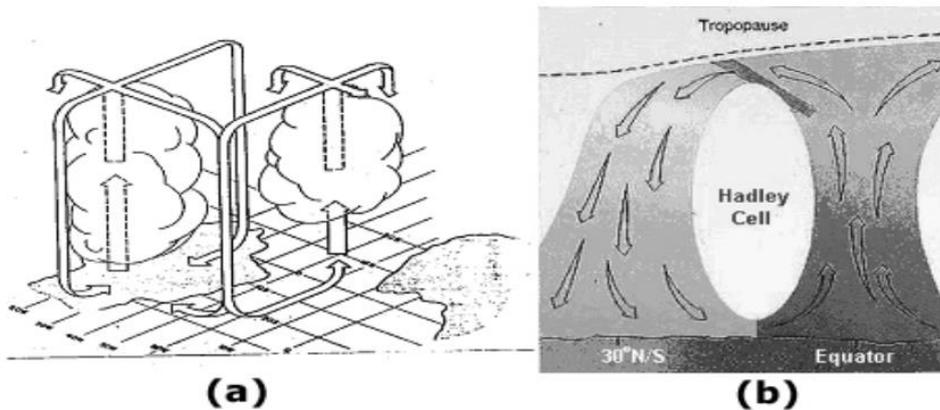
**Fonte:** Monitor Climático/Boletim de Monitoramento Climático. O Fenômeno El Niño Oscilação Sul: Teorias, Observações e Previsões. FUNCEME, Fortaleza.1997, v. 2, 31p.

**Figura 15:** Esquematisação da circulação atmosférica de grande escala no sentido zonal (Célula de Walker) modificada em associação ao episódio El Niño sobre o Oceano Pacífico. Sobre a região do Pacífico centro-leste, incluindo Peru/Equador, observa-se a **ramo ascendente** (favorável à formação de nuvens) da Célula de Walker e, por outro lado, sobre o Pacífico oeste/norte da Austrália e também no Atlântico Equatorial, incluindo o leste da Amazônia e norte do Semi-Árido Nordeste tem-se, consequentemente, o **ramo descendente** (que inibe a formação de nuvens).



**Fonte:** Monitor Climático/Boletim de Monitoramento Climático. O Fenômeno El Niño Oscilação Sul: Teorias, Observações e Previsões. FUNCEME, Fortaleza, 1997, v. 2, 31p.

**Figura 16:** (a) Diagrama Esquemático da Circulação de Hadley-Walker sobre a América do Sul tropical e o setor do Atlântico Sul Tropical. A nebulosidade sobre o oceano representa a atividade convectiva sobre a Zona de Convergência Intertropical-ZCIT, e (b) diagrama esquemático da Célula de Hadley.



**Fonte:** (a) Climanálise/Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Número Especial, 1986. INPE. São José dos Campos, SP. 125 págs. e (b) <http://ag.arizona.edu/~lmlilich/dry.html>.

#### 5.1.4 A atuação da Zona de convergência intertropical

A Zona de Convergência Intertropical - ZCIT (Figura 17) é abordada por diversos teóricos que se dedicam ao estudo da meteorologia e do clima. No entanto, apenas um número reduzido desses teóricos trata dessa temática de maneira minuciosa, oferecendo explicações sobre a complexidade envolvida nesse sistema. Outros adotam uma abordagem mais superficial, apresentando uma variedade de informações comuns e já conhecidas no meio acadêmico, por vezes discordantes em

relação a esse fenômeno tão relevante na determinação dos tipos de tempo no Nordeste do Brasil.

**Figura 17:** Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)

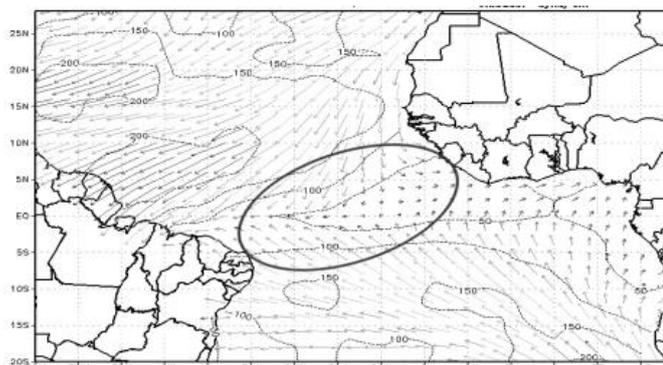


Fonte: LETRAS AMBIENTAIS (2019).

Segundo a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) de 2014, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre, composta principalmente pela convergência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul. De maneira reducionista, pode-se afirmar que a confluência dos ventos faz com que o ar quente e úmido suba, carregando umidade do oceano para os elevados níveis da atmosfera, resultando na formação de nuvens. A ZCIT é mais expressiva sobre os oceanos, sendo a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) um dos fatores imprescindíveis para sua posição e intensidade.

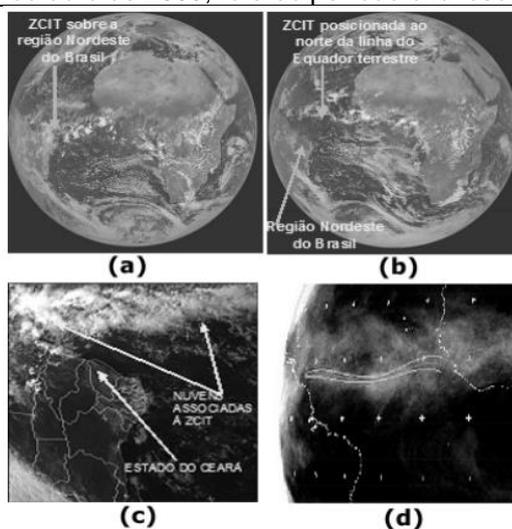
Ferreira e Melo (2005) destacam que o choque entre os ventos alísios dos hemisférios norte e sul, ao fazer com que o ar quente e úmido ascenda e provoque a formação de nuvens, junto com as baixas pressões e elevadas temperaturas da superfície do mar, gera uma acentuada atividade convectiva e precipitação, como pode ser observado nas imagens a seguir.

**Figura 18:** Eixo de confluência (circundado em vermelho) dos ventos alísios de sudeste com os de nordeste – ZCIT.



Fonte: FUNCEME (2014)

**Figura 19:** Zona de Convergência Intertropical-ZCIT mostrada através das imagens do satélite METEOSAT-7, recepcionadas pela estação de recepção de dados de satélite da FUNCEME. Figuras (a) e (c) (canal visível – 21/03/2003 - 12:00 GMT) mostram a posição da ZCIT no mês de abril de 2003, período chuvoso da região Nordeste do Brasil, na qual o Ceará está inserido e Figuras (b) (canal visível – 08/10/2003 - 12:00 GMT) e (d) (canal infravermelho – composite de imagens) mostram a ZCIT no mês de outubro de 2003, fora do período chuvoso da região.



Fonte: FUNCEME (2014)

Ainda segundo Ferreira e Melo (2005), a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) destaca-se como um dos fatores mais relevantes na delimitação da abundância ou escassez das precipitações na parte norte do Nordeste brasileiro. Geralmente, ela desloca-se sazonalmente de sua posição mais ao norte para próximo de  $14^{\circ}\text{N}$  entre os meses de agosto a outubro e para posições mais ao sul, a cerca de  $2$  a  $4^{\circ}\text{S}$  entre os meses de fevereiro a abril. Essa movimentação da ZCIT está interligada com os padrões da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), como demonstrado em vários estudos, incluindo o trabalho de Uvo (1989) como exemplo.

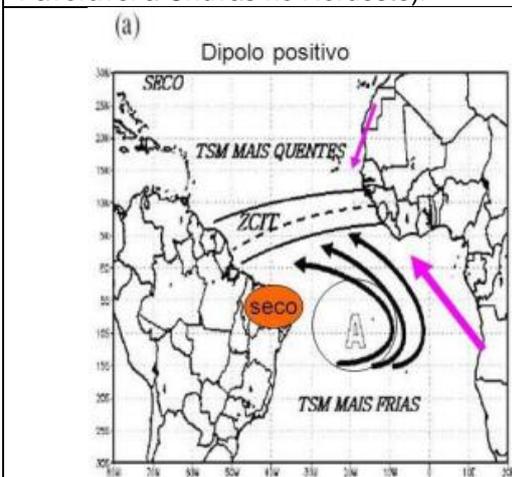
No entendimento de Molion e Bernardo (2002), a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal mecanismo gerador de chuva nas porções norte do

Nordeste brasileiro. No primeiro semestre, ela desce até 4º de latitude sul, estabelecendo assim a estação chuvosa nos estados do Ceará, Paraíba, Rio Grande do Norte e Pernambuco, especialmente entre fevereiro e maio.

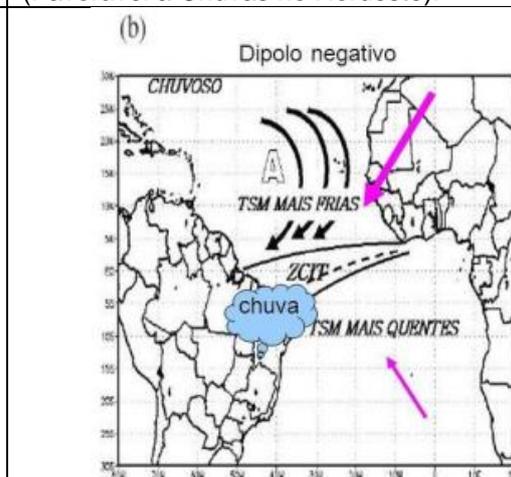
Hastenrath e Heller (1977) destacam que a Zona de Convergência Intertropical, devido à convergência dos ventos alísios dos hemisférios norte e sul, é um dos principais sistemas de circulação atmosférica que determinará a quantidade de precipitação sobre o semiárido do Nordeste brasileiro, com destaque para os estados do Ceará, Paraíba, Rio Grande do Norte e Pernambuco, sendo influenciada pela temperatura do Oceano Atlântico, como ilustrado na Figura.

Cavalcanti et al. (2009) afirmam que a ZCIT tem uma maior influência nos oceanos devido à temperatura da superfície do mar, que proporciona uma elevada evaporação sob as águas para a atmosfera, regulando sua posição e intensidade, como observado nas figuras ("A" e "B").

**Figura 20:** "A": Dipolo do Atlântico positivo (Não Favorável a Chuvas no Nordeste).



**Figura 21:** "B": Dipolo do Atlântico Negativo (Favorável a Chuvas no Nordeste).



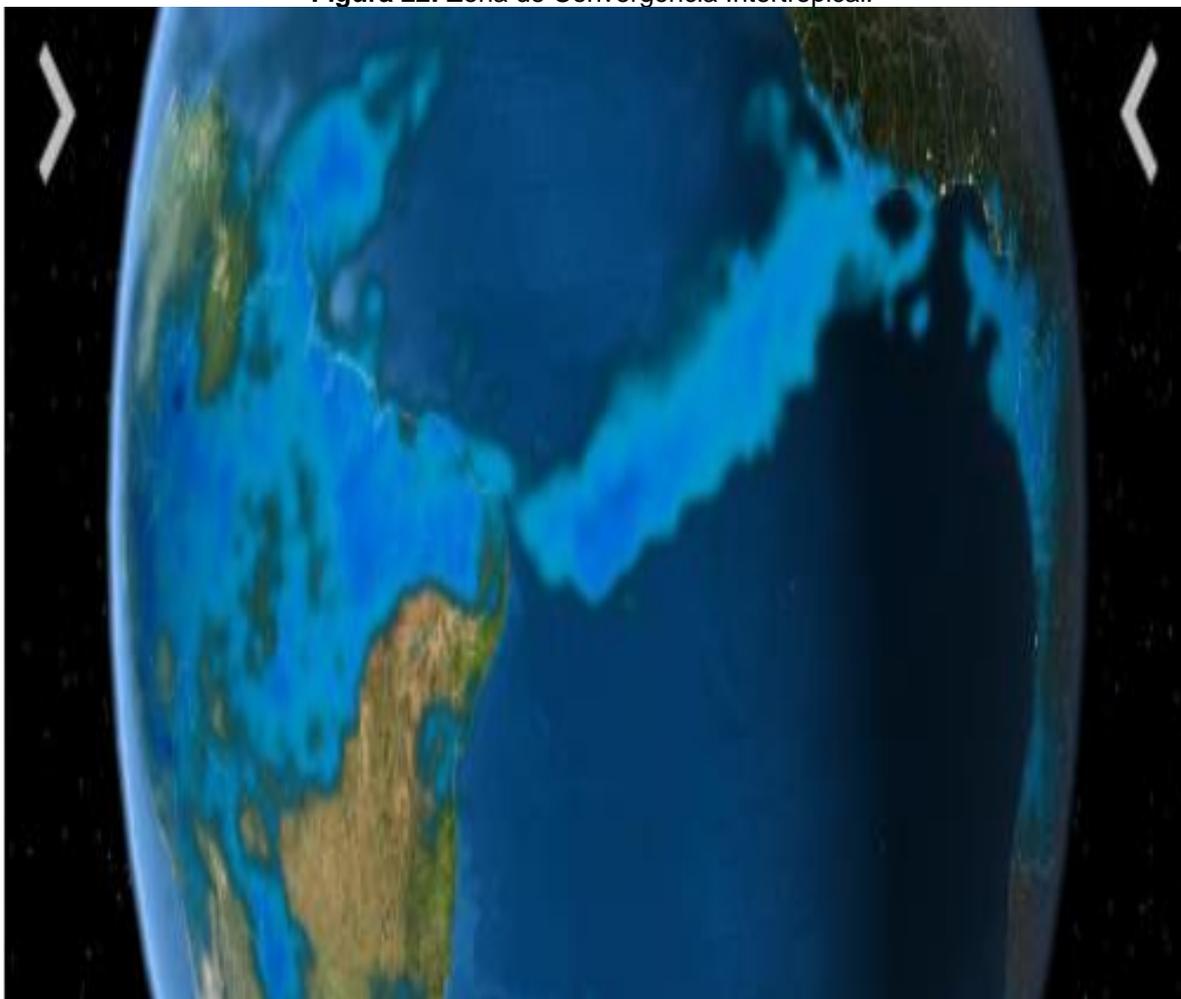
Fonte: LEITE (2020).

Segundo Leite et al. (2020), é possível observar na figura abaixo que a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) está localizada mais ao sul em relação à linha do equador, beneficiando a passagem de umidade para a porção norte do Nordeste do Brasil, resultando em precipitação de maior intensidade, especialmente na região semiárida.

De acordo com Cavalcanti et al. (2009), esse fenômeno se deve a um maior aquecimento do Oceano Atlântico Sul em comparação com o Oceano Atlântico Norte, levando à deslocação da ZCIT para águas com temperaturas mais elevadas no

oceano. Isso beneficia a incidência das chuvas nas regiões terrestres próximas ou um pouco mais afastadas em relação à linha do equador, como pode ser verificado no mapa de precipitação da ZCIT (Figura).

**Figura 22:** Zona de Convergência Intertropical.



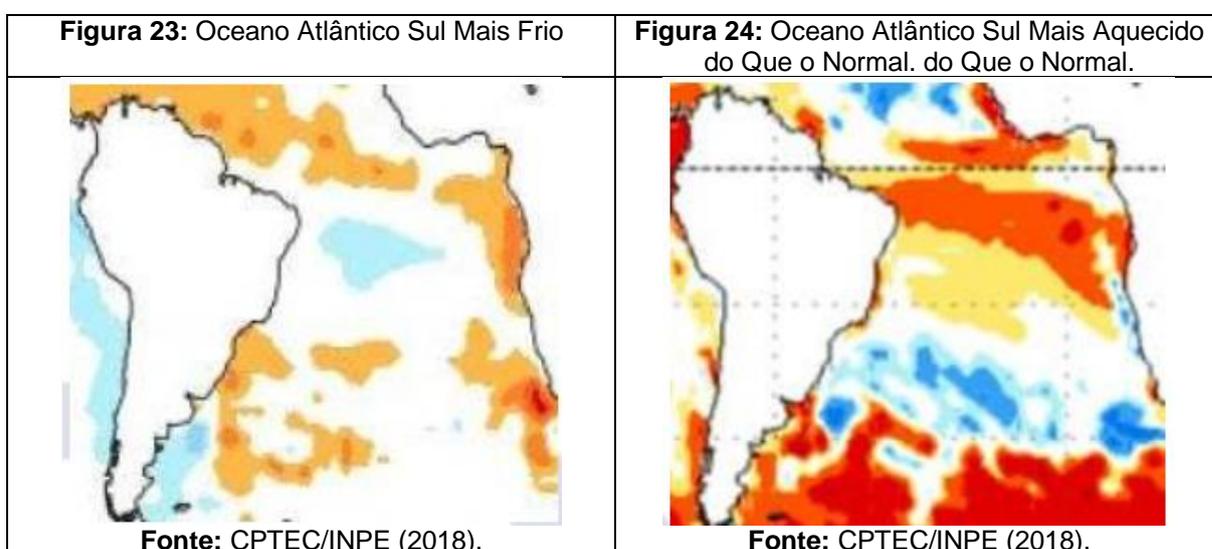
**Fonte:** LETRAS AMBIENTAIS (2019).

De acordo com Leite et al. (2020), a temperatura das águas do Oceano Atlântico Sul desempenha um papel crucial na regulação das chuvas sobre o semiárido nordestino. Essa variável é de extrema importância no regime de chuvas da região, sendo determinante para a ocorrência ou ausência de chuvas no semiárido nordestino em períodos específicos.

Mendes (1997) define que o clima no semiárido nordestino é caracterizado pela ocorrência de secas estacionais e periódicas, resultantes das variações na Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

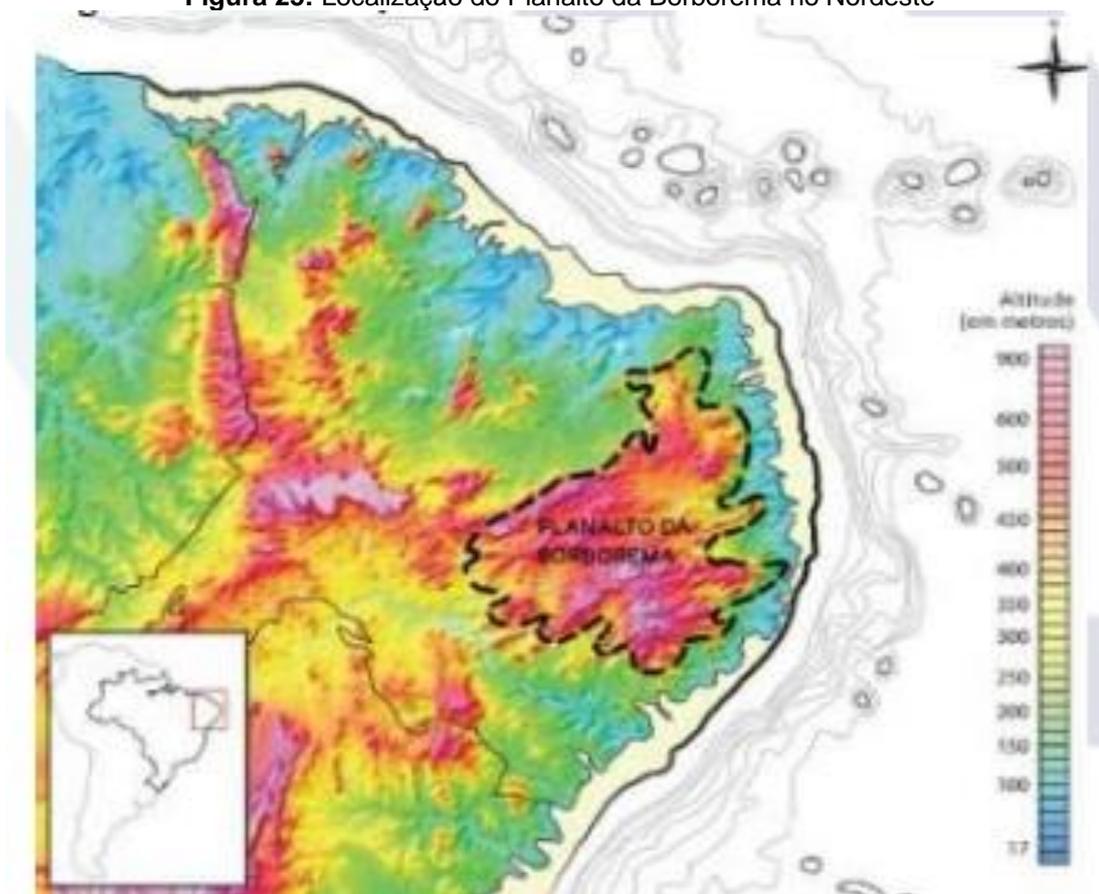
Segundo Leite et al. (2020), no contexto do semiárido, as condições climáticas favoráveis às precipitações na região estão diretamente relacionadas à condição do

Oceano Atlântico, mais especificamente, à temperatura das águas. Quando o Atlântico Sul apresenta temperaturas mais elevadas em comparação com o Atlântico Norte, favorece as chuvas no semiárido nordestino do Brasil. O aquecimento mais pronunciado no Oceano Atlântico Sul reduz a intensidade da descida da ZCIT, resultando em uma maior quantidade de chuvas sobre a região. Vale ressaltar que estudos iniciais mostram a relação da precipitação no Semiárido Brasileiro com as anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico Tropical, conforme evidenciado nas figuras.



No entendimento de Cavalcanti et al. (2009), destaca-se que o Planalto/complexo da Borborema, situado próximo ao Oceano Atlântico, exerce influência significativa na entrada de massas de ar para o interior da região Nordeste do Brasil. Devido à sua altitude, o planalto/complexo impacta a trajetória das massas de ar, arrastando-as do Leste em direção ao semiárido e, dessa forma, interferindo no regime de precipitações da região. O semiárido nordestino encontra-se separado do oceano por um rebordo anticlinal, representado pelo planalto/complexo da Borborema a leste, e ao norte, por planaltos sedimentares de menor altitude. De acordo com Damangeot (1974, p. 34), o Nordeste árido está localizado "debaixo do vento" em relação aos alísios, conforme apresentado na Figura 25.

**Figura 25:** Localização do Planalto da Borborema no Nordeste



**Fonte:** www.todamateria.com.br, 2019.

Assim, segundo Leite et al (2020), é possível entender que o planalto/complexo propicia o impedimento das precipitações no semiárido nordestino, intensificando a seca na região e contribuindo com a incidência do clima árido nordestino.

O Planalto da Borborema é uma importante formação geológica localizada na região nordeste do Brasil, abrangendo principalmente os estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Rio Grande do Norte. Sua influência no clima da região é significativa e determinante para as características climáticas locais (ALBUQUERQUE, 2004).

O Planalto da Borborema atua como uma barreira natural para a circulação de massas de ar, influenciando diretamente o clima da região. Devido à sua altitude, que varia entre 500 e 1.200 metros acima do nível do mar, o planalto causa uma modificação no padrão de circulação dos ventos e na distribuição das precipitações (ANDRADE et al, 2013).

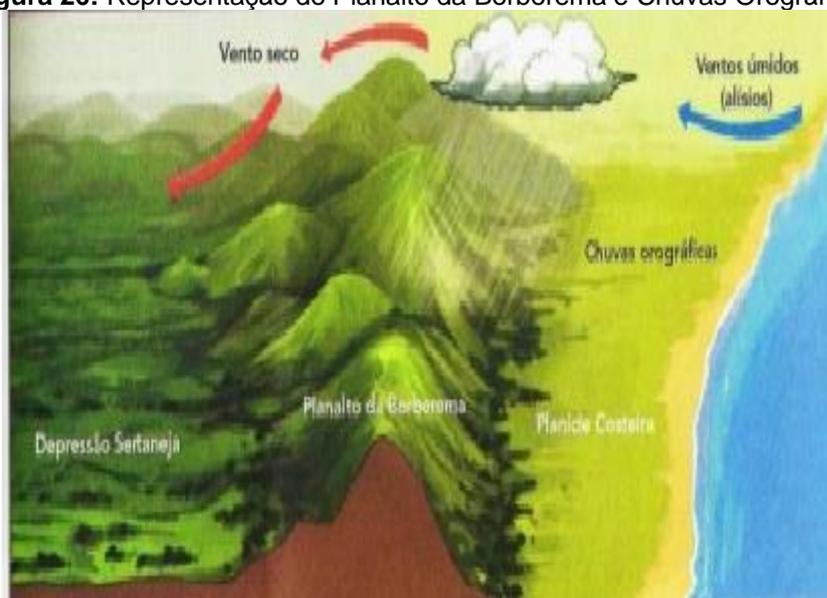
Uma das principais influências do Planalto da Borborema no clima é a formação de um microclima específico nas áreas de serra e nas encostas voltadas para o

oceano. Nessas regiões, a altitude do planalto favorece o resfriamento do ar, resultando em temperaturas mais amenas em comparação com as áreas circundantes. Além disso, a umidade proveniente do oceano é retida pelo relevo acidentado, contribuindo para a formação de neblina e chuvas frequentes (ARAÚJO et al, 2016).

Por outro lado, nas áreas de sertão localizadas a leste do Planalto da Borborema, a influência é diferente. O relevo mais plano e a menor altitude favorecem o estabelecimento de um clima semiárido, caracterizado por baixos índices pluviométricos e altas temperaturas. Nessa região, o planalto atua como uma barreira que dificulta a penetração das massas de ar úmidas vindas do oceano, resultando em um clima mais seco e árido (BARBOSA et al, 2018).

Portanto, para Lima et al (2018) o Planalto da Borborema exerce uma influência significativa no clima da região nordeste do Brasil, contribuindo para a diversidade de condições climáticas observadas na área. Sua presença molda os padrões de precipitação, temperatura e umidade, influenciando diretamente a vegetação, a agricultura e o estilo de vida das comunidades locais. (Figura 26).

**Figura 26:** Representação do Planalto da Borborema e Chuvas Orográficas.



**Fonte:** Raqsonu, 2017.

Ainda segundo Cavalcanti et al. (2009), o Planalto/Complexo da Borborema, comporta vários municípios sobre a região. Ele detém um comprimento em torno de 400 km (Norte-Sul), detendo uma altitude média de 500 metros e uma altitude máxima

de aproximadamente 1.200 metros, assim expondo algumas das razões da origem do clima seco no semiárido no Nordeste brasileiro.

As chuvas orográficas, também conhecidas como chuvas de relevo, são um fenômeno meteorológico comum em regiões montanhosas, onde a topografia influencia diretamente na distribuição das precipitações. Esse tipo de chuva ocorre quando o ar úmido e quente é forçado a subir ao encontrar uma barreira física, como uma montanha ou um planalto, resfriando-se e condensando-se, resultando em chuvas.

Segundo Fujita (2019), as chuvas orográficas são um dos principais mecanismos de distribuição de chuvas em áreas montanhosas. O autor destaca que a ascensão forçada do ar ao encontrar o relevo elevado é responsável pela formação de nuvens e pela ocorrência de precipitação. A quantidade e a intensidade das chuvas orográficas variam de acordo com a altura e a inclinação do relevo, bem como com a umidade disponível no ar.

Estudos realizados por Coutinho et al. (2017) demonstram a importância das chuvas orográficas na manutenção dos ecossistemas em regiões montanhosas. Os autores destacam que essas chuvas contribuem para o fornecimento de água para rios, lagos e aquíferos, além de serem essenciais para a biodiversidade local. A distribuição irregular das chuvas orográficas pode afetar diretamente a disponibilidade de água para o abastecimento humano e atividades agrícolas, influenciando a economia e o desenvolvimento das comunidades.

Ribeiro (2015) ressalta que as chuvas orográficas podem gerar eventos extremos de precipitação, como chuvas intensas e tempestades, que podem causar enchentes e deslizamentos de terra em áreas montanhosas. O autor destaca a importância do monitoramento e manejo adequado desses eventos para reduzir os riscos de desastres naturais e proteger as populações locais.

Em suma, as chuvas orográficas desempenham um papel fundamental no ciclo hidrológico e na dinâmica climática das regiões montanhosas. Seu estudo é essencial para compreender os impactos desses fenômenos na distribuição de água, na biodiversidade e na segurança das comunidades que habitam essas áreas, conforme é ilustrado na (Figura 27).

**Figura 27:** Chuva Orográfica

Fonte: Geografia "Xou", 2017.

Segundo Rao e Bonatti (1987), o Cavado do Nordeste é uma circulação atmosférica originada na Bolívia. Esta atua gerando uma circulação ciclônica nas altas altitudes da atmosfera, com o ciclone movendo-se no sentido horário. A formação desse anticiclone na Bolívia resulta na criação de um cavado na região do Nordeste do Brasil, causando precipitações no semiárido. Quando essa circulação atmosférica está presente, ela proporciona precipitações mais intensas por vários dias durante sua permanência na região.

<b>Figura 28:</b> Cavado do Nordeste Ocasionalmente Mudança	<b>Figura 29:</b> Cavado do Nordeste Ocasionalmente na Circulação Atmosférica. Precipitação.
<p>Mapa da América do Sul mostrando o Cavado do Nordeste. O diagrama indica a localização do cavado (BNE) e a direção da circulação atmosférica (AB) sobre a região. As linhas de latitude EQ, 20S e 40S, e a longitude 60W são marcadas.</p> <p>Fonte: LETRAS AMBIENTAIS (2019).</p>	<p>Mapa de satélite ou radar mostrando a precipitação na região do Nordeste do Brasil, com áreas de alta precipitação em tons de azul e verde.</p> <p>Fonte: LETRAS AMBIENTAIS (2019).</p>

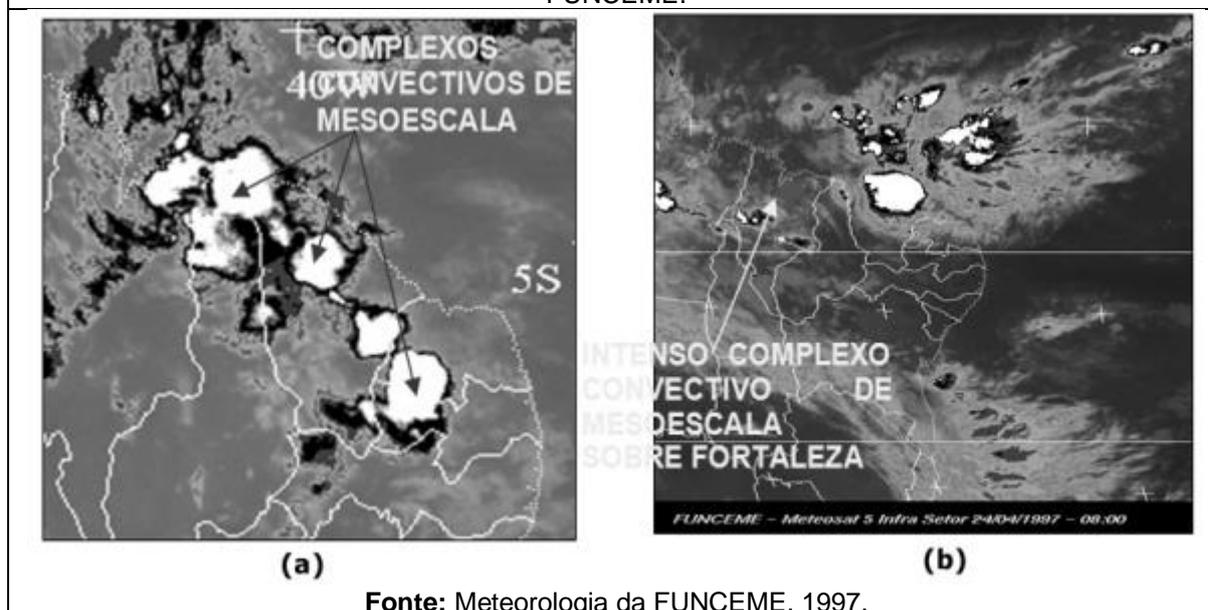
Em conformidade com Leite et al. (2020), o cavado do Nordeste representa uma alteração na direção dos ventos sobre a Região Nordeste do Brasil, deslocando as massas de ar para os baixos níveis da atmosfera na região. Dessa forma, a umidade é frequentemente arrastada para o semiárido nordestino. Conforme Rao e

Bonatti (1987), o cavado também varia em posição e intensidade ao longo dos meses do verão.

### 5.1.5 Os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL)

As ondas de leste são distúrbios que têm origem no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na região de interferência dos ventos alísios. Essas ondas se movem de oeste para leste, ou seja, desde a costa da África até o litoral leste do Brasil (Figura 29). Tais distúrbios provocam chuvas principalmente na Zona da Mata, podendo estender-se desde o Recôncavo Baiano até o litoral do Rio Grande do Norte. No entanto, quando as circunstâncias oceânicas e atmosféricas são favoráveis, as ondas de leste também causam precipitações nos Estados do Ceará e Paraíba nos meses de junho, julho e agosto. Cabe ressaltar que, além disso, algumas dessas ondas, ao atravessarem o Atlântico, podem evoluir para tempestades tropicais e até mesmo formar furacões (FERREIRA e MELO, 2005).

**Figura 30:** Imagens do Satélite Meteosat-7- canal infravermelho: a) dia 21/01/96 às 21:00h local, e b) dia 24/04/97 às 08:00h local, recepcionadas pela estação de recepção de dados de satélite da FUNCEME.



Fonte: Meteorologia da FUNCEME, 1997.

Os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), conforme destacado por Alves et al. (2001), desempenham um papel crucial no sistema meteorológico do Nordeste do Brasil. Esses sistemas, considerados de escala sinótica, exercem influência fundamental no regime de precipitação na região. São perturbações nos ventos alísios que se propagam de leste a oeste, sendo definidos por alterações no elemento

meridional dos ventos alísios, podendo ser identificados pelos campos de pressão em 700 hPa e nos padrões de vento.

As ondas de leste, ou distúrbios ondulatórios de leste, mais conhecidas e estudadas são as ondas de leste africanas. Elas perturbam o campo de vento na baixa e média troposfera na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios. Estas ondas se propagam desde o oeste da África até o Atlântico Tropical, atingindo o litoral leste do Brasil, sendo mais ativas no inverno austral, de junho a setembro (FERREIRA e MELO, 2005).

Espinoza (1996) conduziu estudos sobre as características dos distúrbios ondulatórios de leste no Atlântico Tropical, confirmando que esses distúrbios são mais frequentes e predominantes nos meses de junho, julho e agosto no Hemisfério Sul, e nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro no Hemisfério Norte. Além das ondas de leste típicas, que têm duração de 3 a 5 dias, outros autores relatam a ocorrência de ondas com períodos mais longos, variando de 6 a 9 dias, situadas mais ao norte em comparação com as ondas típicas de leste, ocorrendo preferencialmente no início e no fim da estação do inverno austral (FERREIRA e MELO, 2005).

Ao analisar o regime de ondas ao longo do litoral do Nordeste brasileiro, imposto pelos distúrbios atmosféricos africanos de leste, conforme Inocentinni (2005), observa-se que esses fenômenos ocorrem entre março e maio (originários da África) e entre junho e agosto (provenientes do Atlântico Sul). Os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) também são denominados POA ou DOL's por Machado et al. (2009) ou simplesmente Ondas de leste, indicando que têm origem no leste e atingem principalmente o litoral oriental do Nordeste brasileiro, reduzindo sua atuação à medida que penetram para o interior.

As precipitações geradas pelos DOL tendem a ser mais esparsas a oeste do cavado (próximas ao seu eixo), sendo mais acentuadas e frequentes sobre o eixo e de intensidade moderada ao norte e ao leste do eixo do cavado (COUTINHO e FISCH, 2007). Além disso, os DOL podem intensificar as perturbações convectivas, favorecendo, por exemplo, o avanço das linhas de instabilidade ao adentrarem o continente (BARBOSA, 2005).

Observa-se que, apesar da intensidade dos ventos ser suficiente para gerar elevadas ondas, o campo é pequeno e possui rápida movimentação em direção oeste. Essas características contribuem para a redução da transferência de energia do vento

para a superfície do oceano. A agitação marítima causada pelos distúrbios de leste que alcançam o litoral do Nordeste brasileiro é insignificante quando comparada à agitação marítima predominantemente causada pelos ventos alísios, sendo este o motivo de sua não interferência no regime de ondas local.

#### **5.1.6 Os VCANS e a atuação sobre o NEB**

O sistema meteorológico de origem tropical, também conhecido como Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), se forma no oceano Atlântico entre os meses de novembro a março, com maior regularidade durante janeiro e fevereiro (MOURA, 2006). De acordo com Ferreira e Mello (2005), a duração média desse sistema é de 7 a 10 dias. O VCAN se caracteriza pelo turbilhamento do ar em altos níveis da atmosfera, cobrindo extensas áreas. Ele inicia um aglomerado de nuvens com uma configuração circular, girando no sentido horário e percorrendo de leste a oeste.

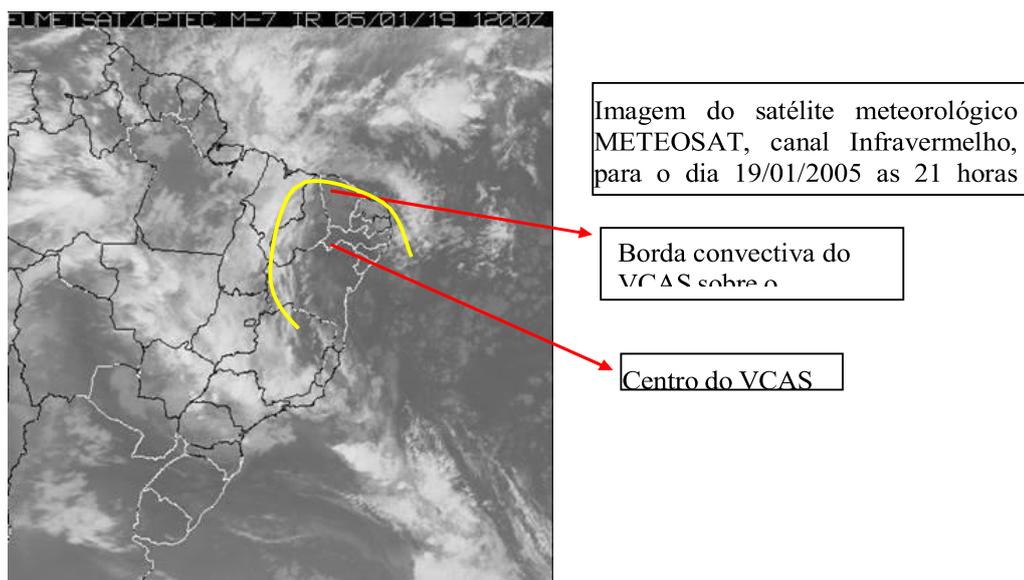
Gan e Kousky (1982) afirmam que os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) que atingem a região Nordeste do Brasil originam-se no oceano Atlântico, principalmente entre novembro e março, com um percurso geralmente de leste a oeste, sendo mais frequente entre janeiro e fevereiro. A existência desses sistemas varia em média de 7 a 10 dias.

Calbete, Gan e Satyamurty (1996) observam que os VCANS têm uma duração que se estende de setembro a abril, com o ponto máximo de ocorrência em janeiro. A existência desses sistemas varia de acordo com o tipo de vórtice e o local de formação, com alguns existindo por apenas algumas horas, enquanto outros persistem por mais de duas semanas.

Durante sua ação, esse sistema apresenta movimento irregular, deslocando-se tanto para leste quanto para oeste. Um VCAN pode permanecer quase inerte, com um deslocamento de quase 10° de longitude por dia (GAN, 1982; GAN e KOUSKY, 1986; CONDE e DIAS, 2000; FERREIRA e MELLO, 2005; ALVES et al., 2006; CALBETE, GAN e SATYAMURTY, 1996).

Segundo a FUNCEME (2006), as extremidades (região de baixa pressão) do vórtice são marcadas por nuvens que causam chuva, enquanto o centro (região de alta pressão) se caracteriza por exibir movimentos de ar de cima para baixo, elevando a pressão e inibindo a formação de nuvens (a Figura 31 mostra um exemplo de VCAN de nível regional em formação atuando na região do Nordeste).

**Figura 31:** VCANS de nível regional sobre o Nordeste



Fonte: CPTEC, 2005.

Segundo Paixão e Gandu (2000, pág. 3422), os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) que atuam no Nordeste do Brasil desenvolvem-se sobre o Oceano Atlântico Tropical Sul e têm "se destacado como um dos principais sistemas provocadores de precipitação na época que precede a estação chuvosa". Conforme Moura (2006), a passagem de um VCAN sobre o Nordeste do Brasil geralmente pode resultar em precipitação em parte da região e céu claro em outra parte.

De acordo com Conde e Dias (2000, p. 1878), em muitos casos, "os vórtices mantêm seu centro de subsidência na parte sudeste do Nordeste (Nordeste da Bahia, Sergipe, Alagoas, litoral de Pernambuco e Paraíba) e sua região de convecção sobre os Estados do Ceará, oeste do Rio Grande do Norte, Piauí, oeste de Pernambuco". Os VCANs surgem inicialmente em grandes altitudes, estendendo-se gradualmente para baixo, sendo facilmente identificáveis em imagens de satélite meteorológico devido à forte nebulosidade causada por eles (cúmulo-nimbus) e apresentam movimentação ciclônica fechada no sentido horário (Conde e Dias, 2000; Silva e Satyamurty, 2004; Gan, 1982).

Na extremidade do VCAN, ocorre o movimento ascendente de ar quente e úmido, originando a formação de nuvens que podem resultar em grandes volumes pluviométricos. No entanto, no centro, devido ao ar mais frio e seco, ocorre subsidência, elevando a pressão atmosférica e inibindo a formação de nuvens, mantendo o céu limpo (Gan, 1982; Conde e Dias, 2000; Mollion e Bernardo, 2002).

Kousky e Gan (1981) mencionam que, em casos específicos, os VCANs podem adquirir um formato de S quando associados a uma frente fria nas proximidades do Sudeste do país, ao sul da extremidade do VCAN. Esse sistema pode interagir ainda com a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Pereira, 2014; Paixão e Gandu, 2000; Alves et al., 2006).

A persistência de um vórtice sobre o Nordeste do Brasil pode dificultar o deslocamento dos sistemas frontais em direção à Zona da Mata do Nordeste, contribuindo para sua retenção na Região Sudeste e sul da Bahia, onde provocam precipitações no Nordeste (Alves et al., 2006; Calbete, Gan e Satyamurty, 1996).

Ferreira e Mello (2005) descrevem os VCANs como um conjunto de nuvens visível por meio de imagens de satélite, apresentando um formato semelhante a um círculo girando no sentido horário. Na borda, há uma formação de nuvens causadoras de chuva, enquanto no centro ocorrem movimentos de ar de cima para baixo (subsistência), aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens (Figuras 14 e 15).

Diniz e Pereira (2015) observam que os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) também atingem o Rio Grande do Norte, podendo provocar chuvas em qualquer área do estado, dependendo de sua posição, que é variável. Esses fenômenos se originam no Atlântico, mas adentram todo o interior do Nordeste, produzindo nuvens de chuva em sua extremidade e auxiliando na presença de ar seco em seu centro, gerando localmente áreas de altas pressões de forma temporária.

### **5.1.7 As linhas de instabilidades**

As Linhas de Instabilidade são bandas de nuvens geradoras de precipitações, geralmente de natureza cumulus, dispostas em formato de linha (Figura 32), originando assim o seu nome. Sua composição se deve principalmente à grande quantidade de radiação solar incidente sobre a região tropical, favorecendo o desenvolvimento das nuvens cumulus, que alcançam uma área maior à tarde e início da noite, sendo esse o período de máxima convecção e resultando em chuvas. Outro fator que contribui para o aumento das Linhas de Instabilidade, especialmente nos meses de fevereiro e março, é a proximidade com a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Ferreira e Mello, 2005).

Segundo Pereira (2018), as Linhas de Instabilidade se originam regularmente

na costa norte e leste do Nordeste do Brasil, sendo sua formação atribuída principalmente à intensa radiação solar sobre a região tropical, promovendo o desenvolvimento das nuvens cumulus. Essas linhas atingem sua máxima convecção à tarde e início da noite.

Souza (1998) explica que esse sistema formador das Linhas de Instabilidade ocorre devido à concepção de nuvens cumulonimbus, que têm tamanhos variados e se organizam em linhas ou curvas. As linhas compõem um sistema que se desenvolve em consonância com a circulação de mesoescala. As LIs manifestam-se no litoral e penetram no continente compostas por convecção, surgindo também a partir ou entre os campos de pressão, no continente.

Molion e Bernardo (2002) afirmam que as LIs têm uma duração curta, variando por algumas horas ou aproximadamente um dia. A aparição desses sistemas na costa do Nordeste brasileiro também pode estar intimamente relacionada à circulação de brisas. Cohen et al. (2009) afirmam que o tempo médio de ação de uma LI é de aproximadamente entre 10 e 20 horas para as Linhas de Instabilidade Convectivas (LIC) e Linhas de Instabilidade Pós-frontais (LIP).

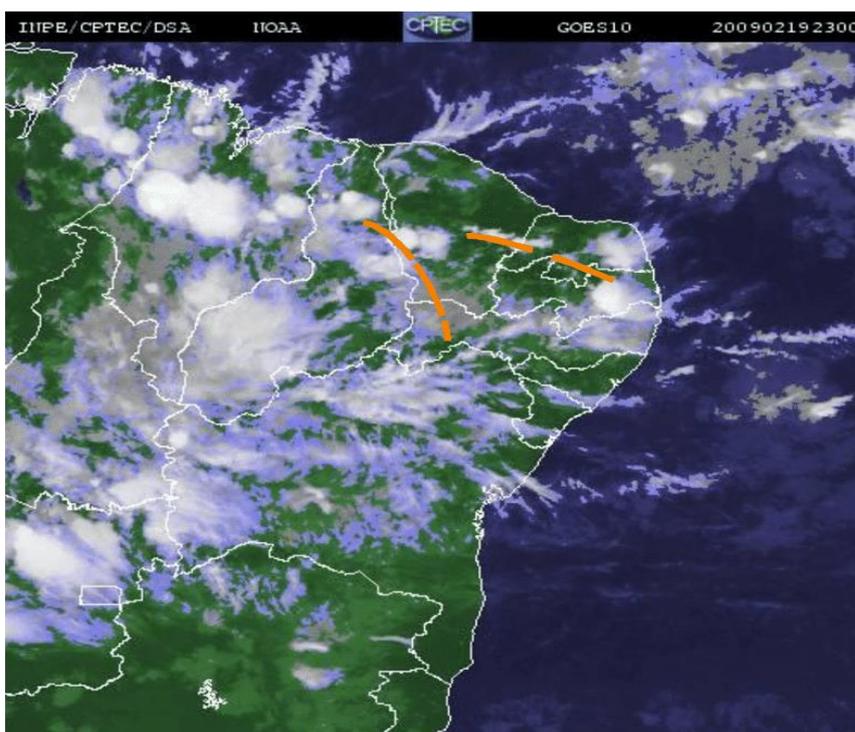
De acordo com Cavalcanti e Kousky (1982), as LIs são fenômenos meteorológicos de mesoescala (Figura 16 a) que ocorrem predominantemente durante o período do verão-outono, habitualmente entre os meses de novembro a março.

Para a Funceme (2006), as linhas de instabilidade atuantes na costa nordestina são formadas devido às ações das brisas marítimas e às linhas de convergência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

As linhas de instabilidade são importantes sistemas meteorológicos que frequentemente causam condições de tempo severo, como tempestades, chuvas intensas e ventos fortes. De acordo com Mendonça et al. (2018), essas linhas são caracterizadas por uma banda de nuvens alongada, muitas vezes associada a uma frente fria ou a uma convergência de massas de ar, que se estende por centenas de quilômetros. A formação das linhas de instabilidade está relacionada à instabilidade atmosférica e ao processo de convecção, onde o ar quente e úmido é forçado a subir, resultando na formação de nuvens de grande desenvolvimento vertical e na ocorrência de precipitação.

A intensidade e a duração das linhas de instabilidade podem variar amplamente, dependendo das condições atmosféricas locais e da interação com outros sistemas meteorológicos. Conforme destaca Pinto et al. (2020), esses sistemas são frequentemente observados em áreas tropicais e subtropicais, onde as condições de calor e umidade favorecem o desenvolvimento de instabilidades atmosféricas. As linhas de instabilidade são importantes para o ciclo hidrológico, contribuindo significativamente para a recarga de reservatórios de água e para o fornecimento de chuvas em regiões agrícolas, mas também podem representar riscos, como inundações e deslizamentos de terra, exigindo monitoramento e prevenção adequados.

**Figura 32:** Linhas de Instabilidade (LI) na imagem de satélite GOES.



**Fonte:** AMORIM et al, 2015.

Pereira (2014) verificou, por meio da análise rítmica direcionada para João Pessoa (PB), especificamente na Zona da Mata, que esse sistema opera nesta região do Nordeste brasileiro aproximadamente durante todo o ano, sendo mais acentuado entre os primeiros meses do ano até julho e pouco notável durante a estação da primavera.

É relevante ressaltar a observação realizada por Molion e Bernardo (2002), que afirmam que existem linhas de instabilidade denominadas pré-frontais. Eles apontam que essas linhas são decorrentes da "aproximação de frentes provenientes do sul, muitas vezes provocando o surgimento de linhas de instabilidade que se propagam em sua vanguarda paralelas às mesmas".

Segundo Cohen et al. (2009), o sistema de Linhas de Instabilidade (LI) pode ser descrito por sua composição da seguinte maneira: na frente, várias nuvens cúmulos estão em formação; na borda da frente de convecção, encontram-se em formato de cúmulos-nimbus, ou seja, a própria LI com chuva acentuada e congruente; por fim, é possível identificar uma camada ampla de nuvens estratiformes na região da bigorna. Esses sistemas geralmente se originam na costa norte-nordeste da América do Sul e podem se expandir para o interior do continente, provocando frações significativas de precipitação.

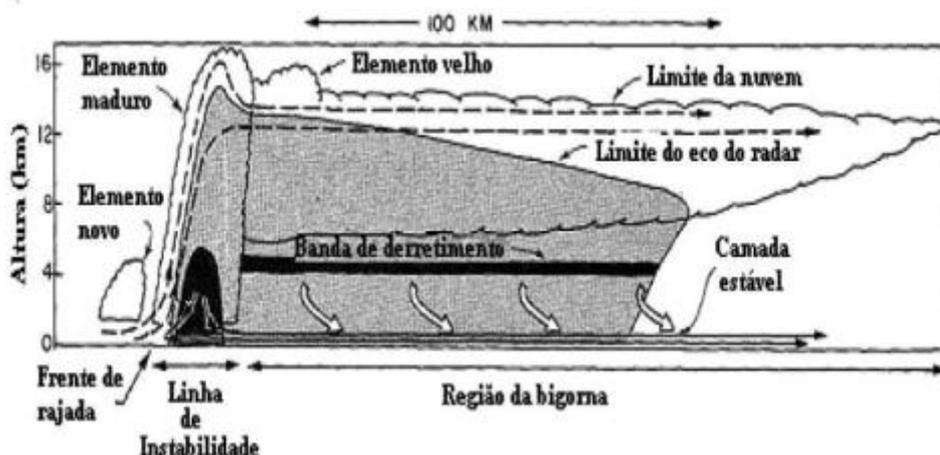
Alcântara et al. (2011) identificaram as Linhas de Instabilidade originando-se ao longo da costa norte-nordeste da seguinte forma: a) Linhas de Instabilidade Costeira (LIC) – se propagando horizontalmente rumo ao interior por até 170 km; Linhas de Instabilidade de Propagação do tipo P1 (LIP1) – com deslocamento horizontal entre 170 e 400 km; e Linhas de Instabilidade com propagação tipo 2 (LIP2), denotando deslocamento horizontal superior a 400 km.

Autores como Kousky (1980), Cavalcanti e Kousky (1982), Cohen et al. (1989), Garstang et al. (1994), Greco et al. (1994), Barros (2009), Alcântara (2011) indicam que essas linhas de nebulosidade envolvem as regiões de convecção profunda, podendo ser contínuas ou não. As linhas costeiras apresentam um limiar, uma faixa de nebulosidade correspondente a uma LI com comprimento de 1400 km e largura de 170 km, com a maior atividade convectiva ocorrendo no final da tarde ou início da noite.

De acordo com Silva e Satyamurty (2004), o período do dia principal para a geração dessas linhas é durante a tarde, em resposta à entrada da brisa marítima na região costeira. Cohen et al. (1989) afirmam que as Linhas de Instabilidade ocorrem habitualmente entre abril e agosto, contribuindo para o aumento dos valores de precipitação nas áreas afetadas e um ineficaz transporte vertical de aerossóis e gases traço.

Conforme Cohen et al. (2009), no que diz respeito ao período de atuação, seus estudos realizados entre 1979 e 1986 confirmam que os sistemas de Linhas de Instabilidade podem ser identificados durante todo o ano, com maior regularidade entre os meses de abril a agosto, apresentando uma velocidade média de propagação variando entre 12 e 16 m/s (um sistema de LI foi representado conforme o esquema abaixo):

**Figura 33:** Seção vertical esquemática de um sistema de Linha de Instabilidade tropical



Fonte: ALCANTARA, 2011.

De acordo com Alcântara (2011), as Linhas de Instabilidade (LI's), assim como os demais sistemas atmosféricos, também sofrem influências de outros sistemas, como a ZCIT, o ENOS, El Niño e La Niña, além dos JBNs na região da Amazônia.

Cohen et al. (2009) afirmam que o El Niño e a La Niña exercem influência sobre as LI's. No caso do El Niño, essa influência ocorre em anos em que as LI's se originam mais ao norte de seu local habitual de formação, alcançando o litoral venezuelano até a costa do Amapá. Já a La Niña tem sua influência nas LI's manifestando-se mais ao sul de seu local habitual de formação, abrangendo assim todo o litoral norte e nordeste do Brasil.

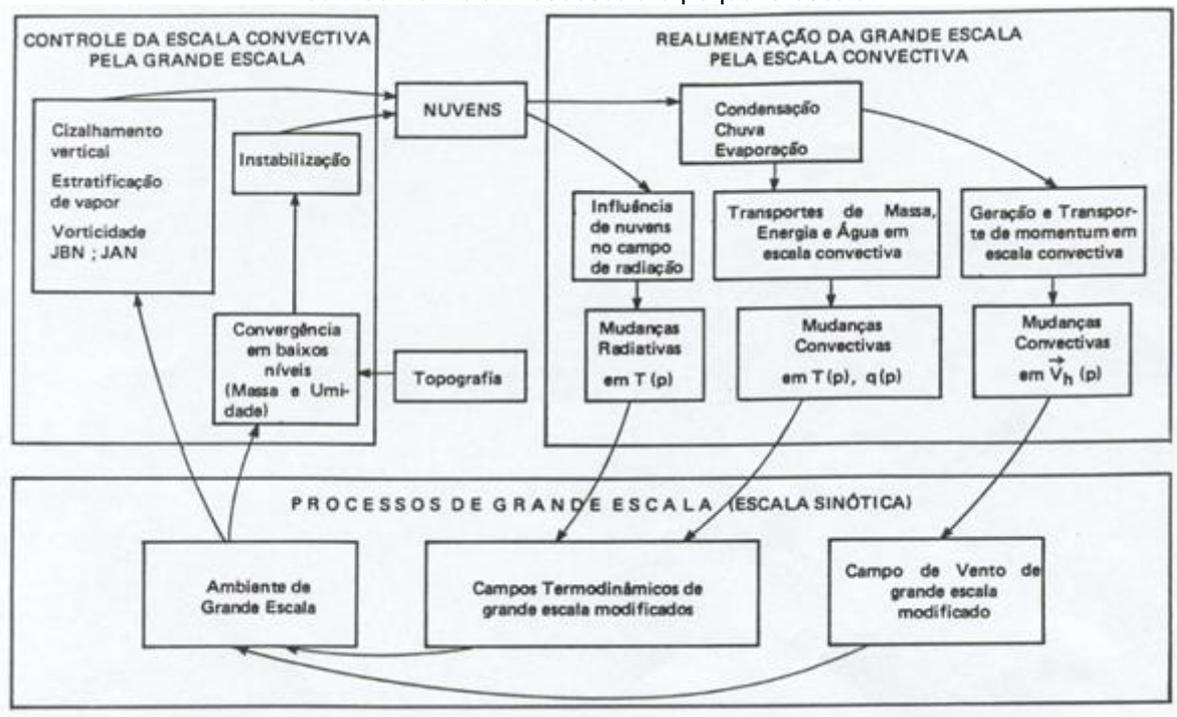
Segundo Cohen et al. (2009), em relação à intensidade de atuação desses sistemas, é importante destacar que os fenômenos são de forte intensidade no início do ano até meados de março. Entretanto, ao longo do mês de abril, ocorre a prevalência das LI's de média intensidade, e, posteriormente, em setembro, as LI's com baixa intensidade, sendo estas mais recorrentes.

Conforme Cavalcanti e Kousky (1982), a forte intensidade das LI no início do ano é causada pela locomoção latitudinal da ZCIT, entre março e abril, quando ela se estabelece ao longo do litoral norte brasileiro, sendo este o centro de formação das LI's. Entre agosto e setembro, a ZCIT apresenta-se estabelecida em latitudes mais ao norte, em virtude do enfraquecimento das LI's.

### 5.1.8 Os Complexos Convectivos de Mesoescala – CCM'S

A sua origem está correlacionada à interação entre jatos de altos níveis (ar mais frio e mais seco) e jatos de baixos níveis (com ar mais quente e mais úmido) provocando um desequilíbrio térmico ao qual leva à convecção intensa, formando assim um tipo de sistema convectivo de mesoescala (MADDOX, 1980).

**Figura 34:** Diagrama esquemático de interação entre grande escala e escala convectiva. Escala convectiva inclui mesoescala e pequena escala.



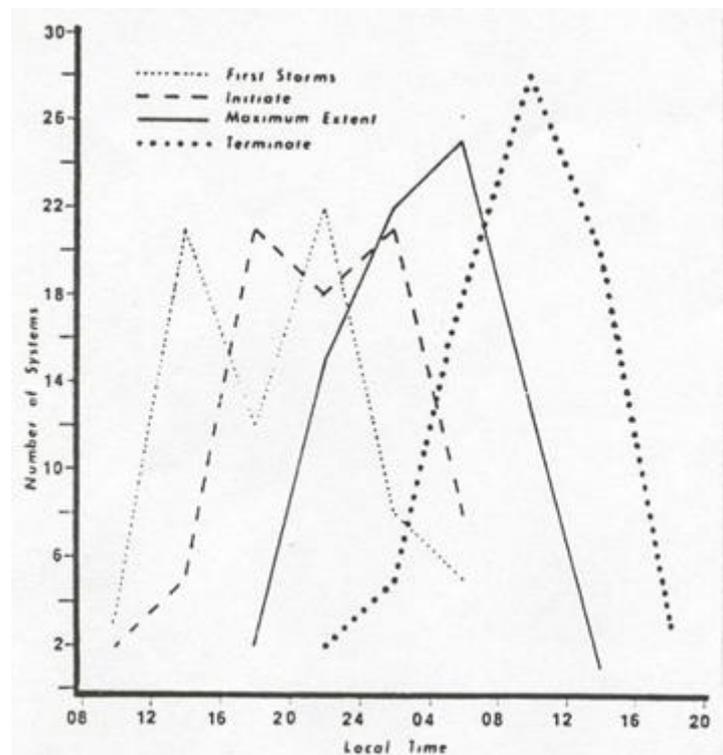
Fonte: Silva Dias (1987)

Segundo Ferreira (2016), os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's) (Figura 13) podem apresentar excentricidade igual ou superior a 0.7, área igual ou superior a 100.000 km<sup>2</sup>, com temperatura de brilho (T<sub>b</sub>) abaixo de -32°C. Na porção interna do sistema, também possuem uma área de 50.000 km<sup>2</sup> com T<sub>b</sub> ≤ -52°C, e todos esses parâmetros destacados devem persistir por 6 horas ou mais.

Os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCMs) são responsáveis por grande parte do volume de precipitação na região tropical, bem como em áreas localizadas em latitudes médias durante o período mais quente do ano. A convecção apresenta uma característica distintiva, que é a sua organização em várias escalas espaciais, podendo variar desde células isoladas (de algumas centenas de metros) até grandes aglomerados convectivos (milhares de quilômetros). Esses sistemas têm ciclos de vida com duração de dias e são formados por diferentes tipos de nuvens (SILVA DIAS et al., 2009).

De acordo com Silva Dias (1987), as categorias dos CCM's podem ser divididas, respectivamente, em: gênese, estágio maduro e dissipação. Geralmente, caracterizam-se por um sistema meteorológico vigoroso, associado a ventos intensos, chuvas abundantes e recorrentes quedas de granizo. Têm uma duração média de 18 horas, estando relacionados a eventos climáticos adversos no sul do Brasil e, principalmente, no norte e nordeste da Argentina.

**Figura 35:** Ciclo de vida de MCCs sobre latitudes médias da América do Sul para as estações quentes

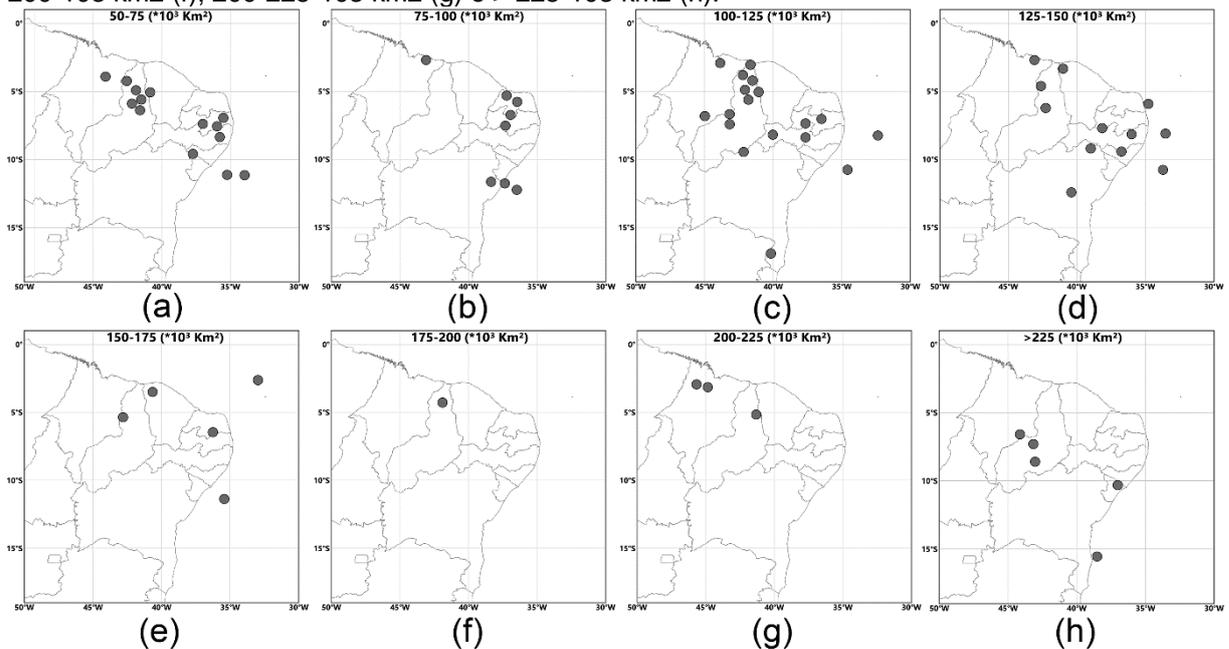


Fonte: Silva Dias (1987)

Silva e Dias et al. (2009) observaram que a gênese dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's) geralmente ocorre no final da tarde e no início

da noite, quando as primeiras células convectivas se formam em locais com condições propícias para a convecção. Quanto ao estágio maduro, tende a ocorrer no período da madrugada, durante o auge dos Jatos de Baixos Níveis (JBNs), quando os componentes de convecção continuam a se formar. Nesta etapa, tempestades intensas ainda podem ocorrer, mas é mais comum o desenvolvimento de fortes chuvas localizadas. É importante destacar que grande parte dos CCMs se origina em associação com os JBNs, fluxos de ar quente e úmido com velocidade máxima e dispostos a cerca de 3.000 metros de altitude, provenientes da Amazônia, contribuindo assim para o aumento das precipitações nas áreas onde os CCMs estão se formando (Figura 6).

**Figura 36:** Localizações dos centros dos CCM conforme suas áreas de extensão máxima: 50-75·103 km<sup>2</sup> (a); 75-100·103 km<sup>2</sup> (b); 100-125·103 km<sup>2</sup> (c); 125-150·103 km<sup>2</sup> (d); 150-175·103 km<sup>2</sup> (e); 175-200·103 km<sup>2</sup> (f); 200-225·103 km<sup>2</sup> (g) e > 225·103 km<sup>2</sup> (h).



Fonte: Lyra et al, 2020.

Anabor (2004) descreve que a evolução dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's) compreende três etapas: desenvolvimento, maturação e dissipação, cada uma caracterizada da seguinte forma. Na fase de desenvolvimento, ocorre concomitantemente com a precipitação descendente de ar frio originado do interior das células da tempestade. A atuação dessas correntes descendentes resulta na formação de um sistema de alta pressão frio (de mesoescala) sob a tempestade, conhecido como meso-alta-fria (cold pool). Essa meso-alta-fria atua como uma frente

fria em escala menor, estendendo-se e sendo alimentada pelas correntes descendentes. Ela serve como uma força mecânica para a entrada de umidade e calor no sistema, agindo como um gatilho para a geração de novas células convectivas nas proximidades (ANABOR, 2004).

Quanto à fase de maturação, conforme Anabor (2004), esta etapa ocorre acima da área de desenvolvimento, nos níveis médios da troposfera. Existe um local de convergência que favorece as correntes ascendentes, alimentando a convecção. As células novas dos CCM's mantêm seu desenvolvimento, e o surgimento de novas células ocorre preferencialmente no sentido oposto às correntes úmidas que se dirigem para dentro do sistema. Nesta fase, a meso-alta-fria expande-se cada vez mais com a potencialização das correntes descendentes, resultando no aumento das áreas potencialmente voláteis nas proximidades. Na fase madura, os CCM's ou os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM's) atingem sua amplitude máxima, causando uma ampla área de precipitação, fortes chuvas, granizo e rajadas de vento em pontos localizados.

A fase de dissipação ocorre logo acima da meso-alta-fria, iniciando a formação de uma meso-alta-quente (centro de baixa pressão formado pelo núcleo quente do sistema). A meso-alta-fria começa a se estender verticalmente em direção aos níveis superiores da troposfera à medida que se propaga. Com o avanço para áreas de baixa quantidade de "energia convectiva", inicia-se uma abrupta mudança nas características do CCM, resultando no enfraquecimento dos componentes convectivos do sistema. Esse enfraquecimento prejudica a alimentação do sistema, iniciando assim o processo de dissipação. Os núcleos convectivos começam a se desestruturar, e a nebulosidade passa a apresentar características estratiformes (ANABOR, 2004).

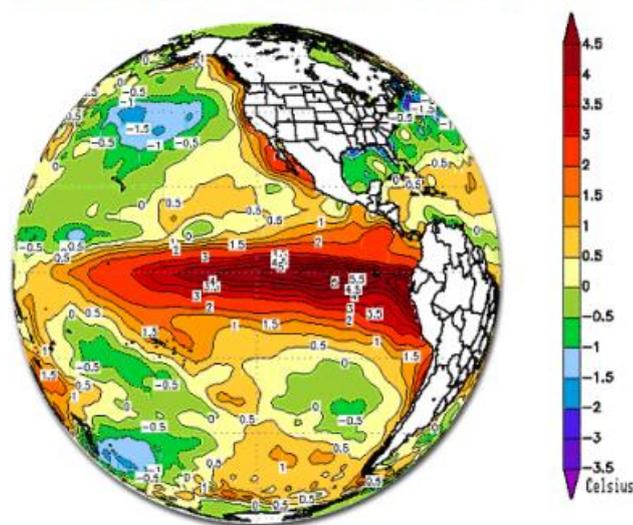
### **5.1.9 As teleconexões - El niño e La niña**

Uma das principais fontes de variabilidade interanual do clima na superfície terrestre é caracterizada por uma oscilação acoplada oceano/atmosfera, que gera variações na Temperatura da Superfície do Mar (TSM), pressão, regime de ventos e na convecção tropical, principalmente no Oceano Pacífico. Esse fenômeno é conhecido como El Niño Oscilação Sul (ENOS), e suas fases opostas são chamadas de episódios El Niño e La Niña (OLIVA, 2019).

O fenômeno El Niño é definido pelo aquecimento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial Oriental. Esse aquecimento ocorre em uma etapa típica do El Niño, ao longo de um período de 12 a 18 meses. A evolução típica desse fenômeno manifesta uma tendência dar início no começo do ano, atingindo sua máxima intensidade em dezembro do ano de surgimento e janeiro do ano seguinte, enfraquecendo-se no meio do ano seguinte ao surgimento (CARVALHO; JONES; LIEBMANN, 2004).

Com o aumento da temperatura das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial, elevam-se os fluxos de calor sensível e de vapor d'água para a atmosfera, causando alterações na circulação atmosférica e na precipitação em escala regional e global, conforme Kousky e Ropelewski (1989). Durante episódios El Niño, a TSM nas regiões central e leste do Pacífico Equatorial fica mais elevada do que o normal, ampliando as condições de convecção nessas áreas. Simultaneamente, ocorre resfriamento no Pacífico Oeste, levando à redução da convecção e precipitação. Isso resulta no afastamento ou enfraquecimento da zona de convergência, intensificação dos Jatos de Baixos Níveis (JBNs) e presença da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). O fluxo dominante NO-SE nesse cenário obstrui o fornecimento de calor e umidade para os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs) por parte dos JBNs (GRIMM, 2009).

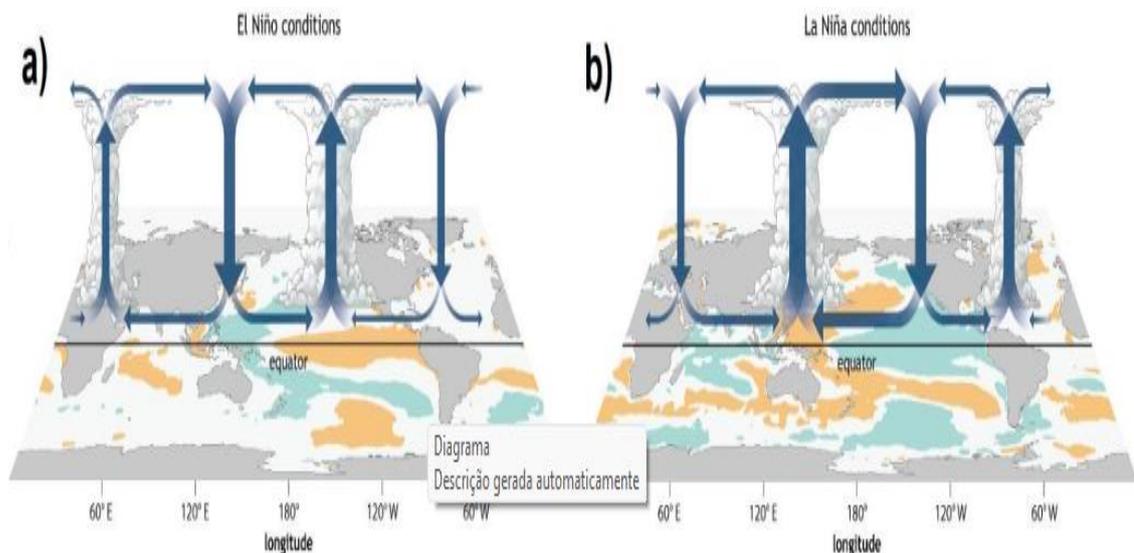
**Figura 37:** Anomalia de TSM em dezembro de 2009.  
Anomalia de Temperatura Superficial do Mar em dezembro de 2009



Fonte: CPTEC/INPE (2009).

Segundo Oliva (2019), nos trópicos, anomalias positivas na Temperatura da Superfície do Mar (TSM) elevam o fluxo de calor e umidade para a atmosfera, reduzindo a pressão na superfície e ampliando a convecção. No contexto do Brasil, esse padrão de variabilidade exerce uma grande influência sobre a precipitação. Durante eventos de El Niño, as regiões Norte e Nordeste do Brasil experimentam anomalias negativas na precipitação, enquanto no Sul do Brasil, ao sul de 20°S, ocorrem anomalias positivas. Em episódios de La Niña, a situação é antagônica, com volumes de chuva acima da média nas regiões Norte e Nordeste e abaixo da média no Sul do Brasil.

**Figura 38:** Comportamento da Célula de Circulação Zonal de Walker em condições de a) El Niño; b) La Niña



**Fonte:** National Oceanic Atmosphere Administration, 2014

Segundo Oliva (2019), o período positivo do evento conhecido como El Niño provoca o aumento das temperaturas e das chuvas na costa oeste da América do Sul. No Brasil, isso se traduz em elevadas temperaturas na região Sudeste, chuvas intensas no Sul e temperaturas elevadas com tempo seco no Nordeste. Já no período negativo, chamado de La Niña, ocorrem condições climáticas distintas em várias regiões do mundo. No Sudeste do Brasil, ocorre um aumento de frio, tempo seco no Sul e chuvas no Nordeste (Fedorova; Carvalho, 2000; Grimm, 2003, 2004; Kousky e Cavalcanti, 1984; Shimizu et al., 2017).

Guedes (1985) aponta que o El Niño afeta predominantemente três regiões no Brasil: o semiárido do Nordeste, partes norte e leste da Amazônia e o Sul do Brasil e

suas adjacências. Durante os episódios de El Niño, a Região Sul do Brasil é impactada por um aumento na precipitação, especialmente durante a primavera do ano do início do evento e no final do outono e início do inverno do ano seguinte. No entanto, na Região Norte e leste da Amazônia, bem como no Nordeste do Brasil, há uma redução na precipitação, principalmente no último ano de ocorrência do El Niño, entre fevereiro e maio, durante a estação chuvosa do semiárido. No Sudeste do Brasil, ocorre um aumento nas temperaturas, tornando o inverno mais ameno. Em outras regiões do país, os efeitos são menos perceptíveis e variam entre os eventos.

Carvalho et al. (2004) observam que as anomalias de chuva na Região Nordeste do Brasil durante nove episódios de El Niño verificados nos últimos 50 anos foram, em geral, negativas nos meses da estação chuvosa do semiárido (fevereiro a maio). No entanto, no segundo ano de duração do episódio, na Região Sul, as anomalias de chuva foram predominantemente positivas, especialmente na primavera do ano de início e outono do ano seguinte do El Niño.

Kousky e Ropelewski (1989) destacam que o fenômeno El Niño é um dos principais influenciadores da quadra chuvosa no norte do Nordeste brasileiro. Durante anos de incidência do El Niño, a circulação atmosférica exibe um movimento vertical de subsidência sobre o nordeste brasileiro, atuando como um obstáculo para a formação de nuvens e precipitação. Vale ressaltar que os vórtices de grande escala que atuam sobre a região também podem ser responsáveis por alterações na quantidade de chuva na quadra chuvosa.

Cavalcanti (1982) observa que as chuvas sobre a parte norte do NEB durante o período mais chuvoso (fevereiro a maio) se apresentam mais intensas que o normal quando ocorre resfriamento nas águas do Oceano Pacífico Equatorial, caracterizando-se, em alguns casos, como dependente da configuração de vários parâmetros (ventos e pressão) junto à superfície oceânica e à Temperatura da Superfície do Mar (TSM), denominando esse resfriamento como La Niña.

Quanto aos episódios de El Niño, Fedorova e Carvalho (2000) salientam que, devido ao grande número de registros, o fenômeno ganhou destaque na comunidade científica mundial. Entretanto, o conhecimento mais aprofundado do fenômeno é recente, visto que somente na década de 80 foi iniciado um acompanhamento mais efetivo com tecnologia moderna, como a instalação de inúmeras boias ancoradas na bacia do Pacífico Tropical, permitindo medições contínuas de variáveis meteorológicas e oceanográficas. Em episódios de El Niño, como o registrado em

1982-1983, um dos mais intensos do século XX, ocorreu uma seca extrema em partes do globo, incluindo Austrália, Indonésia, sul da África e na região do Sahel. No Brasil, cerca de 10 mil vítimas foram registradas, principalmente devido às chuvas extremas e inundações no centro-sul do país (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007).

## **6. OS PRODUTOS DO CANAL TERMODINÂMICO DO S.C.U. DE CAJAZEIRAS-PB: EXPRESSÃO LOCAL DAS INTER-RELAÇÕES DE USO E OCUPAÇÃO E PARÂMETROS CLIMÁTICOS DE UMA CIDADE PEQUENA.**

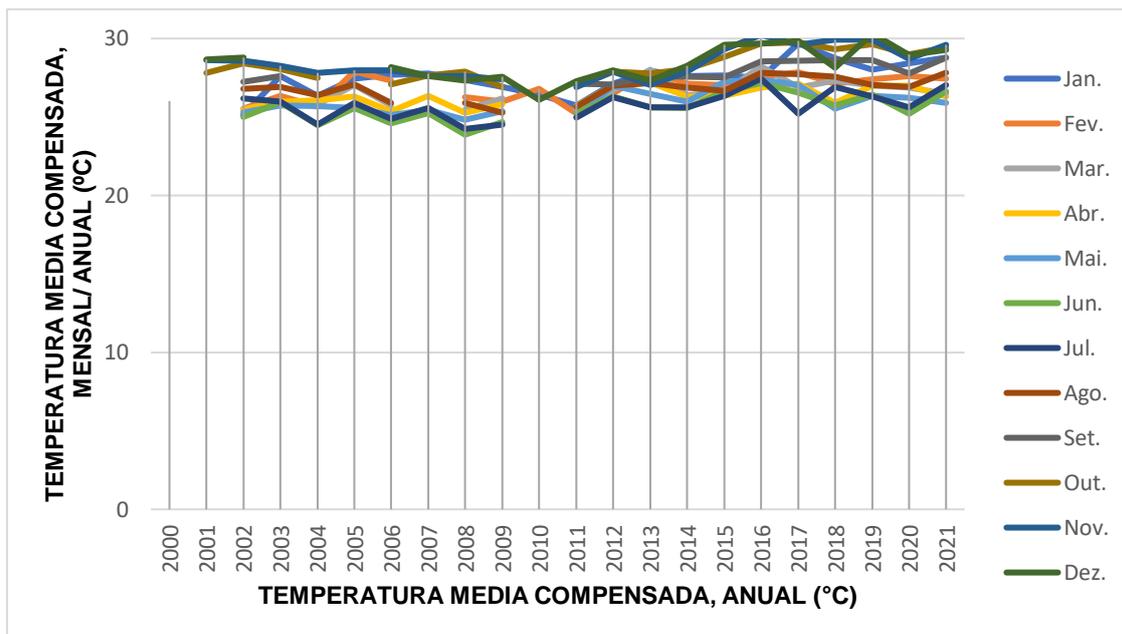
No sexto capítulo, realizou-se uma análise do campo térmico no município de Cajazeiras-PB. Essa análise compreendeu avaliações mensais, sazonais, anuais e interanuais das temperaturas. Além disso, buscou-se compreender como o uso e a ocupação do solo influenciam nas oscilações das temperaturas e umidades. O estudo foi conduzido por meio de cartas térmicas, dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e informações obtidas pelo Termohigrômetro datalogger Icel HT-4010. Ao final do capítulo, foram discutidos os efeitos da continentalidade na cidade de Cajazeiras-PB e a atuação dos sistemas atmosféricos no Brasil.

Para realizar a pesquisa na cidade de Cajazeiras – PB foram escolhidos pontos, nos quais cada um tem suas características que foram preponderantes para a escolha, detalhadas a seguir: ponto 01 – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. A escolha se deve a sua localização por está inserido na parte periférica da cidade de Cajazeiras-PB; ponto 02 – Secretaria de Cultura e Turismo - Prefeitura Municipal de Cajazeiras-PB. Nesse caso, também se deve a sua localização, porém, está na parte central e tem um corpo hídrico como influenciador; ponto 03 – Zona Central/EEEFM Monsenhor Constantino Vieira. A escolha se deu pelo fato de se encontrar localizada no centro da cidade e não tem arborização ao seu entorno.

### **6.1 ANÁLISE INTERANUAL DO CAMPO TÉRMICO**

Durante a pesquisa foram obtidos dados do INMET desde o mês de janeiro do ano 2000 até o mês de junho de 2022, do qual inicialmente analisou-se da temperatura média anual de janeiro de 2000 a dezembro de 2021, perante o gráfico a seguir.

**Gráfico 02** - Temperatura média compensada, anual (°C)



Fonte: autoria própria.

No gráfico anterior, percebe-se que, nos meses de março a julho, as temperaturas apresentam um declínio, enquanto nos meses de agosto a dezembro há um aumento exponencial das temperaturas médias. Entretanto, as médias das temperaturas se equilibram nos meses de janeiro e fevereiro. Observa-se também que nos últimos 6 anos (de 2016 a 2021), há uma variação entre as temperaturas, influenciada pela variabilidade na precipitação, conforme evidenciado nos anexos 25 e 26 deste trabalho. A análise da espacialização das chuvas em diferentes meses revela irregularidades nas temperaturas.

Quanto à temperatura máxima anual/mensal, nota-se essencialmente o mesmo comportamento do gráfico anterior. No entanto, destaca-se que, nos períodos de agosto a fevereiro desses anos, há uma estabilidade, semelhante ao período de março a julho. Esse padrão se mostra consistente, tanto em relação ao mesmo período nos anos de 2000 a 2015, quanto à redução abaixo da média em comparação com os demais meses do ano.

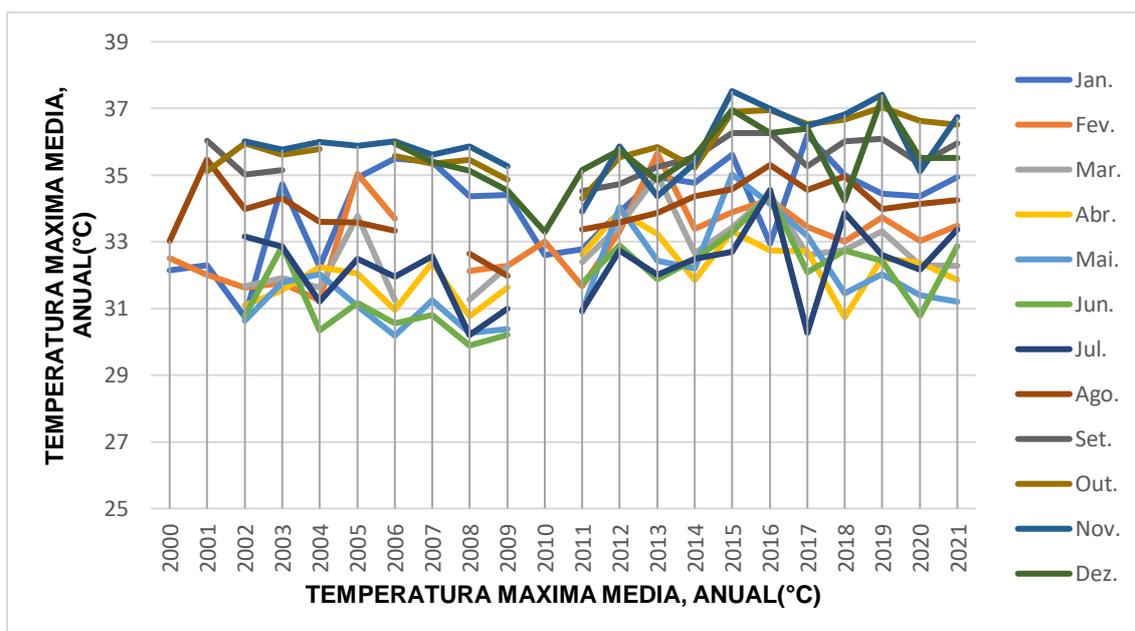
Ao analisar padrões climáticos do período em estudo, fica evidente as variações sazonais nas temperaturas e sua relação com a precipitação ao longo dos anos. A observação de declínio nas temperaturas de março a julho, seguido por um aumento exponencial de agosto a dezembro, sugere uma sazonalidade marcante. Essa variação pode ser atribuída a fatores como mudanças na incidência solar e na circulação atmosférica, influenciando o regime térmico da região.

A estabilidade nas temperaturas nos meses de janeiro e fevereiro, apesar de não explicitamente explicada no texto, pode estar associada a fenômenos climáticos como a influência de massas de ar e padrões de circulação atmosférica específicos para essa época do ano. Além disso, a variação interanual nas temperaturas ao longo dos últimos 6 anos sugere uma possível influência da variabilidade climática de longo prazo, como fenômenos climáticos globais, mudanças nos padrões de circulação atmosférica ou eventos climáticos extremos.

Quanto à análise das temperaturas máximas anuais/mensais, a estabilidade observada nos períodos de agosto a fevereiro contrasta com a redução abaixo da média nos demais meses do ano. Essa consistência sugere uma possível influência sazonal mais forte durante esses meses, enquanto outros fatores climáticos podem contribuir para variações nas temperaturas em outros períodos. A relação entre temperatura e precipitação também é mencionada, indicando uma interdependência entre esses dois parâmetros climáticos na região analisada.

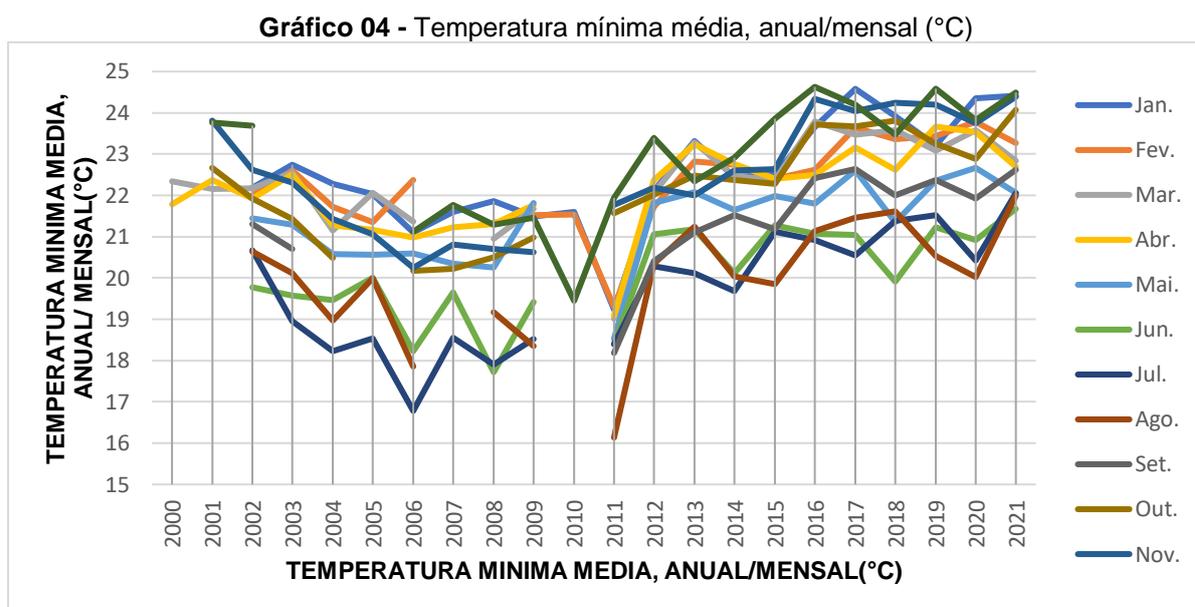
No entanto, para uma análise mais robusta, seria importante considerar dados adicionais, como padrões de circulação atmosférica, variações na cobertura de nuvens e influências de fenômenos climáticos de larga escala, para compreender completamente os padrões observados nas temperaturas ao longo do tempo.

**Gráfico 03 - Temperatura máxima média, anual (°C)**



Fonte: autoria própria.

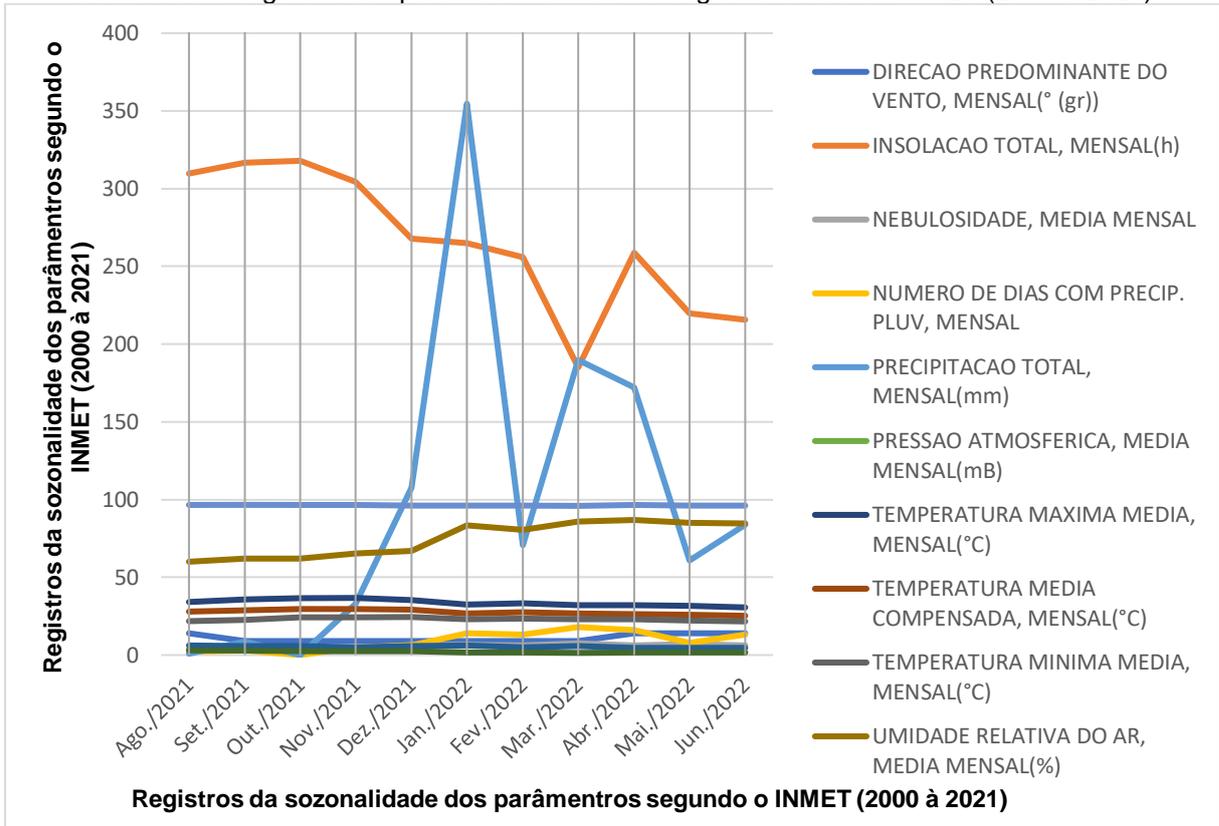
Quanto às temperaturas mínimas coletadas nos registros do INMET, verificou-se a maior discrepância perante os gráficos anteriores, onde a concentração de chuvas fez com que as temperaturas decaíssem, observando-se tal redução no período de 2003 a 2006 e 2011 a 2012, anos em que apresentam maior concentração de chuvas (pode ser verificado nos apêndices 25 e 26).



## 6.2 ANÁLISES ANUAIS DO CAMPO TÉRMICO

Após a busca desses dados, realizou-se o processo de seleção e recorte referente ao período da pesquisa, compreendido entre agosto de 2021 e junho de 2022. Nesse recorte, destaca-se um evento fora dos padrões climáticos da região, notadamente no mês de janeiro. É evidente que essa concentração atípica resultou em uma queda nas temperaturas, tanto nos registros de temperatura máxima, mínima quanto média, conforme ilustrado no gráfico abaixo.

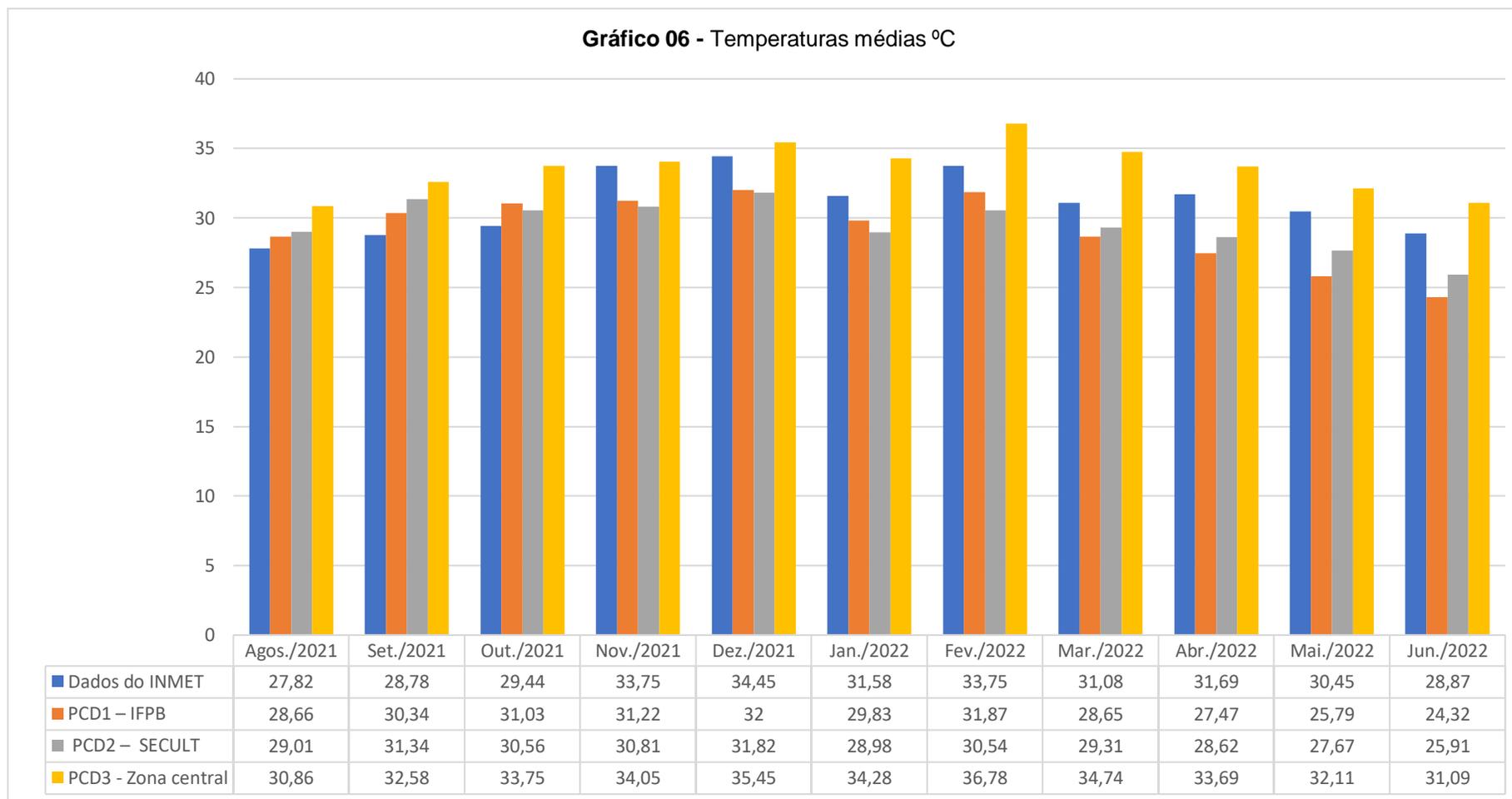
Entretanto, durante esse mesmo período, observa-se também uma redução na incidência de insolação. Além disso, é possível verificar um aumento da insolação entre os meses de agosto a outubro e de março a abril, enquanto ocorre uma redução nos meses de novembro a fevereiro e de maio a junho. A espacialidade das chuvas, característica desde o ano de 2016, assim como outros elementos pesquisados, também é analisada.

**Gráfico 05 - Registros dos parâmetros climáticos segundo dados do INMET (2000 à 2021)**

**Fonte:** autoria própria.

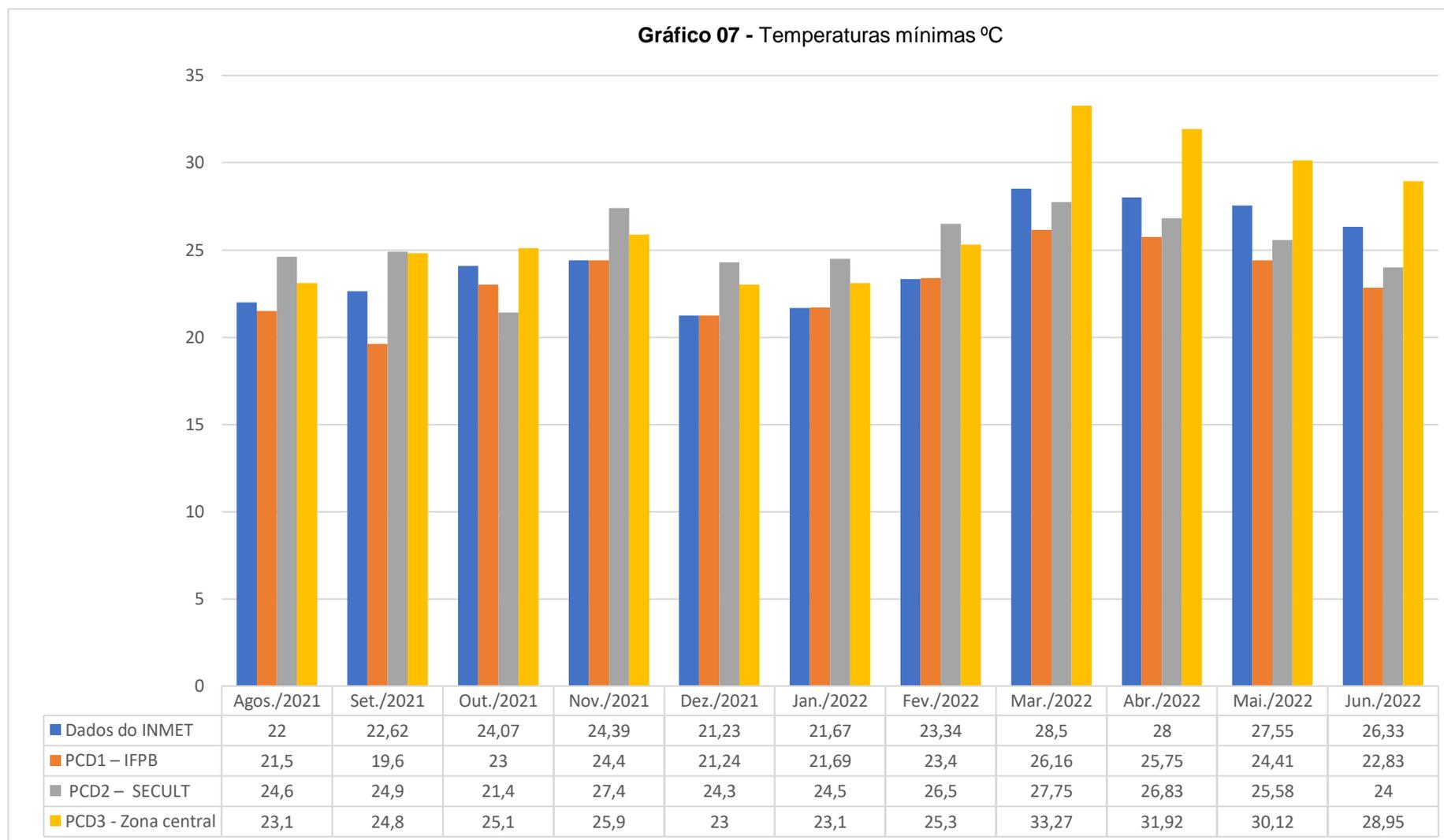
Diante das considerações apresentadas e abordadas no tópico anterior, as sete amostras coletadas revelaram dados tanto semelhantes quanto divergentes. Os dados do INMET foram considerados como a referência para a aferição do padrão climático local/regional do Alto Sertão paraibano.

A seguir, serão apresentados os gráficos elaborados com base nos dados coletados na cidade de Cajazeiras-PB. Realizou-se a tabulação dos dados relativos às médias das temperaturas dos cinco pontos de coleta e do INMET, referentes ao período da pesquisa. Os gráficos obtidos são os seguintes:

**Gráfico 06 - Temperaturas médias °C****Gráfico 06 - Temperaturas médias °C**

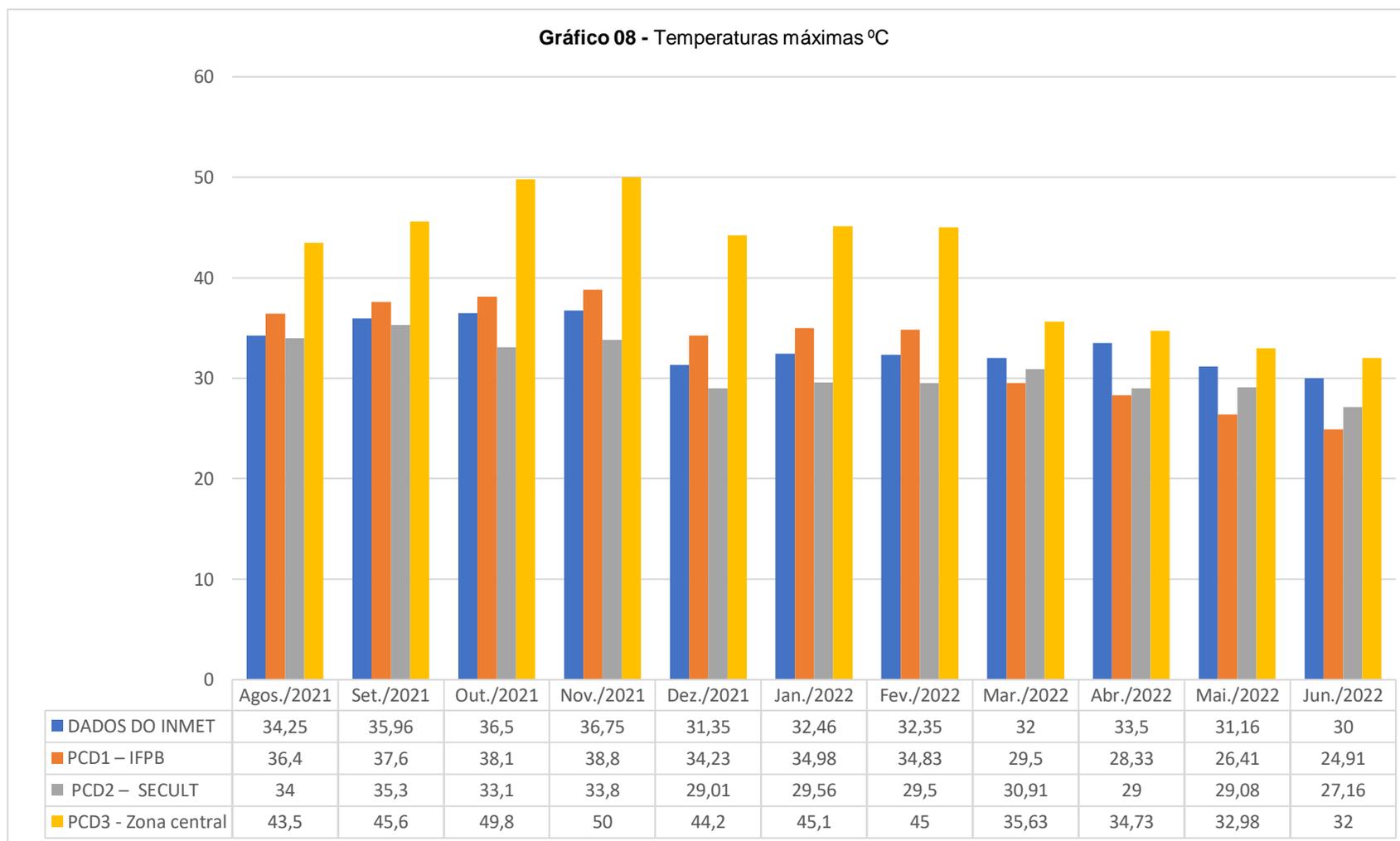
Fonte: autoria própria.

Gráfico 07 - Temperaturas mínimas °C



Fonte: autoria própria.

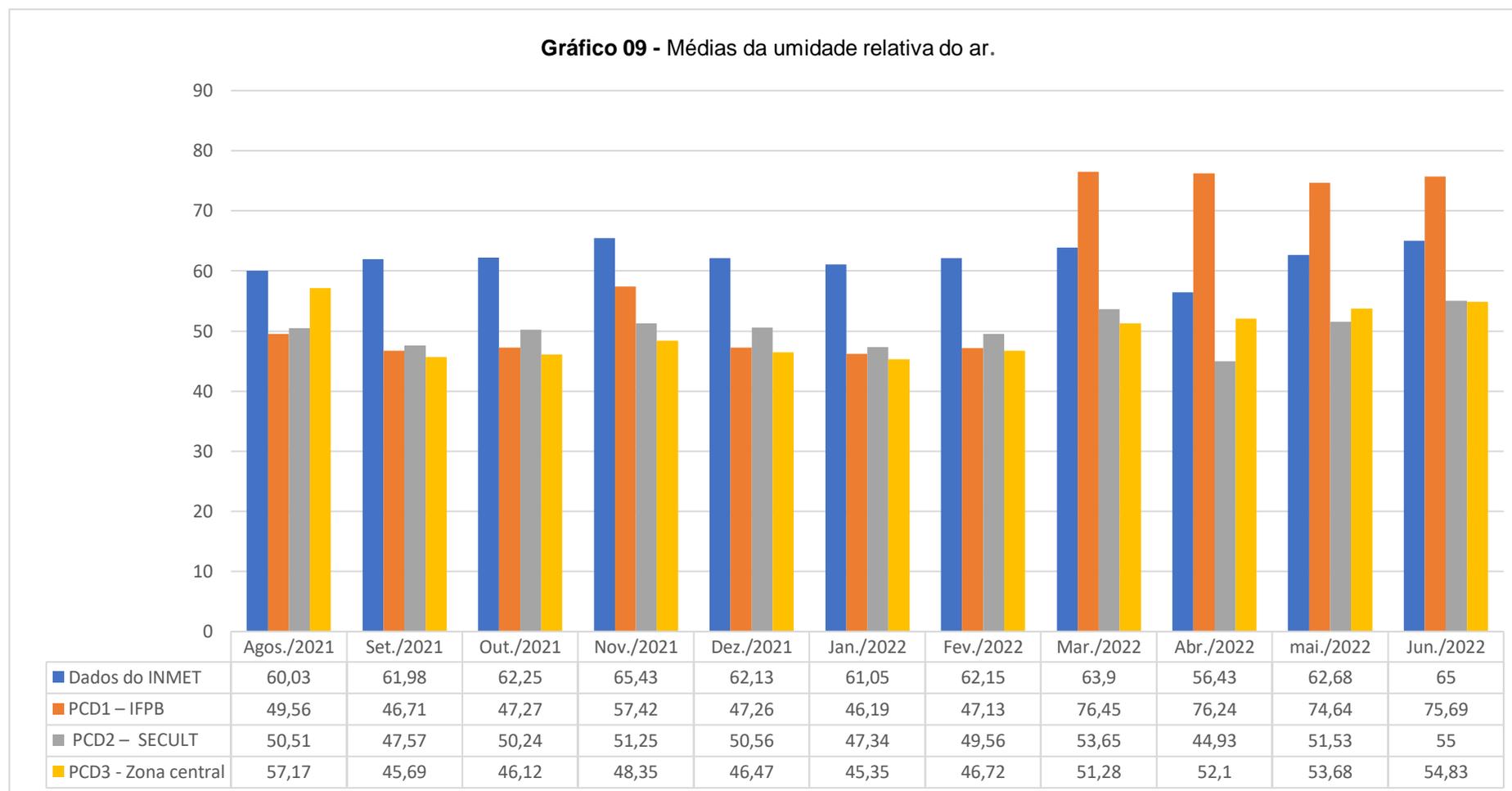
Gráfico 08 - Temperaturas máximas °C



Fonte: autoria própria.

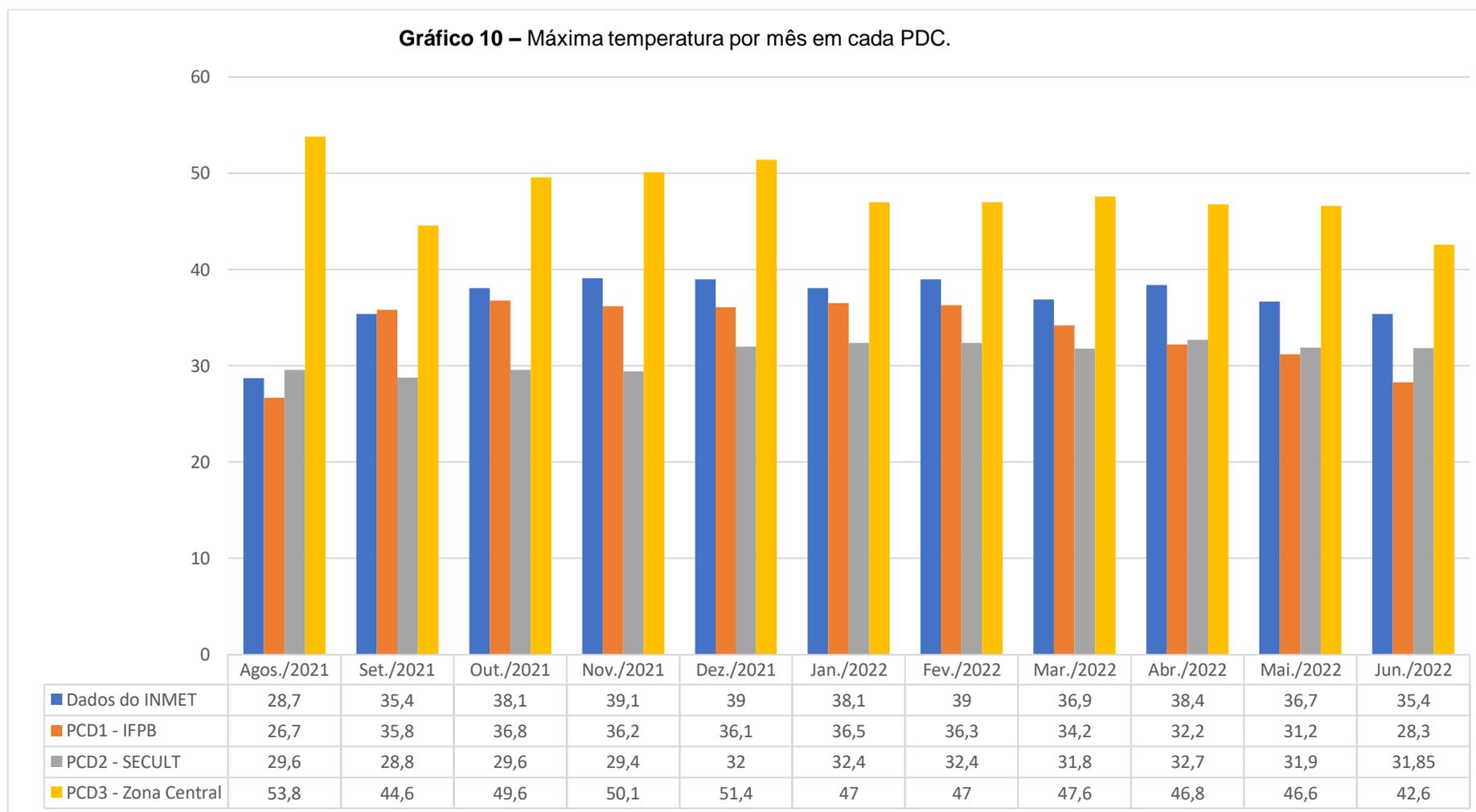
Gráfico 09 - Médias da umidade relativa do ar

Gráfico 09 - Médias da umidade relativa do ar.



Fonte: autoria própria.

Gráfico 10 – Máxima temperatura por mês em cada PDC.



Fonte: autoria própria.

No gráfico 7, que representa as temperaturas médias, observa-se um aumento nas médias das temperaturas em novembro e dezembro em ambos os locais de coleta de dados, enquanto no INMET nota-se um valor mais constante ou similar. No entanto, observa-se um aumento acima do apresentado nos meses seguintes nos dados do INMET, bem como em outros pontos de coleta, e verifica-se que nos pontos de coleta de dados 03, 01 e 02 há um aumento constante até dezembro, seguido por uma queda nos meses de janeiro a junho.

Quanto ao gráfico 8, relacionado às temperaturas mínimas, observa-se o crescimento das temperaturas mínimas nos dados obtidos pelo INMET, 01 e 02. Nos outros locais de coleta de dados, notou-se um crescimento seguido de queda nas temperaturas mínimas e, sequencialmente, uma elevação. No ponto 03, fica evidente a superioridade das temperaturas em relação aos demais locais de coleta.

O gráfico 9, referente às temperaturas máximas, mostra uma similaridade com os registros verificados no gráfico 1, onde todos apresentam um crescimento em relação às temperaturas máximas. No entanto, o ponto 02 (SECULT) de coleta de dados apresenta uma queda no crescimento, e o ponto 03 (EEEFM Monsenhor Constantino Vieira – Comercial) apresenta um aumento constante e variação durante o registro das temperaturas máximas.

No gráfico 10, que aborda as médias da umidade relativa do ar, nota-se que o INMET é o único a demonstrar um crescimento durante os meses de aferição de dados. Todos os pontos de coleta de dados apresentam uma variação nos registros de dados, com quedas e altas sequenciais nos registros. Nos meses de janeiro e fevereiro, o INMET permanece crescendo, enquanto os demais pontos de coleta de dados mostram queda nos números.

Durante a aferição dos dados, torna-se evidente que o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) é o padrão climático local/regional do Alto Sertão paraibano. Os locais de coleta de dados demonstram alterações em seu meio, com graus diferentes.

O município em estudo, localizado a cerca de 500 km da zona litorânea mais próxima, apresenta diariamente um volume alto de irradiação solar, prevalecendo o fenômeno da continentalidade e o aumento da intensidade de insolação, resultando em elevação das temperaturas. A cidade de Cajazeiras possui um período diurno

quente e noturno ameno, convergindo com as literaturas apresentadas, além de uma amplitude térmica relativamente alta.

No gráfico 11, verifica-se que no ponto de coleta de dados PCD 03, as temperaturas máximas se mantêm equilibradas até o mês de maio, onde foram registradas temperaturas acima de 44,6°C. A partir de junho, há uma queda de aproximadamente 2°C. Nos demais PCDs (01 e 02), observa-se uma queda gradativa mês a mês, mas a queda mais significativa ocorre nos meses de maio e junho. Quanto aos dados do INMET, estabelecidos como dados-base, segue o mesmo padrão que os PCDs (01 e 02), mas sem nenhuma elevação ou redução significativa.

É necessário observar que, durante o período de coleta de dados, alguns elementos podem modificar e explicar tais oscilações/mudanças de padrões. A diferença exacerbada de temperaturas nos PCDs (01, 02, 03) pode ser atribuída à quantidade de elementos antrópicos (casas, prédios, camada asfáltica, circulação de pessoas e veículos de alto porte) e ao fluxo de energia que circula entre eles. Conforme Monteiro (1976), quanto maior o fluxo de energia circulante, tende a gerar maior quantidade de calor, refletindo nas temperaturas. O PCD 03, por estar na zona central da cidade e possuir maior quantidade de elementos antrópicos e circulação de energia, gera significativamente mais calor, extrapolando os padrões regionais considerados nos dados do INMET. A mesma análise pode ser aplicada ao PCD 02, que está em fase de alteração de seu comportamento regional, e ao PCD 01, que se aproxima dos padrões regionais.

Além dos elementos antrópicos, devem-se analisar os fatores naturais intensificadores dessas condições e registros. Durante o segundo semestre de 2021 (de agosto a dezembro), as elevadas temperaturas foram inicialmente causadas pela ação da teleconexão denominada El Niño, que provoca secas prolongadas e aumento da evapotranspiração, resultando no aumento das temperaturas. Esse fenômeno tem uma duração mínima de 12 meses. Além disso, a atuação dos Complexos Convectivos de Mesoescala, ativos entre agosto e novembro, com duração de seis horas diárias ou mais em alguns locais, também contribui para a elevação das temperaturas. Esses complexos apresentam jatos de alto nível de ar seco e frio na região, podendo provocar fortes precipitações

### 6.3 O CAMPO TÉRMICO NA CIDADE DE CAJAZEIRAS-PB

Após todos os dados expostos anteriormente, pode-se espacializar os dados ainda mais e verificar que, em alguns dias do período estudado e escolhido para a pesquisa, foi notória a discrepância entre as temperaturas máximas e mínimas nos períodos secos e chuvosos da região, bem como nos horários da própria cidade.

Quando espacializamos a análise dos dados registrados e obtidos junto ao INMET, verifica-se que nos dias 16 e 17 setembro em todos os pontos de coletas de dados apresentam as máximas temperaturas registradas durante o período de estudo, verificando os 53,5 °C na EEEFM Monsenhor Constantino Vieira (pontos de coleta de dados 03, na zona central da cidade) no horário de 13 horas, bem como verifica-se que nos demais pontos de coleta de dados as suas respectivas máximas e no INMET também apresenta o mesmo padrão, tal padrão pode ser explicado pela quantidade de insolação recebida em tal período (podendo ser visto no apêndice de 40) e no fluxo de energia que circula a dadas áreas.

No contraponto das temperaturas máximas, é necessário ressaltar a influência das chuvas e insolação na cidade de Cajazeiras-PB. No mês de maio e junho, nos dias de 11 a 15, foram registradas na EEEFM Monsenhor Constantino Vieira (ponto de coleta de dados 03, na zona central da cidade) temperaturas mínimas incríveis de 28,49 °C às 13 horas. Nesses dias, foram observadas as menores mínimas de todo o período de pesquisa.

Ao analisar os apêndices, especialmente os correspondentes do 1 ao 3 (que refletem a análise), nota-se um aumento abrupto de temperatura nos horários de 11 horas da manhã às 15 horas da tarde, inversamente proporcional à redução da umidade relativa do ar. Isso se deve ao grande influxo de insolação que afeta a cidade e a região, bem como à quantidade exponencial de veículos, pessoas e ao tipo de material que compõe as estradas (asfalto). Além disso, esse período do dia não é habitual para chuvas ou brisas.

Esse padrão pode ser explicado pela quantidade de evapotranspiração que ocorre nesse período do dia, assim como pela velocidade do vento, como evidenciado nos gráficos anteriores e nos apêndices.

Vale enfatizar a variação térmica no mesmo ponto, sendo mais notória no PCD3, que, nos dias 16 e 17 de setembro, apresentou uma variação de 18°C entre a temperatura máxima e mínima. Todas as outras áreas também mostram variações

significativas. Outro ponto a destacar são as temperaturas registradas no período da manhã e da noite, que apresentam variações discrepantes.

Após uma análise detalhada das variações nas temperaturas máximas e mínimas em Cajazeiras-PB, destacando a influência de fatores como insolação, precipitação e características urbanas na oscilação térmica da região. Observa-se uma discrepância significativa entre as temperaturas máximas e mínimas, especialmente em períodos secos e chuvosos, bem como em diferentes horários do dia.

No período estudado, foi observado um padrão de aumento abrupto nas temperaturas máximas durante os dias 16 e 17 de setembro, atribuído à quantidade de insolação recebida e ao fluxo de energia circulante na região. Essa tendência é consistente em todos os pontos de coleta de dados, refletindo a influência direta da radiação solar sobre as temperaturas registradas.

Por outro lado, as temperaturas mínimas registradas nos dias 11 a 15 de maio e junho surpreenderam, atingindo valores notáveis de 28,49 °C às 13 horas. Essas mínimas incomuns foram associadas à influência das chuvas e da insolação na região, indicando uma interação complexa entre fatores meteorológicos e climáticos locais.

A análise dos apêndices revela um padrão consistente de aumento de temperatura durante o período da manhã até a tarde, acompanhado por uma redução na umidade relativa do ar. Esse comportamento é atribuído ao influxo de insolação e à evapotranspiração, além da influência das características urbanas, como o tipo de material das estradas, que podem contribuir para a retenção de calor.

Destaca-se também a variação térmica significativa em um mesmo ponto de coleta de dados, evidenciando a complexidade das condições climáticas locais. As variações entre as temperaturas registradas pela manhã e à noite também são mencionadas, ressaltando a importância de considerar os diferentes momentos do dia na análise do clima local.

## 7. CONCLUSÕES

Para iniciar a conclusão, cabe ressaltar o fato de a cidade não apresentar trabalhos acadêmicos voltados ao estudo do clima ou mesmo ao estudo natural/físico da cidade de Cajazeiras-PB.

A presente pesquisa cumpriu os objetivos estabelecidos, os quais visavam contribuir com as pesquisas de cidades pequenas, em especial, o caso do município de Cajazeiras – PB, que se encontra classificado na categoria cidade de porte pequeno, sendo, ao mesmo tempo, um município caracterizado por polos universitários.

Os dados adquiridos no trabalho comprovam o uso intenso na zona central (ponto 03) do município, ao qual todos os gráficos registram um aumento tanto de mínimas quanto de médias e máximas térmicas. Todavia, o único item ao qual a zona central do município de Cajazeiras – PB apresenta redução é, justamente, na umidade relativa do ar, porém, normalmente, apenas quando se detém temperaturas elevadas.

Quanto aos locais de coleta de dados externos no perímetro urbano da cidade (ponto 01 e 02), estes apresentam dados similares entre si em quase todos, porém, observando o gráfico 03, referentes às máximas térmicas, nota-se um constante crescimento. Já os dados do INMET e do ponto de coleta do IFPB (ponto de coleta de dados 01) são similares, apresentando sempre um viés de crescimento mesmo que minimamente. O ponto do periférico da SECULT (ponto de coleta de dados 02), assim como o IFPB (ponto de coleta de dados 01), são, de certa forma, divergentes, diferenciando de todos os demais pontos e do INMET, expondo irregularidades nas aferições.

Perante os fatos, dados e observações expostas, pode-se concluir que a cidade de Cajazeiras-PB, de acordo com os dados expostos, detém pelo menos quatro microclimas locais, dentre os quais um deles se assemelha bastante ao clima da região do Alto Sertão paraibano, bem como, pode-se inferir que a zona central (ponto 03) tem um nível de alteração maior e mais intenso que os demais e, ainda, que as áreas externas (ponto 03 e 04) apresentam similaridade, porém com baixa alteração ou grau satisfatório de conservação. Assim, conclui-se que os pontos periféricos do IFPB e SECULT (pontos 01 e 02) apresentam diferentes alterações do meio, deixando claro o que Monteiro (1976) expôs na teoria do SCU sobre o fluxo de energia entre as áreas, corroborando, assim, que existe um fluxo maior de energia na área de maior adensamento humano.

Por fim, podemos verificar e concluir que a circulação de energia na cidade de Cajazeiras – PB tem como fatores intensificadores os elementos geourbanos. Desses, merecem destaque, o asfalto, aglomerado de casas construídas sem espaçamento entre as casas, intenso fluxo de pessoas e carros, ausência ou insuficiência de árvores no perímetro urbano e canalização de córregos e riachos, visto que em pontos externos as temperaturas são menores devido a abstração de tais elementos geourbanos.

Perante os resultados obtidos, pode-se afirmar que a cidade de Cajazeiras, detém pelo menos quatro microclimas locais, dentre os quais um deste se assemelha bastante ao clima da região do Alto Sertão paraibano, como também, pode-se inferir que a zona central - EEEFM Monsenhor Constantino Vieira (ponto de coleta de dados 03) tem um nível de alteração maior e mais intenso que os demais e ainda que as áreas externas ao qual ambas não apresentam similaridades. Assim, conclui-se que nos pontos periféricos do IFPB e SECULT (pontos de coleta de dados 01 e 02) apresentação diferentes alteração do meio, deixando claro o que Monteiro (1976) expôs na teoria do SCU sobre o fluxo de energia entre as áreas, corroborando assim que existe um fluxo maior de energia na área de maior adensamento humano.

Por fim, podemos verificar que a circulação de energia na cidade de Cajazeiras tem como fatores intensificadores os elementos geourbanos. Desses, merecem destaque: o asfalto, o aglomerado de casas construídas sem espaçamento entre as casas, o intenso fluxo de pessoas e carros, a ausência ou a insuficiência de árvores no perímetro urbano e a canalização de córregos e riachos, visto que em pontos externos as temperaturas são menores devido a abstração de tais elementos geourbanos.

Fica evidente que a cidade detém cerca de quatro micro climas, sendo esses, respectivamente: 1 - micro clima no centro da cidade referente ao PCD3 (com temperaturas muito elevadas e pouca umidade relativa do ar); 2 – micro clima periférico 1 referente ao PCD1 (com estabilidade tanto em temperatura e umidade relativa do ar); 3 – micro clima periférico 2 referente ao PCD2 (temperaturas e umidade relativas do ar elevadas); 4 – micro clima da região referente aos dados do INMET (com elevada temperatura e média umidade relativa do ar).

A primeira zona está destacada na cor vermelha justamente por concentrar a maior variação de temperatura, umidade e por baixa retenção de água, onde apresentou temperaturas muito acima do esperado para o local no período do dia, e

à noite ocorreu um decréscimo muito abaixo dos padrões climáticos da região (que fica em torno de 24°C), onde a variação de temperatura entre a mínima e a máxima chegou à média de 8°C.

Na zona descrita em amarelo, apresentou-se variabilidade inferior entre os períodos diurno e noturno, onde ficou média de 6,5°C, em função de conter corpos hídricos na área, porém com baixa retenção de água. Quanto à zona em azul claro, notou-se o padrão climático da região, onde varia entre dia e noite, não ultrapassando 4°C, como também apresentou capacidade muito superior ou ao menos foi perceptível maior capacidade de retenção de água em virtude da ausência de asfalto na área. Já a zona enfatizada em verde, na sua totalidade apresentou baixa variabilidade térmica entre os períodos diurno e noturno.

Quando se observa esses dados, torna-se perceptível que nesse âmbito existe fatores associativos que influenciam essas zonas de variação. Onde se aplica a teoria do S.C.U. de Monteiro (1976), verificou-se que tais variabilidades estão atreladas ao nível de asfalto, ao solo basicamente dentrítico, à grande quantidade de pessoas e veículos nessa área, à quantidade de edificações, e à ausência/insuficiência de arborização/corpos hídricos, assim como o inverso nas demais zonas que apresentam dados diversos. Outro fator que é apontado na S.C.U. se dá ao elemento ambiental que já ocasiona o desconforto térmico e maior variabilidade de temperatura, umidade e precipitação.

O efeito da continentalidade segundo Mesquita (2004) consiste na distância de um dado lugar em relação ao mar, onde a intensidade deste evento varia quanto mais próximo ou distante do mar o local se posiciona, em que os efeitos são curvas de amplitude térmica incrivelmente altas em relação às áreas litorâneas, devido à ausência de brisas. Aplicando esse conceito à cidade Cajazeiras-PB, torna-se notória a ampliação da variabilidade do elemento em destaque nesse estudo, pois a cidade está a aproximadamente 500 km do litoral em todas as direções, potencializando os fatores ambientais e antrópicos.

Nesse sentido, chegou-se à conclusão de que a cidade em estudo por si só apresenta uma variabilidade térmica em função das condições contrastantes existentes dentro do próprio perímetro urbano.

A pesquisa demonstrou a existência de diferentes zonas dentro da cidade, tornando-se notórias a partir dos dados obtidos na pesquisa, onde foram apresentadas quatro zonas diversas.

O S.C.U. explica a variação térmica e sua interligação, sendo os elementos antrópicos agentes diretos pela potencialização dos elementos ambientais, promovendo uma mudança no clima local, que, por essas razões, libera energia/mudança para outras escalas climáticas. Para finalizar, verificou-se também que o efeito da continentalidade está presente na cidade, devido sua ausência de brisa evidente, por ser distante do litoral.

A análise realizada sobre os dados apresentados revela aspectos significativos sobre o clima e as variações térmicas na cidade de Cajazeiras-PB, destacando a escassez de estudos acadêmicos direcionados ao tema na região. A pesquisa cumpriu seus objetivos ao contribuir para o conhecimento sobre microclimas locais e suas relações com fatores urbanos e ambientais.

Os resultados indicam a presença de pelo menos quatro microclimas distintos na cidade, influenciados por elementos geourbanos, como asfalto, aglomeração de edificações e ausência de áreas verdes. A zona central da cidade apresenta variações térmicas mais intensas, enquanto as áreas periféricas mostram uma estabilidade relativa, embora com algumas divergências entre os pontos de coleta de dados.

A teoria do Sistema Climatológico Urbano (S.C.U.) de Monteiro (1976) é aplicada para explicar as variações observadas, evidenciando a interação entre fatores antrópicos e ambientais na modificação do clima local. A distância da cidade em relação ao litoral também é considerada, influenciando na amplitude térmica e na ausência de brisas, conforme o conceito de continentalidade.

A pesquisa conclui que os elementos antrópicos desempenham um papel fundamental na alteração das condições climáticas locais, muitas vezes desviando-as do padrão regional. A interferência humana, aliada aos fatores naturais, contribui para a complexidade das variações climáticas na cidade.

Por fim, é possível destacar que os elementos antrópicos fazem com que as condições locais sejam alteradas ou desviadas do padrão regional apresentado, como observado nos dados da pesquisa, que considerou as informações registradas pelo INMET como o padrão regional, verificou-se, ainda, que esse desvio pode ser intensificado pelos agentes naturais, que têm como papel realçar os padrões locais, porém, com a interferência dos aparelhos antrópicos, as condições se alteram de forma abrupta, podendo serem verificados nos gráficos no transcorrer da dissertação e apêndice.

## REFERÊNCIAS

ABREU, Leidjânia Dantas. **Construção do espaço urbano e leituras semióticas da verticalização de Cajazeiras - PB**. Especialização em análise geoambiental do semiárido. UFCG - CFP, 2009.

ALBUQUERQUE, F. G. de. **Planalto da Borborema: uma análise da gênese e evolução da paisagem**. Revista do Departamento de Geografia, (15), 63-77, Brasil, 2004.

ALCÂNTARA, Clenia Rodrigues. **Linha de instabilidade da Amazônia: estudo de caso e importância das características do perfil do vento na sua formação e desenvolvimento**. Revista Ciência e Natureza. UFSM, n.33 – 2; p. 197-226, 2011.

ALMEIDA, Hermes Alves de. **Climatologia aplicada à geografia** [Livro eletrônico]. / Hermes Alves de Almeida. Campina Grande: EDUEPB, 2016. 6000 KB. 317 p.: il.

ALMEIDA, Raíssa Goulart de. **Mudanças climáticas e cooperação internacional: uma análise dos governos Sarney a Dilma (1985-2015)**. 65f. 2017. Monografia (Bacharel em Relações Internacionais) – Instituto de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Uberlândia.

ALVES, J. M. B. **Aspectos Climatológicos do Nordeste Brasileiro com Ênfase a Região Semi-Árida: Principais Causas da Variedade Pluviométrica Interanual**. In: Simpósio sobre Captação de Água de Chuva no Semiárido Brasileiro, 1., 1997, Petrolina/PE. Anais... Petrolina. 1997. p. 1 – 17.

ALVES, J. M. B.; FERREIRA, F. F.; CAMPOS, J. N. B.; ASSIS, F.; SOUZA, E. B.; DURAN, B. J.; SERVAINI, J.; STUDART, T. M. C. **Mecanismos atmosféricos associados à ocorrência de precipitação intensa sobre o Nordeste do Brasil durante janeiro de 2004**, Revista Brasileira de Meteorologia, vol. 21, nº.1. p. 56-76, 2006.

ALVES, J.M.B.; TEIXEIRA, R.F.B.; FERREIRA, A.G. **Um intenso sistema convectivo de mesoescala no setor leste do Nordeste: O caso de 20 a 21 de maio de 1999**. Revista Brasileira de Meteorologia. v. 16, n.1, p. 19–31, 2001.

AMORIM, Rodrigo de Freitas; SILVA, Fernando Moreira da; CORRÊA, Antonio Carlos de Barros; SILVA, Danielle Gomes da. **COMPORTAMENTO SAZONAL E ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO NA MICROBACIA RIACHO PASSAGEM/RN POR TÉCNICAS DE SÉRIES TEMPORAIS E PROBABILÍSTICA**. Revista Brasileira de Climatologia, Ano 11 – Vol. 16 – Brasil, 2015.

ANABOR, Vagner. **Análise descritiva dos sistemas convectivos de escala meso através das imagens de satélite GOES-8**. 2004. 78f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

ANDRADE, J. S., & FERNANDES, M. N. M. **O uso e a ocupação do solo no planalto da Borborema: o caso do município de Boqueirão-PB.** Revista Geográfica de América Central, (2), 2013. Brasil, 129-142.

ANDRADE, M. C. **A terra e o homem no Nordeste. Contribuição ao estudo da questão agrária no Nordeste.** Recife: Editora Universitária da UFPE, 1998.

ANDRADE, José; BASCH, Gottlieb. **Clima e estado do tempo. Fatores e elementos do clima. Classificação do clima.** ICAAM - Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, Escola de Ciência e Tecnologia, Universidade de Évora, Évora, 2011. p. 23 a 80.

ANDRADE, F. A. de. **O secular problema das secas do Nordeste brasileiro.** In: ROSADO, Vingt-um (org). Memorial da Seca. Mossoró: Coleção Mossoroense, 1981. 379 p.

ANDRADE, Manuel Correia de. **Sertão ou Sertões: uma homenagem a Euclides da Cunha.** In: SILVA, José Borzachiello da; DANTAS, Eustógio Wanderley Correia; ZANELLA, Maria Elisa; MEIRELES, Antônio Jeovah de Andrade (Org.). Litoral e Sertão: natureza e sociedade no nordeste brasileiro. Fortaleza: Expresso Gráfica, 2006, p. 183-193.

ANDRADE, M. C. **A terra e o homem no Nordeste.** Contribuição ao estudo da questão agrária no Nordeste. Recife: Editora Universitária da UFPE, 1998.

ANDRADE, Henrique. **O clima urbano – natureza, escala de análise e aplicabilidade.** Finisterra, XL, Brasil, 2005.

ARAÚJO, F. A., & PEREIRA, F. G. **Relevo, clima e vegetação do semiárido paraibano: uma análise integrada.** Caderno de Geografia, 26(46), Brasil, 2016. 29-45.

ARAÚJO, Ronaldo Rodrigues. **Clima e vulnerabilidade socioespacial: uma avaliação dos fatores de risco na população urbana do município de São Luís (MA)/ Ronaldo Rodrigues Araújo. - Presidente Prudente: [s.n.], 2014.**

ARRUDA, Maria do Socorro Moreira de. **O espaço em construção: ocupação e usos das áreas no entorno do Açude Grande na cidade de Cajazeiras, PB.** / Maria do Socorro Moreira de Arruda. Cajazeiras, 2014. 98f: il.

ARSÉNIO, Pedro Miguel Ramos. **Flora e Vegetação da Paisagem Protegida da Arriba Fóssil da Costa de Caparica.** UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA - INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA; SECÇÃO AUTÓNOMA DE ARQUITECTURA PAISAGISTA, Lisboa, 2003.

ASSIS, Eleonora Sad de. **A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória.** ENCAC- ELACAC – Maceió – AL, 2005, 92 a 101 p: Il.

\_\_\_\_\_. **Aplicações da climatologia urbana no planejamento da cidade: revisão dos estudos brasileiros.** Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Minas Gerais, 2006.

Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. **Perfil do Município de Cajazeiras, PB.** Disponível em: [http://ideme.pb.gov.br/servicos/perfis-do-idhm/atlasidhm2013\\_perfil\\_cajazeiras\\_pb.pdf](http://ideme.pb.gov.br/servicos/perfis-do-idhm/atlasidhm2013_perfil_cajazeiras_pb.pdf). Acessado: maio de 2018.

ATKINSON, B.W; GADD, Alan. **O Tempo: uma guia atual da previsão.** Sine Locus: Círculo de Leitores, 1990.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos/** J. O. Ayoade; Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos; revisão de Suely Bastos; coordenação editorial de Antônio Christofolletti.- 12ªEd.- Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 332p.

AZEVEDO, P.V., B.B. da Silva e M.F.G. Rodrigues. **Previsão Estatística das Chuvas de Outono no Estado do Ceará.** Rev. Bras. de Meteor., v. 13, no. 1, 1998, 19-30.

BARBIRATO, Gianna Melo; BARBOSA, Ricardo Victor Rodrigues and TORRES, Simone Carnaúba. **Articulação entre Clima Urbano e Planejamento das Cidades: Velho Consenso, Contínuo Desafio.** Grupo de Estudos da Atmosfera Climática Urbana – GATU. Universidade Federal de Alagoas – UFAL. Alagoas, 2012.

BARBOSA, M. A. S., & ALVES, F. A. P. **Climatologia da Região Nordeste do Brasil: Uma Análise das Chuvas na Paraíba.** GEOUSP Espaço e Tempo (Online), 22(1), Brasil, 2018. 134-147.

BARBOSA, R.L. **Interação das perturbações convectivas iniciadas na costa Norte do Brasil com Distúrbios Ondulatórios de Leste.** São José dos Campos. 2005. 81 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

BARROS, J. R. **A chuva no Distrito Federal: o regime e as excepcionalidades do ritmo.** 2003. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro, Rio Claro, 2003.

BARROS J.R. **Bases Conceituais em Climatologia Geográfica.** Revista Mercator, ano 8, nº16, 2009, p.255-261.

BERNARDI, Jorge Luiz. **Funções sociais da cidade: conceitos e instrumentos /** Jorge Luiz Bernardi; 2006 orientador, Carlos Mello Garcias, 2006.

BERTALANFFY, L. **Teoria Geral dos Sistemas.** Tradução de Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1973. 351p.

BRITO, Cilícia Dias dos Santos Belfort; CARVALHO, Tatiana Sousa Viana de; RIBEIRO, Luíza Moraes; BRITO, José Francisco Belfort. **DO CONCEITO DE CIDADE**

**MÉDIA: abordagens e interpretações da dinâmica urbana e regional maranhense com base nos municípios acima de 100 mil habitantes.** VII Congresso brasileiro de geógrafos. Brasil, 2014.

Boletim de Monitoramento Climático- Monitor Climático. **O Fenômeno El Niño Oscilação Sul: Teorias, Observações e Previsões.** FUNCEME, Fortaleza, CE. no. 2, – Edição Especial, 1997, 31 págs.

Boletim de Monitoramento e Análise Climática. **Climanálise** - Número Especial, 1986. INPE. São José dos Campos, SP. 125 págs.

BOGNIOTTI, Gláucia Maria Côrtes. **Cidades médias brasileiras: que perfil é esse?**. Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pesquisa e Pós-graduação. Brasília, fevereiro de 2018.

CALBETE, N. O; GAN, M. A.; SATYAMURTY, P. **Vórtices Ciclônicos da Alta Troposfera que atuam sobre a Região Nordeste do Brasil.** Revista Climanalise. Cachoeira Paulista/SP, Edição Especial, out. 1996.

CARACRISTI, Isorlanda; DUARTE, J. S. S. . “Clima e Qualidade de Vida na Cidade de Sobral: Buscando a Dimensão Cotidiana dos Estudos Climáticos”. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, v. 7, p. 95-108, 2005.

\_\_\_\_\_. **A Natureza Complexa da Poiésis Climática:** Contribuições Teóricas ao Estudo Geográfico do Clima. Tese de Doutorado. USP. São Paulo, 2007.

\_\_\_\_\_. MUNIZ, Francisco Gerson Lima. **URBANIZAÇÃO, CONFORTO TÉRMICO E ANÁLISE SAZONAL MICROCLIMÁTICA DA CIDADE DE SOBRAL (CE).** **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, v. 17, n. 1, p. 4-17, Sobral/CE, Mar, 2015.

Carvalho, L.M.V., Jones, C., Liebmann, B., 2004, “**The South Atlantic Convergence Zone: Intensisty, Form, Persistence, and Relationships with Intraseasonal to Interannual Activity and Extreme Rainfall**”. *Journal of Climate*, v.17, pp 88-108.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. S. **Tempo e clima no Brasil.** Oficina de textos , São Paulo, v. 1, 2009.

CAVALCANTI, I.F.A., 1982. **Um estudo Sobre Interações Entre Sistemas de Circulação de Escala Sinótica e Circulações Locais.** Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP. 121 págs.

CAVALCANTI, I. F. A.; KOUSKY, V. E. **Influências da circulação de escala sinótica na circulação da brisa marítima na costa N-NE da América do Sul.** CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. 2., 1982, Pelotas/RS. Anais... Rio de Janeiro/RJ: Cbmet, 1982.

CLIMANÁLISE: **Boletim de Monitoramento e Análise Climática.** Número especial. São José dos Campos: CPTEC/INPE: 2009, 125p.

CPTEC – **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**. Brasil, 2018. Disponível (<http://www.cptec.inpe.br/.%20%20Dispon%C3%ADvel>) em: Acesso em: 16 set.2021.

CPTEC/INPE. **Imagens de satélites meteorológicos**. Disponível Brasil, 2018. Disponível (<http://www.cptec.inpe.br/.%20%20Dispon%C3%ADvel>) em: Acesso em: 16 set.2021

COHEN, Julia; CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque, BRAGA, Rodrigo H.M.; NETO, Luiz Santos. Linhas de Instabilidade na costa N-NE da América do Sul. In CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque; FERREIRA, Nelson Jesus; SILVA, Maria Gertrudes Alvarez Justi da; DIAS, Maria Assunção Faus da Silva. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p, 74 - 93.

CONDE, F. C.; DIAS, M. A. F. S. **Vórtices Ciclônicos de Ar Superior: Um Estudo de Caso através de Balanço de Vorticidade**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro/RJ: Cbmet, 2000. p. 1876 – 1883.

COSTA TRINDADE AMORIM, Margarete Cristiane de. Climatologia e gestão do espaço urbano. **Mercator - Revista de Geografia da Universidade Federal do Ceará** - UFC - vol. 9, núm. 1, Fortaleza, Brasil, dezembro, 2010, pp. 71-90.

COUTINHO, A. P. S., SILVA, R. M., & Souza, P. M. de. **Ocorrência de chuvas orográficas no litoral oriental do Rio Grande do Norte**. Revista de Geografia, 34(1), Brasil, 2017. 89-105.

COUTINHO, E.C.C.; FISCH, G. **Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) na região do centro de lançamento de Alcântara-MA**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.22, n.2, 193-203, Maranhã, 2007.

DAMANGEOT, J., 1974. **O Continente Brasileiro**. Difel, São Paulo.

DIAS, Marcel Bordin Galvão; NASCIMENTO, Diego Tarley Ferreira. **Clima urbano e ilhas de calor**: aspectos teórico-metodológicos e estudo de caso. X Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 10, n. 12, 2014, pp. 27-41

DIAS, Maria Assunção Faus da Silva; SILVA, Maria Gertrudes Alvarez Justi da. **Para entender Tempo e Clima**. In CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque et al. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p, 15-21.

DINIZ, Marco Túlio Mendonça; PEREIRA, Vítor Hugo Campelo. **CLIMATOLOGIA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL: SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES E MAPEAMENTO DE TIPOS DE CLIMA**. ISSN: 1984-8501 Bol. Goia. Geogr. (Online). Goiânia, v. 35, n. 3, p. 488-506, set./dez. 2015.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

ESPINOZA, E.S. **Distúrbios nos ventos de leste no atlântico tropical**. 123 p. **Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Meteorologia**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 1996.

Fedorova, N, 2001. **Meteorologia Sinótica**. V2, 242 págs, Editora e gráfica UniversitáriaUFPEl.

FEDOROVA, N.; CARVALHO, M. H. **Processos sinóticos em anos de La Niña e de El Niño**. Parte II: Zonas Frontais. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 15, p. 57–72, 2000.

FERREIRA, Hugo Vilela Lemos; JUNIOR, José Carlos Ugeda. **O conceito de estrutura térmica espacial urbana no sistema de clima urbano de monteiro**. Revista de Climatologia Brasileira – Brazilian Journal of Climatology. Brasil, 2021.

FERREIRA, Antônio Geraldo; MELLO, Namir Giovanni da Silva. **Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região**. Revista Brasileira de Climatologia, Vol. 1, No. 1, p. 15-26, 2005.

FERREIRA, A. G; MELLO, N.G.S. **Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região**. Revista Brasileira de Climatologia, vol.1, nº 1. 15-28p, 2005.

FERREIRA, Artur Gonçalves. **Meteorologia prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006, 188 p.

FERREIRA, N. J., SANCHES, M., SILVA DIAS, M. A. F. **Composição da zona de convergência do Atlântico Sul em períodos de El Niño e La Niña**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 19, n. 2, p. 89-98. 2004.

FERREIRA, Rute Costa. **Estudo de sistemas convectivos de mesoescala com uso de assimilação de dados de radar**. 2016. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE, São José dos Campos, 2016. Disponível em: < mtc m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtcm21b/2016/02.05.13.../publicacao.pdf >. Acesso em: 09 fev. 2017.

FERNANDES, Pedro Henrique Carnevalli. **O urbano brasileiro a partir das pequenas cidades**. Revista Georaguaiá, Barra do Garças - Mato Grosso, v. 8, n. 1, p.13-31, 2018.

FILHO, Joaquim Alves da Costa. **Reestruturação Urbana de Cajazeiras – PB Influenciada Pela Implantação e Expansão do Setor de Ensino Superior.** /Joaquim Alves da Costa Filho. - Cajazeiras: UFCG, 2015. 89f. : il.

FIORIN, Tatiana Taschetto; ROSS, Meridiana Dal. **Climatologia agrícola** / Tatiana Taschetto Fiorin, Meridiana Dal Ross. – Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico; Rede e-Tec Brasil, 2015. 82 p.: il.

FUJITA, M. S. **Climatologia dinâmica.** Oficina de Textos. Brasil, 2019.

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Sistemas Atmosféricos Atuantes Sobre o Nordeste.** Ceará, 2014. Disponível em: <http://www.funceme.br/?p=967>. Acessado em julho de 2022.

FUNCEME. **Sistemas meteorológicos causadores de chuvas na região nordeste do Brasil- Boletim especial, 2006.** Disponível em <<http://www.funceme.com.br>. Acesso em 20 junho 2006.

FUNCEME. **Monitor Climático/Boletim de Monitoramento Climático: O Fenômeno El Niño Oscilação Sul: Teorias, Observações e Previsões.** FUNCEME, Fortaleza.1997, v. 2, 31p.

FUNCEME. **Sensação térmica para Fortaleza (Monitor Climático),** Fortaleza, vol.11, nº121, 8-16p, 1990.

FREITAS, Thyago Phellip França. **O CLIMA URBANO DAS CIDADES E SUAS INTERAÇÕES COM A ARQUITETURA E A GEOGRAFIA.** OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia, v. 9, n. 3, p. 262-272. set./dez. 2018.

GAN, M.A E KOUSKY, V.E., 1982. **Um Estudo Observacional sobre as Baixas Frias da Alta Troposfera nas Latitudes Subtropicais do Atlântico Sul e Leste do Brasil.** INPE, São José dos Campos, SP. 25 págs.

GAN, M. A.; KOUSKY, V. E. **Vórtices ciclônicos da alta troposfera no Oceano Atlântico Sul.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 1, nº 1. p. 19-28. 1986.

GAN, M. A. **Um estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera, nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e leste do Brasil.** 1982. 65 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) INPE. S. J. Campos/SP. 1982.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfoet al. **Métodos de pesquisa** / [organizado por] Tatiana EngelGerhardt e Denise TolfoSilveira; coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

Google Earth. **Mapa de localização das áreas a serem coletados dados em Cajazeiras - PB.** 2018.

Geografiaxou. **Tipos de Chuvas: Chuva orográfica, frontal e de Convecção**. 22 de janeiro de 2017. Disponível em: <http://geografiaxou.blogspot.com/2017/>. Acessado em 20 de setembro de 2021.

GRIMM, A. M. **Variabilidade Interanual do Clima no Brasil**. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; JUSTI DA SILVA, M. G. A.; SILVA DIAS, M. A. F.(orgs). **Tempo e Clima no Brasil**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 353-374.

GUEDES, R. L. 1985: **Condições de grande escala associadas a sistemas convectivos de mesoescala sobre a região central da América do Sul**. Tese de Mestrado, IAG/USP, 89pp.

HASTENRATH, S., HELLER, L. **Dynamics of climatic hazards in north-east Brazil**. *Quartely Journal of the Royal Meteorological Society*, v. 110, p. 411-425, 1977.

IBGE. **Atlas Geográfico do Brasil**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil, 2019.

\_\_\_\_\_. **Região de Influência das Cidades – 2007**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. 201p. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/PZEE/\\_arquivos/regic\\_28.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/PZEE/_arquivos/regic_28.pdf)>. Acesso em: 07 abr. 2021.

\_\_\_\_\_. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <[http://www.censo2010.ibge.gov.br/resultados\\_do\\_censo2010.php](http://www.censo2010.ibge.gov.br/resultados_do_censo2010.php)> acesso em: 22 ago. de 2021.

\_\_\_\_\_. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Perfil dos municípios brasileiros 2015**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/munic2006/sel\\_tema.php?munic=250370&uf=25&nome=cajazeiras](http://www.ibge.gov.br/munic2006/sel_tema.php?munic=250370&uf=25&nome=cajazeiras)>. Acesso em: 07 abr. 2021.

\_\_\_\_\_. **Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil: uma primeira aproximação** / IBGE, Coordenação de Geografia. – Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 84p.

\_\_\_\_\_. **Censo 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 21 set. 2021.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. < <http://www.inmet.gov.br/> >. Disponível em: Acesso em: 9 set. 2021.

INNOCENTINI, Valdir. **A Agitação Marítima no Litoral Nordeste do Brasil Associada aos Distúrbios Africanos de Leste**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.20,n.3, 367-374, 2005.

INPE - Instituto Nacional DE Pesquisas Espaciais. **INPE revela aumento de tempestades com raios**. São José dos Campos, Brasil, 16 ago. 2013. Disponível em: <[http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=3358](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=3358)>. Acesso em: 05 out. 2015.

INSTITUTO REGIONAL DA PEQUENA AGROPECUÁRIA APROPRIADA. **Seca no Semiárido?** Disponível em: <http://www.irpaa.org/publicacoes/artigos/secanosemiarido.pdf>. Acesso em: 10.out.2021.

INSTITUTO REGIONAL DA PEQUENA AGROPECUÁRIA APROPRIADA. **Seca no Semiárido?** Disponível em: <http://www.irpaa.org/publicacoes/artigos/secanosemiarido.pdf>. Acesso em: 10.out.2020.

GAMACHE, J. F. e R. A. HOUZE, Jr: 1982: **Mesoscale air motions associated with a tropical squall line**. *Mon. Wea. Rev.*, 110, 118-135.

GARSTANG, M., H. L. MASSIE, Jr, J. HALVERSON, S. GRECO e J. SCALA, 1994: **Amazon coastal squall lines. Part I: Structure and kinematics**. *Mon. Wea. Rev.*, 122, 608-622.

JÚNIOR, José Carlos Ugeda; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. **REFLEXÕES ACERCA DO SISTEMA CLIMA URBANO E SUA APLICABILIDADE: PRESSUPOSTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS E INOVAÇÕES TÉCNICAS**. Revista do Departamento de Geografia, Volume Especial. São Paulo, 2016.

KAERCHER, N. A. **A geografia escolar na prática docente: a utopia e os obstáculos epistemológicos da Geografia Crítica**. São Paulo. 2004. 363f. Tese (Doutorado em Geografia).

KAUARK, Fabiana. **Metodologia da pesquisa: guia prático** / Fabiana Kauark, Fernanda Castro Manhães e Carlos Henrique Medeiros. – Itabuna: Via Litterarum, 2010.

KOUSKY, V. E.; CAVALCANTI, I. F. A. **Eventos Oscilação Sul/El Nino. Características, evolução e anomalias de precipitação**. *Ciência e Cultura*, v. 36, p. 1888–1899, 1984.

KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. **Upper tropospheric cyclones vórtices in the tropical South Atlantic**. *Tellus*, v. 33, p. 538–551, 1981.

Kousky, V.E; Ropelewsiki, C.H., 1989. **Extremes in the Southern Oscillation and their relationship to precipitation anomalies with emphasis on the South America region**. *Rev. Brasileira de Met.*, 4, 351-363.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica** / Marina de Andrade Marconi, Eva Maria Lakatos. - 5. ed. - São Paulo: Atlas 2003.

LEITE, João Paulo Angelo; SÁ, Leonardo Nogueira de; FILHO, Gilson Brandão da Rocha. **FATORES CLIMÁTICOS ATUANTES NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO:**

**UMA ABORDAGEM DIDÁTICA DA GEOGRAFIA EM SALA DE AULA. SOCIEDADE 5.0: EDUCAÇÃO, CIÊNCIA, TECNOLOGIA E AMOR. RECIFE. VII COINTER PDVL 2020.**

LETRAS AMBIENTAIS. **Cavado do Nordeste**. Brasil, 22 de fevereiro de 2019. Disponível em: <https://www.letrasambientais.org.br/pdfs/entenda-os-5-fenomenos-que-trazem-chuvas-para-o-nordeste,-durante-o-verao.pdf>. Acessado em junho de 2022.

LETRAS AMBIENTAIS. **Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)**. Brasil, 22 de fevereiro de 2019. Disponível em: <https://www.letrasambientais.org.br/pdfs/entendaos-5-fenomenos-que-trazem-chuvas-para-o-nordeste,-durante-o-verao.pdf>. Acessado em junho de 2022.

LIMA, C. C. C. de, & ALMEIDA, J. R. S. **Influência do relevo no clima do estado da Paraíba, Nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Climatologia, 22(1), Brasil, 2018. 78-91.

LOPES, Diva Maria Ferlin, HENRIQUE, Wendel. **Cidades médias e pequenas: teorias, conceitos e estudos de caso.** / Diva Maria Ferlin Lopes, Wendel Henrique (organizadores). – Salvador: SEI, 2010. 250 p. il.

LYRA, Matheus José Arruda; ARRAUT, Josefina Moraes. **Análise Termodinâmica de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis sobre o Nordeste do Brasil**. Anuário do Instituto de Geociências, v. 43, n. 4, 2020.

MADDOX, R. A., 1980: **Mesoscale Convective Complexes**. Bull. Am. Meteorol. Soc., 61, 1374-1387.

MADDOX, R. A., 1983: **Large-scale meteorological conditions associated with midlatitude, Mesoscale Convective Complexes**. Mon. Wea. Rev., 111, 1475-1493.

MAIA, D. S. **Cidades Médias e Pequenas do Nordeste**: Conferência de Abertura. In: LOPES, D. M. F.; HENRIQUE, W. (Orgs.) **Cidades Médias e Pequenas: Teorias, Conceitos e Estudos de Caso**. Salvador: SEI, 2010. p.15-41.

MAIA Jr., Lauro Pessoa. **Estudo dos impactos do desmatamento sobre os microclimas da microbacia do riacho do Boqueirão (Sobral-CE)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Vale do Acaraú, Centro de Ciências Humanas, Sobral-CE, 2011.

MACHADO, L. A. T.; FERREIRA, N.; LAURENT, H.; DIEDHIU, A. **Distúrbios ondulatórios de leste**. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. (Orgs.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p.61-74.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações**

**climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI.** Brasília, DF: MMA, 2006. 202 p. il. (Biodiversidade, 26).

MARQUES, G. M., & SILVA, E. A. da. **Características Climáticas e Pedológicas da Microrregião do Cariri Ocidental da Paraíba.** Revista de Geografia, 31(1), Brasil, 2014. 94-10

MELO, A. S. Tavares de. **Desertificação: etimologia, conceitos, causas e indicadores, Rev. do UNIPÊ,** João Pessoa: UNIPÊ, 2 (2):21-35, 1998.

MENDES, B. V. **Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do Semiárido.** Fortaleza: SEMACE, 1997. 108 p. il.

MENDES, B. V. **Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do Semiárido.** Fortaleza: SEMACE, 1997. 108 p. il.

MENDONÇA, A. L. B., SANTOS, C. A., & Sá, L. D. **Análise climatológica de eventos de tempo severo associados às linhas de instabilidade no Brasil.** Revista Brasileira de Climatologia, 23(2), Brasil, 2018. 122-138.

MENDONÇA, F. de A. **O Clima e o Planejamento Urbano das Cidades de Porte Médio e Pequeno:** Proposições Metodológicas para Estudo e sua Aplicação à Cidade de Londrina/PR. 1994. 322f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia FFLCH/USP, São Paulo, 1994.

MENDONÇA, Francisco de Assis; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007. v.1.

MENDONÇA, F. A.; LIMA, N.; PINHEIRO, G. **Clima Urbano no Brasil: Análise e contribuição da metodologia de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro.** Revista GeoNorte, v. 1, p. 626-638, 2012.

\_\_\_\_\_. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MENDONÇA, Francisco; OLIVEIRA, Inês Moresco Danni. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MENDONÇA, F., DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos: 2007, 206 p.

MILEN, Abigail Ferreira. **CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO CLIMA URBANO DAS CIDADES MÉDIAS DO MEIO NORTE BRASILEIRO: O CASO DE BACABAL (MA).** Dissertação de Mestrado. UVA. Sobral, 2018.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. **Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro**. Revista Brasileira de Meteorologia, Rio de Janeiro, v. 17, n.1, 2002. p. 1-10.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. Série Teses e Monografias nº25. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1976.

MONTEIRO, C. A. F. **Análise Rítmica em Climatologia**: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: IGEOG/USP, 1971.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

MORGADO, Marcelo Cavalcante Nunes. **A CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA DA REGIÃO NORDESTE**. UEPB, Paraíba, 05 de outubro de 2011.

MOURA, Marcelo de Oliveira. **O clima urbano de Fortaleza sob o nível do campo térmico** / Marcelo de Oliveira Moura. - Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências. Depto. de Geografia, Fortaleza, 2008.

MOURA, A. D., SHUKLA, J. **On the dynamics of the droughts in Northeast Brazil**: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. Journal Atmospheric Science, v. 38, n. 12, p. 2653-2673, 1981.

MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007.

MOURA, Marcelo de Oliveira. **O clima urbano de fortaleza sob o nível do campo térmico**/ Marcelo de Oliveira Moura, 2008. 318f.

MUNIZ, Fco. Gerson L.; BRITO, Jamersson F. R.; CARACRISTI, Isorlanda. **Os estudos de clima urbano de pequenas e médias cidades do nordeste brasileiro**. João Pessoa, Anais do XIV SBCG, 2021, p. 245-559.

NASCIMENTO, Robson Patrick Brito do; BORGES, Rafael Henrique Maia And CHAGAS, Clay Anderson Nunes. **Violência e criminalidade**: a dinâmica do território e a análise dos Homicídios no bairro do curuçambá, Ananindeua - PA. Atena Editora – Curitiba, Brasil, 2017. p. 16 a 29.

NETO, Alvino Pereira da Silva. **Planejamento urbano e crescimento do município de Cajazeiras - PB de 1980 até 2015**. / Alvino Pereira da Silva Neto. - Cajazeiras: UFCG, 2015.

NIETO FERREIRA, R., RICKENBACH, T. M., HERDIES, D. L., CARVALHO, L. M. **Variability of south american convective cloud systems and tropospheric circulation during January-March 1998 and 1999**. Monthly Weather Review, v. 131, p. 961-973. 2003.

NIMER, E. Clima. In: **Geografia do Brasil: Região Nordeste**. Rio de Janeiro: IBGE, v. 2, 1977. pp. 47-84.

NIMER, Edmon. **Pluviometria e recursos hídricos de Pernambuco e Paraíba**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 128 p. il. (recursos naturais e meio ambiente, 3).

NOAA. National Oceanic Atmosphere Administration, 2014. **The Walker Circulation: ENSO's atmospheric buddy**. ENSO Blog. Disponível: <https://www.climate.gov/newsfeatures/blogs/enso/walker-circulation-enso-atmospheric-buddy>. Acesso: 07 out 2021.

NUNES, Lucí Hidalgo. **A escala nas ciências atmosféricas**. Rev. IG São Paulo, jan./dez./1998, 71-73 p.: il.

OLIVEIRA, José Aldemir de. A cultura, as cidades e os rios na Amazônia. In: **Ciência e Cultura**, Campinas: SBPC, v. 58, n. 3, p. 27-29, jul./set. 2006.

OLIVEIRA, J. C. M. de, & LIMA, J. A. L. **Influência do relevo no clima de São José do Bonfim, Paraíba**. GEOUSP Espaço e Tempo (Online), 21(2), Brasil, 2017. 364-384.

PAIXÃO, E. B.; GANDU, A. W. **Caracterização do vórtice ciclônico de ar superior sobre o Nordeste do Brasil (Parte I)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro.

PEREIRA, Michael Douglas Barbosa. **DINÂMICA CLIMÁTICA E AS CHUVAS NA REGIÃO DA ZONA DA MATA, NORDESTE DO BRASIL**. Michael Douglas Barbosa Pereira. – João Pessoa, 2018.

PEREIRA, M.D.B. **Eventos pluviométricos extremos na cidade de João Pessoa: análise dos eventos dos dias 16 e 17 de abril de 2016**. Revista de Geociências do Nordeste. v. 2, p. 575-584, 27 out, 2016.

PEREIRA, G.; SILVA, M. E. S.; MORAES, E. C.; CARDOZO, F. S. **Avaliação dos dados de precipitação estimados pelo satélite TRMM para o Brasil**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 18, n. 3, p. 139-149, 2013.

PEREIRA, M. D. B. **As chuvas na cidade de João Pessoa: Uma abordagem genética**. 2014. 94 p. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa/PB, 2014.

Pillar, V.D. 1995. **Clima e vegetação**. UFRGS, Departamento de Botânica. Disponível em: <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>

PINTO, F. G. S., & MEDEIROS, R. S. de. **Contribuições da meteorologia na análise do uso e ocupação do solo: estudo de caso do município de Remígio, Paraíba**. Caderno de Geografia, 25(42), Brasil, 2015. 99-114.

PINTO, F. G. S., ALMEIDA, J. R. S., & OLIVEIRA, J. C. M. **Eventos extremos de chuvas associados à Linha de Instabilidade: um estudo de caso em Pernambuco.** GEOUSP Espaço e Tempo (Online), 24(1), Brasil, 2020. 223-243.

PRODANOV, Cleber Cristiano, FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico** / Cleber Cristiano Prodanov, Ernani Cesar de Freitas. – 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAMPAZZO, Camila Riboli. **Clima e produção do espaço urbano: contribuição ao estudo da Geografia do Clima no contexto das cidades de São Carlos e Marília** / Camila Riboli Rampazzo. - Presidente Prudente: [s.n], 2015. 304 f. 2.V.

Rao, V. B.; Bonatti, J. P. **On the origin of the upper-tropospheric cyclonic vórtices in the South Atlantic Ocean and adjoining Brazil during summer.** Meteorological Atmosphere Physics, v.37, p.11-16., 1987.

Raqsonu, S. R. **Clima - Elementos e Fatores Climáticos.** Brasil, 2017.

RIBEIRO, Antonio Giacomini. **AS ESCALAS DO CLIMA.** BOLETIM DE GEOGRAFIA TEORÉTICA, Brasil, 1993.

RIBEIRO, A. G. **Radiação solar.** Maringá: Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá, 1990. (Série Textos Básicos, Climatologia, n.2).

RIBEIRO, J. F. P. **A influência do relevo na precipitação pluviométrica: estudo de caso na região serrana do Rio de Janeiro.** Geo UERJ, 27(2), Brasil, 2015. 232-250.

RODRIGUES, Lucas Costa; LIMA JÚNIOR, Cristóvão Ferreira de and MEDEIROS, Wendell Fortunato de. **Discussão sobre planejamento e clima urbano.** I Congresso de Geografia e Atualidades - UNESP – Rio Claro, SP, julho de 2015.

SANT'ANNA NETO, J. L. **História da Climatologia no Brasil: gênese, paradigmas e a construção de uma Geografia do Clima.** 2001. Tese de Livre-Docência. Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2001.

SAYDELLES, Alexandre Pistoia. **Estudo do campo térmico e das ilhas de calor urbano em Santa Maria-RS** / por Alexandre Pistoia Saydelles ; orientador Maria da Graça Barros Sartori. – Santa Maria, 2005.

SÁ JÚNIOR, Arionaldo de. **Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do Estado de Minas Gerais** / Arionaldo de Sá Júnior. – Lavras: UFLA, 2009. 101 p.: il.

SANTOS, M. J. Z. dos. **Bioclimatologia e Geografia.** Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 1995. (Texto não Publicado).

Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea.** Diagnóstico do município de Cajazeiras, estado da Paraíba/ Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrã o, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda - CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

SILVA, Jadson Freire da et al. **Considerações sobre os estudos em clima urbano.** Universidade Federal Rural de Pernambuco - Departamento de Tecnologia Rural, Brasil, 2015.

SILVA, Andresa Lourenço da. **Breve discussão sobre o conceito de cidade média.** Geoinfó: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia Maringá, v. 5, n. 1, Maringá, 2013. p. 58-76.

SILVA, Moacir M. F. **Tentativa de classificação das cidades brasileiras.** Revista Brasileira de Geografia - Ano VIII, N.º 3, Brasil, julho-setembro de 1946.

SILVA, Fernando Moreira da; CHAVES Marcelo dos Santos; LIMA Zuleide Maria C. **Geografia Física II – sistemas sinóticos e classificação climática.** Natal: EDUFRN, 2009.

SILVA, L. A.; SATYAMURTY, P. **Relação entre características do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) e a precipitação observada na Região Oeste do Nordeste do Brasil.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza/CE. Anais...: cbmet, 2004. p. 1 – 13

SILVA, Vicente de P. R. da; CAVALCANTI, Enilson P.; NASCIMENTO, Marília G.; CAMPOS, João Hugo B. da C. **Análises da precipitação pluvial no Estado da Paraíba com base na teoria da entropia.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 7, n.2, p. 269-274, 2003.

SILVA, Vicente P. R. da; PEREIRA, Emerson R. R.; AZEVEDO, Pedro V. de; SOUSA, Francisco de A. S. de. SOUSA, Inajá F. de. **Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.2, p.131–138, 2011.

SILVA, Francisca Danielle Barbosa da. **Ocupação e uso do solo urbano: análise sobre o bairro Cristo Rei, Cajazeiras/PB** / Francisca Danielle Barbosa da Silva. - Cajazeiras, 2018.

SILVA, Neilon Duarte da; OLIVEIRA, Aureo Silva de & SOUZA, Juliana Santos. **Análise espacial de índices climáticos no estado Bahia, Brasil.** Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Revista GEAMA, Scientific Journal of Environmental Sciences and Biotechnology, 6 (2): 34-42, Bahia, Brasil, Agosto, 2020, Online version ISSN: 2447-0740.

SILVA DIAS, M. A. F., 1987: **Sistemas de mesoescala e previsão de tempo a curto prazo.** Rev. Brasil. Meteor., 2, 133-150.

SOUZA, C. F. **Dinâmica Climática e as Chuvas no Nordeste Brasileiro no Eixo Barra do Corda/MA - Natal/RN (relações com o fenômeno EL Niño)**. 1998. 325 p. Tese (Doutorado em Geografia). – Programa de Pós-Graduação em Geografia, FFLCH/USP, São Paulo/SP, 1998.

SOUZA, Klêdson Pinheiro de. **A expansão urbana de cajazeiras-pb entre os anos de 2009-2015**. / Klêdson Pinheiro de Sousa. - Cajazeiras: UFCG, 2016. 53f. :il

SOUZA, José Adnaylor Pereira de. **Aspectos gerais da degradação das águas do “Açude Grande” de Cajazeiras - PB**. / José Adnaylor Pereira de Souza. Cajazeiras, 2015. 69f.: il.

TEIXEIRA, R.F.B. **Observação de linhas de convergência/ linhas de instabilidade e frentes de rajada, sobre o Ceará, utilizando imagens de satélite**. In: Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Fortaleza: SBMET, 2004.

TUBELIS, Antônio; NASCIMENTO, Fernandes José Lino do. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1980.

Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Paraíba / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2011.

UVO, C.R. B. e R. Berndtsson. **Regionalization and Spatial Properties of Ceará Staté Rainfall in Northeast Brazil**. Journal of Geophysical Research. vol. 101. no. D2. 4221-4233. 1996.

UVO, C.R.B. **A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua Relação com a precipitação na região norte do nordeste brasileiro**. Dissertação de Mestrado. INPE. São José dos Campos. 99p, 1989.

VASCONCELOS, Pedro de Almeida. **As metamorfoses do conceito de cidade**. Mercator, v. 14, n. 4, Número Especial, p. 17-23, Fortaleza, dez. 2015.

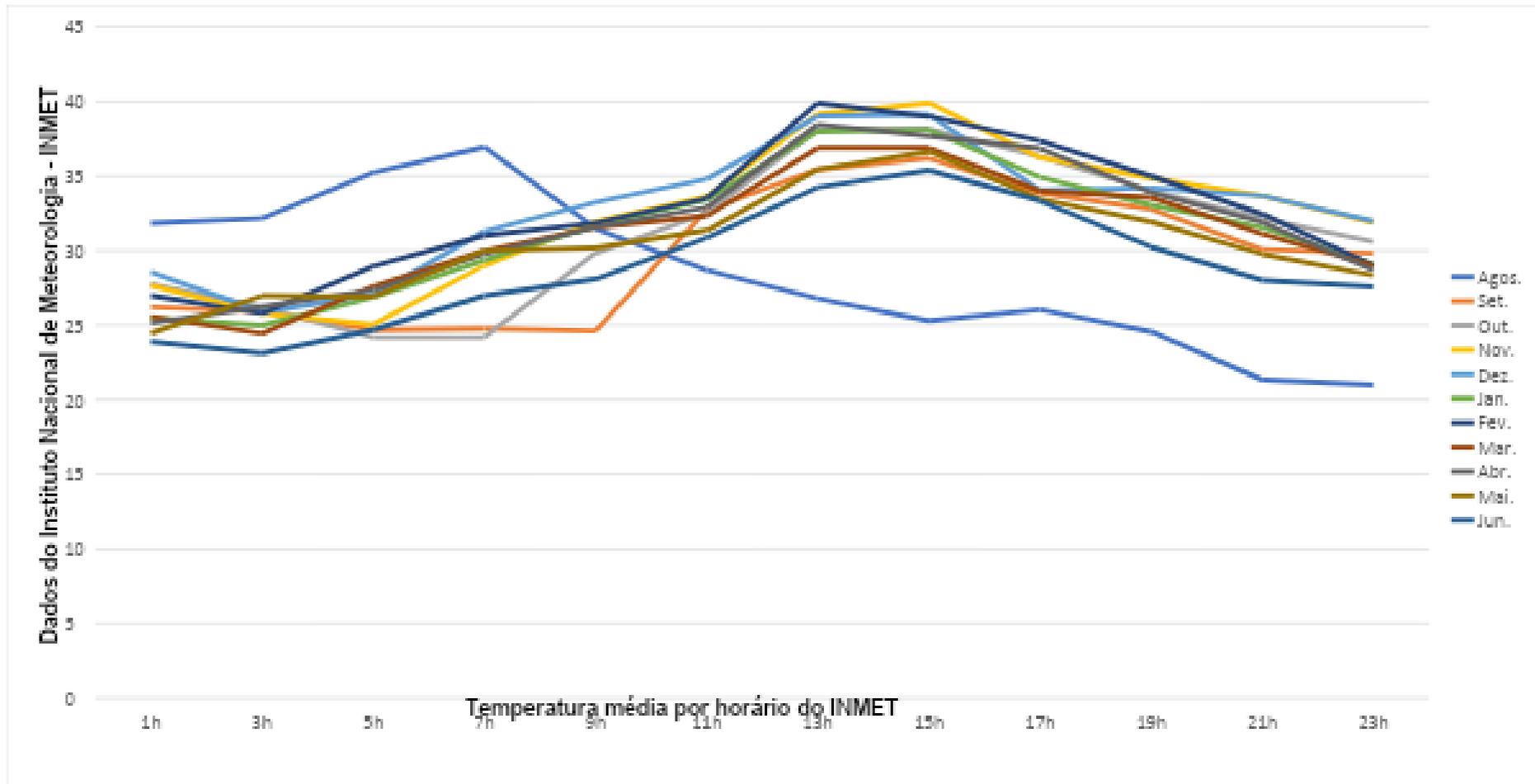
VELASCO, I. e J. M. FRITSCH, 1987: **Mesoscale Convective Complexes in the Americas**. J. Geoph. Res., 92 (D8), 9591-9613.

VILELA, Jacqueline Alves. **Variáveis do clima urbano: análise da situação atual e prognósticos para a região do bairro Belvedere III, Belo Horizonte, MG / Jacqueline Alves Vilela - 2007**. 213 f.: il.

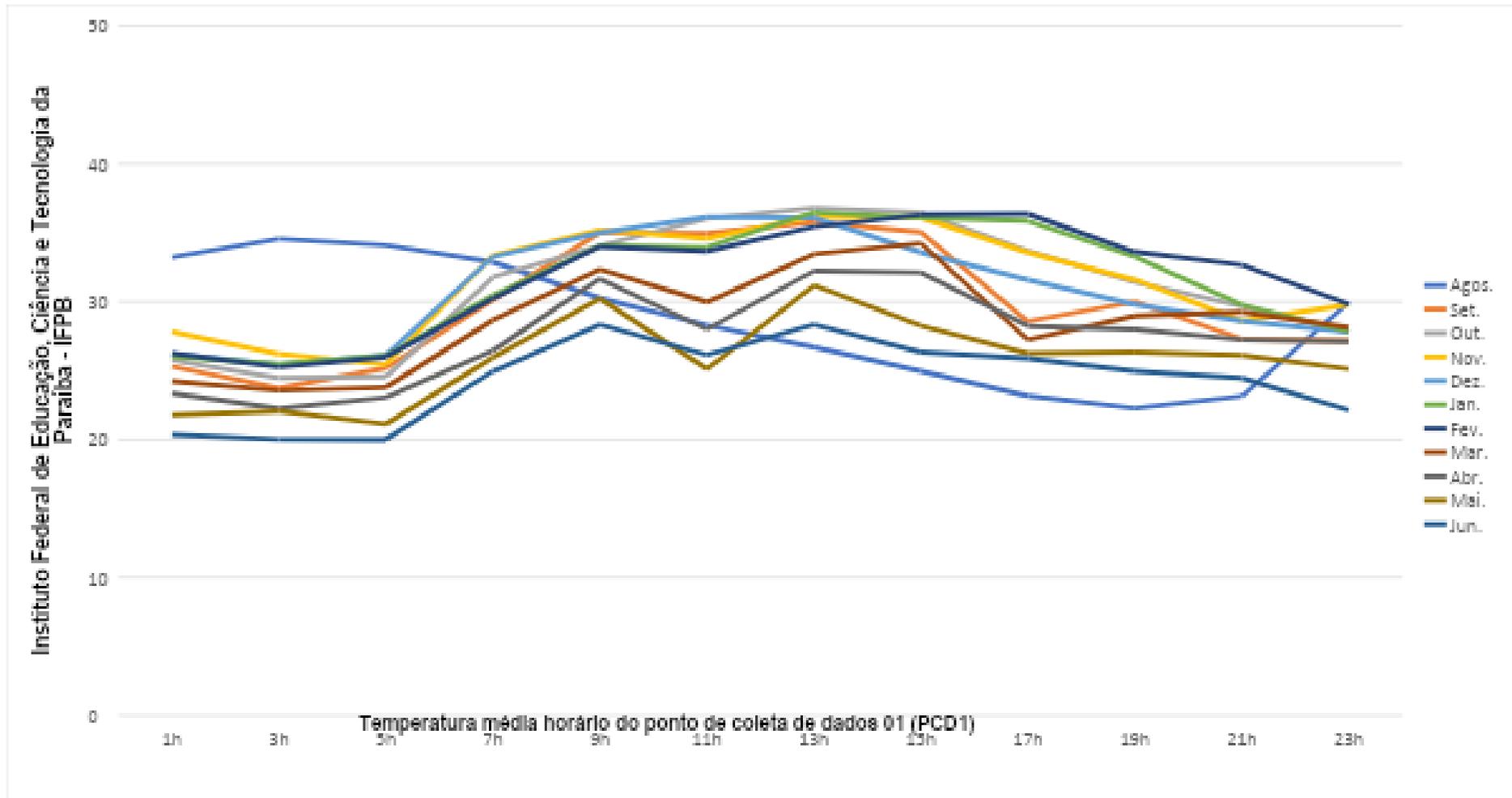
WEATHER SPARK. **Clima e condições meteorológicas médias em Cajazeiras no ano todo**. Brasil, 2022.

## APÊNDICES

### Apêndice 01 - Temperatura média por horário do INMET °c

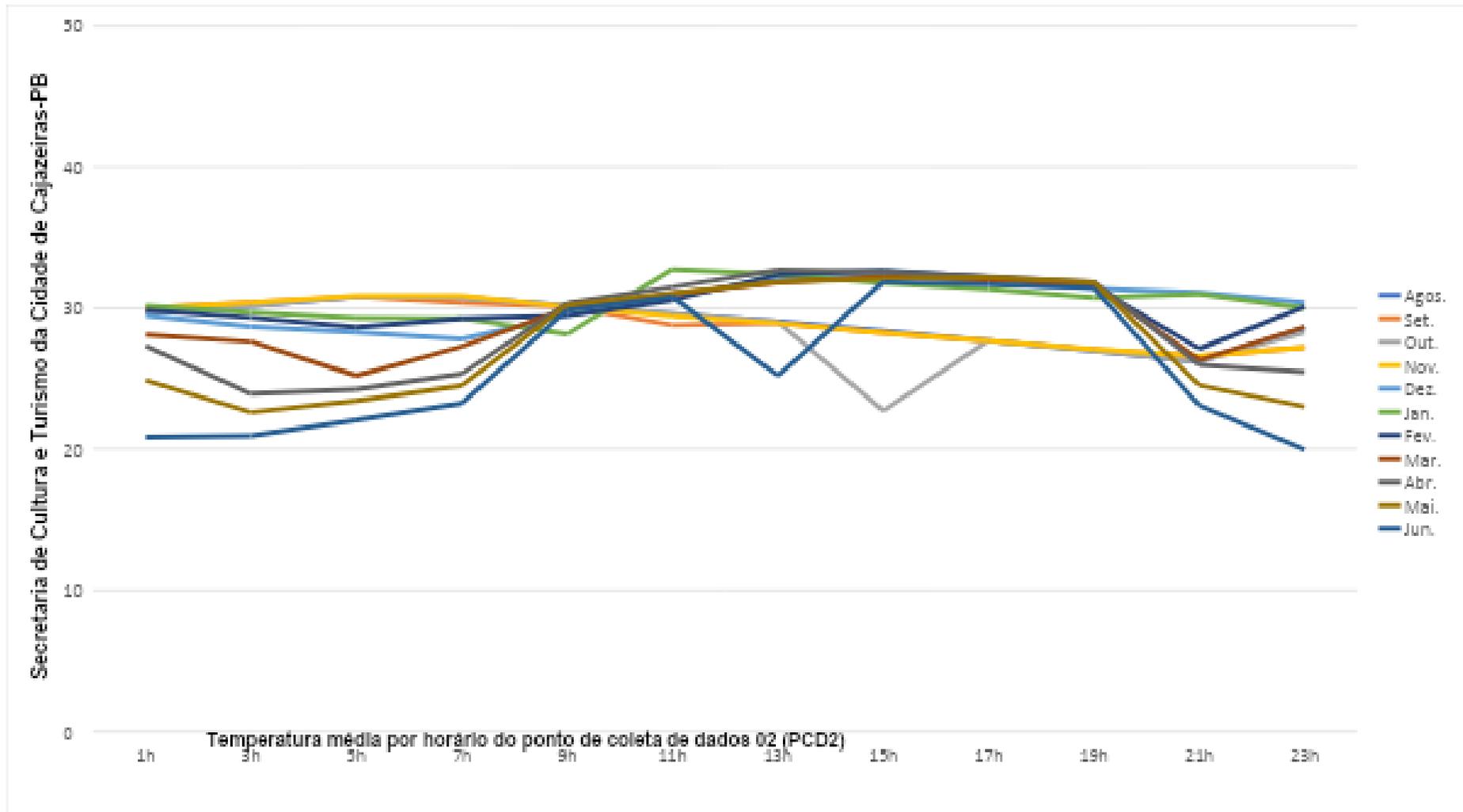


## Apêndice 02 - Temperatura média horário do ponto de coleta de dados 01 (PCD1) °c



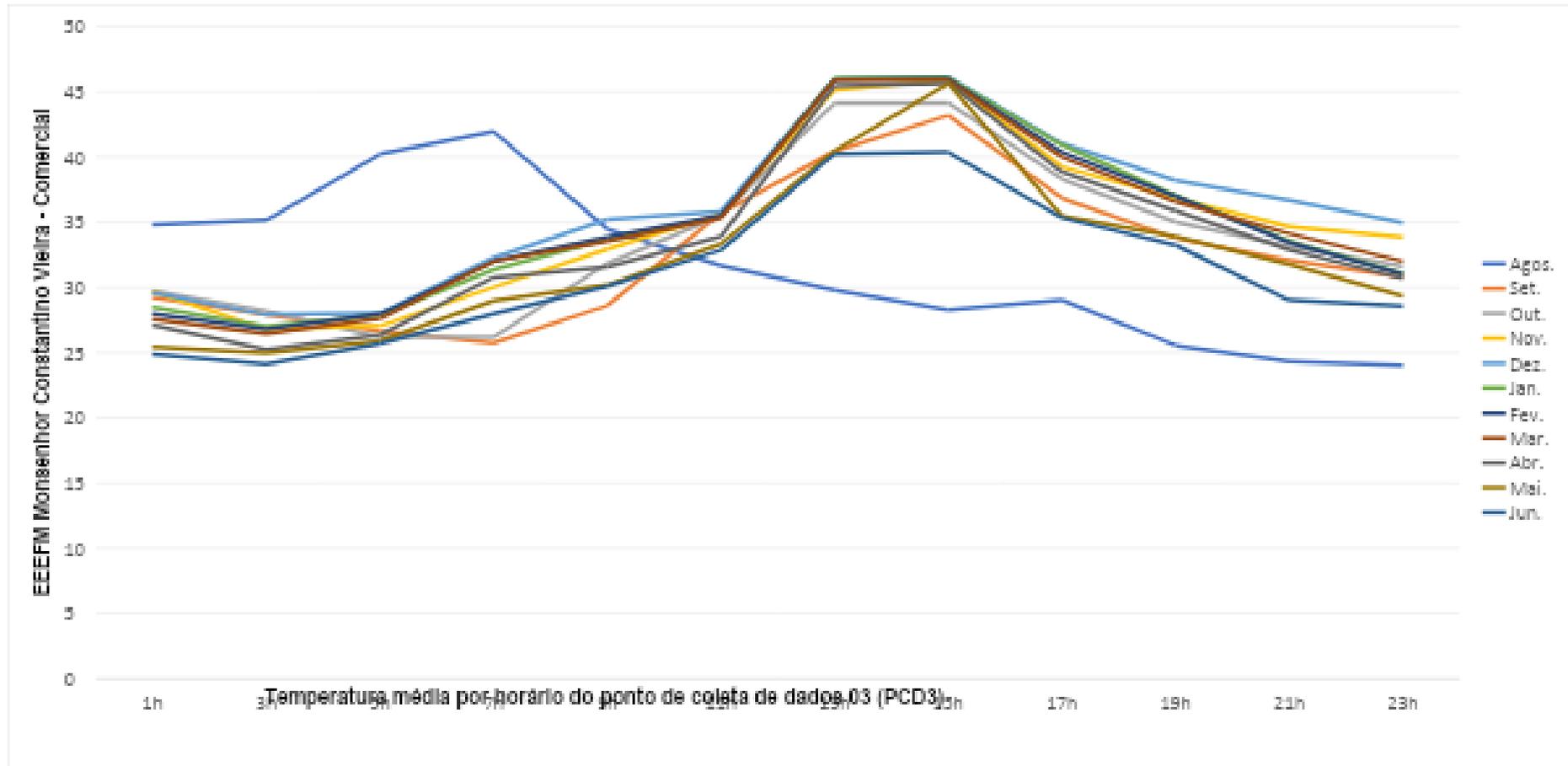
Fonte: autoria própria

**Apêndice 03 - Temperatura média horário do ponto de coleta de dados 02 (PCD2) em °c**



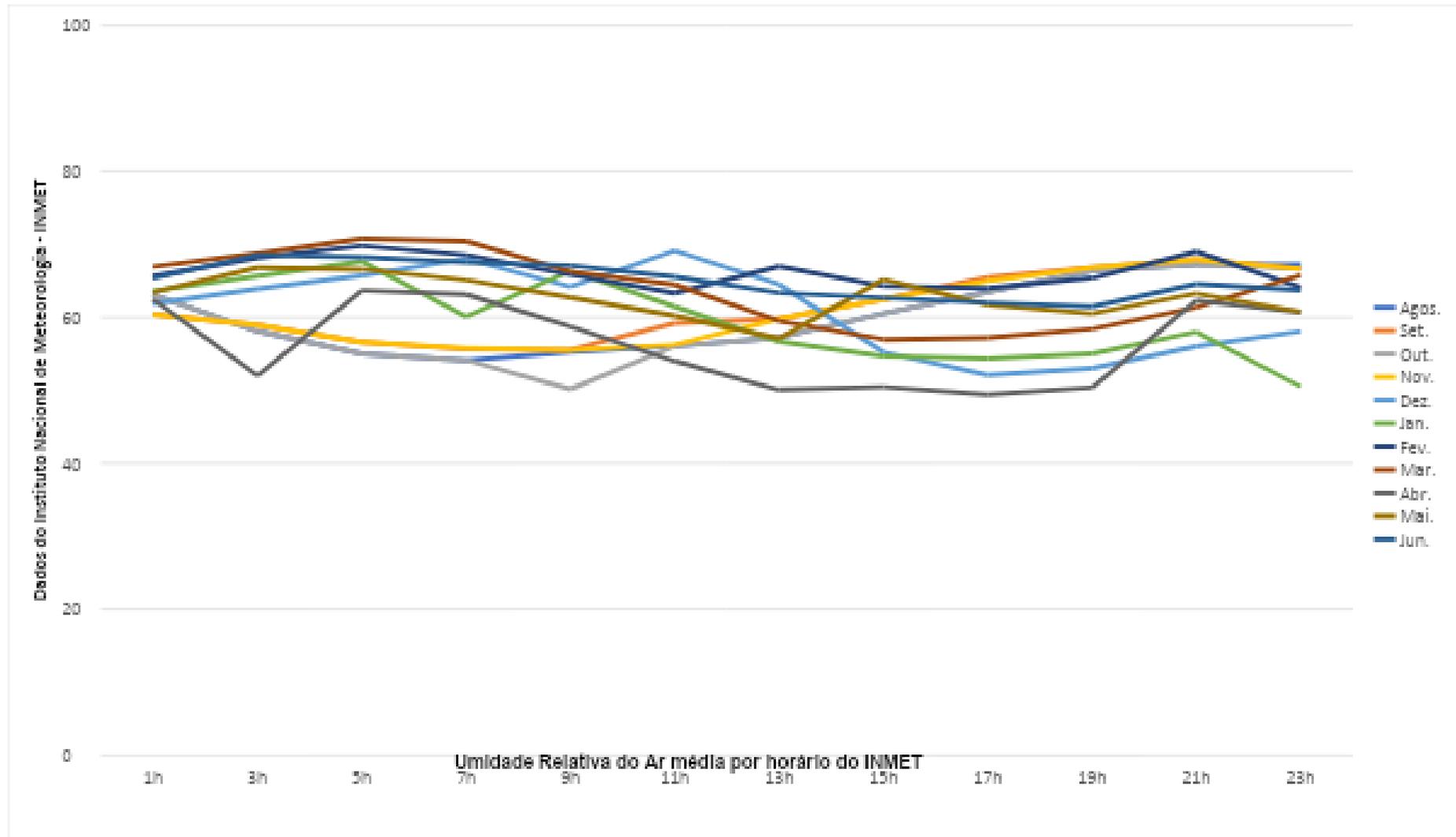
Fonte: autoria própria

**Apêndice 04 - Temperatura média horário do ponto de coleta de dados 03 (PCD3) em °c**



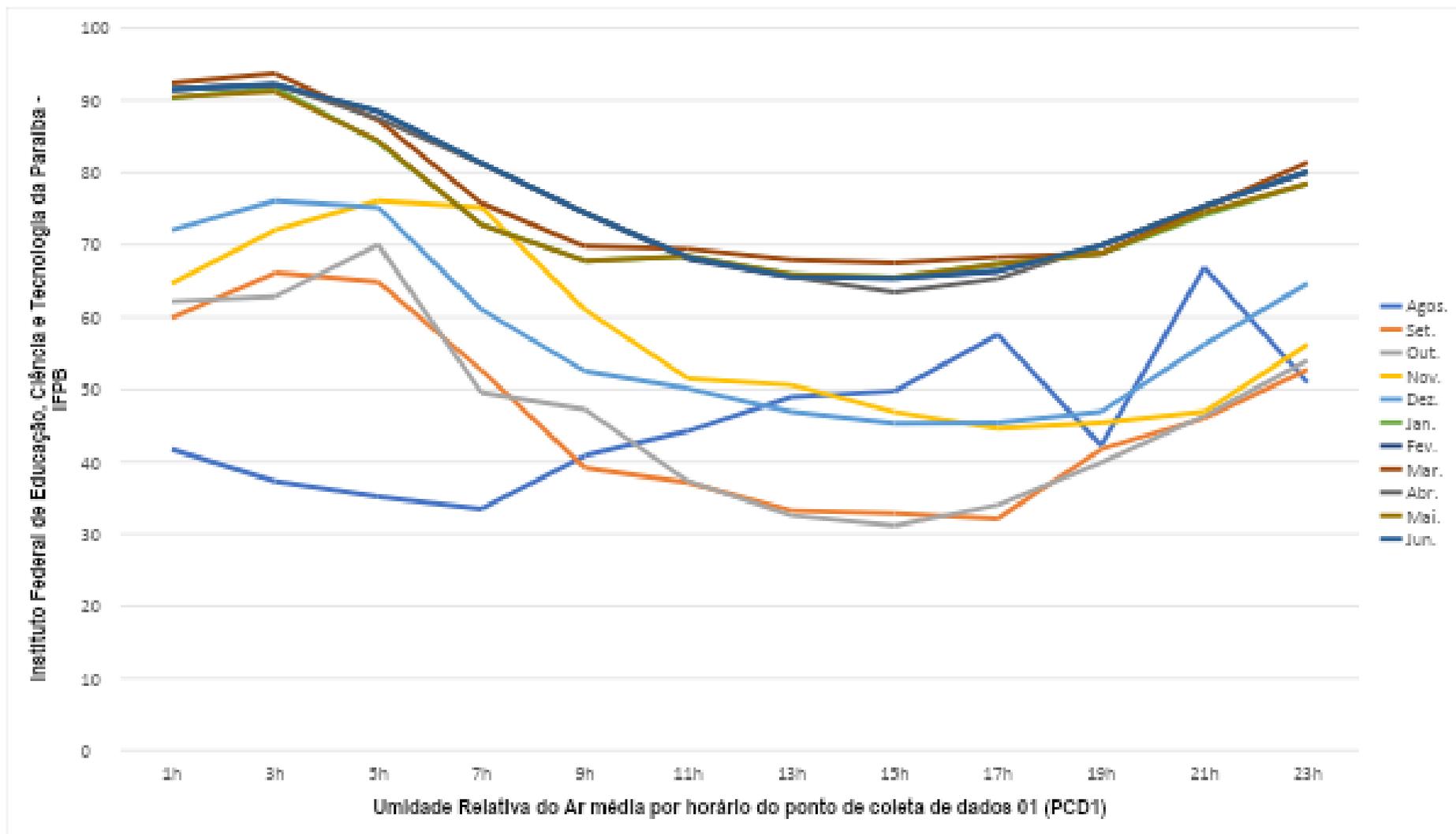
Fonte: autoria própria

### Apêndice 05 - Umidade Relativa do Ar média por horário do INMET



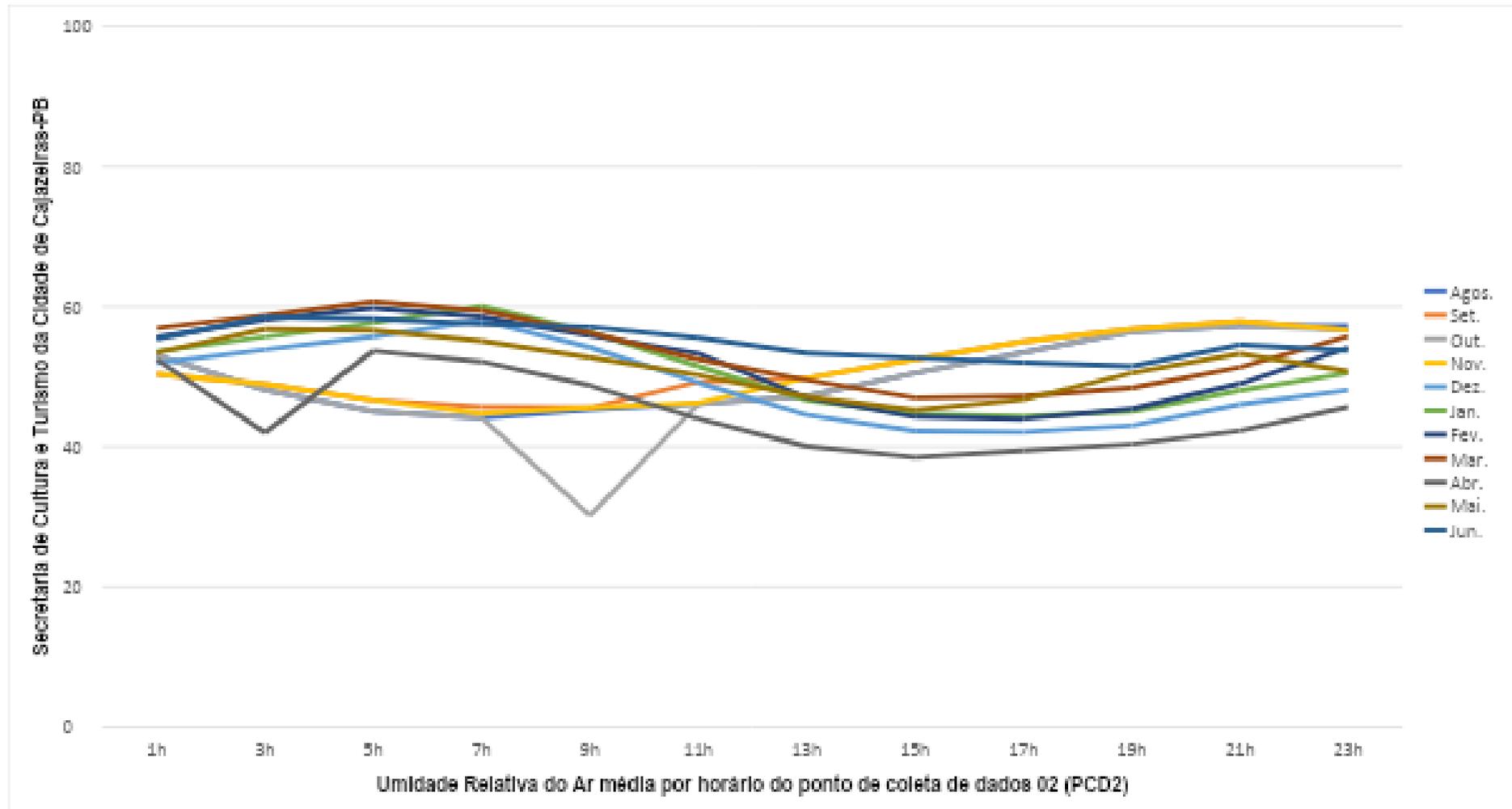
Fonte: autoria própria

**Apêndice 06 - Umidade Relativa do Ar média por horário do ponto de coleta de dados 01 (PCD1)**



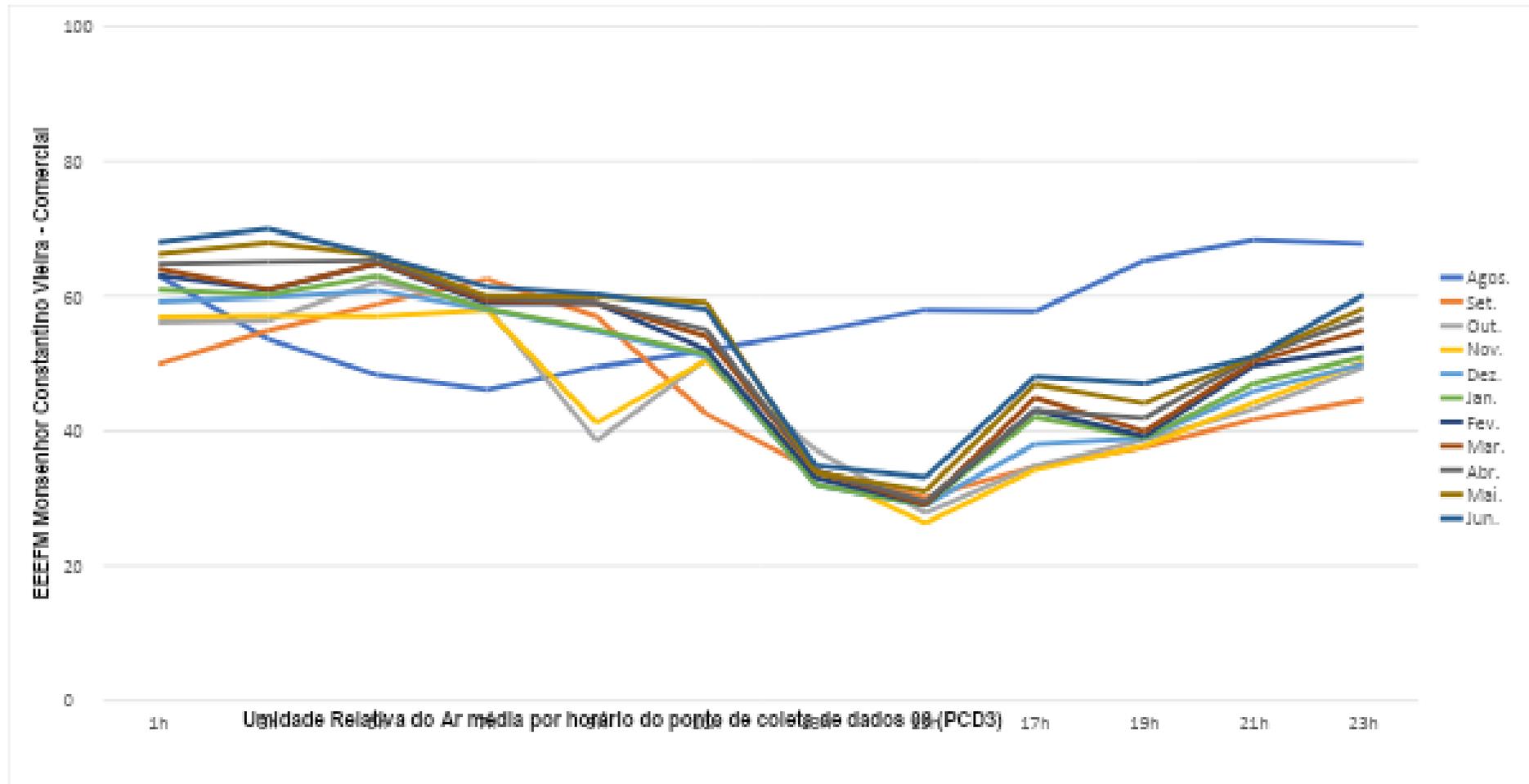
Fonte: autoria própria

**Apêndice 07 - Umidade Relativa do Ar média por horário do ponto de coleta de dados 02 (PCD2)**



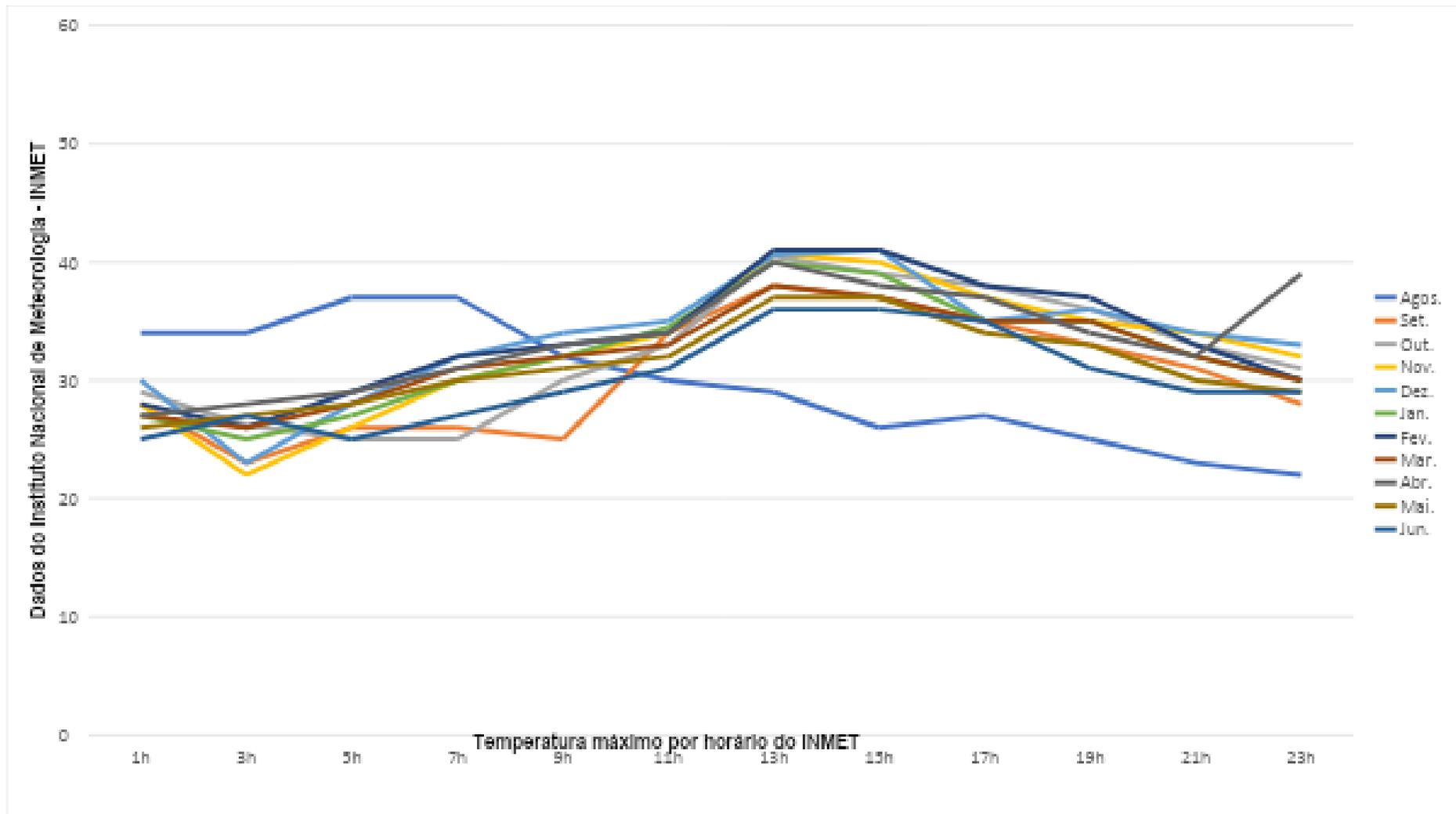
Fonte: autoria própria

### Apêndice 08 - Umidade Relativa do Ar média por horário do ponto de coleta de dados 01 (PCD1)



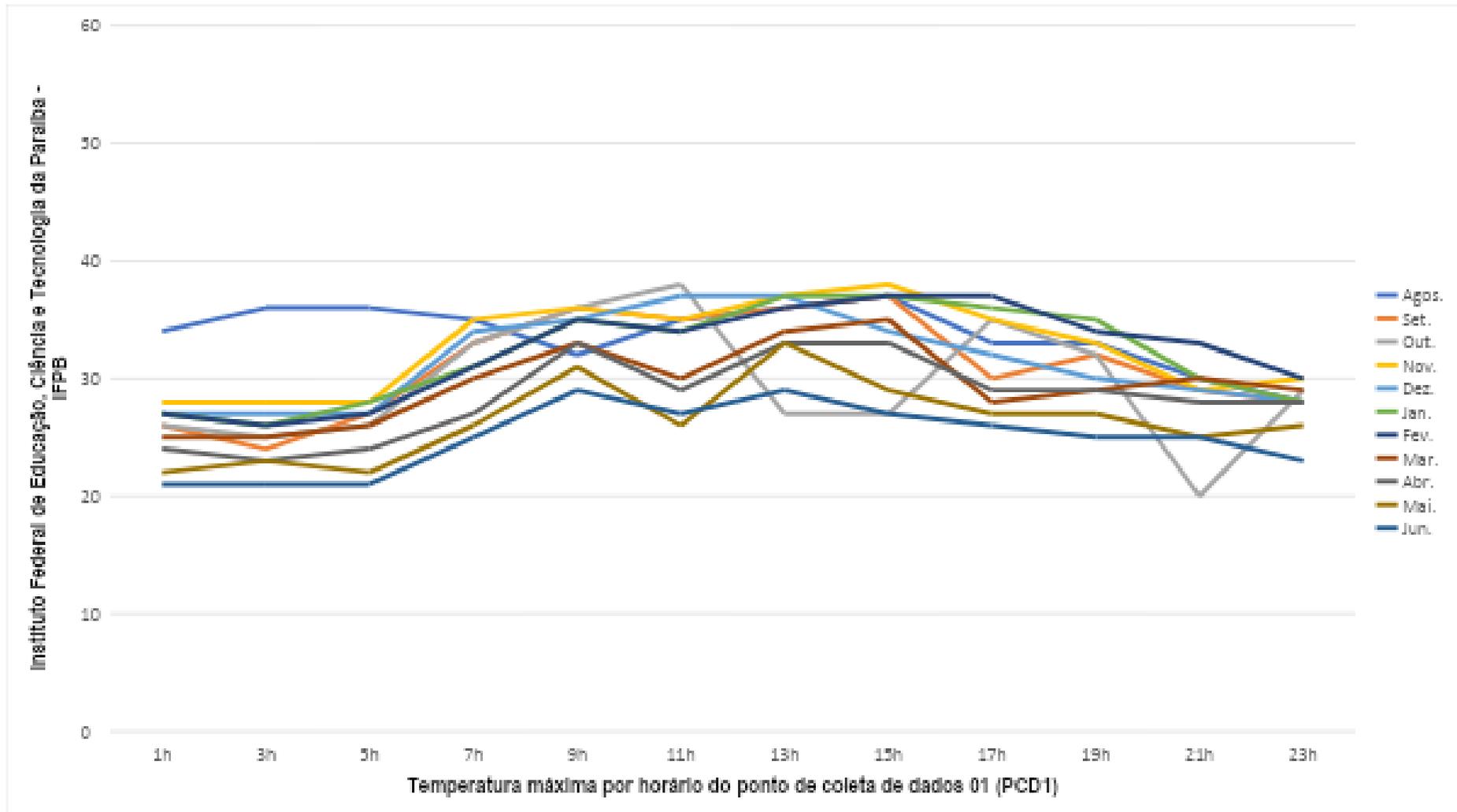
Fonte: autoria própria

### Apêndice 09 - Temperatura máximo por horário do INMET °c



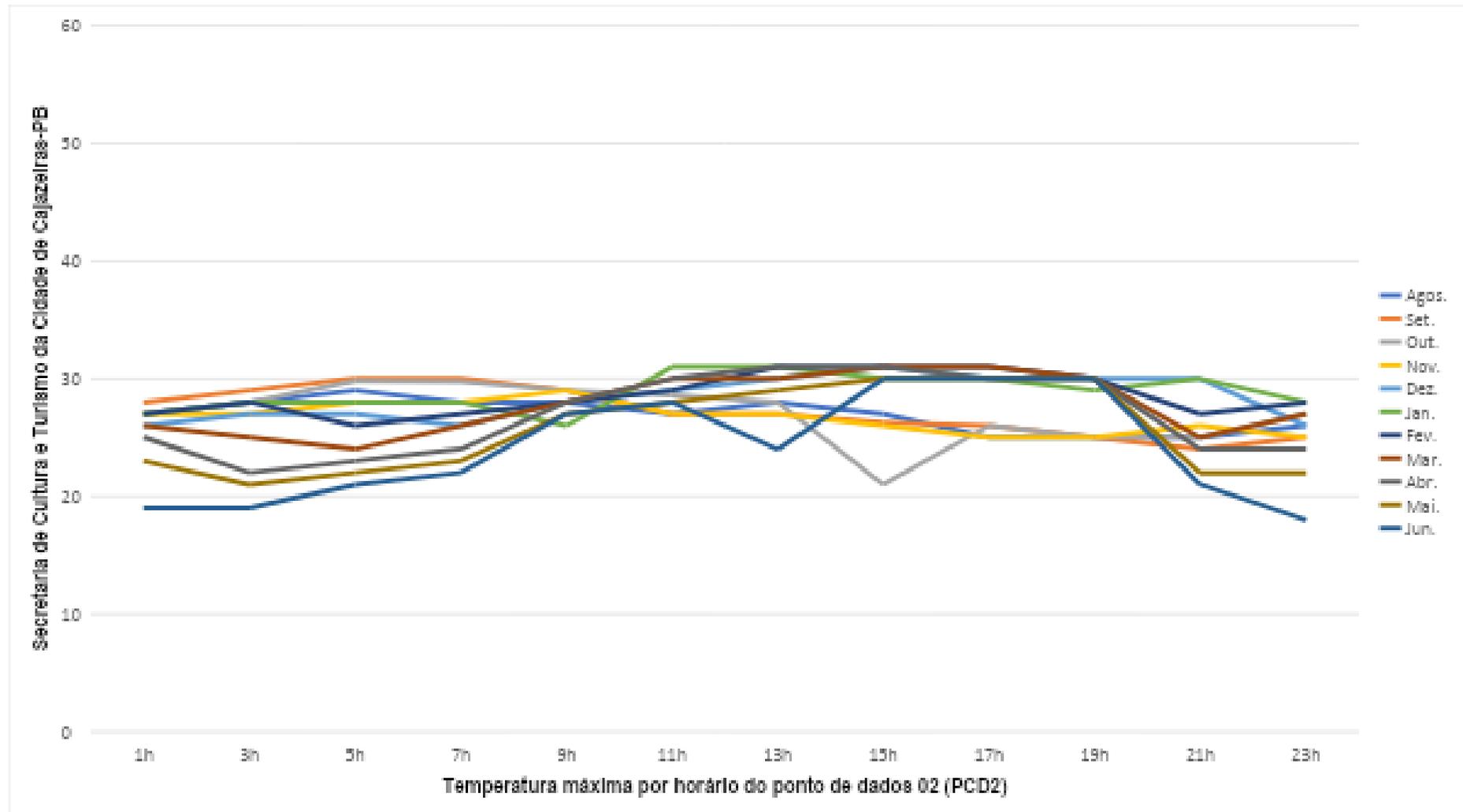
Fonte: autoria própria

**Apêndice 10 – Temperatura máxima por horário do ponto de coleta de dados 01 (PCD1) °c**



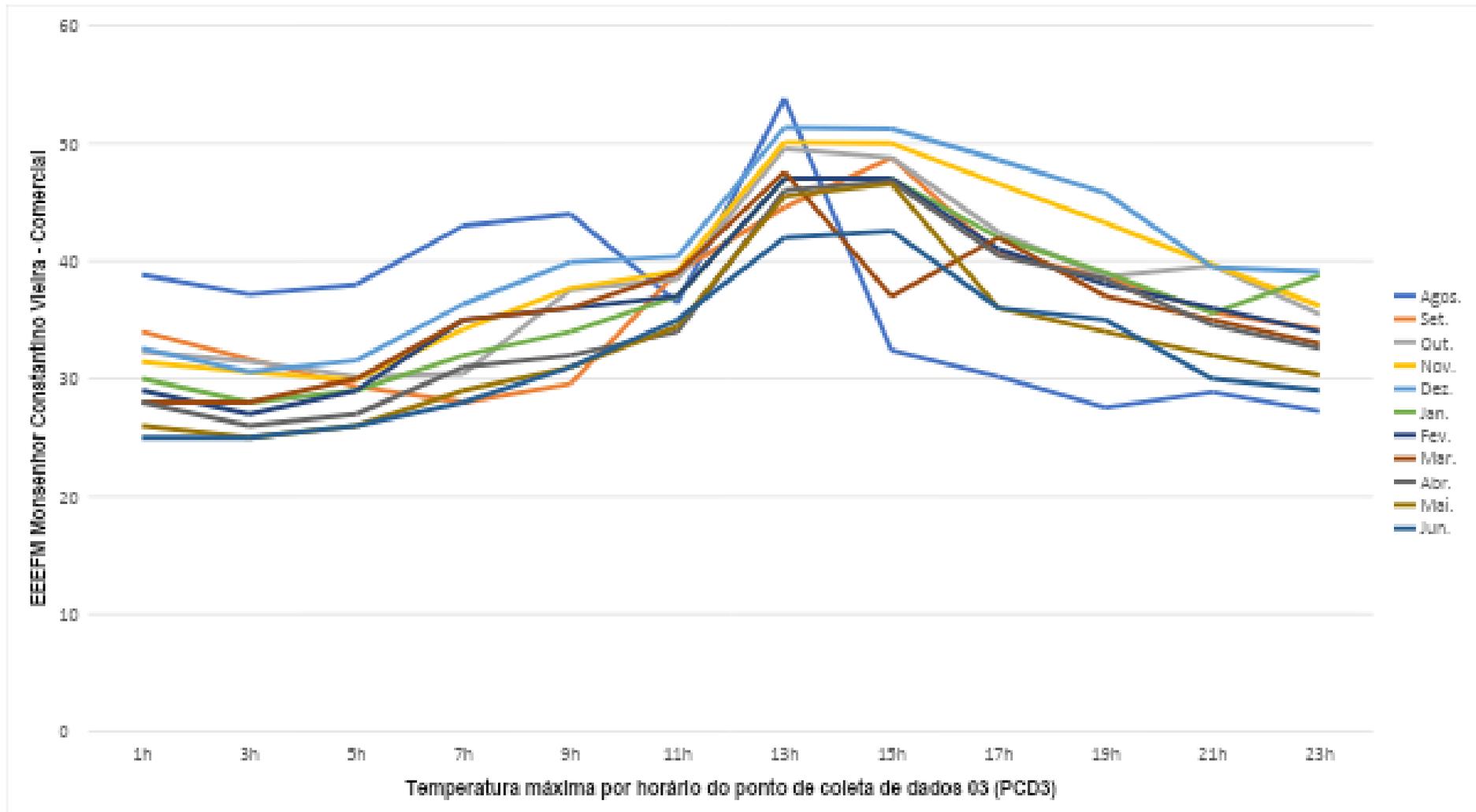
Fonte: autoria própria

**Apêndice 11 – Temperatura máxima por horário do ponto de coleta de dados 02 (PCD2) °c**



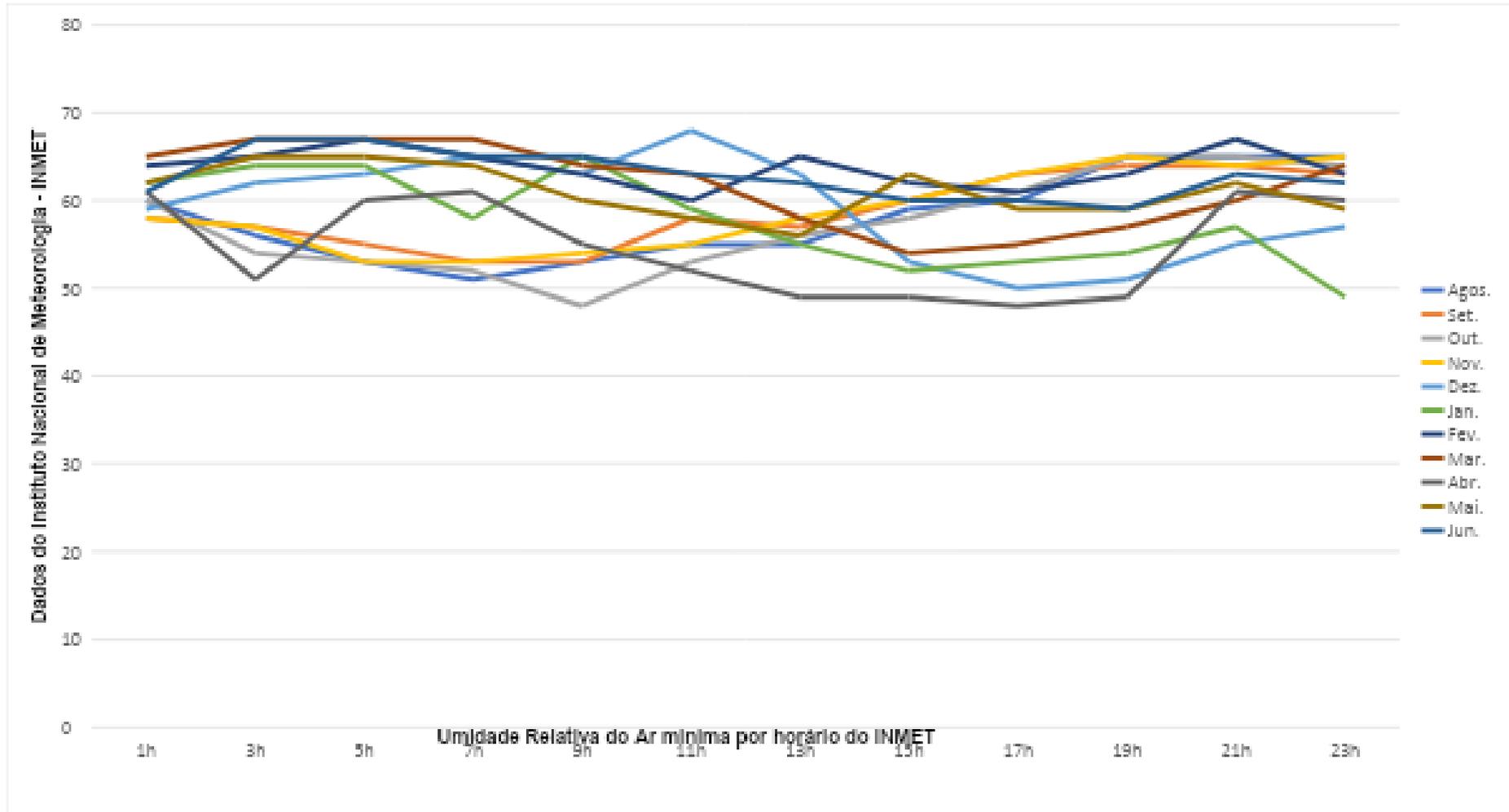
Fonte: autoria própria

**Apêndice 12 - Temperatura máxima por horário do ponto de coleta de dados 03 (PCD3) °c**



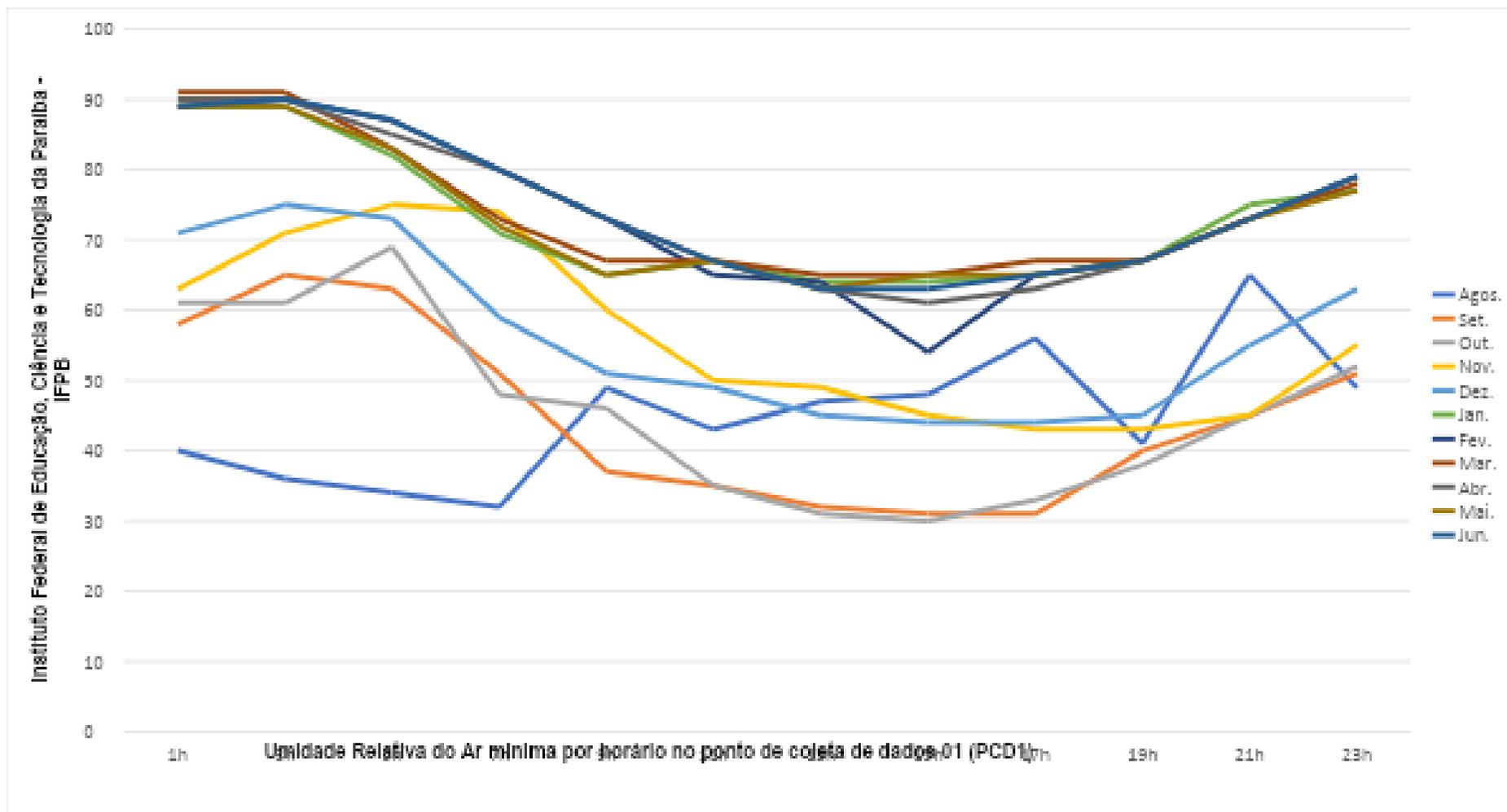
Fonte: autoria própria

### Apêndice 13 - Umidade Relativa do Ar mínima por horário do INMET



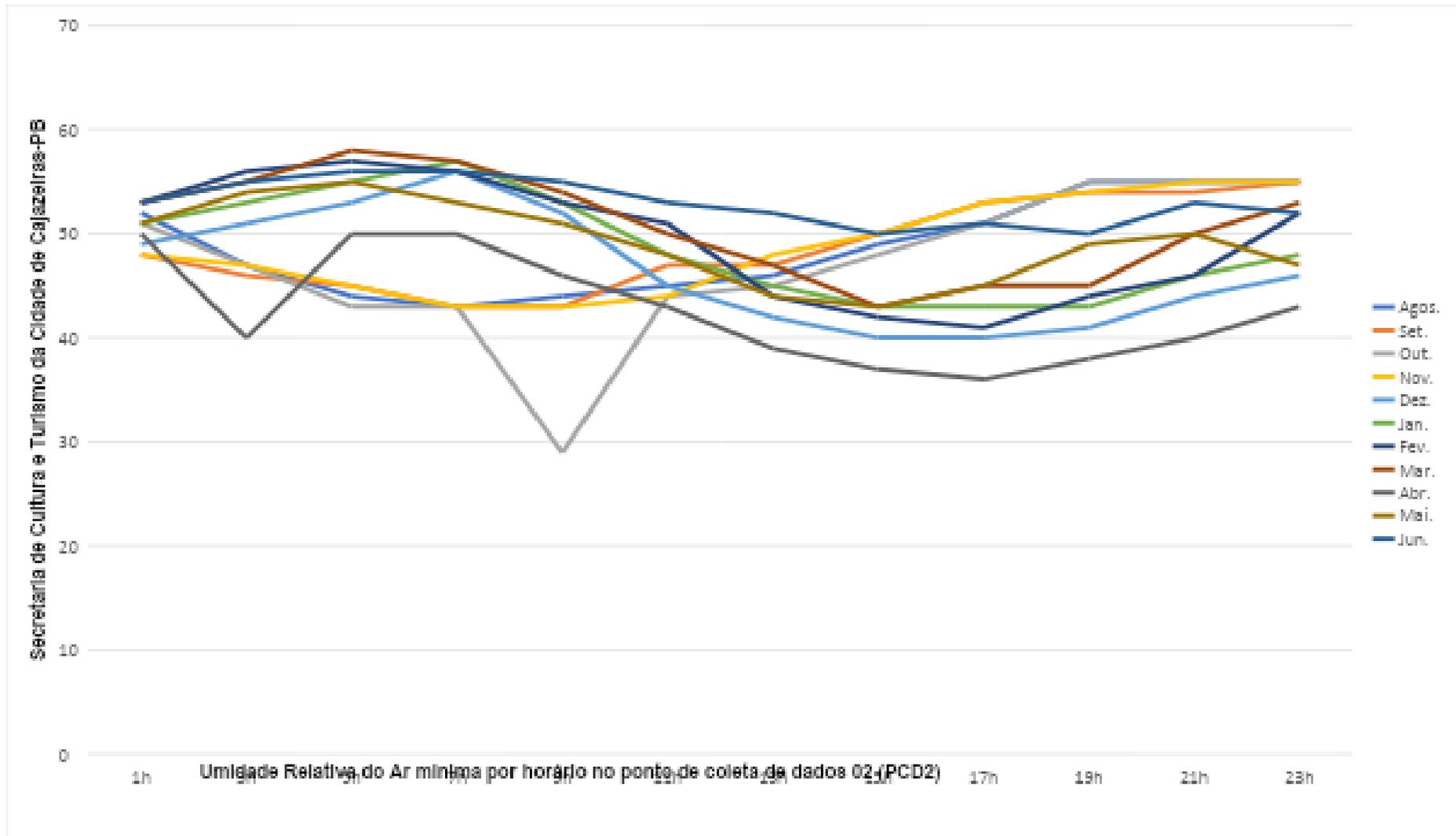
Fonte: autoria própria

**Apêndice 14 - Umidade Relativa do Ar mínima por horário no ponto de coleta de dados 01 (PCD1)**



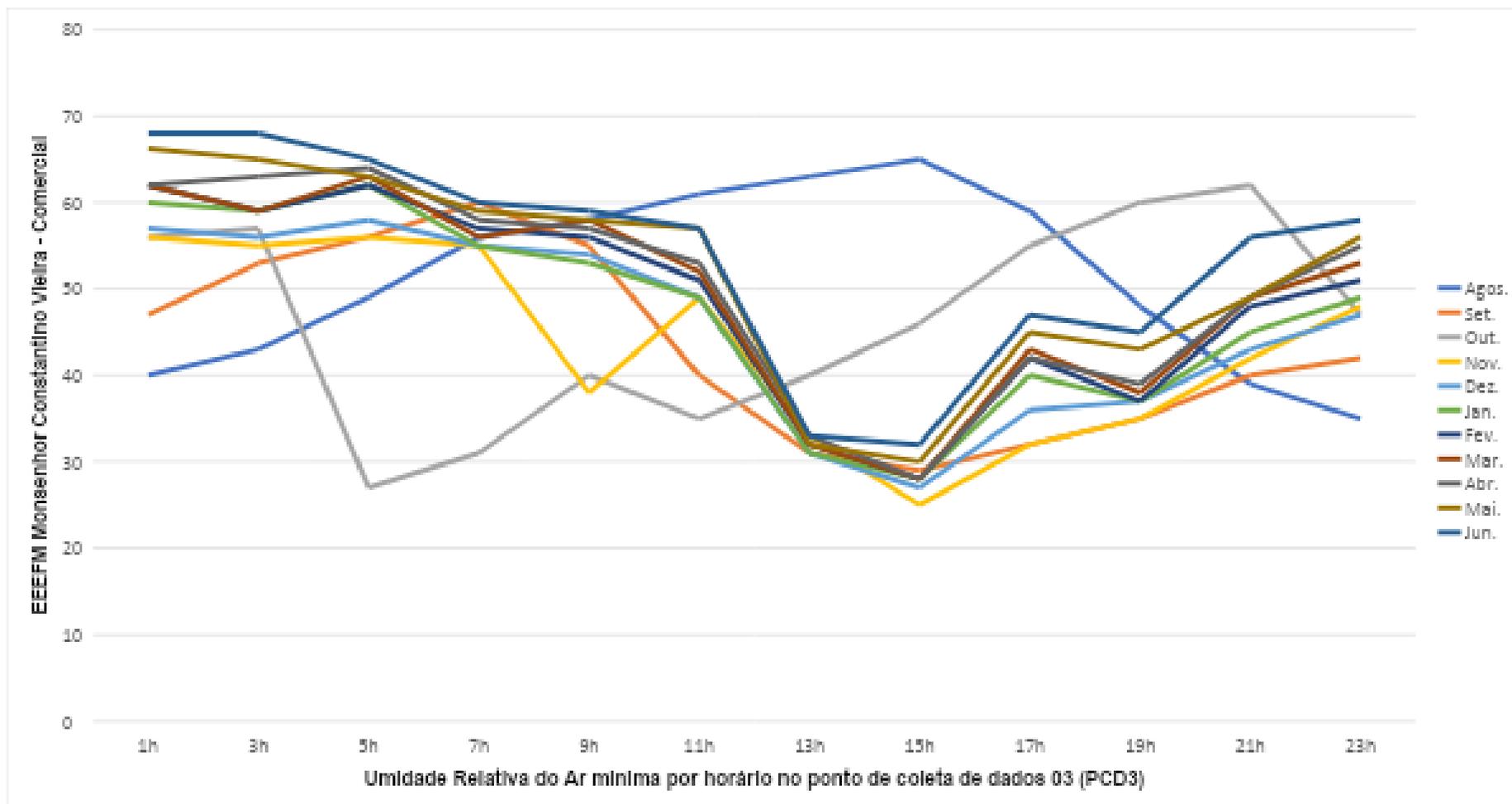
Fonte: autoria própria

**Apêndice 15 - Umidade Relativa do Ar mínima por horário no ponto de coleta de dados 02 (PCD2)**



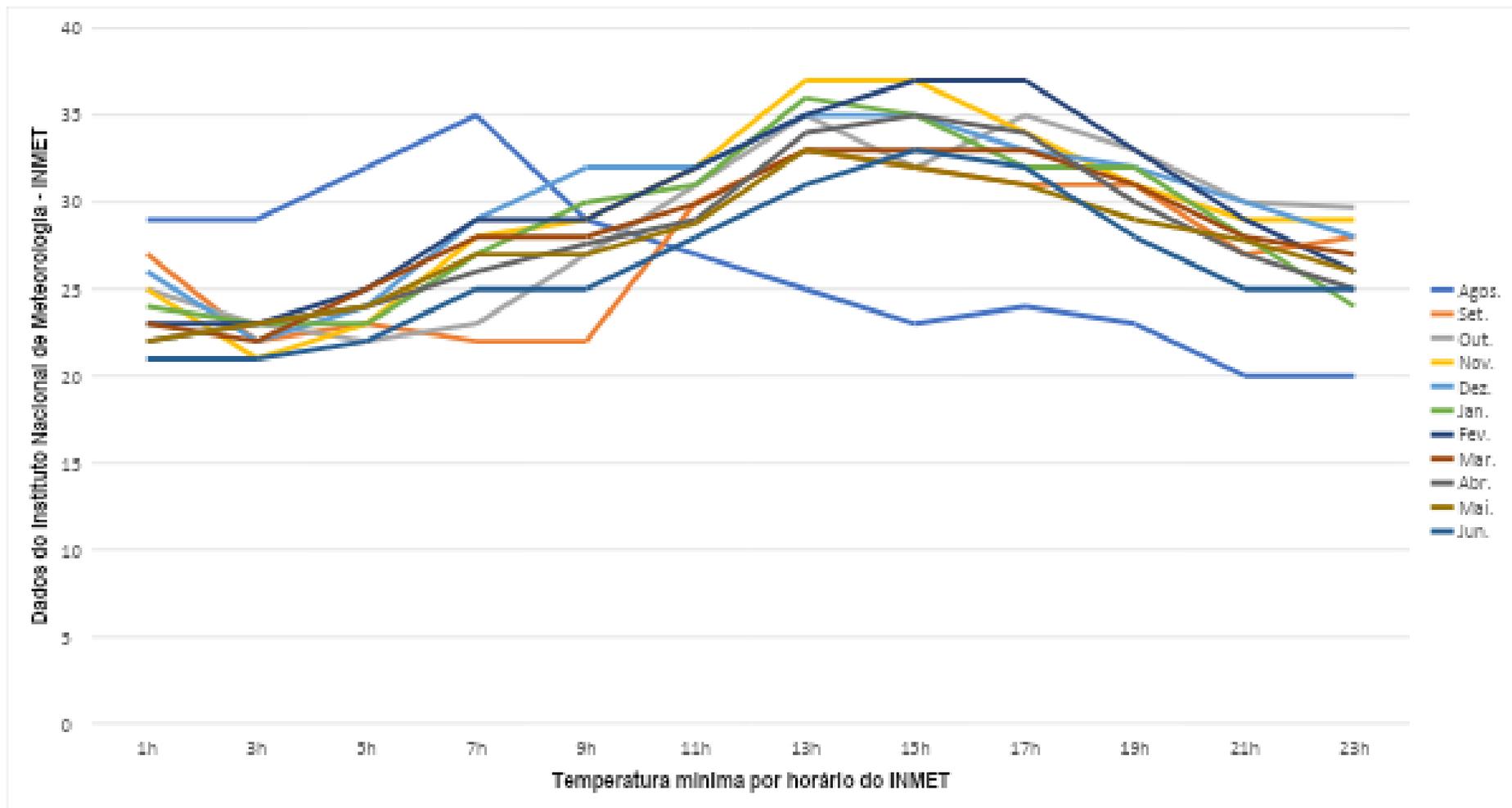
Fonte: autoria própria

**Apêndice 16 - Umidade Relativa do Ar mínima por horário no ponto de coleta de dados 03 (PCD3)**



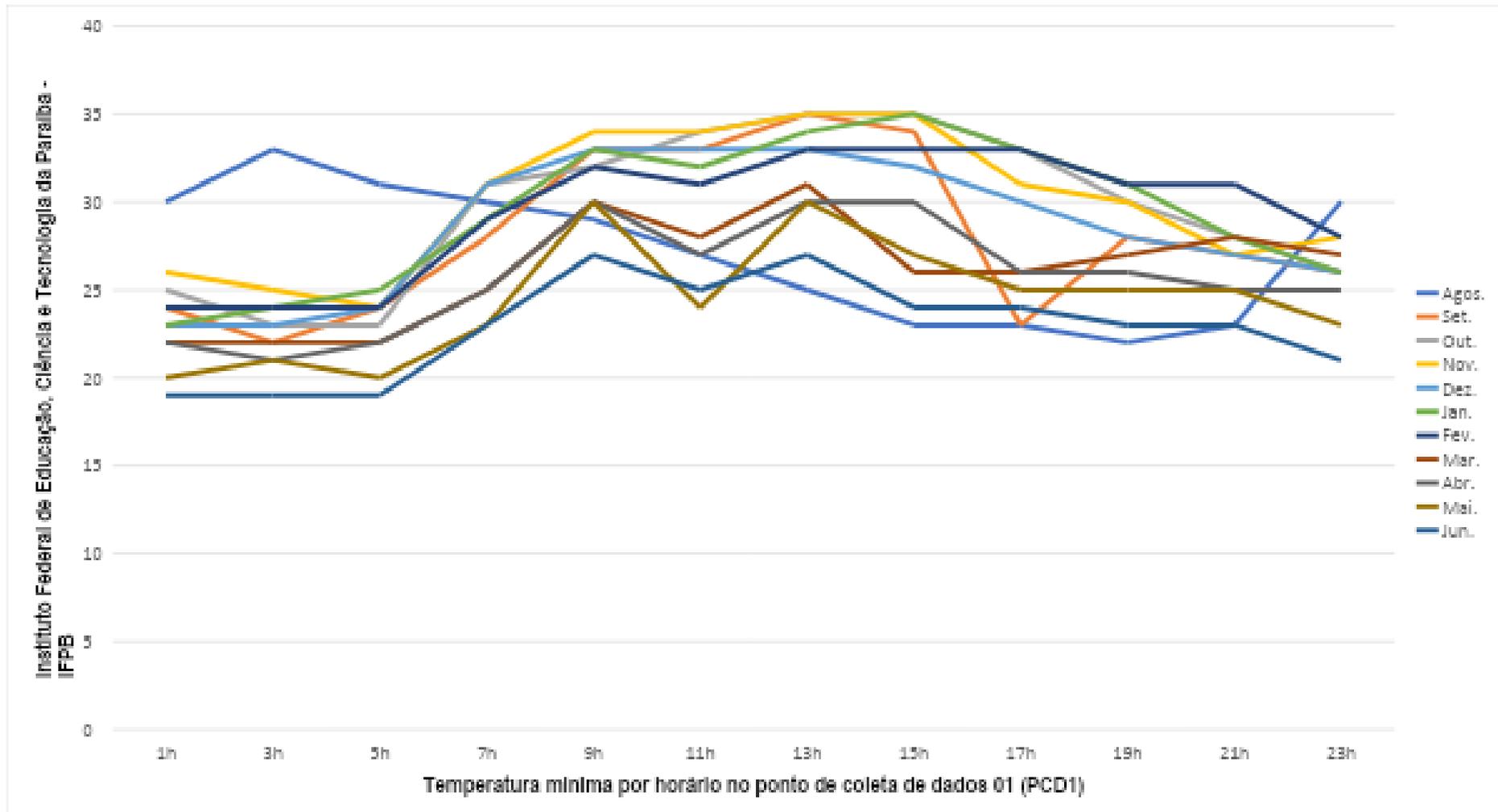
Fonte: autoria própria

Apêndice 17 - Temperatura mínima por horário do INMET °c



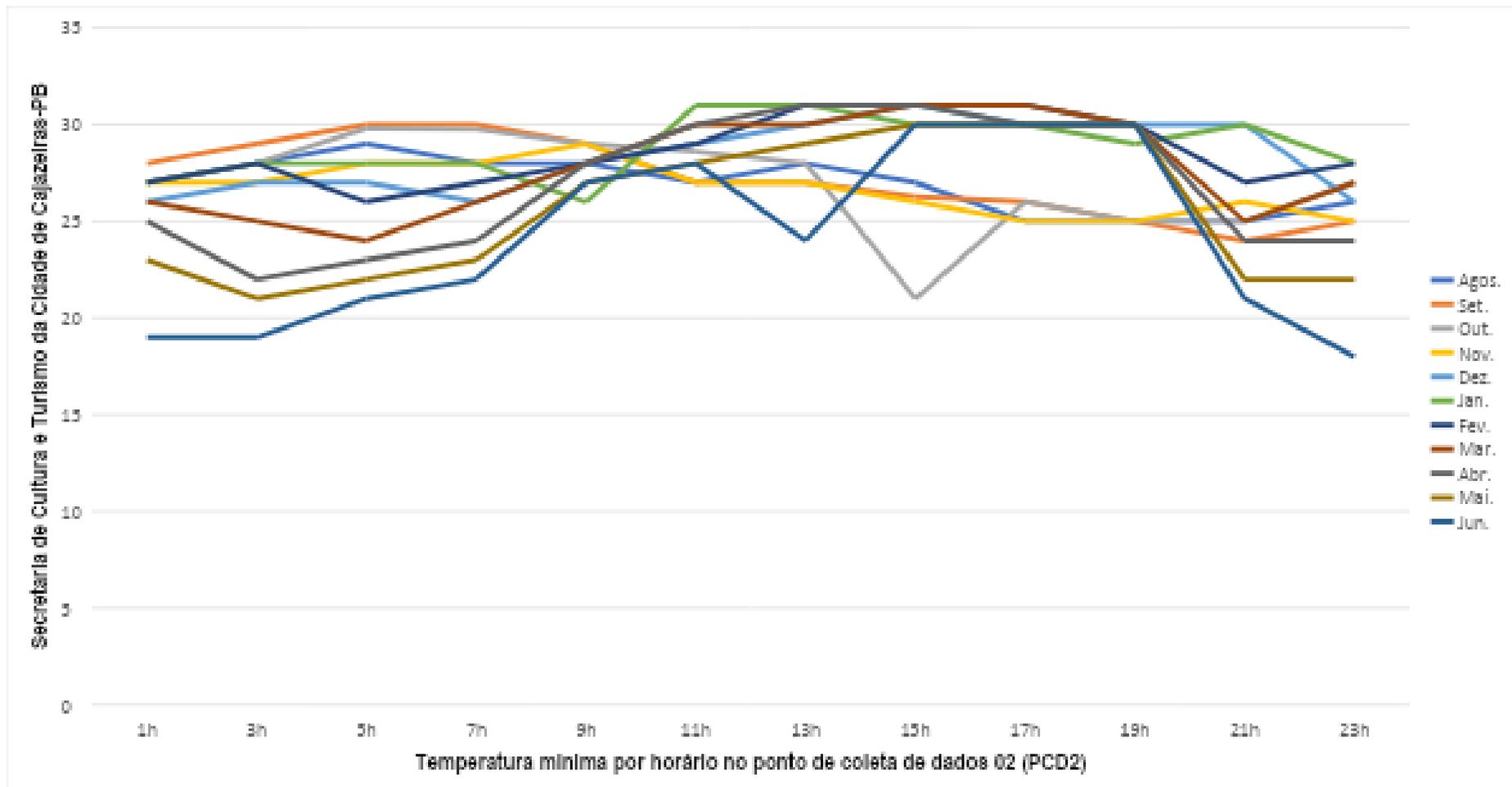
Fonte: autoria própria

**Apêndice 18 - Temperatura mínima por horário no ponto de coleta de dados 01 (PCD1) °c**



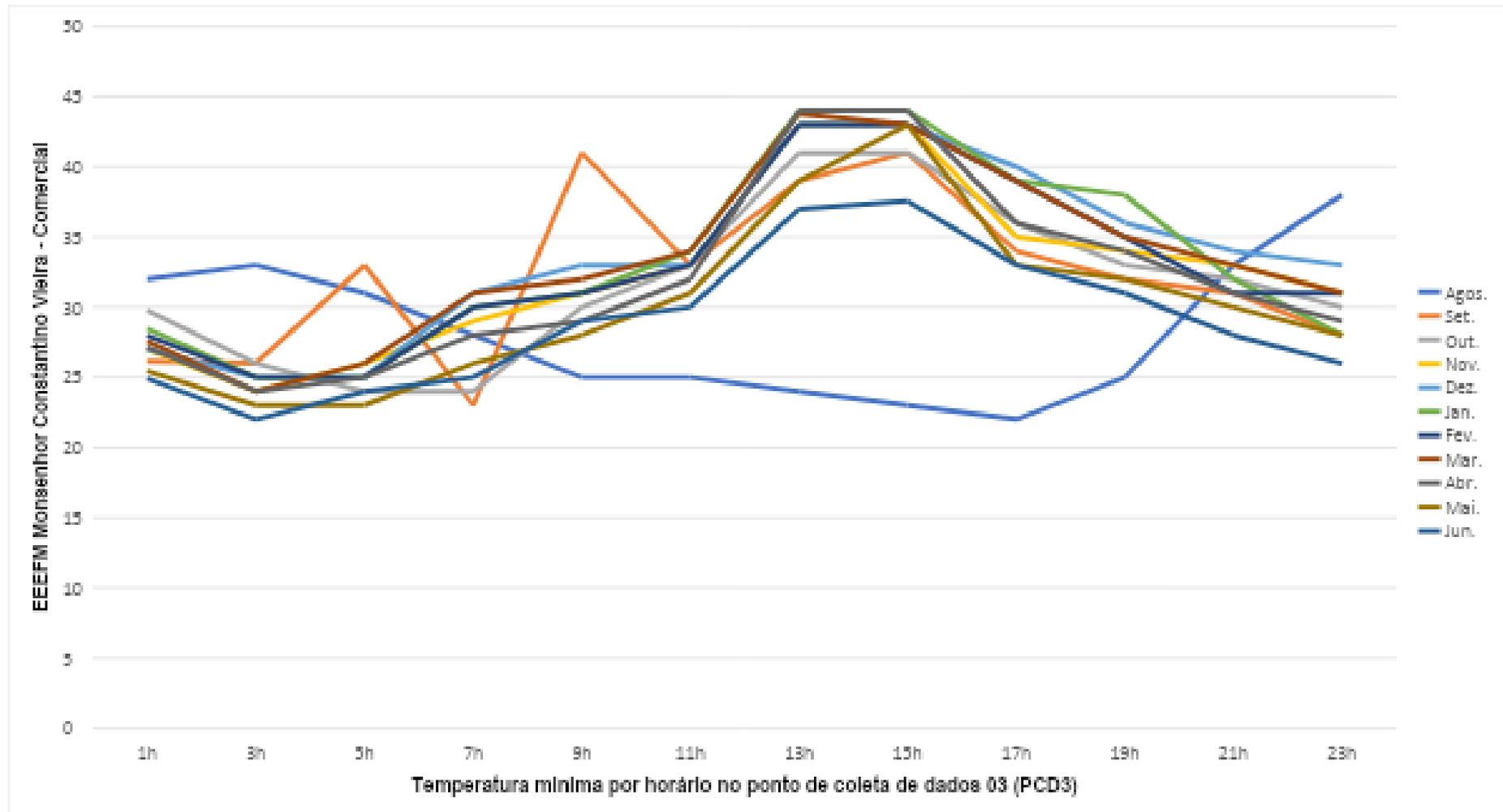
Fonte: autoria própria

**Apêndice 19 - Temperatura mínima por horário no ponto de coleta de dados 02 (PCD2) °c**



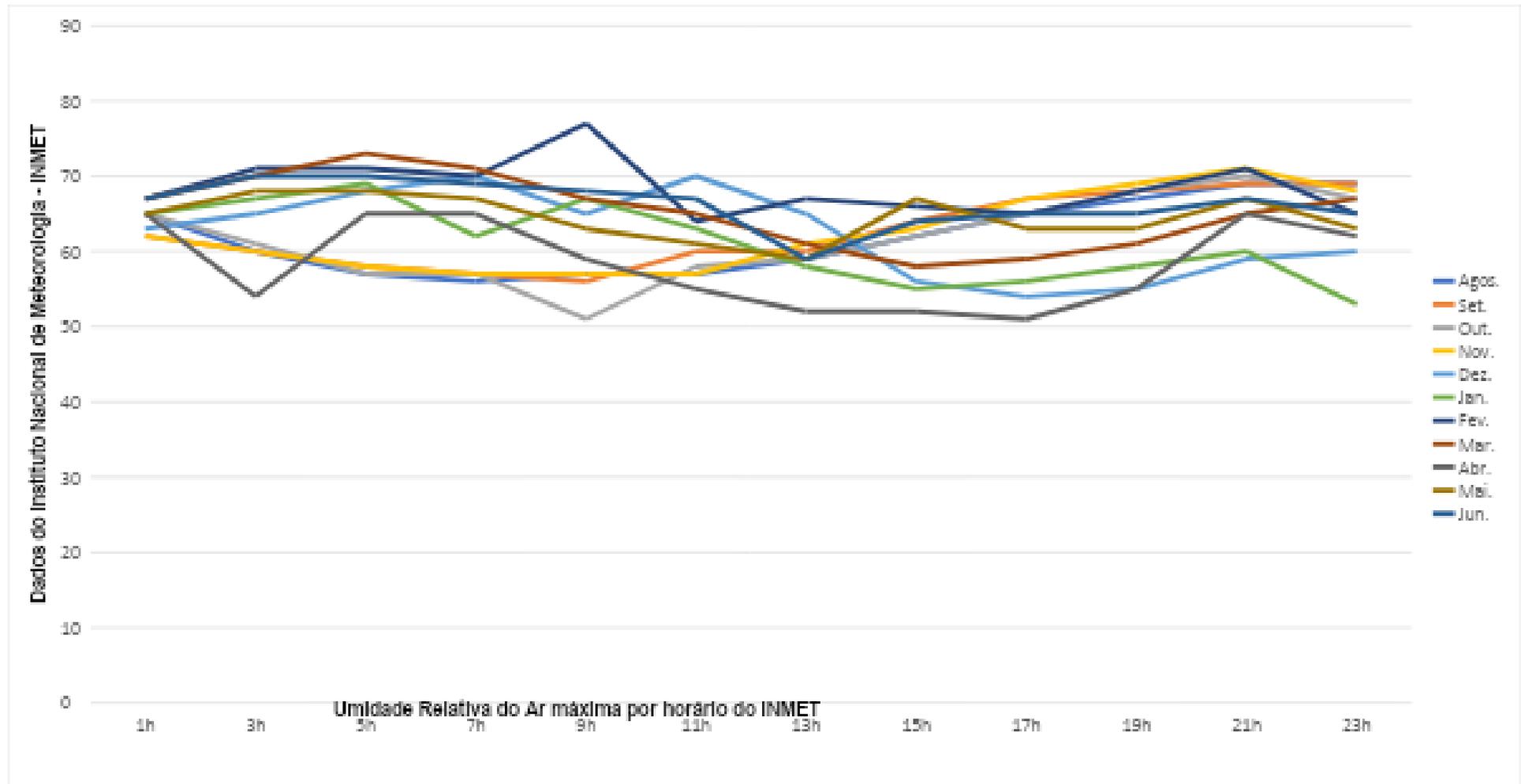
Fonte: autoria própria

**Apêndice 20 - Temperatura mínima por horário no ponto de coleta de dados 03 (PCD3) °c**



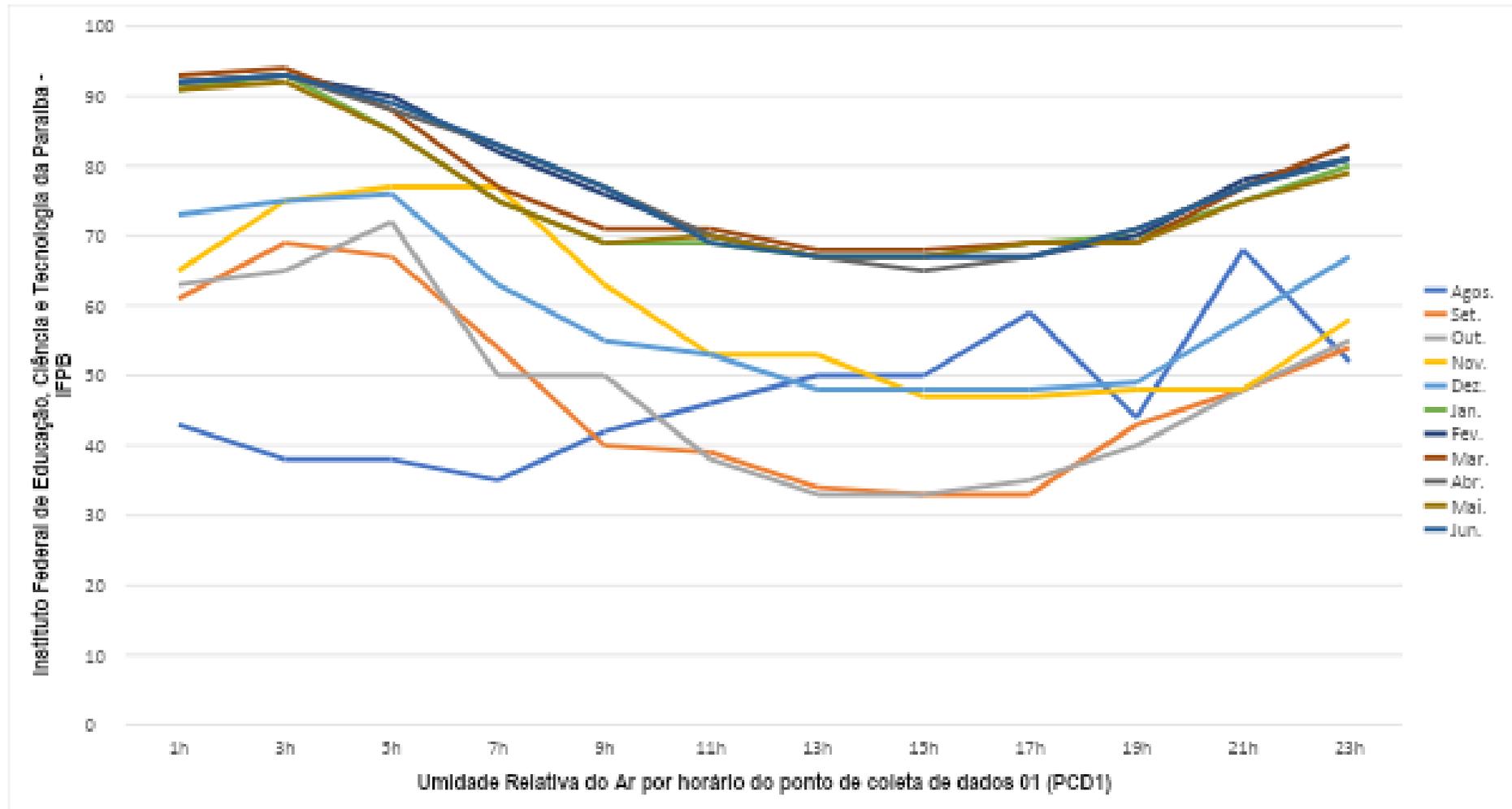
Fonte: autoria própria

## Apêndice 21 - Umidade Relativa do Ar máxima por horário do INMET



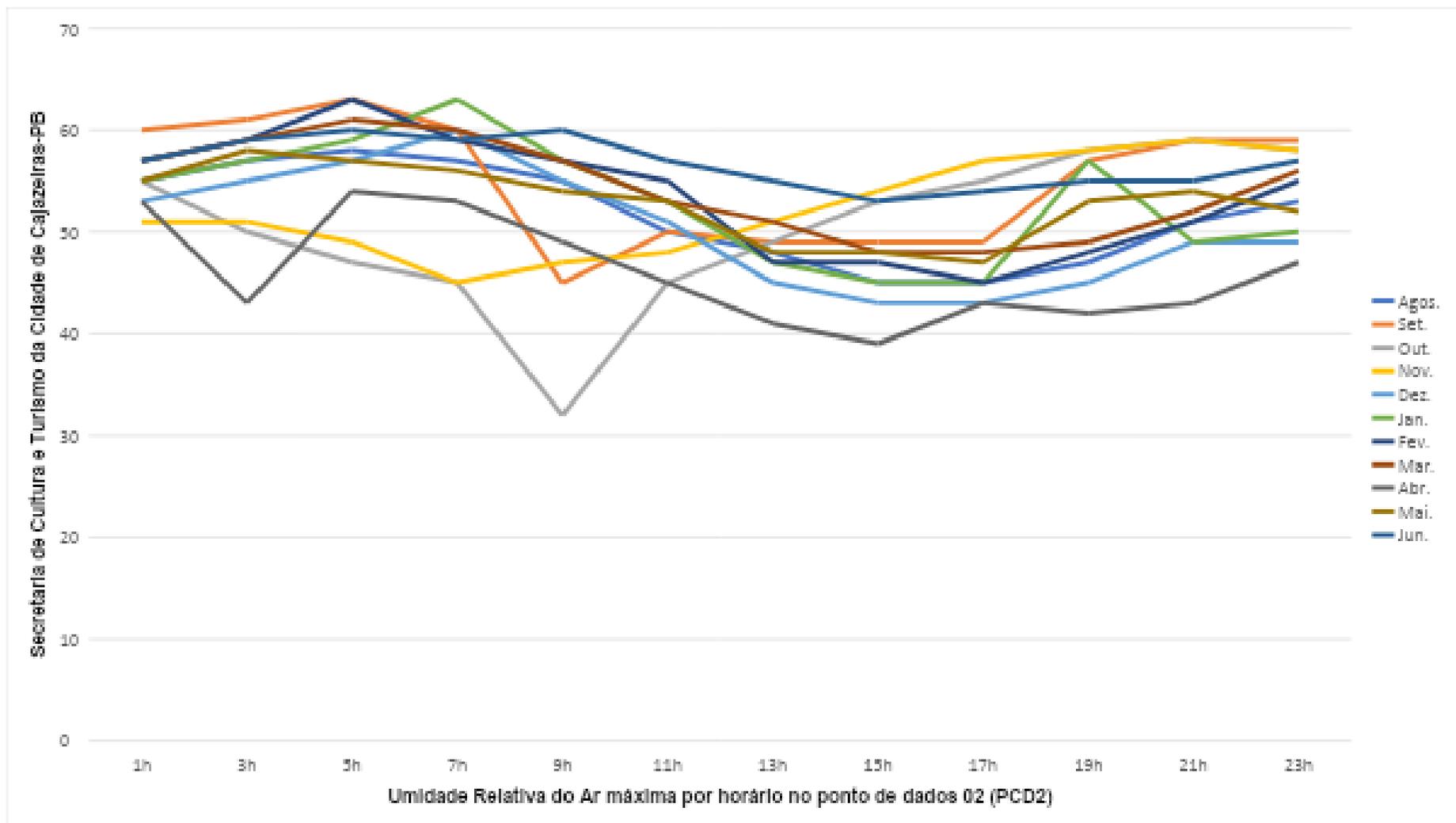
Fonte: autoria própria

## Apêndice 22 - Umidade Relativa do Ar por horário do ponto de coleta de dados 01 (PCD1)



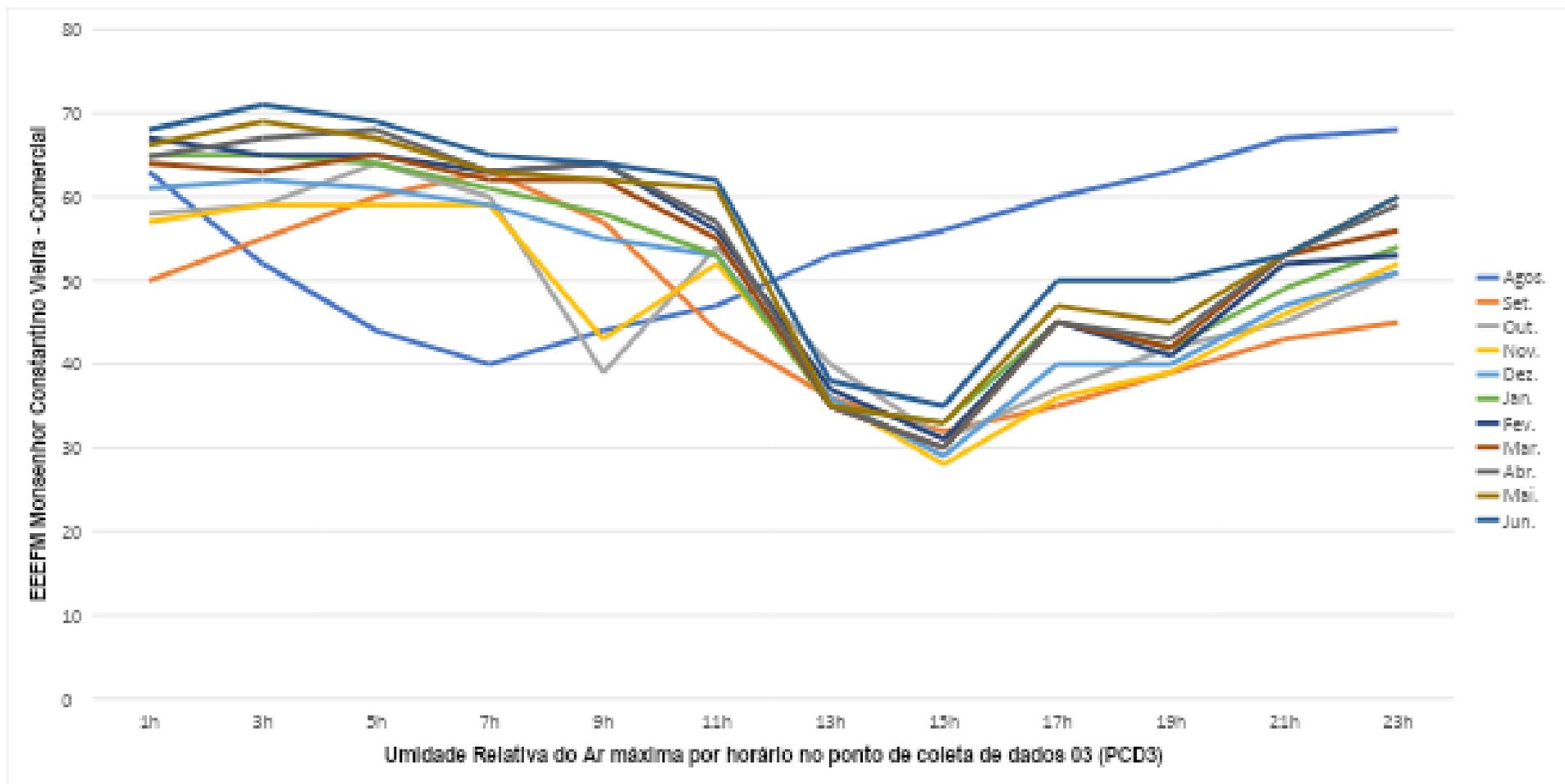
Fonte: autoria própria

**Apêndice 23 - Umidade Relativa do Ar por horário do ponto de coleta de dados 02 (PCD2)**



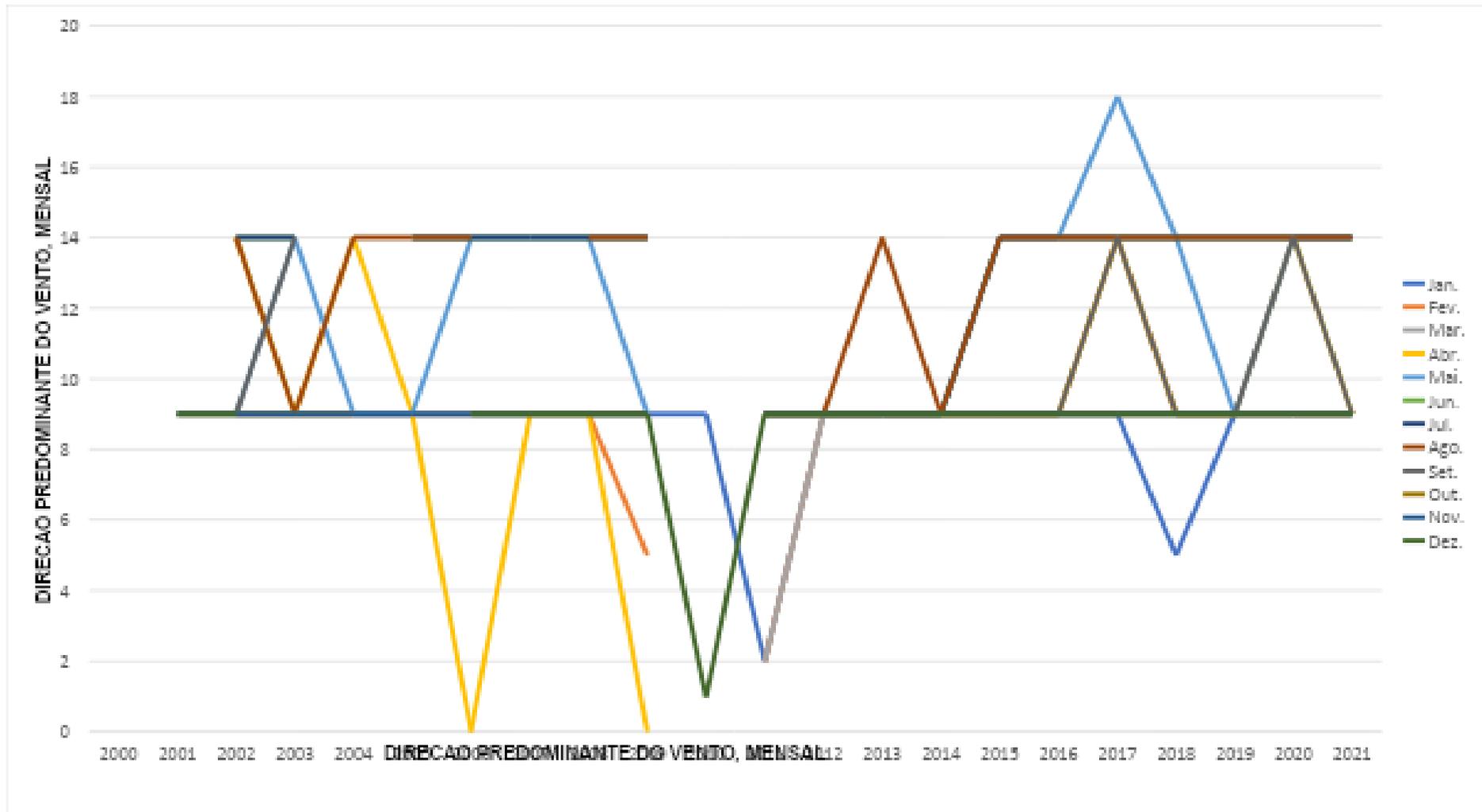
Fonte: autoria própria

**Apêndice 24 - Umidade Relativa do Ar por horário do ponto de coleta de dados 03 (PCD3)**



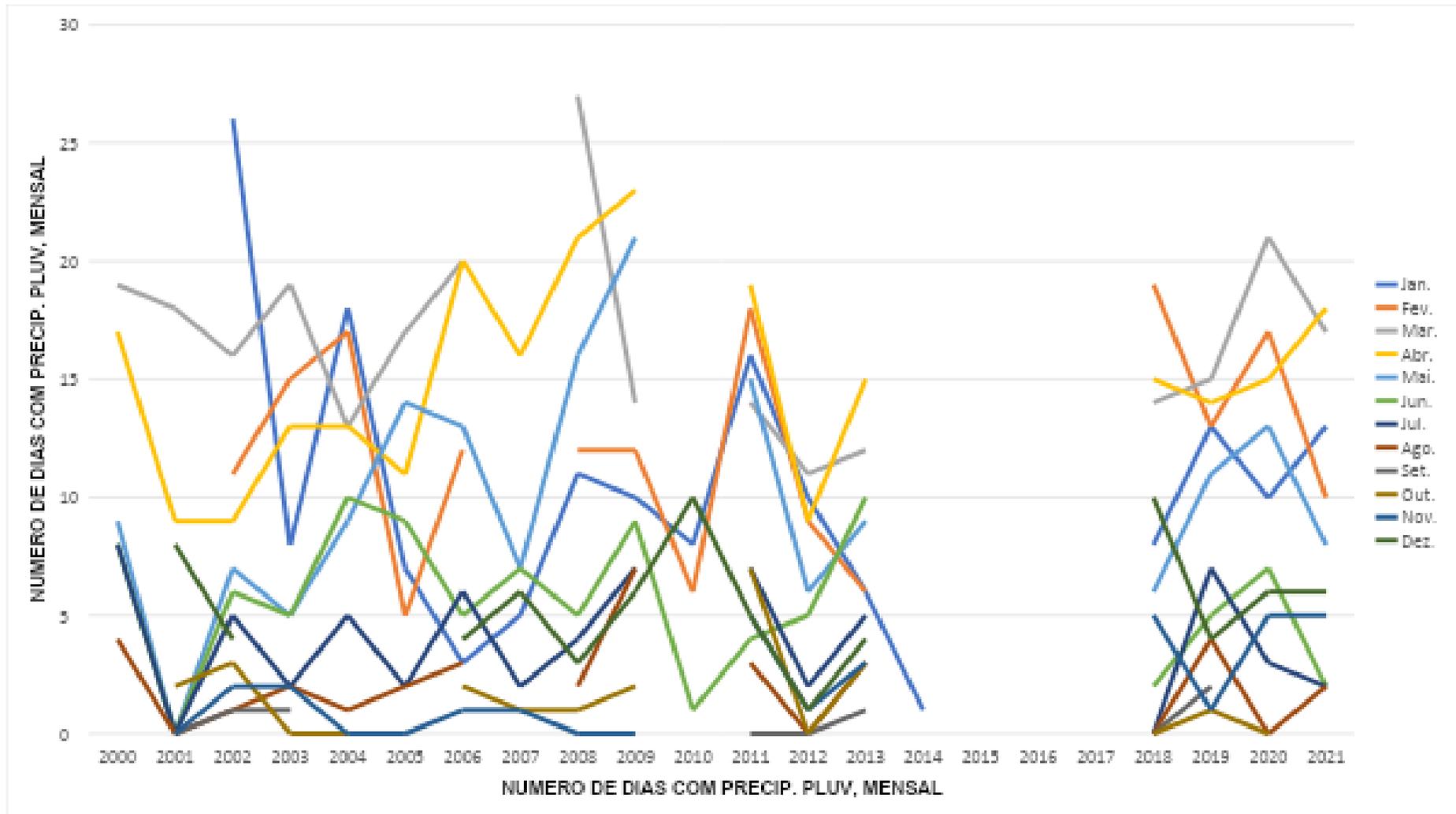
Fonte: autoria própria

Apêndice 24 - Direção predominante do vento, mensal

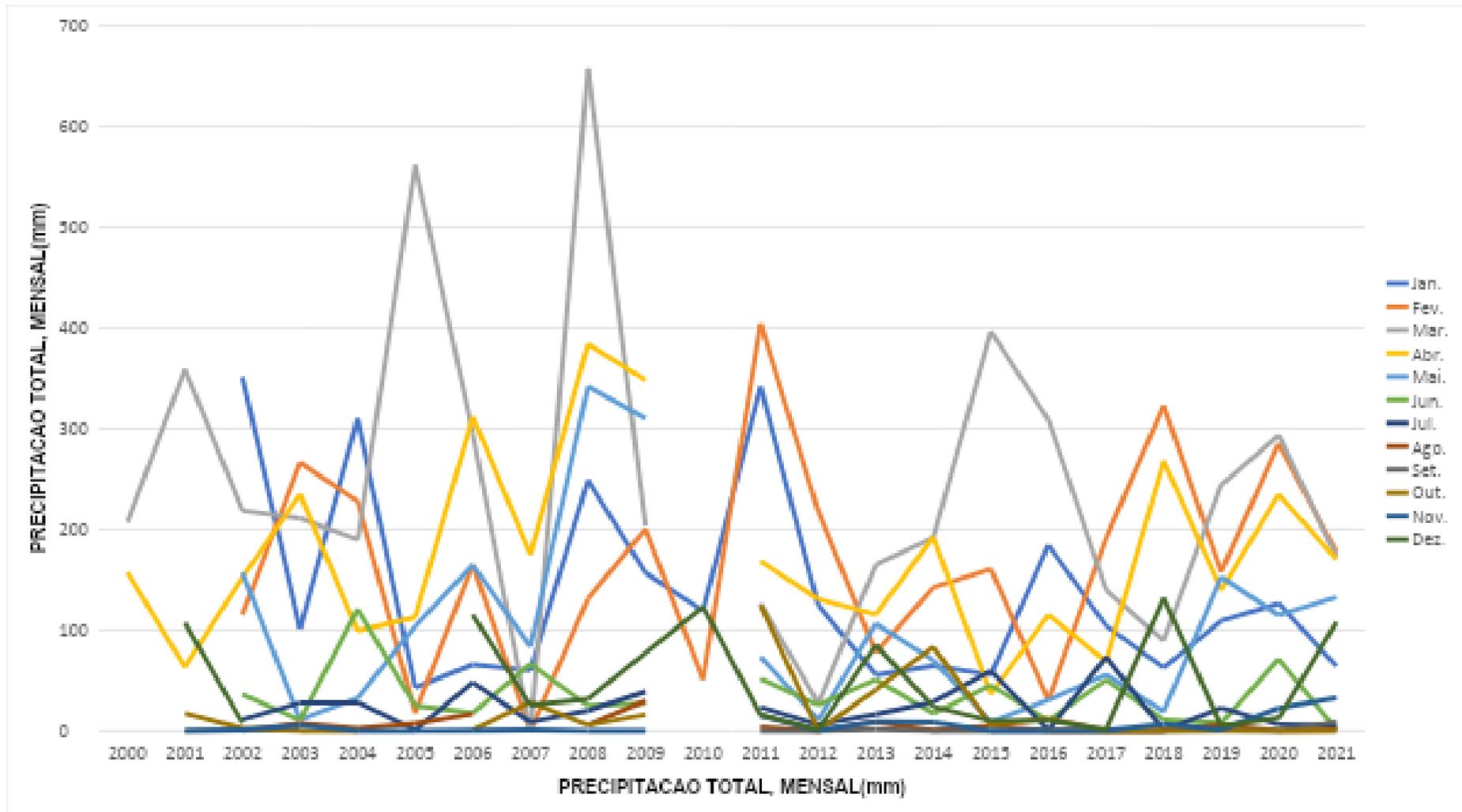


Fonte: autoria própria

Apêndice 25 - Número de dias com precip. pluv, mensal

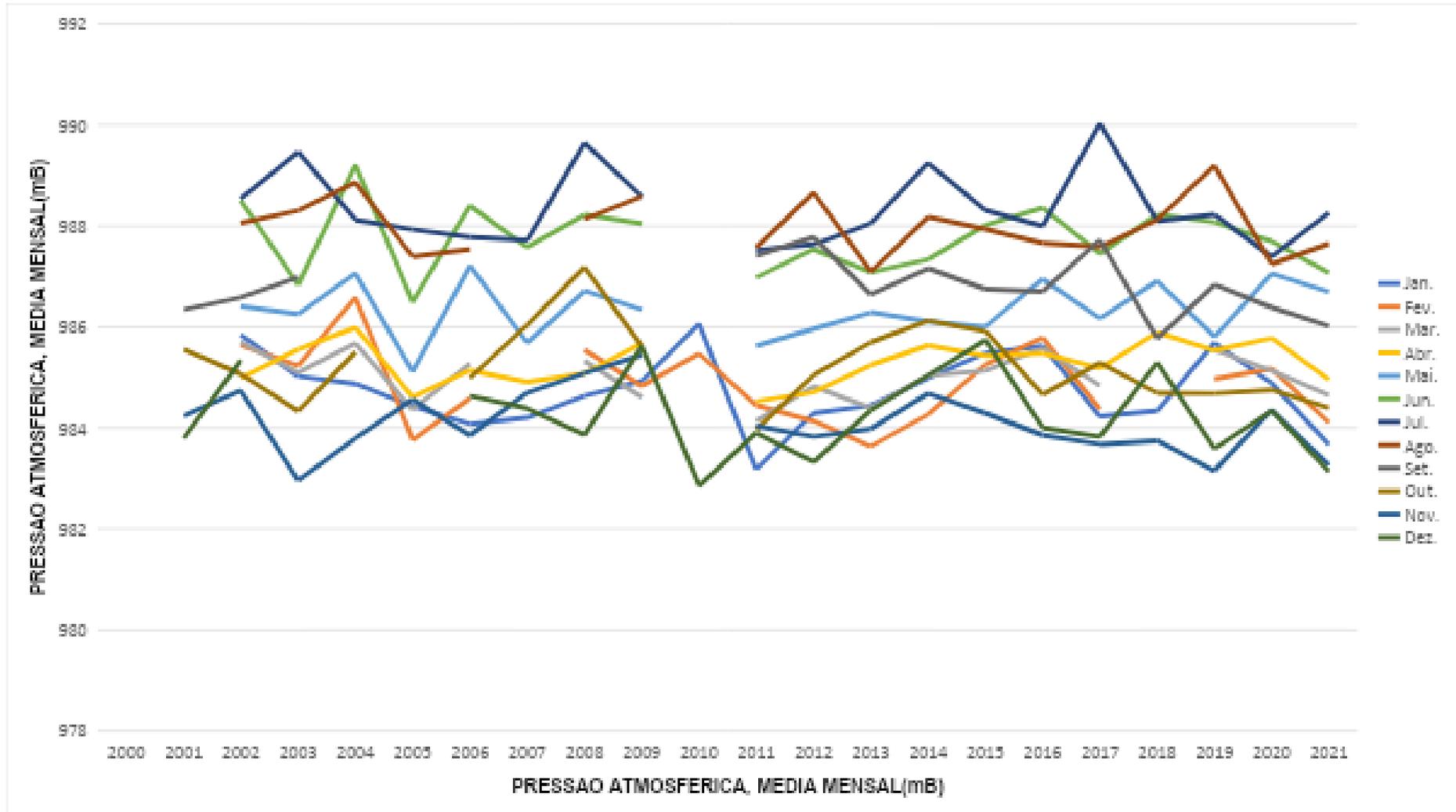


Apêndice 26 - Precipitação total, mensal (mm)



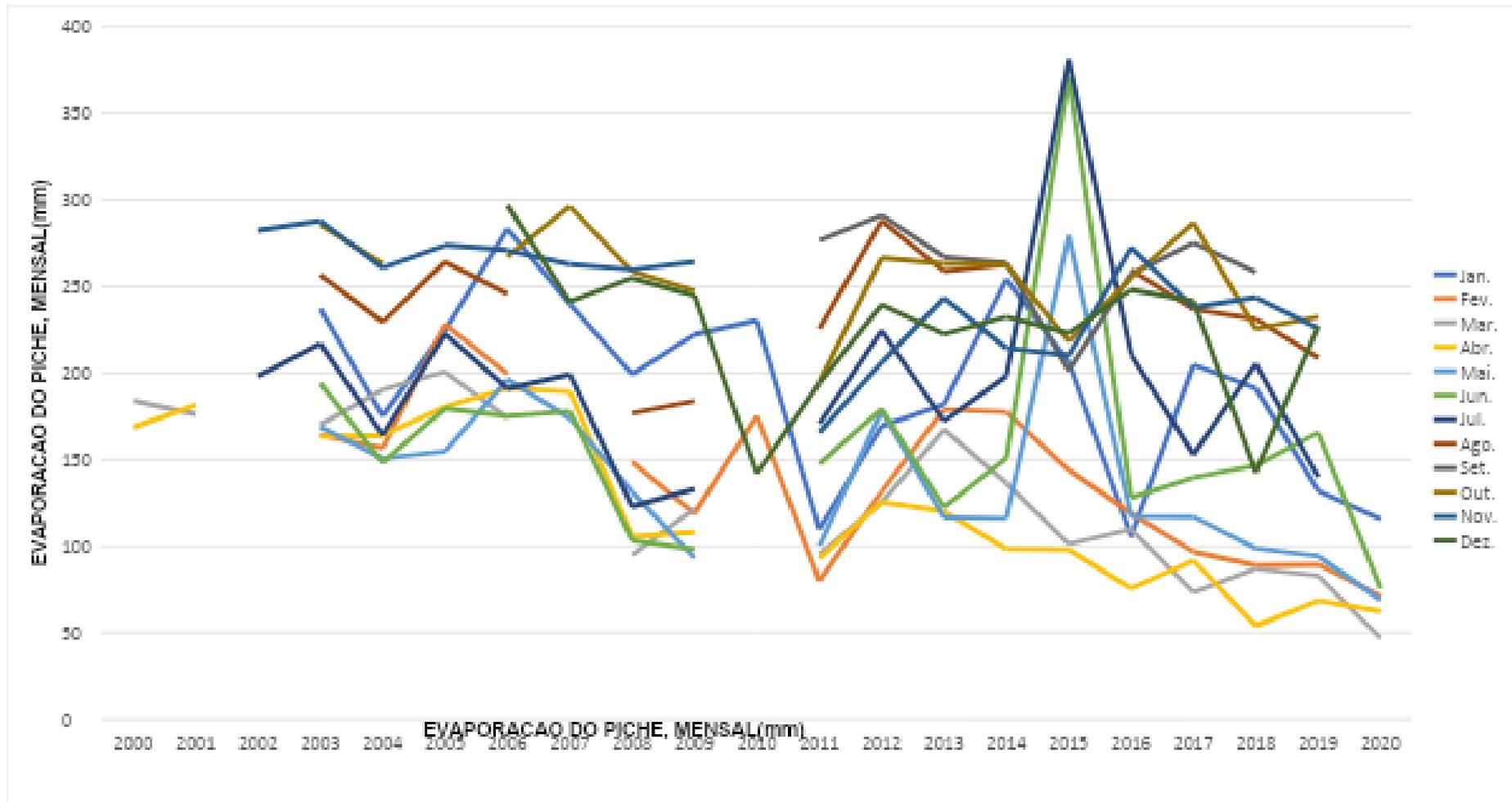
Fonte: autoria própria

Apêndice 27 - Pressão atmosférica, média mensal (mB)



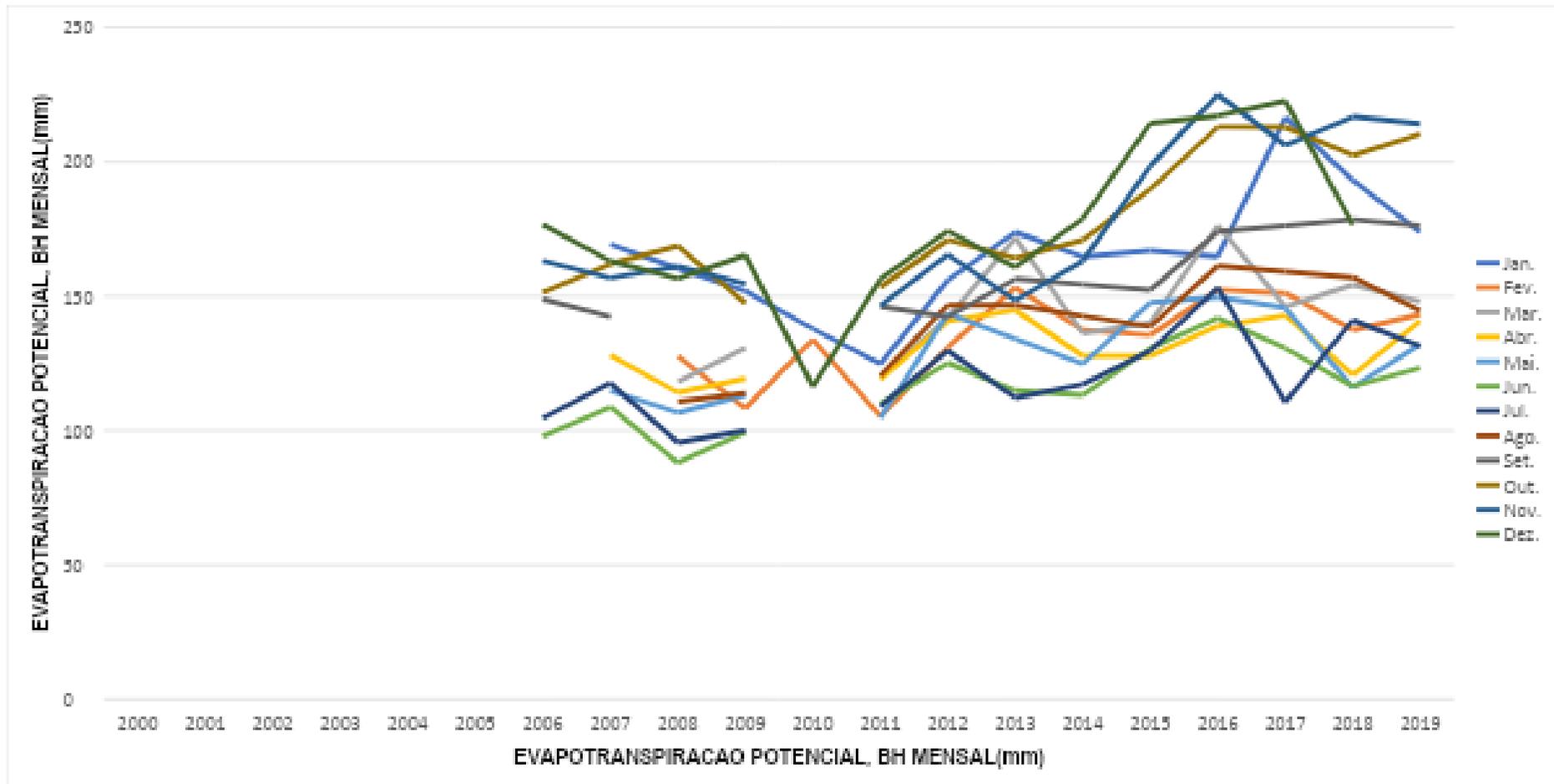
Fonte: autoria própria

Apêndice 28 - Evaporação do piche, mensal (mm)



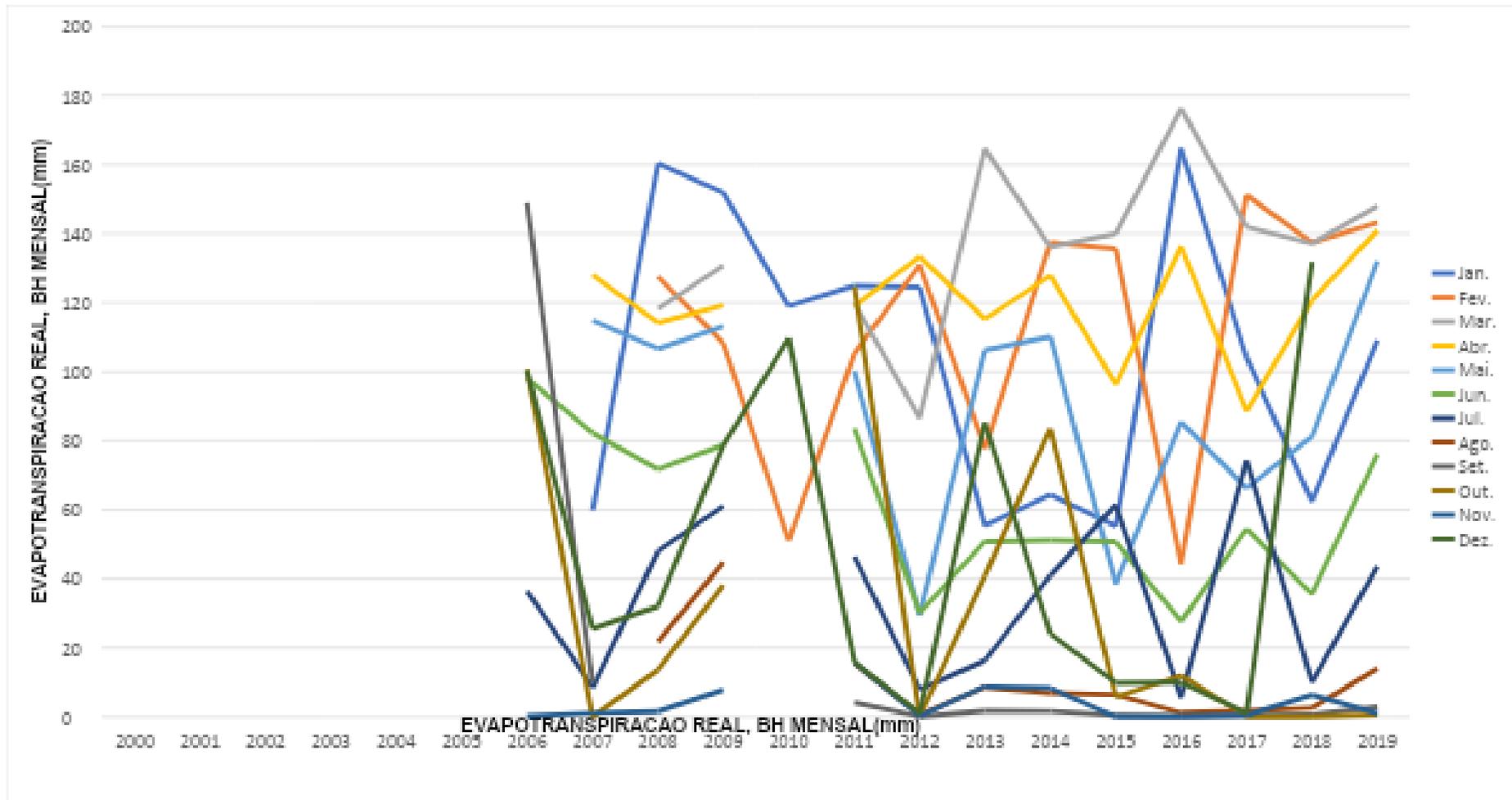
Fonte: autoria própria

**Apêndice 29 - Evapotranspiração potencial, BH mensal (mm)**



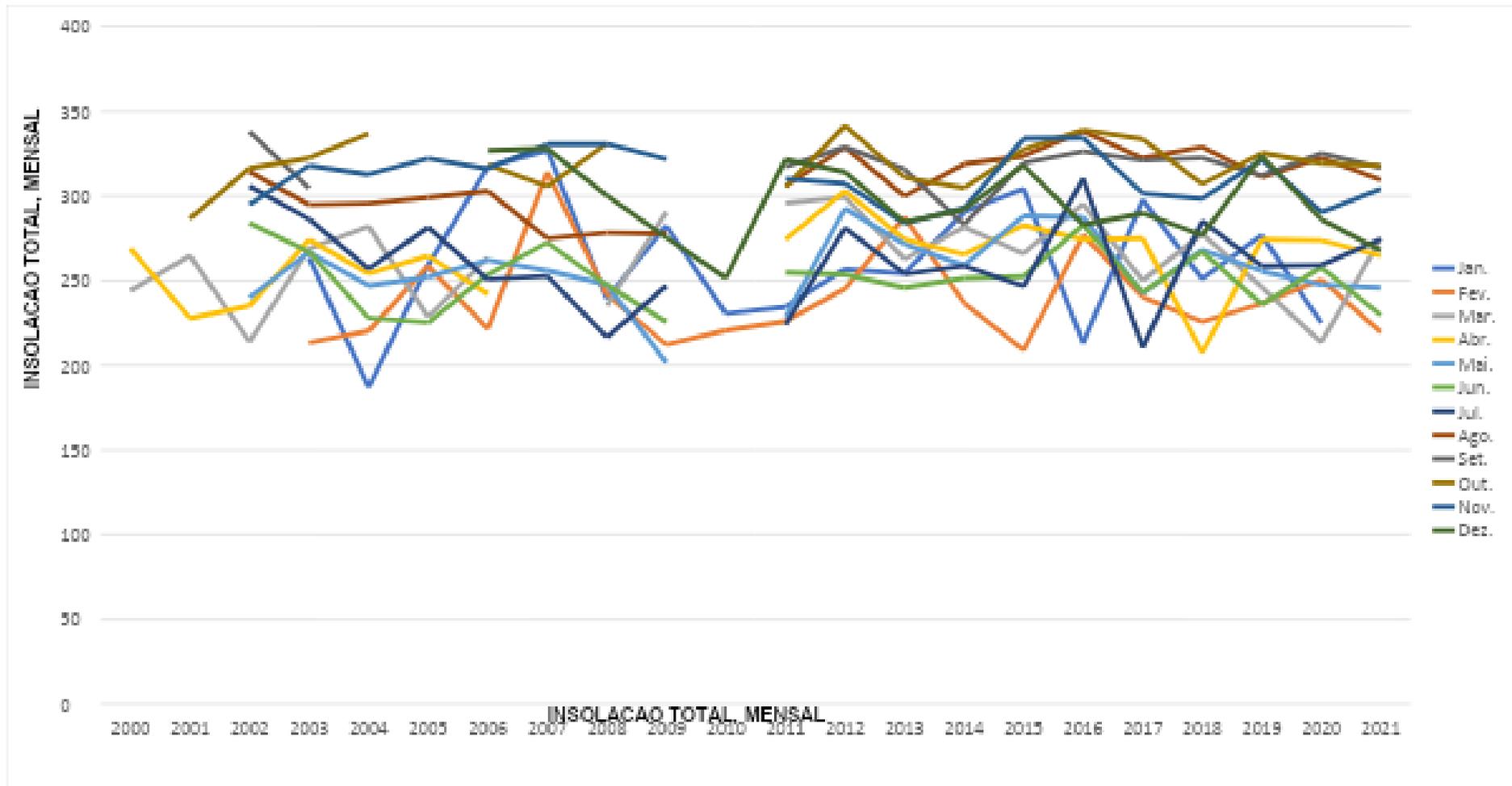
Fonte: autoria própria

Apêndice 30 - Evapotranspiração real, BH mensal (mm)



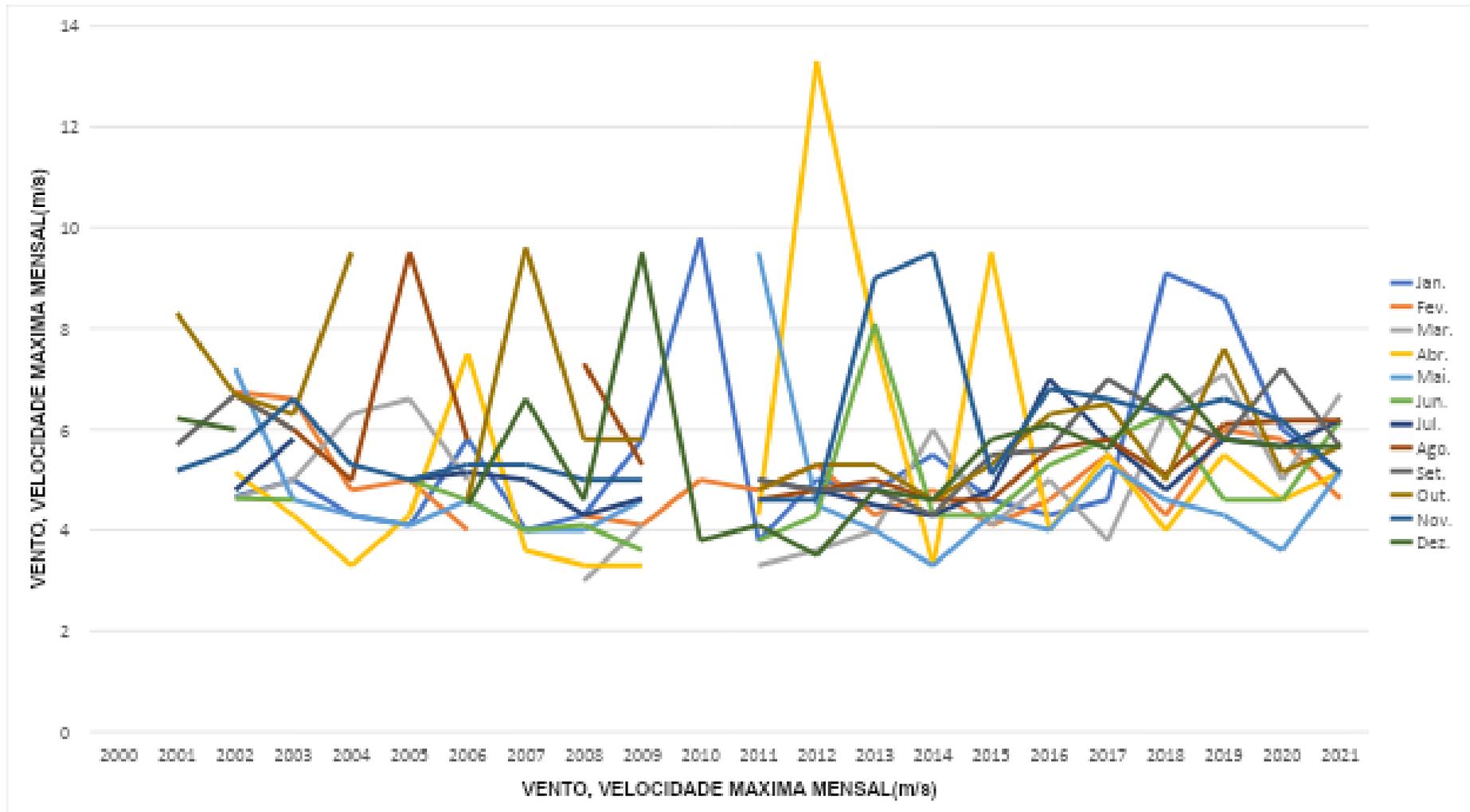
Fonte: autoria própria

Apêndice 31 - Insolação total, mensal



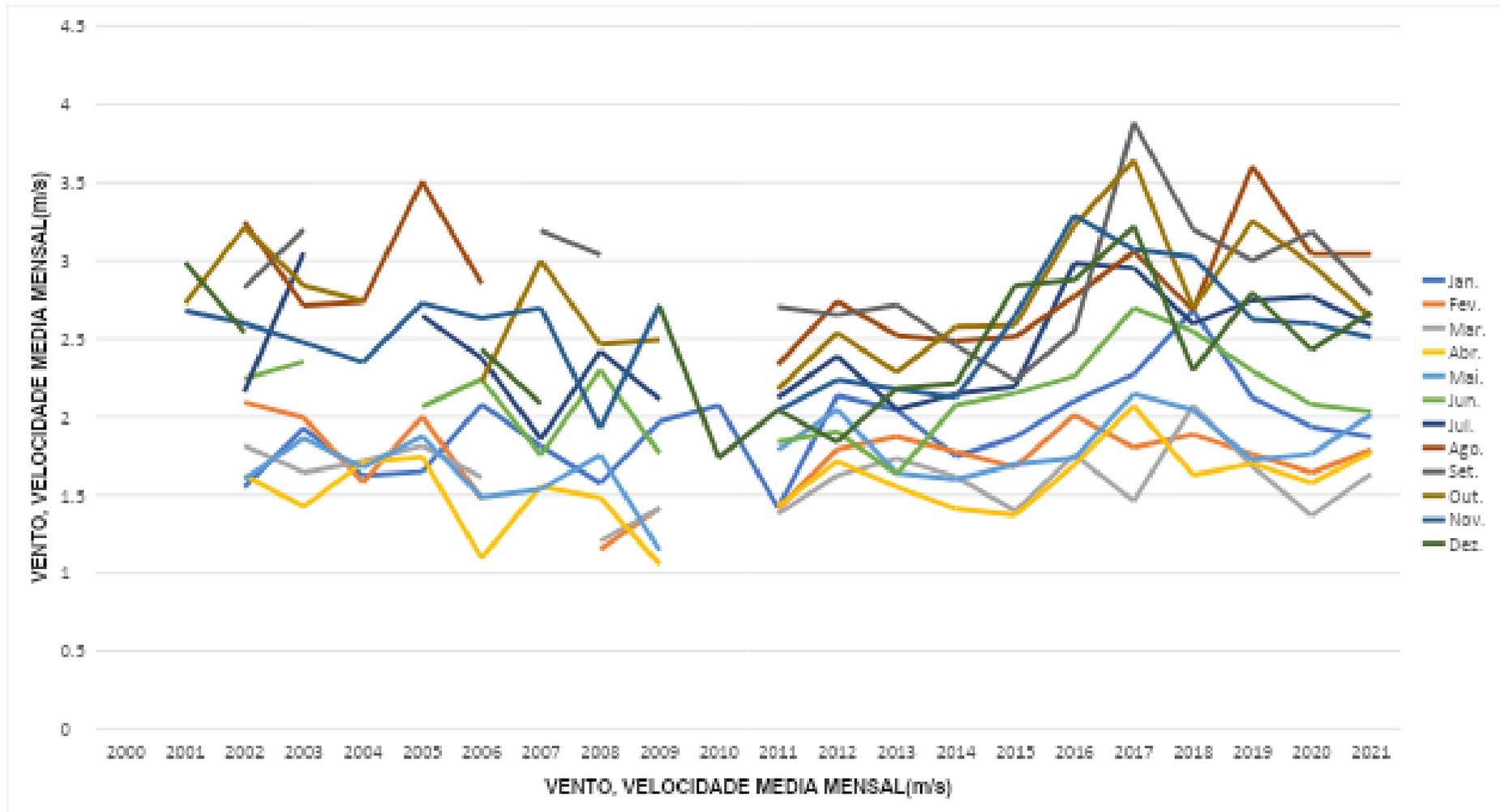
Fonte: autoria própria

Apêndice 32 - Vento, velocidade máxima mensal(m/s)



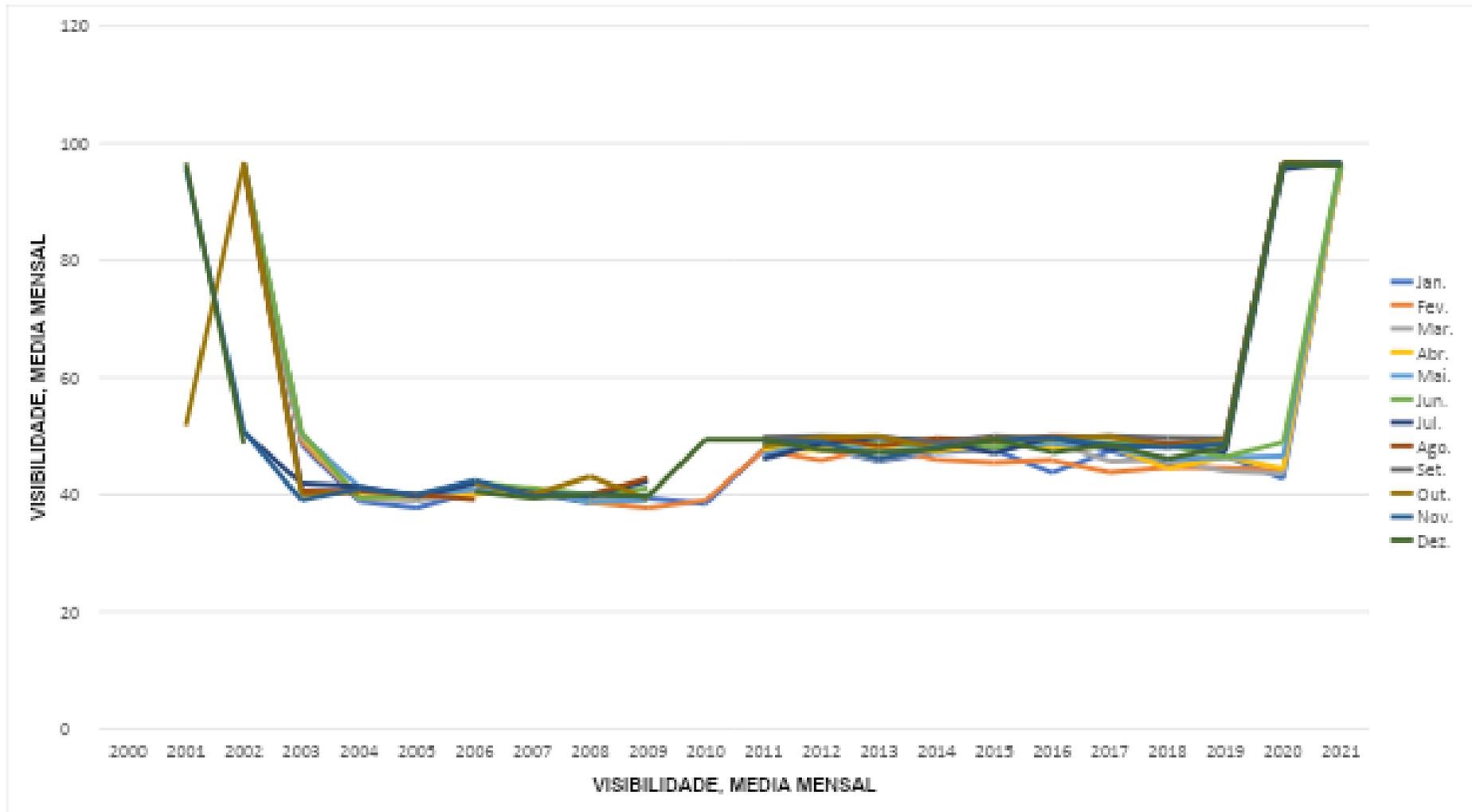
Fonte: autoria própria

Apêndice 33 - Vento, velocidade média mensal(m/s)



Fonte: autoria própria

Apêndice 34 - Visibilidade, média mensal



Fonte: Autoria própria.

Apêndice 35;36;36 - Montagem, montado dos suportes para os aparelhos datalogger e Termohigromêtro datalogger Icel HT-4010.



Fonte: autoria própria

**Apêndice 37 - Ponto de coleta de dados 01 – IFPB**



**Fonte:** autoria própria

**Apêndice 38 - Ponto de coleta de dados 02 – SECULT**



**Fonte:** autoria própria

**Apêndice 38 - Ponto de coleta de dados 03 – Zona Central/EEEFM M.C.V.**



**Apêndice 40 – Temperaturas médias de Cajazeiras – PB de agosto de 2021 a julho de 2022**

